

REVISTA

INGENIERÍA

MECÁNICA

NÚMERO 1, 2016.



EIM

Escuela de Ingeniería Mecánica

USAC



CONTENIDO

- Presentación
- Historia de laboratorios de la escuela de ingeniería mecánica
- Instrumentación y control de maquinaria agrícola
- Medidor de presión en un cilindro de aire comprimido
- Instrumentación en conversión de energía solar fotovoltaica
- Anemómetro
- Medidores de temperatura
- Instrumentación en procesos a escala nanométrica nanosensor maf
- Instrumentación en instalaciones portuarias y aeroportuarias
- Termómetro de tubo capilar
- Instrumentación aeronáutica
- Medidores de flujo
- Instrumentación y control de una planta generadora de energía eólica
- Nanotribología : estudio y comportamiento de la fricción y el desgaste



PRESENTACIÓN

La escuela de Ingeniería mecánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala está en un proceso de readecuación, actualización y mejora continua en sus procesos de enseñanza, docencia, laboratorios y afianzando la investigación en sus diversas áreas y temas de interés para el ejercicio de la profesión, la vinculación y el aporte al impulso industrial y económico del país y la región. Durante los años desde la creación de la carrera y luego la escuela de ingeniería mecánica excelentes profesionales egresados de nuestra escuela como parte de la facultad de ingeniería se han desarrollado en diversos ámbitos académicos, empresariales, consultores independientes y profesionales de empresas estatales, privadas nacionales, multinacionales, investigadores en Universidades de Centroamérica y varios países alrededor del mundo. Los años de experiencia profesional, las especializaciones y estudios de postgrado a nivel de maestría y doctorado también le dan relevancia al claustro de catedráticos. Entre los temas de investigación y publicación de artículos con estudiantes y profesores de la carrera están el área Térmica, Diseño, Ingeniería de materiales, instrumentación y control; sin descuidar el cuidado del medio ambiente y la solución a los problemas ambientales del país y la región. Esperamos en los siguientes meses y años tener más proyectos de investigación en desarrollo en nanotecnología de materiales, instrumentación y control, termo -ingeniería, y otros multidisciplinarios con aporte de la ingeniería mecánica a nivel nacional e internacional. Como parte de los cursos y proyectos de investigación está la elaboración y publicación de artículos con profesores y estudiantes de la escuela de ingeniería mecánica; presentamos algunos artículos elaborados por estudiantes de la carrera relacionados con Instrumentación y Control en esta edición que incluye Instrumentación en Instalaciones portuarias y aeroportuarias, ingeniería de control, instrumentos y variables de presión, temperatura, flujo, velocidad. La acreditación 2016-2018 por parte de la agencia de acreditación centroamericana de programas de ingeniería y arquitectura ACCAI es un reconocimiento a los docentes, estudiantes y profesionales egresados durante más de 40 años y un compromiso de mejorar los programas de docencia, vinculación e investigación como pilares fundamentales de la Universidad de San Carlos de Guatemala



Jorge Iván Cifuentes Castillo

Maestro en Ciencias de Ingeniería Mecánica

Profesor Investigador y Catedrático





LOS LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Breve reseña histórica

M.Sc. Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma

Los laboratorios con los que inicio la Carrera de Ingeniería Mecánica, fueron: Procesos de Manufactura I y II, Motores de Combustión Interna y Metalurgia y Metalografía, esto desde el año 1968 cuando surge la carrera de Ingeniería Mecánica



administrada en ese entonces por la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial. Esos laboratorios estaban ubicados, conjuntamente con la bodega de la Facultad de Ingeniería en el edificio T7 .

En el año 1986, se separa la carrera de Ingeniería Mecánica de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, iniciando así un ordenamiento del espacio del edificio T7. Y es así como surgen los laboratorios de Refrigeración y Aire

Acondicionado, Neumática y el de Máquinas Hidráulicas.

En el año 2006 se adquiere un torno de control numérico computarizado CNC, para el laboratorio de Procesos de Manufactura 1.

En el año 1996 se adquieren paneles didácticos de refrigeración y aire acondicionado contruidos localmente, que se utilizaron en dicho laboratorio hasta el año 2015.

En el año 2014 se tiene el apoyo fuerte de la administración central de la Facultad de Ingeniería, siendo el decano el Ing. Murphy Olimpo Paíz Recinos, y el director de Escuela el Ing. Julio César Campos Paíz, tiempo durante el cual se remodela el área de los laboratorios y se adquiere equipo nuevo para los laboratorios de Neumática, Refrigeración y Aire Acondicionado. Se adquiere en este período también una fresadora para el laboratorio de Procesos de Manufactura I.



