

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMATICA**



**“CAPTACIÓN DE INFORMACIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS
GENERADA EN INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL”**

**TESIS DE GRADO
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
LICENCIATURA EN INFORMÁTICA
MENCIÓN INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS**

Postulante: Johnny Porfirio Angulo Calle

Tutor: Mg. Sc. Franz Cuevas Quiroz.

Revisor: Mg. Sc. Luisa Velásquez López.

La Paz – Bolivia

2006



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA**



LA CARRERA DE INFORMÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la referencia correspondiente respetando normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADOS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

RESUMEN

El presente trabajo describe el desarrollo de un modelo de interfase Hardware y Software en la captación de información de señales analógicas (variables físicas), de forma que estas sean mensurables en magnitud para su aplicación en experimentos de un laboratorio de Física, pensada para múltiples aplicaciones e importante para las prácticas de investigación estudiantil. También se muestran las diversas ventajas que reporta su utilización en la enseñanza universitaria y de investigación, explicándose las nociones básicas sobre acondicionamiento de señales y digitalización de señales (conversión analógico digital) como también conocer algunos dispositivos hardware que existen para llevar a cabo la interfaz e intercambio de información entre un mundo analógico y el digital, en el momento en que uno quiera trabajar con información proveniente de un medio natural.

También se pretende el de mejorar el aprendizaje de procedimientos científicos, relacionados con la recogida y análisis de datos experimentales, utilizando un sistema informático de adquisición de datos que se conecta en cada experiencia a varios sensores físicos evitando así el registro manual, tedioso y erróneo de los datos que se da en algunos casos por parte del investigador. Todo ello con el propósito de modelar comportamientos de variables físicas en la investigación básica experimental, como por ejemplo corroborar leyes físicas en base a modelos matemáticos, para tal efecto el modelo realiza la captación, monitoreo y registro de datos de un sistema físico (experimento) cuyas variables físicas de respuesta vienen representadas por señales eléctricas mediante sensores, donde la recolección de datos se la realiza en tiempo real.

El modelo de captación de información de señales analógicas está constituido por la interfaz de una PC y un circuito electrónico, este último compuesto por un convertidor ADC, un acondicionador de señales, sensores y una fuente de alimentación.

INDICE

1 INTRODUCCION	1
1.2 Antecedentes	3
1.3 Planteamiento del problema	6
1.4 Operacionalizacion de variables	7
1.5 Justificación	8
1.6 Hipótesis	10
1.7 Objetivos	10
1.8 Alcance o limites del estudio	11
1.9 Aportes	11
2 MARCO TEORICO	12
2.1 Señales	12
2.1.1 Señal Eléctrica Analógica	13
2.1.2 Señales Digitales	14
2.2 Acondicionamiento de Señal	15
2.2.1 Amplificador Operacional	15
2.3 Digitalización de Señal	16
2.3.1 Conceptos de digitalización	17
2.3.2 Métodos de Digitalización	20
2.3.3 Definición de Frecuencia de Muestreo	21
2.4 Sensores o Transductores	24
2.4.1 Clasificación de los Sensores o Transductores	25
2.4.2 Características Deseables de los Transductores	26
2.5 Interfase	27
2.5.1 Interfase de Comunicación (RS232)	28
2.5.2 Diseño de la Interfaz Hardware	31

3 METODOLOGIA	36
3.1 Descripción de Métodos	36
3.1.1 Acondicionamiento de la señal	36
3.1.2 Digitalización de Señal	37
3.1.3 Digitalización de Señal	37
3.2 Método Científico	38
3.3 Descripción Informal del modelo	42
3.3.1 Componentes	42
3.4 Descripción Formal del Modelo	49
3.4.1 Función de Acondicionamiento $A(v)$	50
3.4.2 Función de Digitalización	50
3.5 Presentación del Experimento	53
3.6 Análisis de Datos y Resultados	56
3.7 Resultados y Análisis	59
4 DISCUSION	60
4.1 Conclusiones	60
4.2 Recomendaciones	61
BIBLIOGRAFIA	63
ANEXO	64

LISTA DE GRAFICAS

Grafico	Descripción	Página
2.1	Esquema básico de la interfaz entre la PC y el Sistema Físico	12
2.2	Señal Eléctrica	13
2.3	Señal digital integrada por valores discretos de ceros y unos	14
2.4	Amplificador Operacional UA741	16
2.5	Representación Analógica Vs Digital	17
2.6	Cuantificación de la señal de entrada	18
2.7	Diagrama Conversor de Aproximaciones Sucesivas	21
2.8	Señal Analógica Continúa Muestreada	22
2.9	Frecuencia de Muestreo	23
2.10	Sistema de Instrumentación	24
2.11	Interfaz Medio Analógico – Digital	27
2.12	Conector DB9 Puerto Serial	29
2.13	Conector DB25 Puerto Paralelo	30
2.14	Módulos del Circuito Interfaz Hardware	31
2.15	Modulo Sensor	32
2.16	Circuito básico de Amplificador Inversor	33
2.17	Pendiente de E/S del amplificador Inversor	33
2.18	Conversor ADC0804 Resolución 8bits	34
3.1	Esquema del Modelo de Captación de Señales Analógicas	42
3.2	Modelo de Circuito Lineal	42
3.3	Acondicionamiento Lineal de la señal	43
3.4	Muestreo de una Señal Analógica	44
3.5	Diagrama de bloques de Aproximaciones Sucesivas	45
3.6	Conversión de Aproximaciones Sucesivas para 4 bits	46
3.7	Cuantificación de la señal analógica	52
3.8	Pantalla Principal	54
3.8	Curva de respuesta del hardware	56

LISTA DE TABLAS

Tabla	Descripción	Página
3.1	Valores que determinan el comportamiento	43
3.2	Rango de Correspondencia Binario – Decimal	48
3.3	Voltajes de entrada Vs Códigos de salida	53
3.4	Resumen general de la captación de la temperatura ambiente	57
3.5	Recolección manual	58
3.6	Relación de resultados obtenidos	58

1 INTRODUCCIÓN

La Física es una ciencia que modela y elabora teorías de los sistemas reales, de ahí la importancia de ambos aspectos: de los modelos físico-matemáticos y del experimento real, para que el alumno adquiera una noción correcta de esta relación, es importante que ambos aspectos estén presentes, y vinculados, en las actividades de aprendizaje diseñadas por el docente. Por tal razón, normalmente en las clases prácticas las actividades no se diseñan solo para la medición y el cálculo, sino que de una forma u otra se trata de vincular la información experimental a algún aspecto de la teoría: corroborar alguna ley, aplicar alguna expresión de cálculo para hallar cierto parámetro, etc. De igual modo, las clases teóricas se suelen apoyar en ejemplos o aplicaciones experimentales, que constituyen en definitiva el sustento de los modelos estudiados.

Las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación hacen posible o simplemente facilitan hoy la realización de muchos experimentos, que al informatizarse adquieren una gran versatilidad. Se aprovecha en este aspecto tanto la enorme velocidad de cálculo y la presentación gráfica, como las posibilidades de medición de las computadoras, a través de su Interfaz con el experimento.

En este trabajo se analizan las funciones de dicha Interfaz, con la finalidad de presentar conceptos básicos necesarios para aplicar dichos dispositivos en técnicas experimentales. Conocimientos que se hacen indispensables no solo para un mejor aprovechamiento de estos recursos, sino que a su vez resulta conveniente poner a disposición de los alumnos, para el tratamiento de la información que se genera en los experimentos y así brindarle mayor rapidez, precisión y registro en tiempo real, para que en lo posterior dicha información sea empleada en el análisis y cálculos matemáticos como ser: errores experimentales, promedios, verificación de leyes, etc., y de que manera se puede optimizar el proceso experimental.

Los alumnos que alguna vez han trabajado con un osciloscopio tendrán una ventaja en este aspecto, porque ya se han introducido en ciertos conceptos, como el de “señal”, que designa normalmente una tensión eléctrica (voltaje) que varía en el tiempo, y que esa variación es portadora de cierta información significativa que proporciona el experimento; o el término “base de tiempo”, que establece una relación de escala entre esa magnitud y la distancia que la representa, normalmente en un eje horizontal. Pero no siempre es ese el caso, dado que el osciloscopio no siempre se utiliza en los cursos de los ciclos básicos universitarios.

Es así que se pretende hacer una captación de información de señales analógicas generada en una investigación experimental, con el empleo de sensores y teniendo una interfaz entre el ordenador y el experimento, diseñando un circuito (hardware) capaz de digitalizar dicha información.

Se dará a conocer un resumen de todos los capítulos con que se contara en el desarrollo del presente trabajo de investigación:

En el capítulo 1 se tiene un resumen general de lo que son las interfases en lo que se refiere a la captación de señales, se determina el motivo del porque se realiza este estudio, lo que se pretende resolver y todo lo que podamos averiguar sobre los temas relacionados, para así poder llevar adelante la “captación de información de señales analógicas”

En el capítulo 2 se da una amplia cobertura de lo que es, la revisión de la literatura y la descripción y análisis de todas las investigaciones realizadas, para ello se cuenta con el material necesario para poder llevar acabo la interfaz entre el ordenador y el experimento con el empleo de dispositivos hardware, para ello realizamos un estudio muy detallado sobre los conversores ADC, amplificadores operacionales, métodos de digitalización o conversión de la información analógica, interfaz RS-232 para la comunicación con el medio físico externo.

Los resultados obtenidos en el proceso de investigación, así como las pruebas empíricas de la teoría desarrollada, son expuestas en el capítulo 3, este es un compendio del trabajo realizado que permite apreciar plenamente la consecución de los objetivos planteados al comienzo del mismo. Se formaliza la definición de señales, acondicionamiento de señales y conversión ADC de señales, de modo que se pueda llevar adelante la captación, monitoreo y representación de señales, destacando las características de acondicionamiento y digitalización.

Estos se probaran de manera formal, concluyendo con una variedad de resultados que abarcan un poco mas allá de los alcances planteados originalmente.

Finalmente el capítulo 4 presenta las conclusiones que permitan evaluar los resultados obtenidos en el capítulo 3. También se presenta un experimento práctico realizado sobre la captación y control de una variable física (temperatura ambiente) proporcionando una visión global y fiscalizadora de la labor realizada durante todo el proceso de desarrollo del trabajo de Tesis.

En el capítulo 5 se observará las diferentes referencias bibliográficas a los que se tuvo acceso para el inicio, el desarrollo y la conclusión del trabajo, además con el anexo correspondiente respecto al trabajo desarrollado.

1.2 ANTECEDENTES

Un sistema de adquisición de datos es un equipo que nos permite tomar magnitudes de un medio análogo, expresada como señales eléctricas (cantidad física) y convertidas en señales discretas (digital) que posteriormente podremos procesar y presentar por medio de un sistema digital. A veces el sistema de adquisición es parte de un sistema de control, y por tanto la información recibida se procesa para obtener una serie de señales de control.

En la actualidad existen una gama variada de tarjetas de adquisición o Herramientas Integradas para Laboratorios con una Interfaz a PC, dotadas con toda la implementación necesaria que se requiera y una diversidad de funciones de aplicación, empleadas en la adquisición de datos, muchas de estas herramientas son comercializadas por la Red Internet a muy diferentes precios pero algo costoso de acuerdo al grado de precisión y aplicación requerida, alguno de ellos cuentan con las siguientes características:

National Instruments Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS)

Es un entorno para los laboratorios universitarios de ciencias e ingenierías con un diseño basado en LabVIEW. NI ELVIS consiste en una serie de instrumentos virtuales desarrollados en LabVIEW, un dispositivo de adquisición de datos multifunción y una estación de trabajo con una tarjeta de desarrollo de modelos. Esta combinación provee un conjunto de instrumentos listos para ser usados en cualquier laboratorio educativo. Al estar basado en LabVIEW y tener la

capacidad de adquirir datos y diseñar circuitos, el sistema NI ELVIS es ideal para cursos académicos que pueden ir desde las clases de nivel básico hasta las de proyectos avanzados.

LabVIEW, como C o Basic, es un sistema de programación de carácter general con amplias librerías de funciones para cualquier tarea que se desee programar, también incluye librerías para la adquisición de datos, análisis de datos, presentación de datos y almacenamiento de datos.

DAC08 Sistema serie y paralelo para adquisición de datos y control

El sistema de adquisición de datos y control para PC DAC08 permite digitalizar señales en un rango de 0 a 5 voltios con un control exacto de la frecuencia de muestreo y resolución ajustable a 8 o 10 bits. También cuenta con ocho canales digitales de salida con niveles TTL que le permite controlar eventos externos como por ejemplo el arranque de un motor, control de relees y el control de otros sistemas digitales.

El exacto control de la frecuencia de muestreo, su resolución y sus librerías para programación en LabView, Matlab Y Visual C++ la convierten en una poderosa herramienta para la investigación ya que realizan análisis espectrales, medidas estadísticas y muchos tipos de medidas y transformaciones matemáticas a señales adquiridas.

El sistema DAC08 tiene integrado un procesador propio, que administrar todas sus funciones en forma independiente al PC, ventaja que permite realizar adquisiciones con el sistema DAC08 sin cargar el equipo de cómputo, cuenta además con un contador de 16 Bits que permite una frecuencia de entrada máxima de 5Mhz la cual permite comparar y medir frecuencias altas como por ejemplo en mediciones o aplicaciones del efecto doppler y el conteo de revoluciones por minuto en motores de gran velocidad.

Red León Analógico a comunicaciones

También es una solución sobresaliente para el control computarizado proporcionando de la manera más fácil la recepción de señales analógicas en la computadora o interfaz de operador. Sus módulos de comunicaciones aceptan una amplia gama de señales de entrada y se comunican

mediante Modbus. Su capacidad de alarma doble proporciona una fiabilidad autónoma aun cuando falle la computadora con una configuración fácil en Windows.

Monitor de Electrocardiografía (EKG) a través de una PC

En dicho proyecto se exponen los principios, el diseño y la construcción de un módulo de adquisición de señales bioeléctricas del corazón (EKG). Donde se toma una derivación bipolar de la señal eléctrica del corazón y se la transmite hacia una computadora personal (PC) mediante el puerto paralelo. El hardware está compuesto de diferentes bloques como ser:

- a) Bloque de adquisición de la señal cardiaca
- b) Bloque de filtrado de la señal
- c) Bloque de acondicionamiento y desplazamiento DC
- d) Digitalización y transmisión de la señal hacia la PC a través del puerto paralelo.

El bloque para la adquisición de la señal se encarga de conseguir una señal con muy poco ruido, luego esta señal es filtrada para eliminar señales de frecuencias no deseadas y se la amplifica para que ingrese al convertidor analógico - digital (ADC) y así obtener la señal digitalizada. A la salida del ADC se colocan buffers para aislar el puerto paralelo del circuito.

Mediante la utilización de un software se crea la interfaz de la PC que toma los datos a través del puerto paralelo y los muestra en el monitor. La interfaz se realiza en Visual Basic 6.0, el mismo que muestra en la pantalla tanto la señal de EKG como la frecuencia cardiaca del paciente.[Yapur, Rodríguez, Gaibor, 2005]

En fin también existen algunos trabajos realizados y publicados en diferentes Instituciones de formación Tecnológica que se las puede encontrar con facilidad en Internet y a un respectivo costo, especialmente en el área de automatización y control.

Por lo que se pretende llegar basándose en estos estudios es el de diseñar, describir y desarrollar un modelo de captación de información de señales analógicas empleada como herramienta en la investigación experimental, mediante la integración de Hardware y Software,

abarcando todos los aspectos de las interfases externas de un medio físico con el ordenador y representarlas por medio de una interfaz interactiva con el usuario de tal forma de consolidar los conocimientos adquiridos sobre la base de una investigación empírica.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un Laboratorio de Física cuenta con distintos instrumentos de medida, los cuales obtienen o captan la información a través de sensores o transductores, y la representan como una señal eléctrica analógica para un determinado experimento. Para cada experimento realizado se toman medidas y se registran, un número determinado de veces para su posterior análisis de datos y elaboración de graficas, en las cuales a veces existen demora y falta de precisión en el proceso de lectura y registro de datos.

Ante esto surge la necesidad de dotar a un laboratorio de Física de una herramienta adecuada para la fácil utilización de un sistema de captura de datos que permita monitorear y registrar con rapidez y precisión la recolección de datos a fin de estudiar procesos de cambio en un sistema físico mediante la representación digital de dicha información asistidos por computador.

Causas

- Llevar acabo las mediciones de manera manual implica demora en cuanto al tiempo.
- Poca precisión en la lectura de datos.
- Falta de percepción en el estudio de un modelo experimental.
- Poco interés por el estudiante hacia la investigación.
- Adquirir un equipo de instrumentación para laboratorio resulta un gasto.

Efectos

- A veces resulta imposible acoger a una cantidad considerable de estudiantes en laboratorio.
- Resultados erróneos obtenidos en el análisis y cálculo de datos.
- No se asimila muy bien el conocimiento impartido por los docentes.
- No se promueve la investigación.
- No se cuenta con presupuesto.

Es así que surge el presente trabajo, con el propósito de crear el espacio pedagógico para que los estudiantes logren un mayor provecho de los experimentos, por tanto nos planteamos la siguiente pregunta:

¿El desarrollar un Modelo de captación de Información de señales analógicas, por medio de la interfaz hardware y software, será otra alternativa de medición frente a la investigación tradicional?.