Pasaron 47 años, para que la Escuela de Ingeniería Mecánica, cuente hoy con los laboratorios, en donde tanto estudiantes como profesores, gozan de un ambiente adecuado, dejando en el olvido aquella época cuando se impartían los laboratorios con alto grado de incomodidad.



INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

Iram Esteban De León Valencia¹, Julio Rolando Mazariegos Morataya¹, Josué Roberto Rodas¹, Eduardo David Laínez Lopez¹, Sebastián Javier Ramírez Mendez¹, Zarahí Alejandra Monterroso Barrios¹, Jorge Iván Cifuentes Castillo²

200611594@ingenieria.usac.edu.gt
jicifuentes@ing.usac.edu.gt

- 1 Estudiante del curso de instrumentación mecánica de la Escuela de Mecánica,
Universidad de San Carlos de Guatemala, 01012
- 2 Catedrático del curso de instrumentación mecánica de la Escuela de Mecánica,
Universidad de San Carlos de Guatemala, 01012

Abstract

The engineering instrumentation is defined as the science of measurement; there are several processes that are used in an infinite number of industries such as pressure levels, flow, humidity, temperature, strength, speed, etc. This application of control systems engineering, is a discipline that applies the design of systems for manufacturing plants. In the rest of the article will expand little bit more about control of agricultural machinery.

Keywords: Engineering, Instrumentation, Control, Agricultural Machinery.

Resumen

La instrumentación en la ingeniería se define como la ciencia de la medida dentro de la industria, existen diversos procesos que son usados en infinidades de industria tales como: niveles de presión, fluidez, humedad, temperatura fuerza, velocidad entre otras. La aplicación del control de sistemas de la ingeniería es una disciplina que aplica el diseño de sistemas para la manufactura de plantas. En el resto del artículo se extenderá un poco el tema de la instrumentación con un enfoque al control de la maquinaria agrícola.

Palabras Clave: Ingeniería, Instrumentación, Control, Maquinaria agrícola.



1. Introducción

Las mediciones juegan un importante papel en la vida diaria de las personas. Se encuentran en cualquiera de las actividades, desde la estimación a simple vista de una distancia, hasta un proceso de control o la investigación básica.

En el siguiente artículo se estará desarrollando la instrumentación usada en la maquinaria agrícola y la importancia de cada una de ellas explicando la forma de funcionamiento, labor que realizan, así como algunas definiciones del campo agrícola, considerando instrumentos que son útiles tales como: labranza, arados, gradas, cultivadores y rodillos.

La agricultura moderna depende en gran medida de la ingeniería, la tecnología y las ciencias biológicas y físicas. El riego, el drenaje, la conservación y la canalización, campos todos importantes para garantizar el éxito en la agricultura, requieren los conocimientos especializados de los ingenieros agrícolas.

2. Instrumentación

2.1 instrumentación en maquinaria agrícola

Los tipos de instrumentación usados en investigación sobre maquinaria agrícola pueden dividirse en dos grandes grupos:

1. Instrumentación para optimizar el comportamiento del tractor.
2. Instrumentación para caracterizar el comportamiento de tractores y aperos.

El primer grupo determina el punto óptimo del funcionamiento del motor con el fin de mejorar la eficiencia de tracción

y así producir un ahorro energético. Podemos citar a los siguientes instrumentos:

- SUTB: Shift-up Throttle-back
- Monitores informativos, de control y de acción.

El segundo grupo posee una gran cantidad de instrumentación. Se persigue con este, determinar los parámetros característicos de las labores agrícolas. Podemos citar a los siguientes instrumentos:

- Equipos de monitoreo del comportamiento del tractor.
- Dinamómetros del enganche hidráulico.
- Sensores de velocidad, par, deslizamiento, consumo de combustible, profundidad de trabajo y fuerza de tiro.

Como resumen de esta instrumentación moderna, cabe destacar dos caminos paralelos: el primero que conduce al ahorro de combustible por medio de sistemas que indican al tractorista la marcha más económica sin sacrificar la potencia suministrada y el segundo, enfocado en monitorizar una serie de parámetros en el tractor para luego transmitirlos por radio y así obtener información instantánea sobre su funcionamiento.