1.4 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

1º Identificación de Variables

Acondicionamiento de Señal VI(x)

Digitalización de Señal VD(y)

Variable Independiente

x

Variable Dependiente

y

Acondicionamiento
de Señal



Digitalización
de Señal

Formalizando tenemos:

$x \longrightarrow y$

x es de tipo cuantitativo (En la captación de información de señales analógicas, lo que se medirá será en que condiciones se esta efectuando la captación de señales por medio de los sensores, independientemente de los factores de ruido, distancia y otras interferencias que puedan causar distorsiones e imposibiliten un acondicionamiento de señal optima).

y es una variable cuantitativa (Por que la señal recepcionada por medio de la fase acondicionadora puede ser catalogada como información efectiva y en un rango de voltaje adecuado al requerido, por tanto la digitalización de la señal dependerá mucho de la resolución del dispositivo conversor.

2º Operacionalizacion de Variables

Concepto: Acondicionamiento de señal.

Variable: Acondicionamiento de la señal analógica recepcionada $V_I(x)$. Los acondicionadores de señal son dispositivos electrónicos que reciben información en forma de señales de eléctricas, dichas señales son las que envían los sensores al acondicionador, las cuales son amplificadas a una magnitud de voltaje requerido.

Indicador: Voltaje

Instrumento: A.O (Amplificador Operacional).

Valor: De acuerdo a la ganancia requerida (proporcional a la sensibilidad del sensor).

Concepto: Digitalización de Señal.

Variable: Digitalización de señal analógica continua a una señal digital discreta

Indicador: Bits

Instrumento: Método de conversión de aproximaciones sucesivas.

Valor: El valor que se tiene esta entre [LSB – MSB], rango de valores binarios de salida.

1.5 JUSTIFICACIÓN

En el campo de la informática, el trabajo con la información es fundamental y dicha información no siempre esta representada de manera digital, sino que también esta presente como información analógica, de ahí que surge la necesidad de digitalizar dicha información analógica con el uso de interfases hardware y software lo cual reviste de gran importancia ya que se ha optado por el desarrollo tanto de hardware y software que incorporan diferentes avances en

distintas áreas de aplicación. Debido a que la información con la que se trabaja hoy en día es en tiempo real se ha visto la necesidad de ampliar el interés por esta área de estudio.

1.5.1 JUSTIFICACION CIENTÍFICA

La adquisición de un mayor conocimiento en el desarrollo de sistemas de captación de información analógica basadas en el empleo de tecnologías hardware y desarrollo de software sirven como aporte científico en el área de la Investigación experimental con proyecciones en distintas disciplinas del área tecnológica.

- El uso de dispositivos hardware nos brindara un mejor conocimiento en el trabajo de captación, acondicionamiento y conversión de señales analógicas.
- Nos proporcionara conocimientos a cerca de la interfaz entre un medio análogo y digital.
- Nos proporcionara una mejor precisión y velocidad de la información adquirida para un mejor resultado del estudio y análisis de los datos de un determinado experimento.
- Se podrá desarrollar un software para un determinado modelo de un sistema físico de acuerdo a las variables físicas que se manipulen y representar dicha información en tiempo real

1.5.2 JUSTIFICACION TÉCNICA

El poder interactuar con información del medio analógico externo para su posterior procesamiento en el ordenador, a través de mecanismos de digitalización electrónica (Hardware) y un Software para el procesamiento de la información, para que posteriormente dicha información obtenida en un tiempo real y con una mayor precisión, sea procesada y analizada como información base en técnicas experimentales de investigación.

1.5.3 JUSTIFICACION SOCIAL

Como herramienta de estudio ofrece un mayor aporte a la comunidad estudiantil en el proceso de aprendizaje de la formación académica y en el empleo en diversos trabajos de investigación que tenga relación con el tratamiento de información analógica, ya que en base a la información de este trabajo, podrá uno mismo diseñar y construir dicha herramienta con los

componentes adecuados, pudiendo esta ser modificada y optimizada de acuerdo a las necesidades del usuario.

1.6 HIPÓTESIS

La captación de Información de señales analógicas en el estudio de un sistema físico es otra alternativa como mecanismo de medida en la Investigación experimental.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 Objetivo General

Desarrollar un modelo de captación, monitoreo y registro de señales analógicas (Datos) para experimentos de laboratorio de Física haciendo uso de interfases hardware y software, evitando así procedimientos manuales de medición.

1.7.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Diseñar una interfaz Hardware para la captación de información de señales analógicas, con la construcción de un circuito electrónico empleado en el proceso de acondicionamiento y conversión discreta de la información Analógica.
- ✓ Probar que las señales recepcionadas por los sensores pueden ser acondicionadas en amplitud de acuerdo a un rango de señal requerido con el empleo de amplificadores operacionales.
- ✓ Probar que las señales acondicionadas pueden ser digitalizadas, con el empleo del método de conversión de aproximaciones sucesivas generalmente utilizados en los dispositivos ADC.
- ✓ Diseñar un programa para gestionar la información recepcionada, tanto para el monitoreo y registro de los datos, con el fin de observar el comportamiento de un determinado modelo físico experimental.

1.8 ALCANCE O LIMITES DE ESTUDIO

Se diseña un modelo de captación, monitoreo y registro de señales analógicas obtenidas por medio de mediciones en experimentos de laboratorio, basado en la integración de dispositivos hardware y software cuyas interfases en medios físicos permitan convertir y procesar las señales analógicas en señales discretas (binario) para así ser procesadas por el ordenador.

El modelo mencionado anteriormente tiene una interfaz de comunicación RS-232 el cual se conecta utilizando el puerto serial del ordenador o también podría emplearse el puerto paralelo del ordenador.

El programa en el ordenador se lo desarrollara en un lenguaje de alto nivel (Visual Basic) para la interfaz de usuario con el experimento, la comunicación con el exterior se la realiza con el empleo de una librería InpOut.dll en el caso de emplearse el puerto paralelo o un control ActiveX MSCOMM32 para una comunicación serial.

Dado que existen ventajas y desventajas, el presente trabajo nos permitirá hacer una comparación con instrumentos típicos de medición manual existentes en la actualidad.

1.9 APORTES

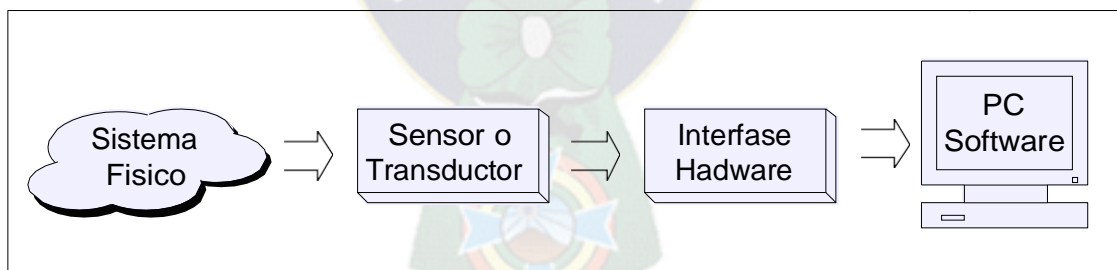
El diseño del Modelo de captación, monitoreo y registro de señales analógicas contribuye con lo siguiente:

- Será una fuente de recolección de Información útil para la investigación empírica en algún área de trabajo relacionado con la cuantificación de variables físicas.
- Servirá como herramienta base para el proceso de análisis y corroborar leyes de modelos experimentales (Físico – Matemáticos) tanto teórico como prácticos.
- Optimizara los tiempos de registro y precisión de los datos de medida en tiempo real en los procesos investigativos de laboratorio.
- También se pretende en base a la información brindada en este trabajo, a que uno mismo pueda diseñar y construir su propia herramienta, realizando tanto las modificaciones de Hardware como las del Software.

2 MARCO TEORICO

Hay muchas magnitudes que varían en forma continua en un sistema físico, tales como fuerza, peso, temperatura, humedad, óptica, eléctrica, magnética, etc. En el momento en que nosotros queramos recolectar información de un medio físico (experimento) hacia el ordenador digital vamos a necesitar diseñar un circuito, llamado interfaz hardware, para la recepción de información analógica proveniente del sistema físico en estudio. En muchos casos esto implica el tratamiento de señales analógicas (eléctricas), mediante: sensores, acondicionamiento, conversión y la representación de ese valor como señal digital. [Gil & Rodríguez, 2005].

Fig. 2.1 Esquema básico de la interfaz entre la PC y el Sistema Físico



Fuente: Elaboración propia

2.1 SEÑALES

Por lo general la variable física no es una cantidad eléctrica por lo que deberá convertirse dicha magnitud a una cantidad eléctrica mediante sensores, también las señales eléctricas como tal se encuentran presentes en un medio físico en forma de ondas eléctricas continuas, invisibles para la percepción del ser humano, por ejemplo señales de: audio, magnetismo, iluminación,

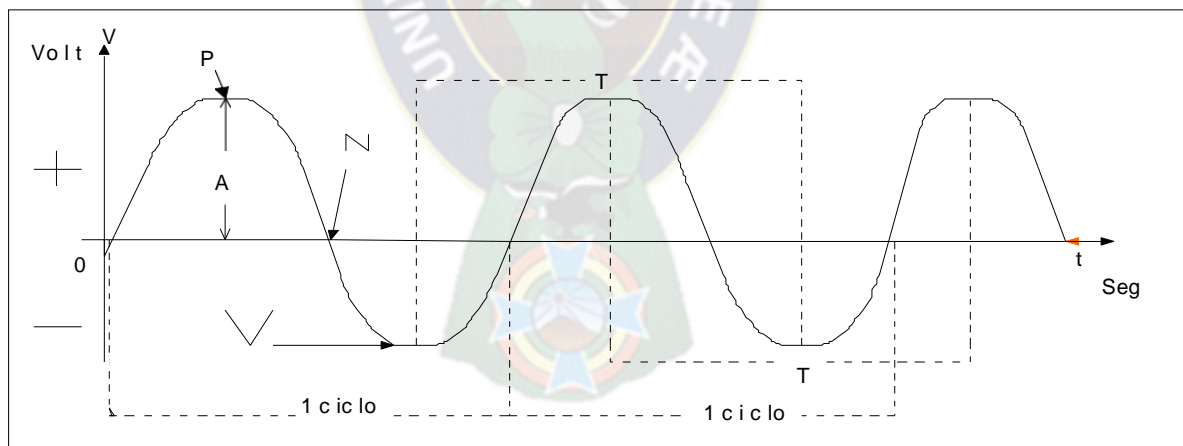
radiación, ruido, comunicaciones, etc., Y que están constituidas de una magnitud eléctrica, de cualquier naturaleza portadora de información. [Pallas, 1993].

2.1.1 SEÑAL ELÉCTRICA ANALÓGICA

El término analógico en la industria de las telecomunicaciones y el cómputo significa todo aquel proceso entrada/salida cuyos valores son continuos. Algo continuo es todo aquello que puede tomar una infinidad de valores dentro de un cierto límite, superior e inferior.

Una señal eléctrica analógica es aquella en la que los valores de la tensión o voltaje varían constantemente en forma de tensión alterna, incrementando su valor con signo eléctrico positivo (+) durante medio ciclo y disminuyéndolo a continuación con signo eléctrico negativo (-) en el medio ciclo siguiente. El cambio constante de polaridad de positivo a negativo provoca que se cree un trazado en forma de onda senoidal, por tanto, una onda eléctrica puede tomar infinidad de valores positivos y negativos (superiores e inferiores), representados siempre dentro de una unidad determinada de tiempo, generalmente medida en segundos.

Fig. 2.2 Señal Eléctrica



Fuente: Elaboración propia

La Figura 2.1.1 representa la gráfica de una onda senoidal alterna con una frecuencia de 2 y medio Hz (hertz) o ciclos por segundo, cada ciclo está formado por: amplitud de onda (A), positiva (+) cuando la senoide alcanza su máximo valor de tensión o voltaje de pico (por encima de "0" volt) y negativa (-) cuando decrece (por debajo de "0" volt). El valor máximo que toma la señal eléctrica de una onda sinusoidal recibe el nombre de "cresta" o "pico" (P), mientras

que el valor mínimo o negativo recibe el nombre de “vientre” o “valle” (V). La distancia existente entre una cresta o pico y el otro, o entre un valle o vientre y el otro se denomina “período” (T).

En una señal eléctrica analógica, los valores de tensión positivos y negativos pueden mantenerse con un valor constante, o también pueden variar en una escala que va de "0" volt, hasta el valor máximo que tenga fijado, pasando por valores intermedios los cuales se muestran en forma continua, sin que se produzcan saltos o discontinuidades, ni en el tiempo ni en el voltaje. [Pallas, 1993]

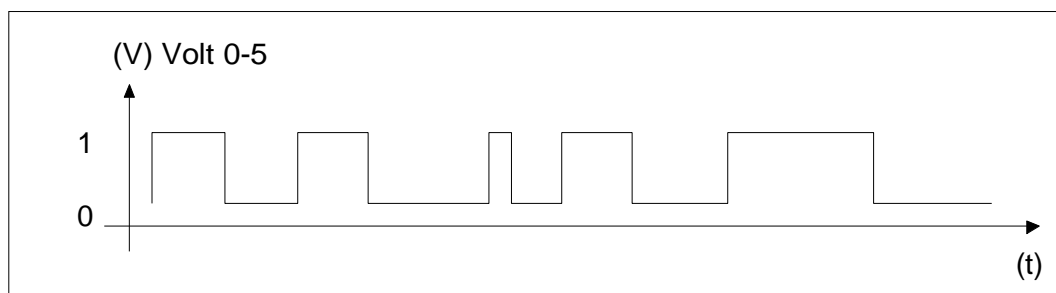
2.1.2 SEÑALES DIGITALES

El término digital de la misma manera involucra valores de entrada/salida discretos, algo discreto es algo que puede tomar valores fijos. Es el caso de las comunicaciones digitales y el cómputo, esos valores son el CERO (0) o el UNO (1) o Bits (Binary Digits).

En una señal digital, a diferencia de la analógica, solamente existen dos condiciones: hay voltaje o no hay voltaje y su variación no ocurre de forma continua, sino de forma discreta a intervalos de tiempo determinados.

Las variaciones que sufren los valores de tensión o voltaje en una señal analógica, al convertirse en digital se transforman en código numérico binario, representado exclusivamente por los dígitos “0” y “1”. En ese caso, el “0” significa que no existe ningún impulso eléctrico de tensión o voltaje, mientras que el “1” significa que sí hay voltaje con un mismo valor siempre en voltios.

Fig. 2.3 Señal digital integrada por valores discretos de ceros y unos



Fuente: Elaboración propia

Las señales digitales según la grafica 2.3 se encuentran en un rango de voltaje aproximado definido por 5 voltios donde el código binario “0” se encuentra en el intervalo de voltaje de [0 - 0.8] voltios, el código binario “1” en el intervalo de voltaje de [2.4 - 5] voltios, el rango de 0.8 – 2.4 no se lo utiliza (indeterminado). Por tanto es en estos rangos de voltaje en los que responde un sistema digital. [Tocci, 1993]

2.2 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

Una señal eléctrica analógica proporcionada por un sensor generalmente se presenta con una amplitud de voltaje muy pequeño (alrededor de 1mV), si la sensibilidad es constante en todo el margen de medida se dice que el sensor es lineal y la resolución es el menor cambio en la magnitud de entrada que se puede detectar a la salida. La exactitud describe el grado de coincidencia entre el valor real de la entrada y su valor deducido a partir de la salida actual y de la sensibilidad. Para poder registrar las señales debemos limpiarlas del resto de señales que no interesan, eliminándolas con procedimientos adecuados, por esta razón la señal que se desea obtener debe recibir un tratamiento especial para su procesamiento como información base y libre de ruido. El proceso de amplificar y filtrar una pequeña señal eléctrica se conoce como acondicionamiento de señal. [Bertran & Montoro, 2000].

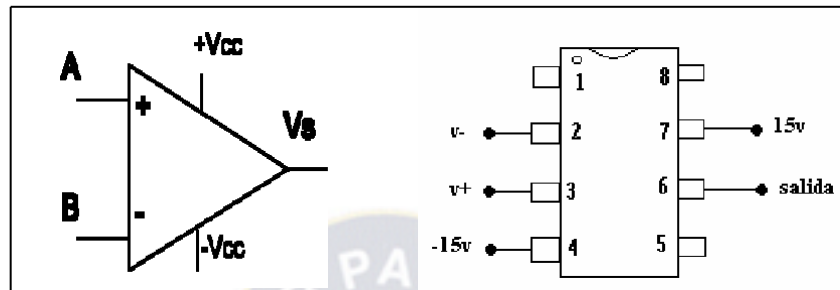
2.2.1 Amplificador Operacional

El amplificador operacional es un dispositivo activo muy común en el mercado y que se suele presentar en forma de circuito en diferentes encapsulados, dentro del encapsulado del circuito integrado puede haber uno (por ejemplo UA741) o varios amplificadores operacionales (LM324 o TL084), cabe señalar que no entraremos en detalle sobre su composición interna de dicho circuito integrado en el presente trabajo, mas bien nos referiremos a las características externas de dicho integrado y las utilidades que nos brindan como dispositivo.

Con un Amplificador Operacional podremos amplificar señales, atenuarlas, filtrarlas, etc., donde el conocimiento a nivel básico del amplificador operacional proporciona al diseñador una herramienta de valor incalculable, cabe señalar también que es un dispositivo lineal de propósito general el cual tiene capacidad de manejo de señal desde una frecuencia $f=0$ Hz hasta una

frecuencia definida por el fabricante; tiene además límites de señal que van desde el orden de los nV, hasta unas docenas de voltio (especificación también definida por el fabricante).

Fig. 2.4 Amplificador Operacional UA741



Fuente: Elaboración propia

Los amplificadores operacionales se caracterizan básicamente según la figura 2.4 por su entrada diferencial que puede ser modelado por el circuito de dos puertas ($A = + = V_+$ y $B = - = V_-$) y una ganancia muy alta ($V_s = \text{Salida}$), generalmente mayor que 10^5 equivalentes a 100 dB. El A.O. es un amplificador de alta ganancia directamente acoplado, que en general se alimentan con fuentes positivas y negativas según se detalla a continuación ($+V_{cc} = +15V$ y $-V_{cc} = -15V$), lo cual permite que tenga excursiones tanto por arriba como por debajo tierra (o el punto de referencia que se considere).

El nombre de amplificador operacional proviene de una de las utilidades básicas de este, como lo son realizar operaciones matemáticas en computadores análogos, lo que lo caracteriza como un amplificador operacional es su elevada ganancia de voltaje para la señal de entrada otorgada por el sensor de aproximadamente 100000 o superior. Por ejemplo para una señal de entrada de $50 \mu V$ en v_i se obtendrá a la salida de $v_0 = 5 V$.

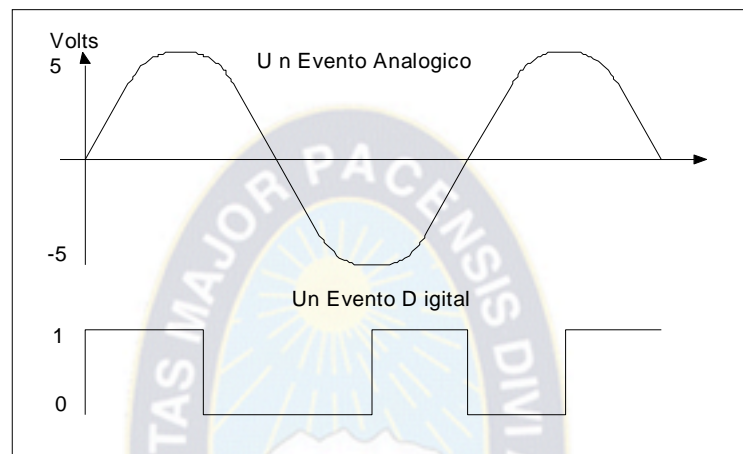
La configuración del circuito acondicionador de señal se lo realiza en base a este dispositivo singular que mas adelante, en base a una configuración adecuada en el diseño se lo emplea en el modulo de acondicionamiento. [Driscoll, 2003].

2.3 DIGITALIZACION DE SEÑAL (Conversión: Analógica © Digital)

La salida de los sensores es normalmente, aunque no exclusivamente, en forma de señal analógica continua en amplitud y tiempo. La conversión de señales analógicas en señales

digitales se realiza en dos etapas: la cuantificación que representa la amplitud (continua) de la señal mediante un número finito de valores distintos, en instantes determinados y la codificación que representa el valor asignado a la señal mediante la combinación de símbolos “0” y “1” el cual lo realiza el conversor ADC.

Fig. 2.5 Representación Analógica Vs Digital



Fuente: Elaboración propia

Según la gráfica se podrá encontrar una equivalencia discreta para una señal continua en el espacio, como por ejemplo, para el caso del presente trabajo se empleara una resolución de 8 bits, es decir dentro de un rango de 1 Byte = FF o 256 valores posibles de marcar, se podrá detectar variaciones de voltajes en el evento analógico, según la relación ($5\text{Volts} / 256 \text{ Números} = 0.018 \text{ voltios}$) referida a la precisión, ya que esto varía según a la resolución del conversor empleado (número de bits).

La misión de un conversor ADC es obtener una representación digital (conjunto de unos y ceros) de una magnitud analógica. Las operaciones necesarias para convertir una señal analógica en un conjunto de códigos digitales, son las siguientes: [Pallas, 2003]

2.3.1 Conceptos de Digitalización

MUESTREO:

Mediante esta operación se obtienen los valores instantáneos de la señal analógica. La frecuencia de muestreo debe ser de un valor tal, que en el proceso inverso, se asegure casi la

completa reconstrucción de la señal original. Esta frecuencia de muestreo (f_m) viene impuesta por el Teorema de Nyquist, que obliga a que sea, por lo menos, el doble de la máxima frecuencia (f_{max}) presente en la señal que va a ser digitalizada.

$$f_m \geq 2 f_{max} \quad \text{o} \quad f_m \geq 2BW \quad BW = \text{Ancho de Banda}$$

RETENCIÓN:

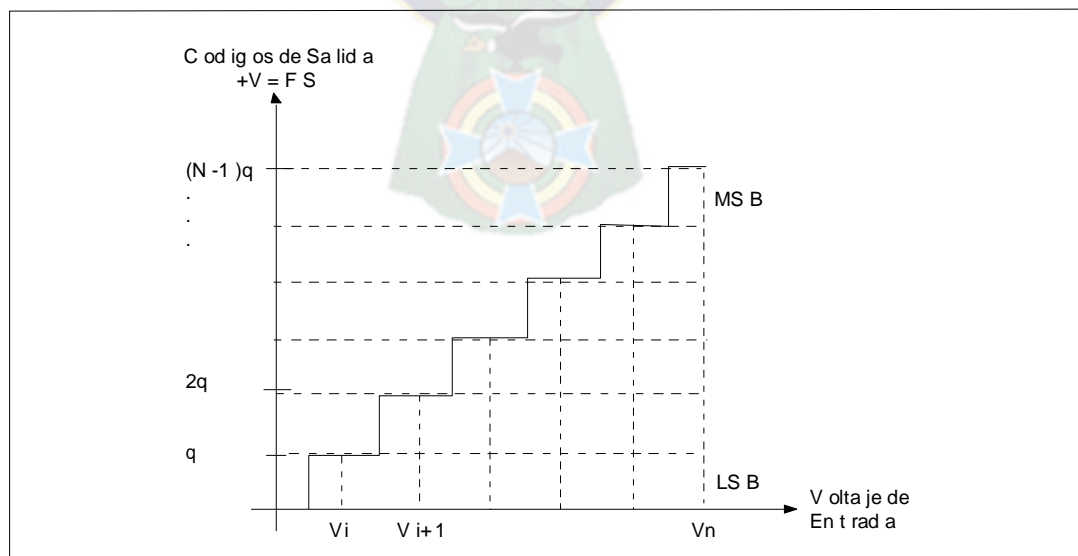
Esta operación es necesaria para que el valor instantáneo de la muestra se mantenga durante el tiempo empleado por el ADC para la conversión.

Una gran mayoría de los chips ADC utilizados hoy en día traen incluida la circuitería necesaria para llevar a cabo los dos pasos descritos; sin embargo, en otros casos, habría que añadir externamente dicha circuitería.

CUANTIFICACIÓN:

Como los valores de las muestras obtenidas mediante el muestreo de la señal analógica pueden ser infinitos, y el número de bits (n) de salida del ADC es finito, es necesario realizar una correspondencia entre tramos de valores de la señal analógica y estados digitales posibles con “ n ” bits. A esta correspondencia se le conoce con el nombre de cuantificación.

Fig. 2.6 Cuantificación de la señal de entrada



Fuente: Elaboración propia

Según se observa en la figura 2.6 que por efecto de la cuantificación, cada conjunto de valores de la señal analógica comprendida en el intervalo $(V_i + 1) - V_i$, resulta cuantificado siempre al mismo nivel q_i .

Al intervalo $(V_i + 1) - V_i = q$, se le denomina intervalo de cuantificación. El valor de “q” queda fijado a partir del valor máximo de V , o fondo de escala positivo (FS), de la señal analógica, además del número N de posibles niveles de salida del cuantificador:

$$q = +V / N = FS / N \text{ (Caso Unipolar)}$$

$$q = (+V - (-V)) / N = 2V / N = 2FS / N \text{ (Caso Bipolar)}$$

Considerando para el presente proyecto solo el caso unipolar para una señal analógica de entrada unipolar, el rango de voltaje queda comprendido en una variación de voltaje entre 0 y $+V$ (FS), entonces en el intervalo “q” queda cuantificado por:

$$q = V / N = FS / N$$

Todo lo expuesto esta referido a la cuantificación con redondeo, la más utilizada en la conversión A/D. [Proakis & Manolakis, 1998]

CODIFICACIÓN:

Es el proceso en el cual se asigna un conjunto de bits (código digital) a cada uno de los N niveles de cuantificación. Si a la entrada del ADC aparecen valores sólo positivos o sólo negativos, se utilizarán para la salida digital los códigos unipolares (binario natural y BCD). En un ADC, el valor analógico equivalente al bit de menor valor significativo o (LSB) será:

$$1\text{LSB} = q = FS / N$$

Siendo N el número de combinaciones posibles del código digital de salida. Por ejemplo, en nuestro caso para el binario natural de 8 bits, tendríamos:

$$1\text{LSB} = q = FS/2^8 = FS / 256$$

Siendo FS (Full Scale) el valor a fondo de escala de la señal analógica de entrada al ADC.

Otra característica a tener presente es que el valor de la tensión correspondiente a la palabra digital más alta del código (111...11 en binario natural) de salida es $(N - 1)q$. Esto supone que en el proceso inverso de conversión (digital-analógico), nunca se alcanza el valor de FS, ya que:

$$(N-1)q = (N-1)(FS/N) = FS - (FS/N) = FS - 1LSB$$

Esto nos da a conocer que existe un error de cuantificación que sufre una señal analógica al ser digitalizada, y que se manifiesta en el proceso inverso.

Por ejemplo en el caso de 8 bits con un FS = 5V, tendríamos $2^n = 2^8 = 256$ entonces N = 256, donde N máximo valor binario con 8 bits: $255 = N - 1$ y el valor de $q = 5/256 = 0.019$ valor analógico de salida para todo "1", entonces:

$$(N-1)q = 255 * (5/256) = 4.845 = FS - 1LSB$$

2.3.2 METODOS DE DIGITALIZACION (ADC)

A continuación mencionamos algunos métodos de conversión para tomar en cuenta para el tratamiento de la señal de entrada de modo que sea apropiada para la conversión ADC, estos métodos radican principalmente en los instrumentos digitales individuales lo cual se hace mas evidente en la exactitud de su salida y que esta acorde a la resolución del dispositivo ADC.

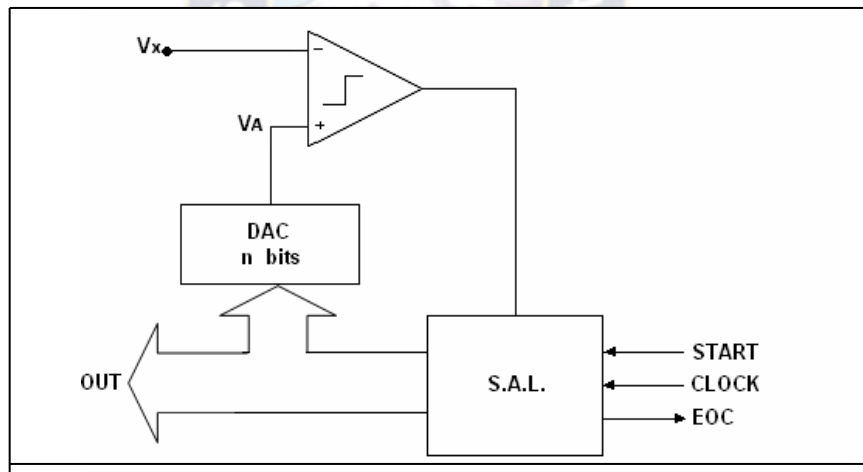
a) ADC de rampa digital ascendente/descendente (ADC de seguimiento): El convertidor ADC de rampa digital es relativamente lento debido a que el contador tiene que volver a ponerse en cero al inicio de cada conversión. Utiliza un contador ascendente/descendente para reducir este tiempo desperdiciado, el contador reemplaza al contador ascendente que proporciona las entradas al DAC.

b) ADC de voltaje a frecuencia: Es más sencillo que los otros ADC, debido a que no hace uso de un DAC. En lugar de éste se emplea un oscilador lineal controlado por voltaje que produce como salida una frecuencia que es proporcional al voltaje aplicado en su entrada. Una de las principales aplicaciones de este tipo de convertidor se encuentra en ambientes industriales con mucho ruido y donde se tienen que transmitir señales analógicas de poca amplitud desde los circuitos transductores hacia la computadora de control.

c) ADC de doble pendiente: Es uno de los que tienen mayor tiempo de conversión, ofrece la ventaja de un costo relativamente bajo ya que no requiere de componentes de precisión tales como un DAC o un VCO. La operación básica de este convertidor se apoya en la carga y descarga, ambas en forma lineal de un capacitor mediante el uso de corrientes de valor constante. Otra ventaja es su baja sensibilidad al ruido y las variaciones en los valores de sus componentes causados por los cambios de temperatura.

d) ADC por Aproximaciones Sucesivas: Los conversores de aproximaciones sucesivas utilizan una técnica o estrategia más eficiente, mediante la variación de la referencia de entrada al comparador. Como resultado para la conversión se requerirá solamente de “n” pulsos de reloj para completar una conversión de “n” bits. Este tipo de conversor es expuesto en la siguiente figura y se basa en el empleo de búsqueda de un binario para establecer la mejor aproximación a V_X .

Figura 2.7 Diagrama Conversor de Aproximaciones Sucesivas



Fuente: [A, 2003]

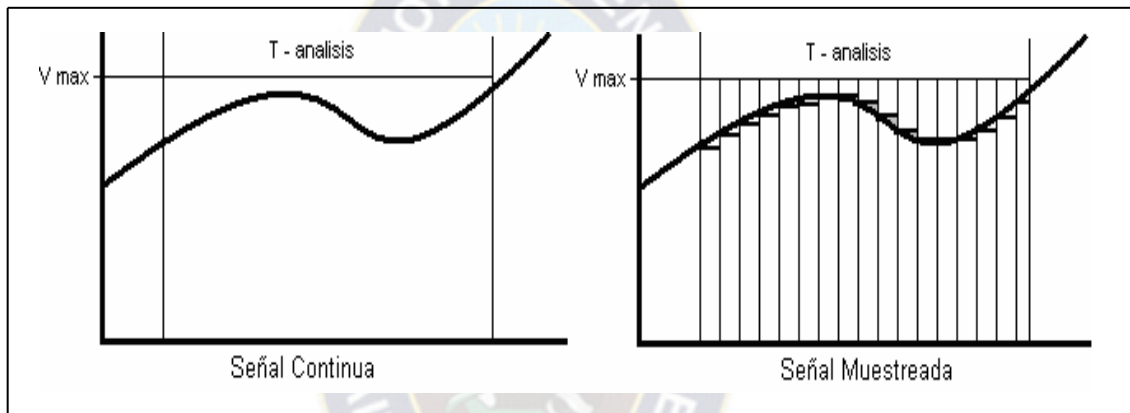
Este método de aproximaciones sucesivas por comparación aumenta la velocidad de conversión y es justamente el método que emplea el dispositivo ADC0804 de 8 bits que se utilizara para el presente trabajo. [Tocci, 1993]

2.3.3 Definición de Frecuencia de Muestreo (Teorema de Nyquist)

El proceso de muestreo queda caracterizado como “frecuencia de muestreo”, por que representa el número de muestras tomadas por segundo y que, por tanto, se mide en muestras por

segundo o hertzios (Hz). El proceso de muestreo se encarga de “discretizar” el dominio del tiempo y como su propio nombre lo indica, dicho proceso consiste en tomar muestras de la señal analógica en distintos instantes de tiempo. Para cada muestra de la señal, el nivel de tensión asociado se aproxima a uno de los niveles de cuantización, por tanto la señal resultante sólo puede contener un conjunto finito de niveles de tensión. Cada nivel de cuantización tiene asociado un número binario. Por ejemplo, si se trabajara con 3 bits, se podrían establecer $2^3 = 8$ niveles de cuantización, a los que se asignarían los valores binarios 000, 001, 010, 011, ..., 110 y 111.