2.2 Clasificación de elementos utilizados en maquinaria agrícola

En el campo agrícola principalmente son considerados instrumentos los útiles de labranza, arados, gradas, cultivadores y rodillos.

2.2.1 Aperos



Los aperos pueden clasificarse por su forma de funcionamiento, la labor que realizan y la forma en que se acoplan al tractor.

- Forma de funcionamiento:
 1. No accionados: pueden ser arados sin volteo, arados con volteo, gradas, cultivadores, rastras y rodillos.
 2. Accionados: fresadoras, cavadoras, gradas de púas accionadas, arados accionados.
- Labor que realizan:
 1. Aperos al azar o primarios: realizan labores profundas regularmente entre 20 y 35 cm para la preparación del suelo.
 2. Aperos para labores complementarias o secundarias: realizan el cultivo a profundidades de hasta 15 centímetros aproximadamente, como por ejemplo la preparación secundaria del suelo para la siembra, cuando se entierra el rastrojo, etc.
 3. Aperos especiales: Arados subsoladores, abre zanjas, viñedos, alojadores, etc.
- Acoplamiento al tractor:
 1. Arrastrados o remolcados: estos aperos van sobre sus propias ruedas o elementos de soporte y pueden ser fácilmente enganchados y desenganchados al tractor, ya que son soportados en un solo punto, lo que los hace tener movimientos independientes.
 2. Suspendidos: estos aperos están enganchados al tractor en tres puntos, lo que hace que el tractor controle sus movimientos. Por su

tamaño puede tener problemas de estabilidad cuando es elevado y hay que colocar contrapesos frontales en el tractor.

3. Semi suspendidos: estos aperos son casi suspendidos pero tienen un apoyo en una rueda trasera, por lo que soportan pesos y longitudes mayores. El tractor controla sus movimientos ya que están enganchados al tractor por medio de una barra de acoplamiento horizontal.

Los aperos también pueden utilizar en tareas complementarias tales como desterronar, esponjar, alisar el suelo, combatir malas hierbas, incorporar abono, etc. Entre estos puede mencionarse:

- Cultivadores: constituidos fundamentalmente por un conjunto de barras transversales y por una serie de brazos en cuyo extremo llevan rejas. Sirven para extraer la mala hierba, preparación del terreno para riego, para suministrar abono y pesticidas al terreno.
- Gradas: su función principal es pulverizar la superficie del suelo y así prepararlo para la siembra. Estos elementos soportan solicitaciones longitudinales al igual que los cultivadores y laterales. Entre los tipos de gradas están:
 1. Gradas de púas: rígidas, articuladas, reticuladas y de púas móviles.
 2. Gradas de discos: simples, dobles y excéntricas.
 3. Arados-grada.



4. Gradadas rodantes o desterradoras: de estrellas y de paletas.
- Rastras: su misión es allanar la capa superficial del terreno, también puede eliminar malas hierbas, rompe la costra, activando la germinación de la mala hierba y facilitando así la extracción pasando una grada o cultivador.
- Rodillos: compuestos de elementos cilíndricos que ruedan sobre un eje transversal a la dirección de marcha. Su misión es destruir terrones, uniformar superficies y apelmazar el terreno, regulando así su humedad.

2.2.2 Arados

El arado es una herramienta de labranza utilizada en la agricultura para abrir surcos y remover el suelo antes de sembrar las semillas. Se puede considerar como la evolución de los antiguos instrumentos el pico y la azada. Los tipos de arados son los siguientes:

- Arados de vertedera
 1. Cilíndrico: son aquellas cuyas líneas de nivel horizontales son rectas paralelas entre sí y asimismo paralelas a la línea de unión de la reja y de la vertedera.
 2. Universal: se componen de dos zonas diferentes, la primera al frente de forma cilíndrica y la segunda al ala, con forma alabeada; por lo que realizan trabajos combinados de pulverización y volteo.
 3. Alabeadas: son más alargadas que las anteriores, poseen una longitud

superior debido a su función de volteo.

- Arados de disco: estos arados se utilizan principalmente en:
 1. Terrenos pesados y adherentes.
 2. Terrenos secos y duros.
 3. Terrenos con un gran contenido de piedras y raíces.
 4. Terrenos abrasivos.

3 Medición de Maquinaria Agrícola

3.1 Registradores y transmisores de datos

Equipos para la adquisición y registro de datos de distintos componentes como temperatura, humedad, presión, velocidad de aire líquidos o gases.