Fig. 2.8 Señal Analógica Continúa Muestreada

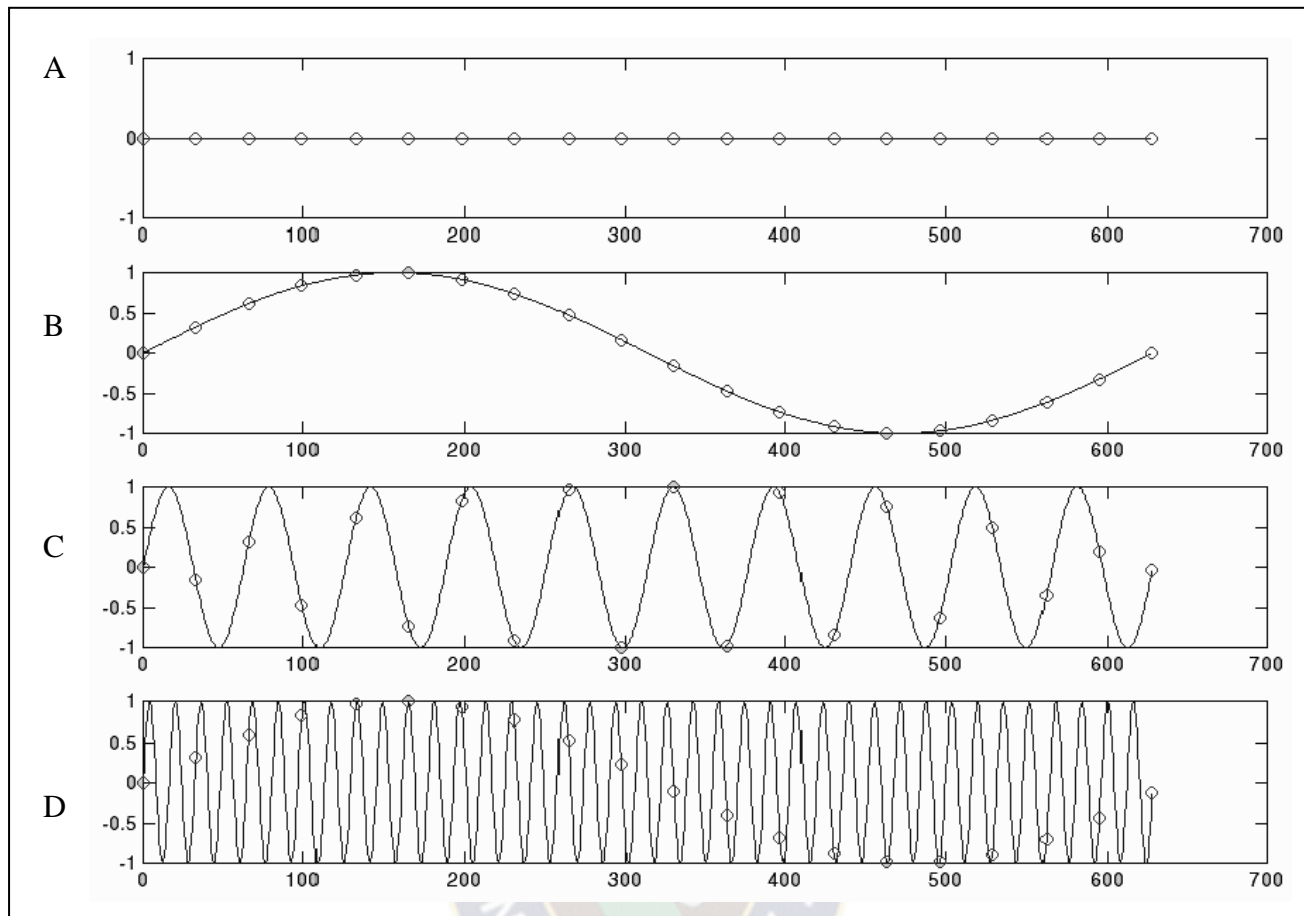


Fuente: [A, 1999]

Hablamos de muestreo periódico de una señal analógica cuando tomamos mediciones de la misma a intervalos iguales. Análogamente cuando se graba una señal de audio a la PC mediante una placa de sonido, el conversor A/D de la PC estará digitalizando la señal a una cierta frecuencia tal como 11, 22, ó 44 kHz, denominada frecuencia de muestreo.

Es evidente que si la frecuencia de muestreo es muy baja, es decir mediciones demasiado espaciadas, se perderán “detalles” de la señal original. Mediante una simple demostración gráfica se puede ver, que en las figuras A-B-C-D (Fig. 29) se representan cuatro señales distintas, muestreadas periódicamente a igual frecuencia (los círculos pequeños denotan las “muestras”). En A y B las señales aparecen correctamente representadas por las muestras, en C la velocidad de muestreo parece insuficiente, y en D las muestras representan una señal como la de B, es decir la señal de D es un “alias” de la señal de B. Este efecto se denomina “aliasing”.

Fig. 2.9 Frecuencia de Muestreo



Fuente: [A, 1999]

El Teorema del Muestreo, o Teorema de Nyquist-Shannon, como se menciona anteriormente establece que la frecuencia mínima de muestreo necesaria para evitar el “aliasing” debe ser.

$$f_m > 2BW$$

donde f_m : frecuencia de muestreo, BW : ancho de banda de la señal a muestrear ($BW = f_{\max} - f_{\min}$)

Para señales con $f_{\min} = 0$, se puede expresar como

$$f_m > 2f_{\max}$$

Para demostrar este teorema se requiere conceptos básicos de series de Fourier y trigonometría al cual no entraremos en detalle. [Urbina, 1999].

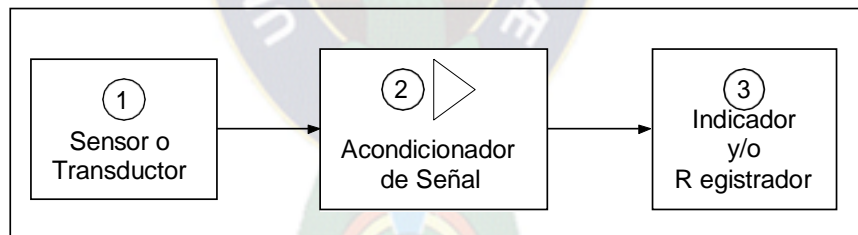
2.4 SENSORES O TRANSDUCTORES

La primera unidad de cualquier sistema de medida es un dispositivo sensible a los cambios en la cantidad variable que se mide, cuando la variable es de naturaleza no eléctrica, resulta ventajoso convertir los cambios físicos en variaciones eléctricas mediante un transductor o sensor cuyo dispositivo transforma un tipo de variable física de interés (por ejemplo, fuerza, presión, temperatura, velocidad, caudal, etc.) en una magnitud específica.

Cualquier sensor o transductor necesita estar calibrado para ser útil como dispositivos de medida, cuya calibración es el procedimiento mediante el cual se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida convertida, la mayoría de estos sensores ya vienen calibrada de fabrica. Los sensores o transductores analógicos proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo voltaje o corriente eléctrica, donde esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.

Un sistema de instrumentación puede considerarse formado por tres bloques funcionales representado en la siguiente figura:

Fig. 2.10 Sistema de Instrumentación



Fuente: Elaboración propia

1. El detector o sensor, que cambia (o transduce) en señal eléctrica la cantidad que se mide.
2. Un modulo acondicionador de la señal, para amplificar o quizá conformar la señal a una forma de onda apropiada.
3. La lectura de la cantidad que se mide, que puede ser simplemente un indicador, o incluir un registrador para un gráfico escrito de la forma de onda.

Las muchas maneras posibles de combinar los tres elementos básicos del sistema de instrumentación constituyen un desafío al ingenio. Un operador podrá utilizar diversos tipos de transductores para controlar muchas variables en un punto central. [Gil & Rodríguez, 2001].

2.4.1 Clasificación de los Sensores o Transductores

Prácticamente cualquier cosa mensurable puede ser convertida en una salida eléctrica mediante un transductor, ya se trate de sonido, luz, temperatura, presión, etc. Así, algunos transductores pueden clasificarse de acuerdo a sus aplicaciones, en:

Mecánicos: Extensiómetros para fuerza, como ser: peso o torque, medidores de presión y flujo: acelerómetros, etc.

Térmicos: Termómetro de resistencia (PTC, NTC), termocuplas, termistor.

Ópticos: Fotovoltaicos (Celdas o baterías solares): Celdas fotoconductoras de efecto Hall.

Acústicos: Micrófonos.

Magnéticos: magnetómetros, semiconductores de efecto Hall.

Químicos: pH y celdas de conductividad.

Biológicos: Electroencefalógrafo, electrocardiógrafo, electrodos.

Nucleares: Cámara de ionización, detectores de radiación por centelleo y por semiconductores.

Los transductores pueden clasificarse también conforme al principio eléctrico que utilizan para convertir la cantidad variable, como por ejemplo:

a) Transductores Resistivos.

Extensiómetros (Metálicos y con semiconductores).

Termómetros termo conductores (bulbos resistivos y termistores)

Sensores fotoconductores (fotocélulas de sulfuro de cadmio).

Medidores de conductividad química.

b) Transductores inductivos

Transformador lineal diferencial variable (LVDT)

Generadores y receptores

c) Transductores capacitivos

Sensores LC y RC de alta frecuencia.

Válvula reactancia para producir modulación de frecuencia (como en telemetría)

d) Transductores divisores de voltaje

Sensor por posición de potenciómetro.

Divisor de voltaje accionado por presión.

e) Transductores generadores de voltaje

Piezoeléctrico (micrófono y acelerómetro de cristal).

Tacómetro.

Sensor de termocupla.

Celda fotovoltaica.

2.4.2 Características deseables de los transductores o sensores

Exactitud

La exactitud de la medición debe ser tan alta como fuese posible, se entiende por exactitud al valor verdadero de la variable que se pueda detectar sin errores sistemáticos positivos o negativos en la medición. Sobre varias mediciones de la variable, el promedio de error entre el valor real y el valor detectado tendera a ser cero.

Precisión

La precisión de la medición debe ser tan alta como fuese posible, lo cual significa que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable. La dispersión en los valores de una serie de mediciones será mínima.

Rango de funcionamiento

El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento y debe ser exacto y preciso en todo el rango.

Velocidad de respuesta

El sensor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal sería una respuesta instantánea.

Calibración

El sensor debe ser fácil de calibrar, cuyo tiempo y procedimiento necesario para llevar a cabo el proceso de calibración debe ser mínimo, además el sensor no debe necesitar una recalibración frecuente. El término desviación se aplica con frecuencia para indicar la pérdida gradual de exactitud del sensor que se produce con el tiempo y el uso, lo cual hace necesaria su recalibración.

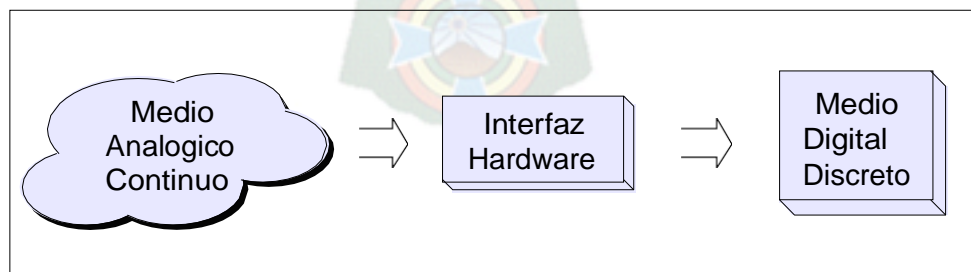
Fiabilidad

El sensor debe tener una alta fiabilidad, por lo cual no debe estar sujeto a fallos frecuentes durante el funcionamiento. [Gil & Rodríguez, 2001]

2.5 INTERFASE

En términos generales cualquier variable física puede llevarse al interior de la computadora y procesarse con la misma facilidad y eficiencia, como casi el cien por cien de los fenómenos físicos son de naturaleza análoga o de variación continua en el tiempo, y la computadora solo maneja variables de tipo digital que toman dos valores definidos: Voltaje alto (1) y voltaje bajo (0). Por lo tanto se requiere el empleo de una interfaz entre el medio analógico y un medio Digital lo cual se puede apreciar de manera abstracta en la siguiente figura:

Fig. 2.11 Interfaz Medio Analógico – Digital



Fuente: Elaboración propia

Dado un fenómeno físico (experimento) Se emplea un sensor o transductor adecuado para que convierta la variable física que se desea medir, en una señal eléctrica. Si la señal es muy débil se usa un acondicionador de señal, que además de incrementar o amplificar en magnitud la señal

obtenida del transductor se la puede filtrar, procesarla y en algunos casos corregirla. Una vez lista la señal debe ser convertida en digital, que es el tipo de señal que entiende la computadora, los circuitos integrados que desarrollan esta función se llaman convertidores Análogo – Digitales; de los cuales existen diferentes tipos con sus respectivas características. [Pontes, 1999]

Después de la conversión se tiene una palabra código binario la cual esta compuesta por un conjunto de bits, como por ejemplo en este caso emplearemos una resolución de 8 bits que es la unidad de información digital (8 bits= 1 byte), la cual debe procesarse en la PC, donde dicha señal es obtenida por uno de los periféricos de E/S con los que cuenta el ordenador como podemos mencionar algunos:

- a) El puerto serial cuyo papel es recibir la palabra código binario dada por el convertidor ADC en una forma serial, es decir, bit por bit (donde se requiere transformar una presentación de una palabra paralela a una forma serial).
- b) El puerto Paralelo (o de Impresora) que resulta mas sencillo de usar especialmente en practicas con sistemas de control debido al fácil acceso.
- c) El bus Interno.
- d) Puerto USB.

2.5.1 INTERFASE DE COMUNICACIÓN (RS232)

El corazón de la interfaz RS232 es el UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter), que es fácilmente programable, le acompaña la circuiteria electrónica necesaria para conseguir la conversión entre los niveles de tensión de la computadora (0V y 5V) y las señales eléctricas de la norma RS232 (-12V y 12V). Los circuitos electrónicos de esta interfaz tienen por consiguiente, la función de interconectar los buses internos de la computadora con el puerto serie o paralelo. La forma como se lleva a cabo la comunicación con el RS232 es a través de los protocolos de comunicación, para que entre el emisor y el receptor pueda establecerse una transferencia de datos es preciso que ambos respeten una serie de reglas comunes (protocolos) que controlen el flujo de información. Estos puertos nos permitirán enlazar el dispositivo hardware y el ordenador para realizar la comunicación, por lo cual se tomaran dos alternativas como a continuación veremos.

Comunicación Serial

El estándar de comunicación serial RS-232 esta basado en la norma EIA RS232-C. En la comunicación serie nos referimos a la conexión de dos terminales remotas, cuya comunicación se realiza en serie y de forma asíncrona, donde se especifica las interfases físicas que se establecen entre los dispositivos de comunicación de datos y el equipo de una terminal de datos.

Fig. 2.12 Conector DB9 Puerto Serial



Fuente: Elaboración propia

Las aplicaciones van desde la simple conexión directa de dos terminales para intercambiar información (datos); hasta la transmisión de archivos completos mediante un modem a distancias remotas y por distintos tipos de canales.

La comunicación asíncrona implica que dos terminales pueden transmitir y recibir datos sin necesidad de tener un reloj común. sin embargo ambos terminales deben configurar los mismos parámetros en sus puertos seriales. Los parámetros de comunicación son:

- Velocidad de envío y recepción en bits por segundo o baudios.
- La cantidad de bits que debe poseer cada dato unitario. Podrán ser 5, 6, 7, u 8 bits.
- Si se añade el bit de paridad, determinar si es de paridad par o paridad impar.
- La cantidad de bits de parada, podrán ser 1 o 2.

En las comunicaciones seriales, es necesario efectuar el sondeo de los distintos estados en que se encuentran los circuitos. Generalmente los estados se almacenan en un registro especial el cual interactúa directamente con los procesos de envío y recepción de datos.

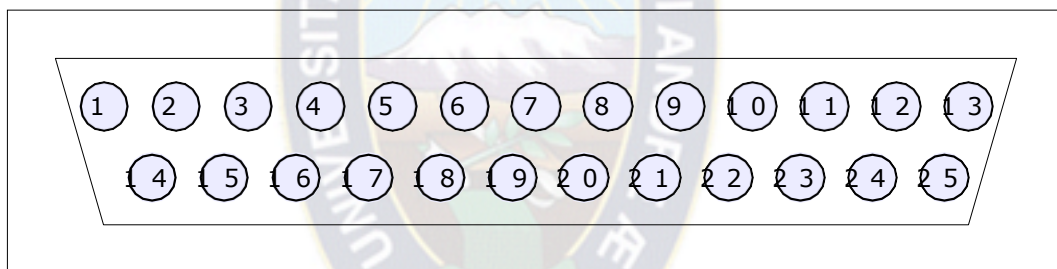
De manera alternativa se dispone también de la interfaz DB25 que es compatible en la configuración de comunicaciones que consiste en 25 puntos de conexión que a continuación veremos.

Comunicación Paralela:

Se llama paralelo porque tiene un bus de datos de 8 líneas y se pueden escribir en él 8 bits al mismo tiempo. En las computadoras éste se encuentra en la parte posterior y es un conector DB25 hembra en la mayoría de los casos. Se puede encontrar una amplia bibliografía que detalla el uso específico de cada terminal con respecto a la impresora; pero lo que nos interesa es conocer en qué terminales podemos escribir datos hacia el hardware y en qué terminales podemos leer datos desde el hardware.

El puerto paralelo de una típica PC utiliza un conector hembra de tipo D de 25 patas (DB-25), éste es el caso más común, sin embargo es conveniente mencionar los tres tipos de conectores definidos por el estándar IEEE 1284, el primero, llamado 1284 tipo A es un conector hembra de 25 pines de conexión de tipo D . El orden de los pines del conector se aprecia en la figura siguiente:

Fig. 2.13 Conector DB25 Puerto Paralelo



Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en la figura, en el puerto paralelo podemos encontrar tres registros: DATOS(D0 - D7), ESTADO(S2 – S7) y CONTROL(C0 – C5).

El puerto DATOS: tiene 8 terminales de salida: Pines 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

El puerto ESTADO: tiene 5 terminales de entrada: Pines 10, 11, 12, 13, 15.

El puerto CONTROL: tiene 4 terminales de salida. Pines 1, 14, 16, 17.

Tierra: Las restantes 8 terminales (pines 18-25).

Entonces, observamos que podemos utilizar el registro de DATOS para escribir hacia el hardware y podemos utilizar el registro de ESTADO para leer datos desde el hardware.

También el estándar 1284 proporciona una comunicación bidireccional de alta velocidad entre un PC y un periférico externo, estableciendo una comunicación más rápida que el original puerto paralelo. Por supuesto es totalmente compatible con todos los periféricos existentes para

puertos paralelos donde se puedan implementar un enlace bidireccional empleando los modos "compatible" y "nibble" para transferencia de datos. [San Vicente, 2003]

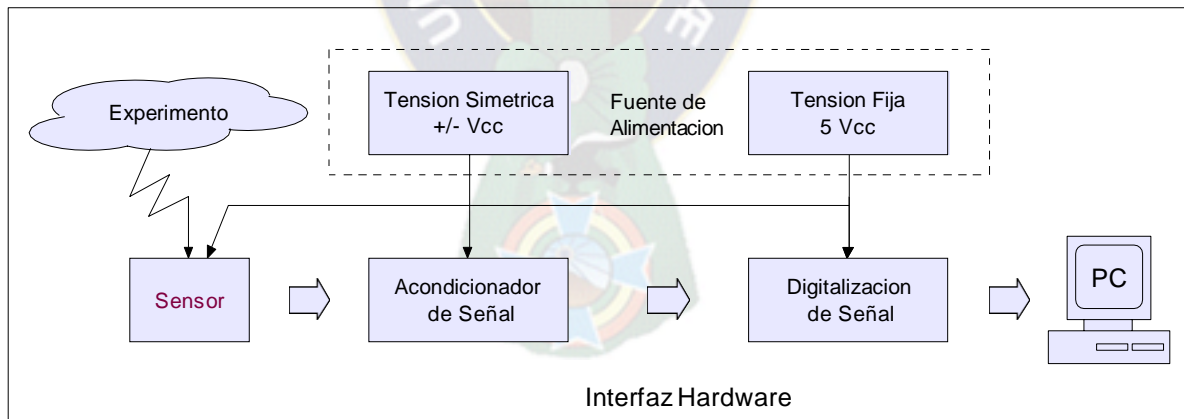
2.5.2 DISEÑO DE LA INTERFAZ HARDWARE

El diseño del hardware consta de partes o subsistemas que realizan determinada labor. Las labores particulares de cada subsistema se complementan para conseguir el funcionamiento global del sistema.

El método tradicional sistemático de análisis en tecnología plantea la necesidad de diseñar cada parte o subsistema para obtener una síntesis o funcionamiento conjunto de los subsistemas en un sistema general. En el diagrama de bloques se muestran los cuatro módulos que nos interesan para conseguir el funcionamiento conjunto de los subsistemas en un sistema general. Para llevar acabo el diseño de la interfaz hardware se considera los siguientes módulos principales:

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| a) Modulo Sensor | c) Modulo Acondicionador de Señal |
| b) Modulo Fuente de Alimentación | d) Modulo Digitalización de Señal |

Fig. 2.14Módulos del Circuito Interfaz Hardware



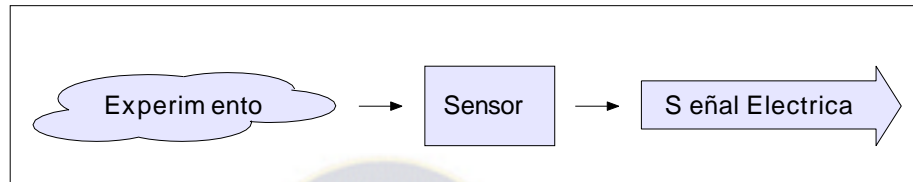
Fuente: Elaboración propia

a) Modulo Sensor

El sensor a emplearse en la captación de señales analógicas estará sujeta al tipo de experimento o sistema físico en estudio, el cual devolverá como resultado señales eléctricas (variables físicas) que varían en función al tiempo de manera continua, es decir se utilizaran

sensores de acuerdo al sistema en estudio, por ejemplo sistemas: térmicos, fuerza, peso, eléctricos, magnéticos, óptico, etc.

Fig. 2.15 Modulo Sensor



Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto cualquiera que sea la magnitud a ser cuantificada del experimento esta será expresada por los sensores como una variable física en forma de señales eléctricas, donde dicha señal ya sea de una magnitud menor o mayor, será acondicionada por el modulo acondicionador de señal.

b) Modulo Fuente de Alimentación

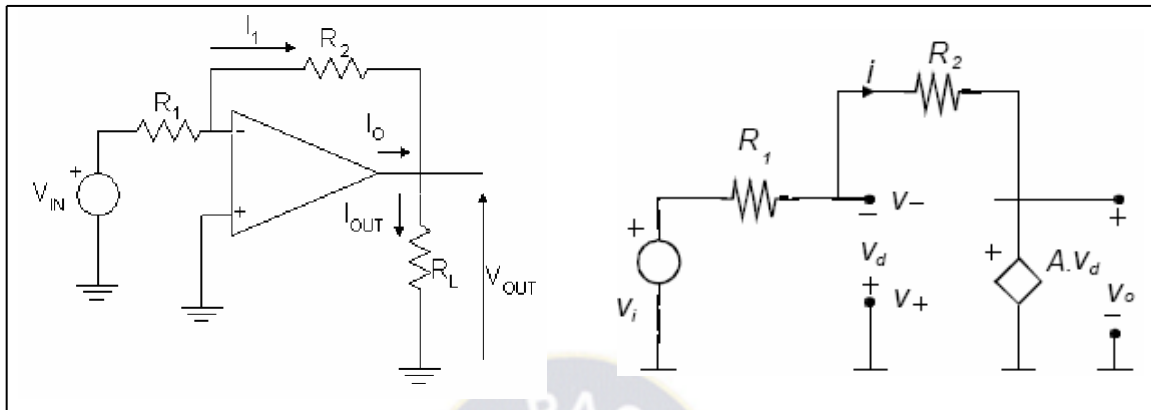
La fuente de alimentación con la que contara la interfaz hardware será de dos tipos:
Fuente Simétrica Regulable (Tensión $\pm V_{cc}$): Suministra voltaje de alimentación en un rango de [1.25 - 19] voltios. El modulo Acondicionador de Señal (Amplificadores Operacionales) requiere un voltaje de ± 7 voltios.

Fuente Fija (Tensión 5 Vcc): Alimenta al modulo Digitalizador y sensor.

c) Modulo Acondicionador de Señal

Ya que utilizaremos un conversor ADC0804 el cual maneja un rango de voltaje de 0-5 [V], para nuestros fines debemos amplificar la señal emitida por los sensores a un nivel requerido de ganancia, para esto requeriremos de una configuración de amplificadores operacionales el cual es generalmente utilizado en aplicaciones donde se tiene como entradas, una pequeña tensión o señal de entrada donde también se incluye un ajuste del resistor variable R2 para ajustar el nivel de ganancia requerido. [Driscoll, 2003]

Fig. 2.16 Circuito básico de Amplificador Inversor



Fuente: [Bertran & Montoro, 2000]

Ecuaciones del Circuito Inversor Operacional:

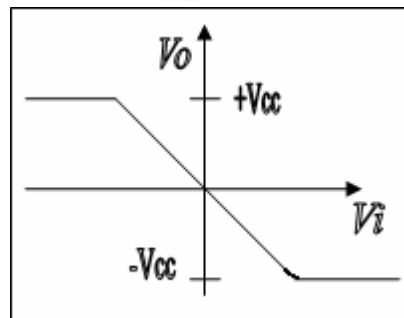
Si $e_+ = e_-$ son las denominadas entradas: $e_+ =$ no inversora y $e_- =$ inversora $= V_{in}$)Según la ley de Kirchhoff se tiene: $i = (V_i - A \cdot V_d) / (R_1 + R_2)$

$$-V_d = V_i - [(V_i - A \cdot V_d) / (R_1 + R_2)] \cdot R_1 \quad \textcircled{1} \quad V_o = A \cdot V_d \quad \textcircled{2} \quad V_o = -A \cdot [R_2 / (A \cdot R_1 + R_2 + R_1)] \cdot V_i$$

$$\text{Lim } V_o(A \rightarrow \infty) = - (R_2 / R_1) \cdot V_i$$

La relación entre la tensión de entrada V_i y la de salida V_o es una recta pendiente negativa, cuyo valor viene ajustado por el diseñador del circuito según la relación entre las resistencias R_2 y R_1 . Esta recta está acotada por las máximas tensiones que es capaz de proporcionar el A.O a su salida: aproximadamente $+V_{cc}$ y $-V_{cc}$.

Fig. 2.17 Pendiente de E/S del amplificador Inversor



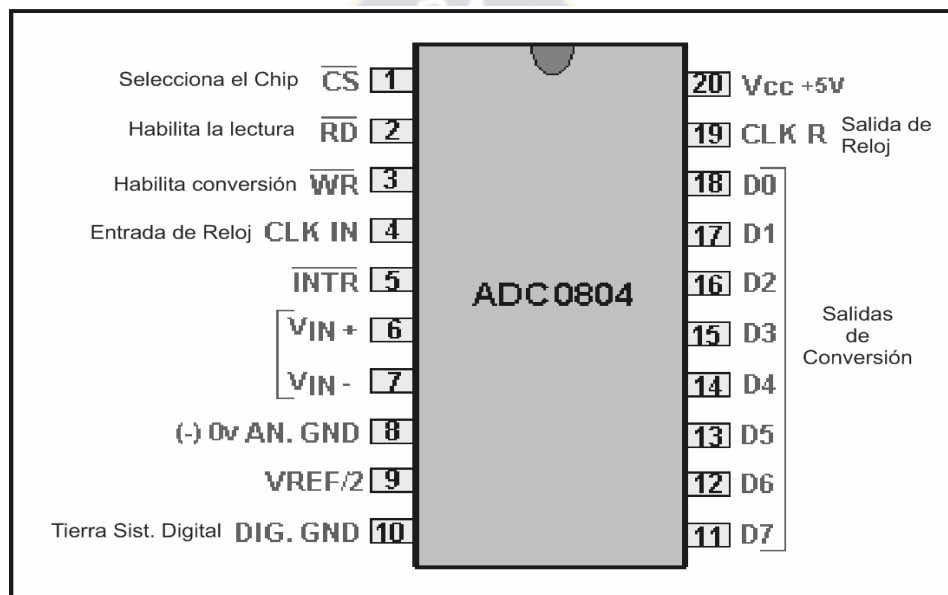
Fuente: Elaboración propia

Gracias a la realimentación se puede obtener un margen de funcionamiento lineal que permita la amplificación de señales en el margen de salida de la figura anterior

d) Modulo Digitalización de Señal (ADC 0804)

El modulo de digitalización de señal se encarga de transformar las señales eléctricas continuas en señales eléctricas discretas mediante el dispositivo de conversión ADC0804.

Fig. 2.18 Conversor ADC0804 Resolución 8bits



Fuente: [Rayón Valdivia, 2006]

Algunas de las características del ADC0804 son:

Como se puede observar en la grafica, existe una terminal de alimentación +Vcc = 5 Voltios, dos terminales de tierra, una tierra analógica, y una tierra digital, en ocasiones el circuito digital y el analógico deben estar lo mas separados posible, pero en nuestro caso, esto no es de mucha importancia, así que podemos conectar la tierra analógica junto con la digital.

Voltaje de referencia (Vref), este voltaje se usa para indicarle al conversor A/D el rango de la señal de entrada que estará en capacidad de leer, si por ejemplo: Le damos al converso A/D un voltaje de referencia de 2 Voltios, significa que cuando la señal de entrada alcance 2 Voltios en el bus de datos de salida tendremos el máximo valor en código binario "11111111" y en tierra el mínimo "00000000"; En el caso del ADC0804 debemos aplicar en el pin 9 un voltaje igual a

$V_{ref} / 2$, o sea la mitad del voltaje de referencia deseado, por tanto en este pin aplicamos 2.5 Volts , por medio de un divisor de voltaje para tener un rango de 0 a 5 Volts en la conversión.

Las estradas CLK R y CLK IN tienen una configuración por defecto (Oscilador RC) el cual se ve en el esquema, y le da la frecuencia de conversión al ADC0804 de aproximadamente 100 μ Seg.

Vin+ y Vin- corresponden al las entradas diferenciales de la señal a censar, en nuestro caso hemos conectado Vin- a tierra para obtener la característica de modo común (Referido a tierra).

En WR debemos aplicar un cero para que la conversión de inicio.

En INT obtenemos un cero cuando la conversión a finalizado.

La terminal Rd se usa para indicarle al ADC0804 que el dato en su bus ya ha sido leído.

Funcionamiento de la conexión en corrida libre

Para que el ADC0804 funcione en corrida libre, se debe conectar el pin WR con el pin INT y RD a tierra, así cada vez que el conversor finalice una conversión, aparecerá un cero en el pin INT, y como esta terminal esta conectada con WR, el conversor vera aparecer un cero y dará inicio de conversión de nuevo, este proceso continuara en un bucle infinito.

La terminal RD se conecta a tierra para que la terminal INT regrese a uno después de cada notificación de fin de conversión. [Rayón Valdivia, 2006].

3 METODOLOGIA Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

3.1 DESCRIPCIÓN DE METODOS

Al estudiar la configuración de los sistemas de adquisición de datos modernos SAD (Sistema de Adquisición de Datos), basados en equipos PC, se aprecia que una de las partes que componen dichos sistemas, es el software quien controla y administra los recursos del computador, presenta los datos, y participa en el análisis. La representación digital de la variable analógica (señal eléctrica) se transmite desde el ADC hacia la computadora, quien la almacena y procesa la información de acuerdo con las instrucciones del programa en ejecución.

A continuación se hace una descripción del método relacionado a la captación de información por medio de interfases hardware.

3.1.1 Acondicionamiento de la Señal

La salida que proporciona el sensor no siempre se puede conectar directamente al aparato de medida los motivos son variados, ya sea porque a la salida del sensor la señal eléctrica es pequeña respecto a su magnitud de voltaje y el instrumento no es capaz de detectarla, o porque interesa convertir la señal de intensidad o frecuencia a voltaje, o por otras razones diversas. Por lo tanto es necesario entonces “preprocesar” la señal antes de que llegue al instrumento.

Considerando una señal débil, aunque su nivel esté dentro del rango de medida del aparato, el lapso de tiempo que éste necesita para tomar la medida (llamado tiempo de apertura) depende de la magnitud de la señal, por ejemplo para medir una señal débil el tiempo de apertura es mayor. Si se quieren realizar muchas mediciones seguidas es necesario amplificar la señal antes de que llegue al aparato.

Es por esta razón el empleo de amplificadores operacionales para determinar las necesidades de acondicionamiento de la señal, cuyo dispositivo aumenta el valor de una señal, donde el núcleo de dicho dispositivo es una fuente controlada por una señal de entrada.

3.1.2 Digitalización de Señal

La digitalización de una señal se lleva a cabo a través de un proceso llamado conversión análogo digital (ADC), es un sistema el cual toma un voltaje análogo continuo como señal de entrada “ V_x ” y lo convierte en un número binario de “ n ” bits, el cual puede ser fácilmente manipulado por sistemas o métodos digitales, el proceso de conversión A/D es generalmente más complejo y largo que el proceso D/A, y se han creado y utilizado muchos métodos.

El número de “ n ” bits es un binario fraccional que representa la relación entre un voltaje “ V_x ” de entrada y el voltaje de escala total VFS del conversor, una amplia gama de técnicas son usadas para este tipo de conversión que ya la mencionamos en el capítulo II. El método de conversión que emplearemos en el presente trabajo será el de aproximaciones sucesivas cuyo método se encuentra implementado en el dispositivo que utilizaremos ADC0804 y que desarrollaremos posteriormente.

3.1.3 Representación y Gestión de la información receptionada

La señal discreta (Información Digital) receptionada en el buffer por medio de uno de los periféricos de entrada hacia la PC será controlada por el programa en ejecución para el registro, monitoreo y procesamiento de los datos como también el almacenamiento de los mismos en archivos para su posterior análisis.

3.2 MÉTODO CIENTÍFICO

El método científico nos permite partir de lo conocido para llegar a lo desconocido a través de una cadena de pasos o acciones basados en un aparato conceptual determinado y en reglas que permiten avanzar en el proceso del conocimiento. Para lo cual tenemos los procesos de: Análisis y Síntesis, Inducción y Deducción, Abstracción, Concreción, Modelación, y el Experimento.

Análisis y Síntesis

En un laboratorio donde se pueda contar con acceso a la información digitalizada en tiempo real posibilita poder optimizar mejor los tiempos y precisión de un determinado experimento, es así que surge la necesidad de hacer uso de las interfases hardware y software para poder llevar a cabo la captación de un sistema físico. En la actualidad se cuenta con una variedad de sistemas de este tipo, pero por el elevado costo que estos tienen imposibilitan contar con el mismo, pero también surge la necesidad de construirlos, calibrarlos y adecuarlos a las variadas necesidades que tengamos. Se realiza una investigación sobre la captación de señales analógicas y representarlas en señales discretas por medio de la interfaz hardware y software.

En un medio natural o sistema físico las distintas variables ya sean estas temperatura, velocidad, fuerza, peso, radiación, etc., están reflejadas como de naturaleza análoga, donde el cuantificar una determinada variable resulta práctico con el empleo de sensores o transductores los cuales emiten señales eléctricas analógicas y estas pueden ser recepcionadas, procesadas, analizadas y representadas por sistemas digitales. Para la representación de las señales analógicas se sigue una serie de pasos que utilizan herramientas como ser: sensores, acondicionadores de señal (Amplificador Operacional), técnicas de digitalización (Muestreo de Nyquist) y la programación respectiva (Software) para el control y procesamiento de la información recepcionada.

Para el funcionamiento de la interfaz hardware se necesita una fuente de alimentación simétrica regulable $\pm V_{cc}$ y una fuente fija de 5 voltios. La ubicación de dicho hardware con el ordenador será importante ya que para una distancia considerable se requerirá una comunicación

serial por la atenuación de la señal que podría existir, en cambio para una distancia corta simplemente podría emplearse el puerto paralelo.

Inducción

En primera instancia la naturaleza interactúa con el hombre a través de fenómenos de cambio, los cuales son captados o percibidos como información por los cinco sentidos del ser humano y expresada como una magnitud física. Análogamente en un medio físico experimental se realiza mediciones de variables físicas de un determinado experimento por medio de instrumentos de medición, donde dicha medición es representada como una señal eléctrica análoga observada por el experimentador.