Temperatura y una sonda interna de humedad, memoria (32.000 lecturas), valores mínimo-máximo, promedios etc, datos visualizados en pantalla, conexión a ordenador, rangos $-40+70^{\circ}\text{C}/0-100\%$ H.R. Precisión $0,3^{\circ}\text{C}$ y $\pm 3\%$ HR.



Fuente: Industria gisiberica

3.2 Barrena motorizada

Este instrumento se utiliza para obtener de manera cómoda y rápida de muestras

alteradas del terreno. Accionado por motor de explosión de 1,5 CV, sin inversor de velocidad. Equipado con doble manillar para poder ser utilizado por un solo operador.



Fuente: Industria gisiberica

3.3 bomba de válvula de pedal motorizada

Es lo bastante potente para extraer agua desde 50 metros de profundidad y tan compacto que cabe en una mochila de estructura.

3.3.1 Aplicaciones

- Flujo bajo y convencional muestreando/depurando al monitorizar pozos
- Pruebas de permeabilidad en el pozo
- Buen desarrollo
- Muestreo de flujo bajo en varios niveles de toma de muestras
- Ideal para el uso con flujo

3.3.2 Tasas de bombeo

Sistema de tuberías	ID (mm)	Max	Caudal
Flujo estándar	12	8	1/min

Flujo alto	20	15	1/min
flujo bajo	10	1,5	1/min
Micro flujo	6	0,5	1/min

Tabla: fuente industria gisiberica

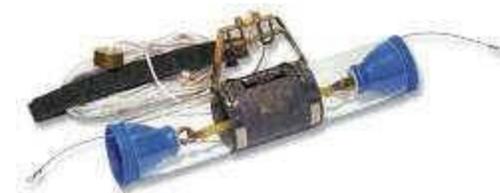


Fuente: Industria gisiberica

4 Captor de Agua

Captador de un litro acrílico transparente suministrado con unos 20 metros de cuerda calibrada y un collar del plomo que asegura un descenso rápido y una tendencia mínima.

Su rango de medición es de 0.080m/seg.-3.500m/seg, lectura de escala 0.001m/seg. Precisión de $\pm 3\%$ o $1\text{cm} \pm$, máxima profundidad 60 M.



Fuente: Industria gisiberica

5 Caudalímetros

Instrumento utilizado para medir caudal, varilla de extensión con una brida de férula,(de 1 metro de largo)

Su rango de medición es de 0.080m/seg.-3.500m/seg, lectura de escala 0.001m/seg.

Resolución 0,01 mg/l. Rango 0-400ug/l,
Resolución 1ug/l



Fuente: Industria gisiberica

10 Anemómetro digital (caudalímetro),
Especial para trabajos Hidrológicos (velocidad del agua en ríos, canales de riego, etc.), (medición de velocidad del viento, aire acondicionado, conductos etc), con sensor par medición de temperatura, se suministra completo con 2 hélices par medición en agua- aire, alargadera, conexión hélices a Display y estuche transporte. Resolución: 0,1 ° C, 0,1 ° F. , Precisión: ± 0,5 ° C, ± 1 ° F. Rango de medición: de -30 ° C a +50 ° C, de -22 ° F a 122 ° F.



Fuente: Industria gisiberica

11 Control de riego

Para poder controlar el funcionamiento del equipo de riego debemos contar con

manómetros y amperímetros; dos instrumentos indispensables en todo cabezal de riego.

Además de estos dos instrumentos, los equipos pueden incluir medidores de caudal, pH y conductividad eléctrica, principalmente en cultivos forzados. Los caudalímetros complementan la información entregada por los amperímetros y manómetros proporcionando las variaciones del caudal nominal de los sectores de riego. Los medidores de pH y conductividad eléctrica permiten controlar la inyección de fertilizantes sin descontrolar el desarrollo de las plantas.

11 Medidores De Flujo

Los caudalímetros son equipos, que se suelen utilizar en la instrumentación industrial de procesos de producción, y que sirven para medir el:

- Caudal volumétrico (litros/hora) – Medidores volumétricos de flujo o de caudal
- Caudal másico (Kg/hora) – Medidores másicos de flujo
- Volumen (litros) – Contadores volumétricos o cuenta litros
- Masa (kilogramos) – Contadores másicos de un fluido (líquido o gas) que pasa por un punto determinado de la tubería que lo contiene.