Un instrumento o dispositivo de medición representa la magnitud física de una señal eléctrica análoga de manera cuantitativa, esta también puede ser discretizada o digitalizada cuantitativamente por mecanismos o dispositivos de transformación de la señal eléctrica. Esto se lo llevara acabo con el empleo adecuado de un hardware y software.

Posteriormente se puede realizar una múltiple captación de información de señales analógicas (Variables Físicas) de varios sensores haciendo uso de otros canales de entrada con el empleo de multiplexores y un software de control de los mismos.

Deducción

La captación de señales analógicas experimentales aumenta la rapidez de registro y precisión en la recolección de datos experimentales, disminuye la tasa de error que produce la lectura y registro de datos manualmente y disminuye el tiempo que ello conlleva, esto se logra empleando los medios adecuados para su digitalización haciendo uso de todas las propiedades que tienen estos dispositivos.

La conexión entre el ordenador y el experimento se lo realiza mediante un circuito que hace de interfaz entre ambos sistemas. Este circuito permite la captación y transformación de la señal obtenida a una señal discreta o digital que es representada por el sistema digital (PC), y es así que de esta manera se cuenta con sistema de captación digital.

Primeramente para llevar acabo la captación de las señales analógicas producida por los sensores o transductores, se lo realizara por dos fases: Primeramente la fase de Acondicionamiento y segundo la fase de Digitalización.

Abstracción

Para efectuar una captación de información analógica expresada en señales eléctricas necesitamos cinco elementos básicos, primeramente un sensor o transductor, un dispositivo acondicionador de señal, un dispositivo de digitalización ADC, un sistema digital en este caso una PC soportada por un programa (Software) y complementando con una fuente de alimentación regulada de acuerdo al requerimiento de los dispositivos a emplearse.

En primera instancia se ubica el sensor en el medio físico o experimento a realizarse, el cual va conectado al modulo acondicionador de la señal y este ultimo al modulo de Digitalización quien posteriormente responderá con señales discretas o información binaria en uno de los periféricos de entrada de la PC hacia el buffer y controlada digitalmente por el software.

Concreción

Una vez preparado todos los dispositivos hardware necesarios, que se requieran para la captación de información de un medio físico, se procederá luego al monitoreo en pantalla, registro y almacenamiento de la información, gestionado por el software desarrollado en Visual Basic para tal caso. Esta investigación se lo podrá demostrar a través de una prueba experimental al estudio de una variable física empleando dicho hardware mencionado anteriormente.

Observación

Los dispositivos hardware empleados en el modelo de captación tienen diversas características, una de ellas es el ajuste del parámetro de entrada (señal eléctrica) en el modulo acondicionador de señal ya que para distintos sensores con los que se este trabajando se requerirá un ajuste para el incremento en magnitud de la señal de entrada (amplificación de señal), esto se lo realizara mediante el resistor variable incorporado a la entrada inversora del amplificador operacional, que va de acuerdo al requerimiento del investigador y sensibilidad del sensor.

En el modulo de Digitalización de señal se trabajara con un dispositivo ADC 0804 con una resolución de 8 bits lo cual significa una precisión de $VFS/2^n$, de tal manera que si uno busca una mayor precisión en los resultados esta podrá ser remplazada por otra de mayor resolución.

La comunicación del hardware con la PC se realizara a través de uno de los periféricos de entrada hacia la PC, ya sea este el puerto serial o el puerto paralelo considerando la distancia entre la PC y la interfaz hardware por factores de atenuación. Para una comunicación paralela: distancia máxima de 3 metros y para una comunicación serial: mayor a tres metros lo cual implica hardware adicional para la transmisión serial.

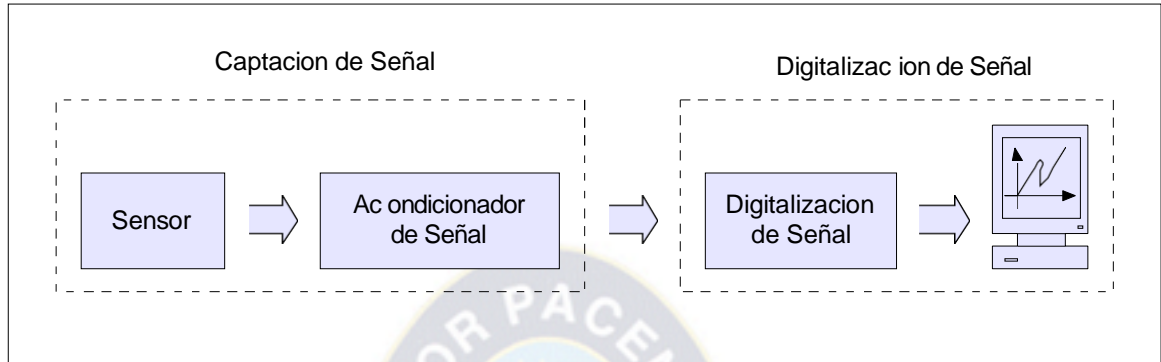
Medición

La señal analógica recepcionada por el transductor o sensor será amplificada por el modulo acondicionador quien incrementara su magnitud o ganancia bajo requerimientos del investigador y especificaciones técnicas (sensibilidad) de los transductores. Esta amplificación de la señal se la realiza de manera independiente en el modulo acondicionador, ajustando el preset de regulación, con la ayuda de un voltímetro digital y su amplitud se incrementa de manera proporcional a la señal de entrada en un orden de 10^n ($n=2,3,\dots,5$) o su equivalente en decibelios $20*\text{Log}(n)$ cuya característica de estos dispositivos se refleja en la linealidad de su salida.

Luego del acondicionamiento de la señal se procederá a la digitalización de la señal bajo el método de aproximaciones sucesivas, sujeta a la sincronización del dispositivo y voltaje de referencia empleado para el ADC0804 y por ultimo se presentara la información obtenida a través del sistema digital en base a un programa de control.

3.3 DESCRIPCIÓN INFORMAL DEL MODELO

Figura 3.1 Esquema del Modelo de Captación de Señales Analógicas



Fuente: Elaboración Propia

3.3.1 COMPONENTES

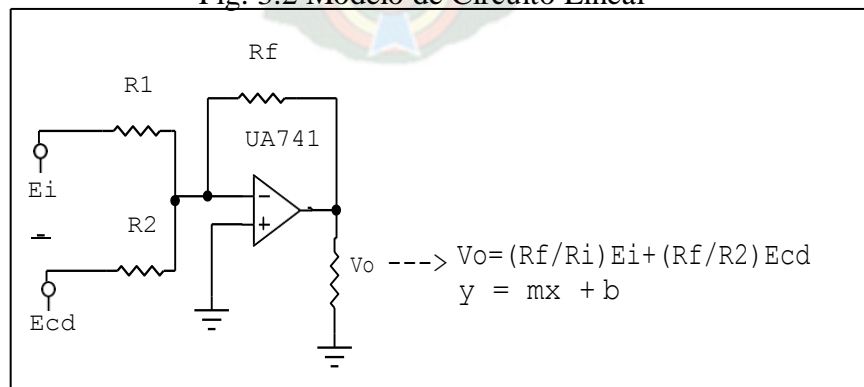
Los componentes del modelo son los siguientes:

- Acondicionamiento
- Digitalización
- Representación de datos Discretos

a) ACONDICIONAMIENTO

Acondicionamiento de Señal analógica: La información que se capta por los sensores es acondicionada mediante amplificadores operacionales y sometidas a un lineamiento y ganancia proporcional de acuerdo a la sensibilidad del sensor, es decir debe cumplir la ecuación de una línea recta: $y = mx + b$.

Fig. 3.2 Modelo de Circuito Lineal

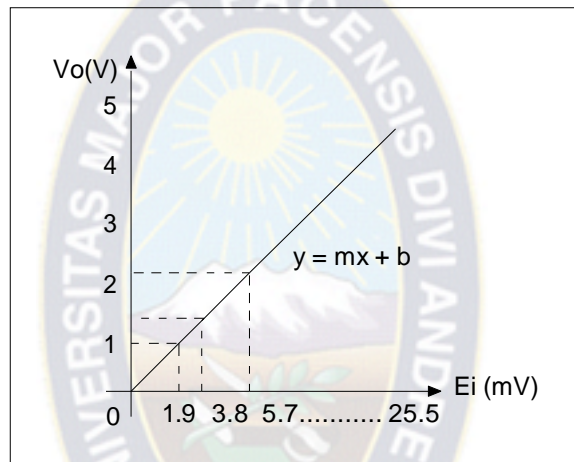


Fuente: Elaboración Propia

- donde: $y = V_o$, Voltaje o señal de salida.
 $x = E_i$, Voltaje o señal de entrada (sensibilidad del sensor).
 $m = R_f / R_1$ Ganancia o amplificación de la señal.
 $b = (R_f / R_2)E_{cd}$ Constante de desviación.

Cada voltaje de entrada E_i debe ser correspondida linealmente de manera proporcional por un voltaje de salida V_o de acuerdo al rango de voltaje de la entrada del conversor, para este caso se toma un rango de 0-5 Voltios, como se aprecia en la figura y tabulada en la tabla respectivamente:

Fig. 3.3 Acondicionamiento Lineal de la señal



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.1 Valores que determinan el comportamiento

Según sensibilidad de sensor Voltaje de Entrada E_i (mV)	Rango de 0 – 5 Voltios Voltaje de salida V_o
0	0
0.95	0.5
1.9	1
2.80	1.5
3.89	2
5.71	2.5
...	...
....
....	...
....
25.5	5

Fuente: Elaboración Propia

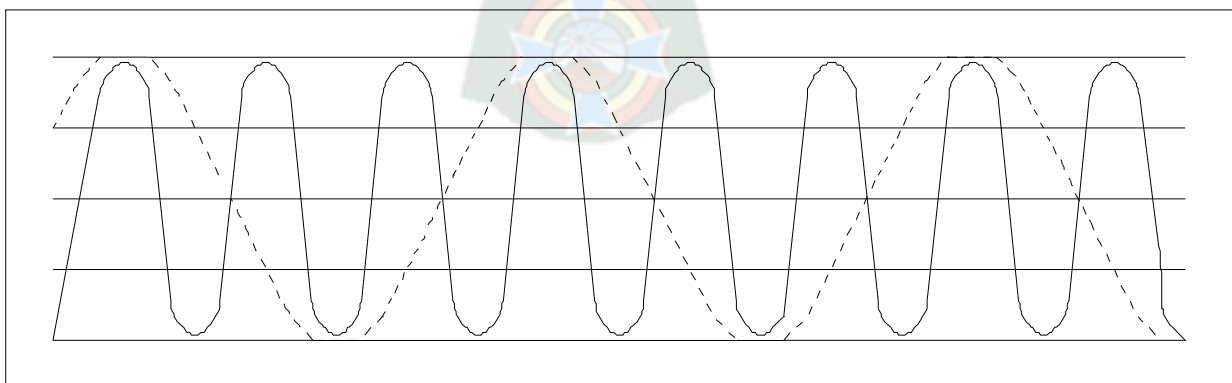
Después del análisis que se vio en la grafica 3.1.2 y la tabla 3.3.1 para $b=0$ por ser $E_{cd}=0$ y $R_2=0$ podemos decir que se aproxima a una distribución lineal.

b) DIGITALIZACION

Digitalización de la señal Analógica: La misión de la etapa de digitalización se cumple con el empleo del dispositivo conversor ADC0804 cuya misión es la de convertir la señal analógica en una señal discreta para así obtener una representación digital de la misma (conjunto de unos y ceros de una magnitud analógica). Las operaciones necesarias para convertir una señal analógica en un conjunto de códigos digitales se basa en los siguientes 3 conceptos básicos:

MUESTREO: Mediante esta operación se obtienen los valores instantáneos de la señal analógica. La frecuencia de muestreo debe ser de un valor tal, que en el proceso inverso, se aproxime casi a la completa reconstrucción de la señal original. Para apreciar mejor este concepto vemos a manera de ejemplo la grafica siguiente donde se muestra una línea continua como señal original y la línea punteada como señal muestreada, donde se aprecia que el muestreo se lo realiza con una frecuencia muy baja respecto a la señal original por lo cual sufrirá perdida de información de la señal original. Para subsanar este problema, según Niquist el muestreo debe llevarse por lo menos el doble de la frecuencia “f” de la señal original $f_m \geq 2 * f_{original}$.

Fig. 3.4 Muestreo de una Señal Analógica



Fuente: Elaboración Propia

Señal original: _____

Señal muestreada: -----

CUANTIFICACIÓN: Como los valores de las muestras obtenidas mediante el muestreo de la señal analógica pueden ser infinitos, y el número de bits (n) de salida del ADC es finito, es necesario realizar una correspondencia entre tramos de valores de la señal analógica y estados digitales posibles con “ n ” bits.

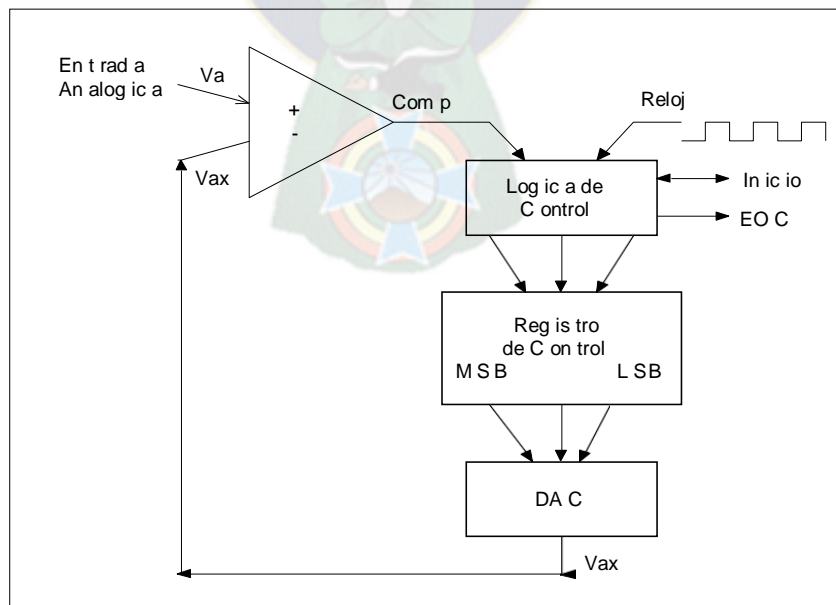
CODIFICACIÓN: Es el proceso en el cual se asigna un conjunto de bits (código digital) a cada uno de los N niveles de cuantificación.

Estos tres conceptos básicos se llevan de manera conjunta en el proceso de digitalización de una señal analógica mediante un método de conversión ADC y la cual se encuentra implementada en el dispositivo ADC0804, y que se detalla a continuación.

Método de Aproximaciones Sucesivas (Analogía para una resolución de 4 bits)

La conversión de aproximaciones sucesivas utiliza una técnica o estrategia más eficiente, mediante la variación de la referencia de entrada al comparador. Como resultado para la conversión se requerirá solamente de “ n ” pulsos de reloj para completar una conversión de “ n ” bits lo que significa que tiene un tiempo fijo de conversión que no depende del valor de la señal analógica. [Tocci, 1993].

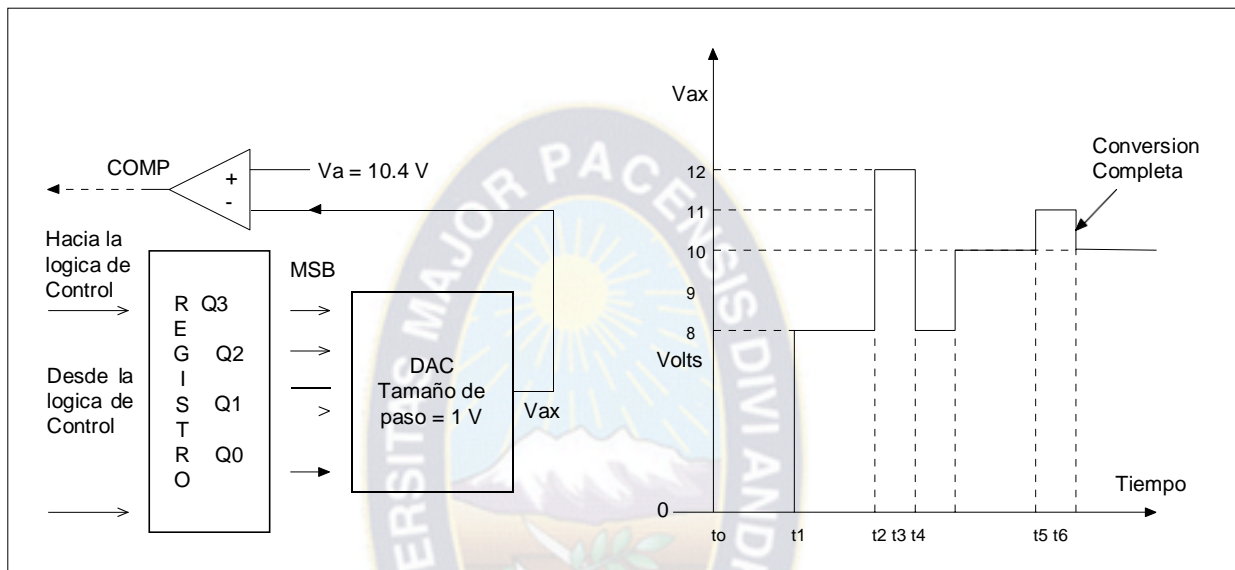
Fig. 3.5 Diagrama de bloques de Aproximaciones Sucesivas



Fuente: [Ronald J. Tocci, 1993]

Esta técnica emplea un registro cuya lógica de control modifica el registro bit por bit hasta que el contenido del registro se aproxime al valor digital de la entrada analógica V_a . A continuación se sigue una serie de pasos para obtener el valor digital de una entrada analógica de 10.4 voltios con una resolución de 4 bits en base a la figura siguiente:

Fig. 3.6 Conversión de Aproximaciones Sucesivas para 4 bits



Fuente: [Ronald Tocci, 1993]

PASO 0

Si la entrada analógica tiene el valor de 10.4 V, toda la operación de digitalización comienza cuando la lógica de control borra el registro "Q" asignándole un valor de $Q = 0$ donde dicho registro queda de la forma: $Q = 0 @ Q_3 = Q_2 = Q_1 = Q_0 = 0000$ respectivamente, por lo cual hace que la salida del DAC sea $V_{ax} = 0$ para un tiempo t_0 . Ahora como $V_{ax} < V_a$ la salida del comparador es alto "1".

PASO 1

Para un tiempo t_1 la lógica de control pone el MSB del registro de control en un estado alto " $Q_3 = 1$ ", donde el registro Q queda de la forma $Q = 1000$, esto hace que la salida del DAC tenga el valor de $V_{ax} = 8\text{ V}$ y como $V_{ax} < V_a$ la salida del comparador permanece en un estado alto "1" por lo cual este nivel le indica a la lógica de control que la puesta del MSB=1 no ha

hecho que el valor de “ V_{ax} ” sea mayor al valor de “ V_a ” por lo cual el MSB se mantiene en un estado alto “1”.

PASO 2

Ahora la lógica de control avanza hacia el siguiente bit “ Q_2 ”, poniendo el registro Q de la forma $Q = 1100$ y con ello la salida del DAC tendrá el valor de 12 V para un tiempo t_2 y como ($V_{ax} > V_a$) la salida del comparador cambia a un estado bajo “0” indicándole a la lógica de control que el valor de ($V_{ax} > V_a$) por lo que le asigna un valor de cero al bit Q_2 en un tiempo t_3 , de este modo el contenido del registro de control queda de la forma $Q=1000$ y la salida del DAC toma el valor de $V_{ax} = 8$ V.

PASO 3

Para un tiempo t_4 la lógica de control pone en un estado alto el bit correspondiente a $Q_1=1$ de modo que el registro de control queda de la forma $Q = 1010$ y el valor de salida del DAC $V_{ax}=10$ V, como ($V_{ax} < V_a$) el comparador es un estado alto y esto le indica a la lógica de control que mantenga $Q_1=1$.

PASO 4

Finalmente para un tiempo t_5 la lógica de control pone el estado del bit $Q_0=1$, quedando el registro de control de la forma $Q=1011$ y la salida del DAC de la forma $V_{ax} = 11$ V. Como los valores ($V_{ax} > V_a$) el comparador cambia hacia el estado bajo, por lo cual la lógica de control asigna el bit $Q_0=0$ en un tiempo t_6 quedando el registro de control de la forma $Q=1010$ en donde finaliza toda la operación para los 4 bits en estudio. [Tocci, 1993]

c) Representación de Datos Discretos

Un conjunto de datos, permite la representación y la evaluación del comportamiento de una determinada variable física con respecto al experimento, generalmente en función al tiempo, donde dicha información obtenida estará constituida por valores discretos sujeto al rango de resolución del conversor ADC empleado en el proceso de digitalización.

Para poder realizar un tratamiento de la información discreta obtenida (valor digital binario) mediante el buffer, esta es inmediatamente convertida al equivalente decimal de dicho valor (binario @ decimal) que viene correspondida de la siguiente forma: como $n=8$ @ $2^n=256$ posibles valores discretos:

Tabla. 3.2 Rango de Correspondencia
Binario - Decimal

Rango Binario	Rango Decimal
00000000	0
00000001	1
00000010	2
00000011	3
.....
.....
.....
11111101	253
11111110	254
11111111	255

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto se cuenta con un rango de valores decimales desde [0 – 255] con un valor decimal significativo de 255.

Para poder llevar acabo el monitoreo y registro de los datos discretos, primeramente se debe obtener un valor numérico aproximado a la variable física cuantificada, esto va sujeto de acuerdo al rango de estudio de la variable física (intervalo de medida del sensor) y a la resolución del dispositivo digitalizador que se detalla de la siguiente forma:

- Rango de la variable física RVF: sujeta a características del sensor (por lo general viene expresada en magnitudes positivas).
- Valor decimal de salida mas significativo: para nuestro caso 255.
- Factor de incremento en magnitud de la variable física ΔFIV .
- Valor en tiempo real VTR obtenido en un instante de tiempo t_i , donde $i= 1,2,3,\dots \dots n$.

Nota: t_i viene sujeta en intervalos de tiempo Δt según el numero de lecturas realizadas.

Son estos cuatro aspectos que se toman en cuenta para la representación de los datos discretos obtenidos, tanto para el monitoreo como el registro de los mismos.

El factor de incremento de la variable física viene asignado por la relación de la diferencia del rango en estudio de la variable física y el valor decimal de salida más significativo, es decir:

$$\text{Rango de Variable Física RVF} = \text{Limite Superior} - \text{Limite Inferior}$$

$$\text{Factor de incremento: FIV} = \text{RVF} / 255$$

Entonces el valor aproximado en un instante de tiempo t_i será:

$$\text{ValAprox} = \text{FIV} * \text{VTR} + \text{Limite Inferior}$$

De esta forma se obtiene un valor aproximado cuantitativo de la variable física en estudio para un instante t_i definida por el usuario el cual se podrá monitorear y registrar.

Para el monitoreo en el ordenador se emplea la siguiente formula para el trazado de una línea en un objeto Picture Box de Visual Basic: *objeto.Line (x1, y1) - (x2, y2), [color]*

El registro de valores cuantificados se lo obtiene en una matriz de manera tabulada en función al tiempo t_i que conforma un conjunto de datos (x_j, y_j) [$j = 0, 1, \dots, n$], posteriormente según sea el requerimiento del usuario se almacena como registro del experimento en un archivo Datos.xls para posteriores tratamiento de los datos.

Para la búsqueda de un valor particular referido a los datos tabulados que no se encuentren en dicho intervalo de datos (X_j, Y_j) deberá interpolarse el mismo empleando un método numérico, con el fin de obtener un valor cuantitativo en dicha región del intervalo a cambio de tener una visión general del comportamiento de un sistema físico.

3.4 DESCRIPCIÓN FORMAL DEL MODELO

La función definida por Y es una tripleta que determina como se lleva acabo la captación de información de señales analógicas de un medio físico, y viene definida por:

$$Y = (v, A, D)$$

$$Y = (A(v), D(v))$$

donde:

v: es la señal analógica (eléctrica) a ser captada y digitalizada.

A(v): función de acondicionamiento.

D(v): función de digitalización.

3.4.1 Función de acondicionamiento A(v)

Sea “v” la señal en estudio, donde “v” posee propiedades eléctricas de tensión o intensidad y viene representada como una onda senoidal.

$$v = A \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \theta)$$

donde:

A = amplitud de onda,

frecuencia $\omega = 2\pi f = 1/T$, T = periodo

t = tiempo

θ = ángulo de fase

Sea V_i la señal de entrada al acondicionador, donde V_i será incrementada en amplitud por el amplificador operacional cuyo incremento o no esta sujeto de manera manual (externamente) por medio de resistencias variables. La configuración del sumador inversor lineal se representa mediante la siguiente ecuación:

$$v_o = v_i \cdot (R_f / R_1) + (R_f / R_2) \cdot E_{cd} \quad \equiv \quad y = mx + b$$

donde: $m = (R_f / R_1)$ factor de ganancia

$R_f \geq R_1$, R_f proporcional en ganancia a R_1 .

E_{cd} = tensión de desviación lineal.

v_o se encuentra entre los limites de alimentación de la fuente $+V_{cc}-2 < v_o < -V_{cc}+2$

La variable de entrada V_i será acondicionada en amplitud “A” por el factor de ganancia $m = (R_f / R_1)$ controlado externamente de manera que a su salida se tendrá $V_o = m \cdot V_i$ donde su amplitud es proporcional a la señal original de entrada.

3.4.2 Función de Digitalización D(v)

Como se menciona anteriormente para llevar a cabo la digitalización de una señal analógica en un conjunto de códigos digitales se puntualiza en los siguientes conceptos: muestreo, cuantificación y codificación.

Muestreo

Sea $v(t)$ una magnitud física que varía en el tiempo. Se define muestreo como la obtención de una señal discreta a partir de $V(t)$ tomando medidas en ciertos instantes de tiempo t .

Apartir de $V(t)$ continua se obtiene $V[n]$ discreta, donde $n \in \mathbb{Z}$

Para un muestreo periódico se puede escribir:

$$V[n] = V(n \cdot T) \quad \text{con } -\infty < n < +\infty$$

T = tiempo de muestreo para un intervalo de tiempo “ T ”

Se define frecuencia de muestreo a $f_m = 1/T$ muestras por segundo

Una aproximación de la señal discreta “ V ” será:

$$V = \sum_n V(nT) \delta(t - nT)$$

Teorema de Niquist:

Si una señal v tiene un ancho de banda limitado por f_s (Es decir la transformada de Fourier de V es nula para $f > f_s$) entonces V queda totalmente determinada por las muestras:

$$V[n] = v(nT) \quad \text{con } n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4, \dots, \pm \infty \quad \text{si } f_m = 1/T > 2f_s$$

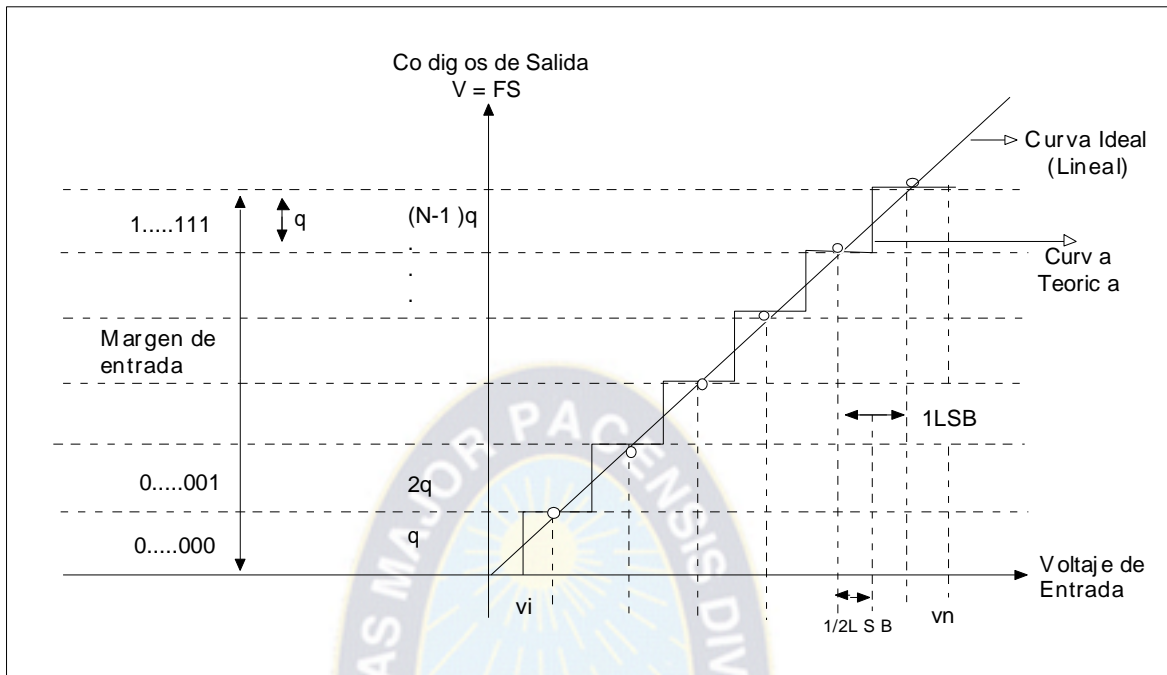
donde: f_s = frecuencia de Niquist, f_m = tasa de Niquist

Por tanto: $f_m \geq 2 f_{\max}$ o $f_m \geq 2BW$ BW = Ancho de Banda

Cuantificación:

Como los valores de las muestras obtenidas mediante el muestreo de la señal analógica pueden ser infinitos, y el número de bits “ n ” de la salida del ADC es finito, hacemos la correspondencia entre tramos de valores de la señal y estados digitales de salida según la siguiente figura.

Fig. 3.7 Cuantificación de la señal analógica



Fuente: Elaboración Propia

Al intervalo q se le denomina intervalo de cuantificación, el valor de q queda fijado a partir del valor máximo de $V = FS$ (voltaje de fondo de escala), $N = 2^n$ posibles niveles de salida del cuantificador.

$$\text{Por tanto: } q = V / N = FS / N \quad \text{entonces} \quad 1\text{LSB} = q = FS / N$$

Así los puntos de transición ideales estarán en: $2^{i+1}/(2 \cdot 2^n)$. con $i = 0, 1, 2, 3, \dots, 2^N - 1$ bajo estas condiciones tendremos un código constante para un rango de voltaje de entrada igual a 1LSB este error se denomina error de cuantización.

Codificación

Es el proceso en el cual se asigna un conjunto de bits (código digital) a cada uno de los N niveles de cuantificación.

El valor analógico equivalente al bit de menor peso será: $1\text{LSB} = q = FS / N$

El valor de la tensión correspondiente a la palabra digital mas alta del código (1.....11 binario natural) de salida es: $(N-1)*q$

Tabla 3.3 Voltajes de entrada Vs Códigos de salida

Voltaje continuo de entrada	Código Binario
V_i	00.....0
$V_{i+1} - V_i$	00.....1
$V_{i+2} - V_{i+1}$	00 ..10
....
....
$(N-1)*q$	11.....1

Fuente: Elaboración Propia

Nota: i toma valores de los distintos voltajes de entrada continuos en un instante t .

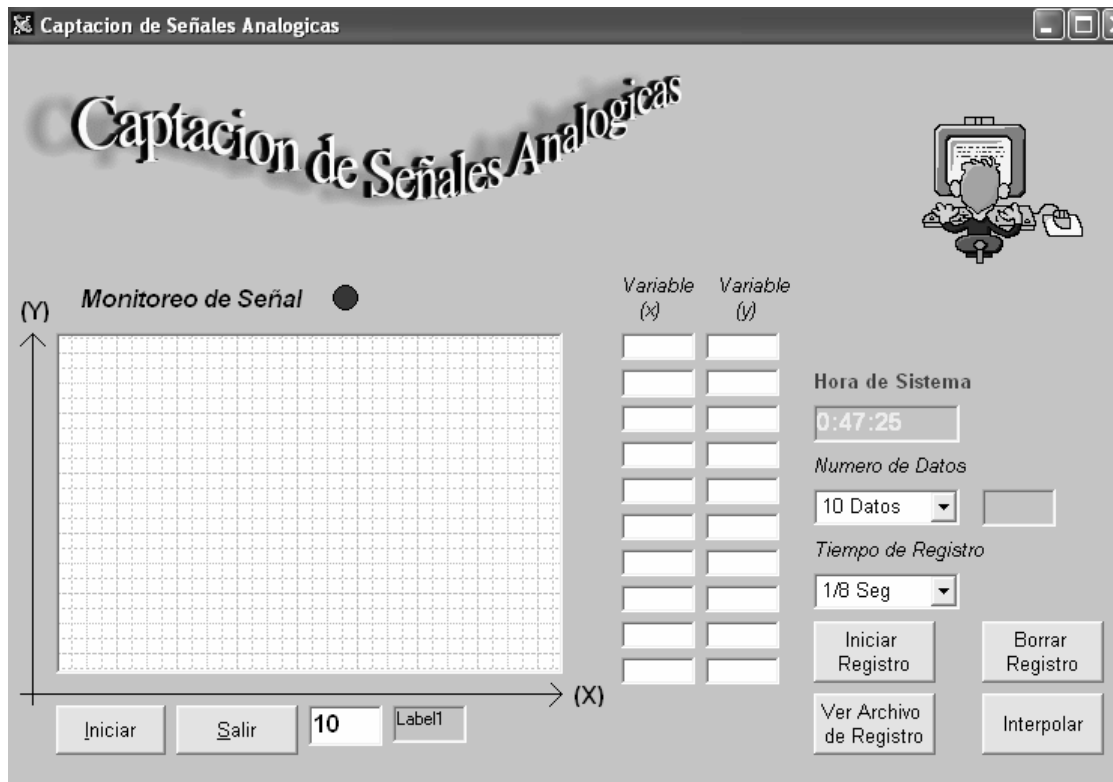
3.5 PRESENTACION DEL EXPERIMENTO

Una vez que los datos han ingresado en el ordenador por uno de los periféricos de entrada allí son procesados por la aplicación que gestiona los datos mediante un buffer, el software para la captación, monitoreo y registro de los datos también proporciona resultados tabulados respecto al comportamiento de las variables de estudio en función al tiempo para un determinado intervalo de tiempo t , donde t se encuentra definido por $t = T_f - T_i$ en incrementos Δt .

El programa desarrollado de manera experimental básicamente cumple con el objetivo propuesto, y que principalmente la interacción con el estudiante sea lo mas sencilla posible, cuyas características del programa son: monitoreo grafico de los datos experimentales en tiempo real, registro de la información recepcionada, relación de dos o mas variables físicas de estudio e interpolar algún valor numérico particular que no figure en el registro tabulado (X_j, Y_j) con $j = 0, 1, 2, 3, \dots, n$; donde n es definido por el usuario como el numero de datos a registrar en un intervalo de tiempo $t = T_f - T_i$.

A continuación se presenta la pantalla principal de la interfaz de usuario:

Fig. 3.8 Pantalla Principal



Fuente: Elaboración Propia

El presente programa se ha realizado en Visual Basic, el programa nos proporciona resultados de nuestro modelo cuya interfaz con el exterior se la realiza a través del puerto serial para la lectura de datos en tiempo real. Al ser éste un programa experimental de monitoreo (representación gráfica) y registro de datos, presenta todo un conjunto de posibles aplicaciones que podrían darse, como ser: interpolación en tablas numéricas, obtención de cinéticas (x, y), generación de espectros a partir de lecturas discretas, representación y análisis del comportamiento dinámico de un sistema (curvas RTD, por ejemplo), Ajuste de un conjunto de datos experimentales, etc.

3.5.1 ANALOGÍA DE APLICACIÓN A LA VARIABLE TEMPERATURA.

De una manera cualitativa, se puede describir a la temperatura de un objeto como aquella determinada por la sensación de tibio o frío al estar en contacto con el, esto es fácil de demostrar cuando dos objetos se colocan juntos (los físicos la definen como contacto térmico), el objeto

caliente se enfría mientras que el más frío se calienta hasta un punto en el cual no ocurren más cambios, y para nuestros sentidos; ambos tienen el mismo grado de calor, cuando el cambio térmico a parado, se dice que los dos objetos están en equilibrio térmico.

Como la temperatura es el estado de los cuerpos o un ambiente, percibido por el tacto o por sensores de temperatura, gracias al cual observamos el estado más o menos frío o caliente, donde la temperatura representa el nivel térmico de un sistema y el calor representa la cantidad de esta energía que un sistema puede absorber o generar.

Según los datos y resultados que arroja el modelo respecto al ejemplo de aplicación particular sobre el estudio de la variable física (temperatura ambiente) en función al acondicionamiento de la señal y la incidencia de otra variable que modifique el comportamiento de dicha variable, como ser el de generar calor independientemente, hacen que esta se refleje en el comportamiento de la variable física con el ascenso y descenso de la temperatura respecto al tiempo.

Como se mencionó anteriormente la variable en estudio estará básicamente en función al tiempo t como variable “ x ” y el comportamiento de dicha variable en este caso la temperatura T en grados centígrados como variable “ y ”, ambas tabuladas de la forma (X_j, Y_j) .

Primeramente se lleva a cabo el acondicionamiento de señal analógica cedida por el sensor, donde el sensor a emplearse (LM 35 DZ) según la hoja de características tiene una sensibilidad de $10 \text{ mV} / ^\circ\text{C}$ en un rango de temperatura de 0 a $100 ^\circ\text{C}$.

Seguidamente se llevan a cabo los siguientes cálculos para el experimento a desarrollarse en un rango de temperatura de 0 a $50 ^\circ\text{C}$ y para una entrada de digitalización de 0 a 5 voltios tenemos: $V_i = 10 \text{ mV} * 50 = 500 \text{ mV} = 0.5 \text{ V}$

Ahora multiplicado este valor por el factor de ganancia “ A ” con el fin de incrementar la amplitud de la señal analógica tenemos:

$$\text{donde: } A = R_f / R_i = 100\text{k} / 10\text{K} = 10.$$

$$\text{la señal acondicionada será: } V_o = A * V_i = 10 * 0.5 \text{ V} = 5 \text{ Voltios.}$$

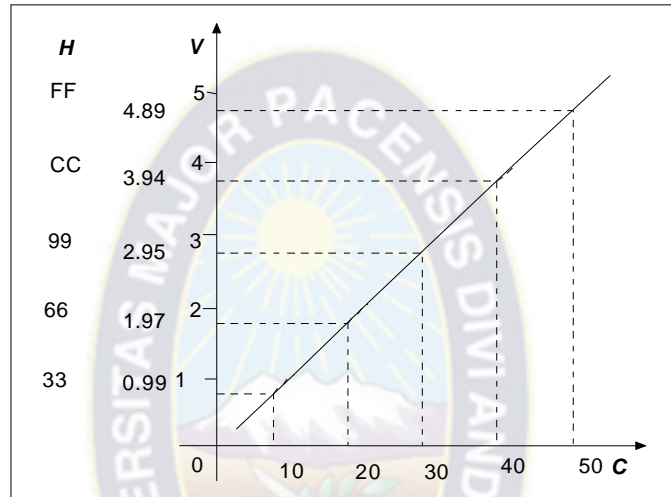
este último valor se encuentra en el rango de entrada de la etapa digitalizadora.

Para la digitalización de la señal analógica sometida al proceso de conversión ADC presenta una equivalencia aproximada cuantitativamente respecto al valor de la señal de entrada continua que oscila en el rango de voltaje $[0 - 5]$ y la señal de salida discreta (binario) que oscila en el rango de 2^8 bits = $[00000000, 00000001, 00000010, \dots, 11111111] = 255$ valores.

Linealidad de respuesta del hardware

La respuesta lineal del hardware es importante para medir la temperatura, en nuestra aplicación particular la curva obtenida en el experimento con valores reales sobre la temperatura ambiente de 0 a 50 grados centígrados es la siguiente:

Fig. 3.8 Curva de respuesta del hardware



Fuente: Elaboración propia

Con esta grafica además de comprobar la efectividad del hardware (circuito), observando su linealidad nos permite obtener datos para la representación tabular mediante software.

3.6 ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS

Según los datos y resultados que arroja el modelo para la aplicación en particular son los siguientes:

Variable(x): Acondicionamiento. Se tiene un control de la variable acondicionada (señal), respecto a la captación y el tamaño de amplitud de la señal con el empleo de los amplificadores operacionales, donde dichas señales con una amplitud controlada de manera externa no alteran el resultado final respecto a su valor original. $A = (R_f / R_i) \odot V_o = V_i * A$. donde "A" representa la ganancia o incremento de la señal proporcionalmente requerida y multiplicada posteriormente a

la señal del voltaje de entrada “Vi”, donde A viene expresada generalmente en el orden de 10^n con $n=0, 1, 2, \dots, 5$ o su equivalente en decibel $20 \cdot \log(n)$.

Variable(y): Digitalización. El rango de valores digitalizados de manera discreta va acompañado por la resolución del dispositivo ADC que se empleo, en nuestro caso una resolución de 8 bits con una entrada unipolar y un tiempo de conversión de $100 \mu\text{Seg}$.

La variable “x” y “y” se las puede apreciar en la siguiente tabla como:

X: voltaje de entrada $V_i =$ voltaje del sensor

Voltaje de salida $V_o =$ voltaje de salida del acondicionador

Y: Código binario

En la siguiente tabla se resume de forma general los valores obtenidos por el experimento en la lectura de la temperatura ambiente (valores promediados).

Tabla 3.4 Resumen general de la captación de la temperatura ambiente

T °C Ambiente	Entrada “Vi” Voltaje del Sensor m[V]/°C	Variable(x) = “Vo” Voltaje a la salida del acondicionador	Voltaje que representa T °C Ambiente	Código Hexadecimal	Variable(y) Código Binario
0	0	0	0.09	00	00000000
10	100	1	10.2	33	00110011
20	200	2	20.3	66	01100110
30	300	3	29.8	99	10011001
40	400	4	40.3	CC	11001100
50	500	5	49.6	FF	11111111

Fuente: Elaboración propia

El tiempo en la recolección y registro de los datos es de un 100% por llevarse el mismo en tiempo real, lo cual significa que el trabajo de lectura que se desarrollaba anteriormente es mejorado de gran manera por el modelo, por no decir un tiempo de lectura y registro de datos igual a 0.

Experimento manual en la recolección de datos de temperatura ambiente

Tabla 3.5 Recolección manual

T C Ambiente	Lectura Manual	Tiempo Seg. Transcurrido
0	0.26	16
10	0.92	12
20	18.3	9
30	27.5	15
40	35.8	11
50	46.2	10

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos por el experimento tanto manual como automatizado nos da una relación del 90% en cuanto a la precisión de los datos y una velocidad de lectura de los mismos del 100% como se aprecia en la tabla 3.6.3

Tabla 3.6 Relación de resultados obtenidos

Temperatura Ambiente C	Lectura Manual	Lectura Automatizada	Relación en Exactitud	Tiempo Manual	Tiempo Automatizado	Relación En tiempo
0	0.26	0.09	89.6%	6	0	100%
10	0.92	10.2	90.2%	8	0	100%
20	18.3	20.3	90.%	9	0	100%
30	27.5	29.8	90%	5	0	100%
40	35.8	40.3	90%	7	0	100%
50	46.2	49.6	90%	10	0	100%

Fuente: elaboración propia

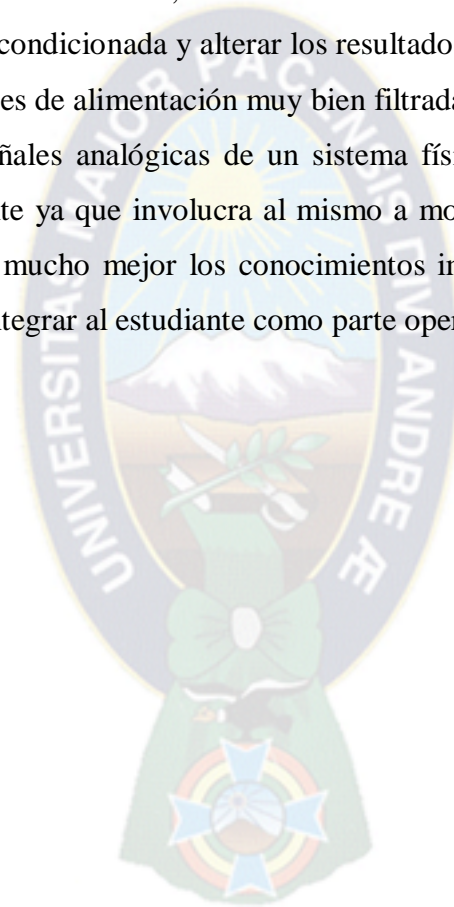
La relación de exactitud en cuanto a la lectura realizada para la comparación de ambas técnicas dependerá mucho del instrumento empleado en la recolección manual de los datos, para este caso se empleo un termómetro y respecto a la velocidad, dependerá del tiempo que le lleve a cada persona el realizar una determinada lectura.

Por tanto existe una mejora considerable en el empleo del modelo que se plantea según como se aprecia en los resultados obtenidos para dicho experimento particular.

3.7 RESULTADOS Y ANALISIS

Los resultados a los que se puedan llegar en la captación de información de señales analógicas, se concluye como otra alternativa de medición para técnicas experimentales de laboratorios de enseñanza estudiantil, siendo estos tan veloces al efectuar la lectura y registro de datos (señales) con una precisión y calibración definida por el fabricante del sensor, así también como el de manipular la amplitud de la señal de manera externa por el estudiante en el modulo de acondicionamiento e implementar filtros, este ultimo con el fin de reducir al máximo el ruido que podría añadirse a la señal acondicionada y alterar los resultados obtenidos. Cabe destacar también que se deben emplear fuentes de alimentación muy bien filtradas.

La captación de señales analógicas de un sistema físico puede ser interesante desde el punto de vista del estudiante ya que involucra al mismo a mostrar interés hacia la investigación experimental y consolidar mucho mejor los conocimientos impartidos por los docentes, con el empleo de ordenadores e integrar al estudiante como parte operativa del sistema en conjunto.



4 DISCUSION

El desarrollo de un sistema de captación de señales analógicas podría ser otra alternativa como técnica de investigación en los laboratorios de enseñanza del área de la física o áreas relacionadas con la cuantificación de dichas variables físicas. También se podría optar por emplearlo en cualquier laboratorio de investigación donde se emplee la instrumentación en base a sensores para la medición y recolección de datos de un determinado parámetro, respecto a un experimento.

También cabe señalar que para la construcción de un determinado instrumento no significa un costo muy elevado, ya que existen en el mercado nacional una variedad de dispositivos hardware a un precio sumamente bajo.

4.1 CONCLUSIONES

Actualmente la participación operativa del estudiante en los laboratorios de física se ve limitado por distintos factores como ser: cantidad de alumnos con que se cuenta en un curso, ambientes de laboratorio reducidos, pocos instrumentos de medición.

1. Usando el circuito hardware de interfaz entre el experimento y la PC se obtiene un 90% en la precisión y un 100% en la velocidad de recolección de los datos de un experimento sin sufrir pérdidas considerables de información.
2. Utilizando los dispositivos electrónicos como son los amplificadores operacionales para el acondicionamiento de las señales se tiene un absoluto control de la señal acondicionada pudiendo esta ser incrementada en amplitud de acuerdo a los requerimientos del investigador.

3. La representación digital de la información analógica receptionada en tiempo real, cuenta con una aplicación de programa, quien gestiona y controla toda la información adquirida mediante una interfaz de usuario sencilla, para así tener una percepción clara del comportamiento de un experimento.

Podemos decir que hemos cumplido con el propósito de diseñar y presentar un modelo de sistema de captación de información analógica de simple diseño, confiable y acorde al medio de enseñanza educativa, dicho diseño podría extenderse a un mas y por que no emplearse en el área de telemetría, a fin de que la comunidad estudiantil pueda hacer uso de esta herramienta que está al alcance de la economía general.

4.2 RECOMENDACIONES

En cuanto a la captación de señales analógicas se sugiere tomar en cuenta otros modelos existentes y determinar si este modelo es o no otra alternativa de adquisición de señales.

En el acondicionamiento de señales se deberá tomar en cuenta la variada configuración de diseños del circuito acondicionador para una determinada aplicación y el tipo de amplificador operacional que se emplee según la hoja de características del fabricante que se las puede encontrar con facilidad en la siguiente dirección www.datasheetcatalog.com de la red Internet. Para minimizar el ruido en la señal de salida a causa de factores externos tomar en cuenta los siguientes técnicas que a continuación mencionamos:

Evitar en lo posible valores altos para R_i y R_f ($R_i \leq 20k$ y $R_f \leq 100k$).

Conectar un capacitor de 3 pf en paralelo a R_f para derivar las frecuencias altas de ruido.

Preamplificar la señal antes de ingresar al sumador inversor lineal.

En la fase digitalizadora es importante tener en cuenta la precisión deseada sujeta a la resolución (numero de bits) del dispositivo ADC, donde a mayor resolución de bits se tendrá una mayor exactitud en la salida de sus datos.

En cuanto a la representación de la información se emplea un programa de aplicación experimental quien gestiona y controla toda la aplicación como ser: recepción, monitoreo,

registro y almacenamiento, número de lecturas a realizarse y el tiempo que ello conlleva y la interpolación para un determinado valor particular referente a los datos tabulados. A todo lo mencionado anteriormente se sugiere trabajar más en la parte del diseño del software realizando un estudio mucho más detallado para las diferentes aplicaciones que podrían existir como por ejemplo: cinéticas de variables, métodos numéricos de interpolación, obtención del valor de la primera y segunda derivada de una determinada función tabular, etc., con el objetivo de realizar un estudio minucioso de los experimentos.

Finalmente es importante señalar y recomendar, el de realizar un estudio mucho más detallado concerniente al tratamiento de errores y desviaciones en las mediciones, el cual no se tomó en cuenta en el presente trabajo por dejar para una segunda etapa de elaboración para un análisis mucho más detallado para así fortalecer y mejorar el modelo planteado como mecanismo de medición.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] GIL, S. y RODRÍGUEZ, E. (2001). *Experimentos de Física usando nuevas tecnologías*, Vol. 1, 3 Ed, 795 pp. ,Buenos Aires: Prentice Hall / Pearson.
- [2] Tocci Ronald., (1993). *Sistemas Digitales.*, 825 pp. , Prentice - Hall Hispanoamericana, S.A
- [3] Eduard Bertran Alberti, Grabiél Montoro López, (2000), *Circuitos y Sistemas Lineales Curso de Laboratorio*. Vol. 1, 1 Ed. 225 pp. , U.P.C Universidad Politécnica de Cataluña.
- [4] Ramón Pallas Areny, 1993, *Adquisición y Distribución de Señales*, 2 Ed. , 450 pp. Marcombo S.A. Barcelona
- [5] CORTEL, A. (1999). *Utilización de la informática en el laboratorio*. 2 Ed. , 315 pp. Ed. Alambique, Barcelona.
- [6] PONTES, A. (1999). *Utilización del ordenador en la enseñanza de las ciencias*. 2 Ed. 250 pp. , Ed. Mc Graw-Will, México.
- [7] San Vicente, A, (2003), *Soluciones a Interfaz por medio del Puerto Paralelo de la PC*. 1 Ed. , 119 pp. Ed. Prentice - Hall Hispanoamericana, S.A.
- [8] Driscoll Frederick (2003), *Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados*, 3 Ed. 530 pp. Ed. Mc Graw-Will, Mexico
- [9] Edmundo Urbina, (1999), *Procesamiento digital de señales*, 1 Ed. 340 pp. Ed. s/Ed.
- [10] J.G. Proakis, D. G. Manolakis, s/f, “Tratamiento digital de Señales: Principios, Algoritmos y Aplicaciones”. 3º Ed. Prentice Hall 1998.

REVISTAS:

- [1] M.Sc. Miguel Yapur, Ing. Jhovany Rodríguez, Ing. Wladimir Gaibor, Monitor de Electrocardiografía a través de una Computadora Personal, *Revista tecnológica ESPOL* Vol. 18, n.1, 53-59, (octubre, 2005).