11.1 Principales aplicaciones

11.1.1 Productos Alimentarios

- Aceites vegetales (Oliva, Girasol, Soja etc.).
- Agua corriente y desmineralizada.
- Bebidas alcohólicas (Vino, Cerveza, Licores) y Alcohol.



Bebidas no alcohólicas (Zumos, Batidos y Refrescos).

Leche, productos Lácteos y Helados

Etc.

11.1.2 Productos Químicos y Farmacéuticos

Productos de Limpieza

Cosmética, Perfumería y Aseo personal

Pinturas y Barnices

Fertilizantes líquidos

Etc.

11.1.3 Hidrocarburos

Betún y emulsiones asfálticas

Lubricantes y Grasas Industriales.

Gasoil, Gasolina, Queroseno y Fueloil

Etc.

12 Tipos de Caudalímetros

12.1 No intrusivos

No tienen ningún elemento mecánico en su interior que obstaculice el paso de fluido. Podemos destacar, en este grupo, los caudalímetros másicos de tipo Coriolis y los electromagnéticos.

12.2 Intrusivos

Tienen componentes mecánicos en la corriente del fluido.

12.3 Con partes internas móviles.

Podemos destacar los de Ruedas Ovaladas y los de Turbina.

12.4 Sin partes internas móviles

Vortex y Placa de impacto.

Referencias

Ortiz-Cañavate, J. (1995). *Las Máquinas Agrícolas y su aplicación*. México: Mundi-Prensa, S.A. ISBN 968-7462-03-5.

Murillo García, Napoleón (1952). *Tractores y Maquinaria Agrícola*. San José. C. R. EUNED. ISBN 9977-64-342-3

Ortiz-Cañavate, J. (1995). *Las Máquinas Agrícolas y su aplicación*. México: Mundi-Prensa, S.A. ISBN 968-7462-03-5.

Grevis-James, I.W. (1982) *Tractor Performance Monitoring*. Bloome, P.D. ASAE Paper No. 82-102.

Ferreya E., Sellés V., Ahumada B., Maldonado B., Gil M., Pilar. (2005). *Manejo del riego localizado y fertirrigación*. La Cruz, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. ISSN 0717-4829

Página web CONTATEC

<http://www.caudalimetroyautomatizacin.com/caudalimetros/>



MEDIDOR DE PRESIÓN EN UN CILINDRO DE AIRE COMPRIMIDO

Rony Lobo¹, Carlos Xajil¹, Ángel González¹, Luis Guerra¹, Rafael Álvarez¹, Hans Mack¹, José Alvarado¹, Jorge Iván Cifuentes Castillo²

ron.y09@hotmail.com

jcifuentes@ing.usac.edu.gt

1 Estudiante del curso de instrumentación mecánica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, 01012

2 Catedrático del curso de instrumentación mecánica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, 01012

Abstract

The pressure is a property of a fluid which measures itself across the internal or external force that this one possesses. Due to the properties of the fluids, the pressure in a point with regard to other can be considered to be a constant and therefore they are useful for transmission of force. This owes to control because a pressure excess can provoke flaws in the system as well as also escapes and bad functioning of the team. The most used pressure meters are the manometers type Bourdon for its facility of calibration and its accuracy. In an air cylinder to pressure it is of vital importance not to exceed the maximum design pressure since they can go so far as to exploit and cause severe damages to its surroundings.

Keywords: pressure gauge, compressed air cylinder, pressure measurement.

Resumen

La presión es una propiedad de un fluido el cual se mide a través de la fuerza interna o externa que este posee. Debido a las propiedades de los fluidos, la presión en un punto con respecto a otro se puede considerar constante y por lo tanto son de utilidad para transmisión de fuerza. Esto se debe de controlar debido a que un exceso de presión puede provocar fallas en el sistema así como también fugas y mal funcionamiento del equipo. Los medidores de presión más utilizados son los manómetros tipo Burdon por su facilidad de calibración y su exactitud. En un cilindro de aire a presión es de vital importancia no exceder la presión máxima de diseño ya que pueden llegar a explotar y causar daños severos a sus alrededores.

Palabras claves: Manómetro, Cilindro de aire comprimido, Medidores de presión.



1. Introducción

En la industria se utilizan fluidos a grandes presiones como herramientas para transmitir fuerza y mediante el juego de diámetros en las tuberías se puede cambiar la cantidad de fuerza transmitida. Uno de los fluidos más utilizados para ello es el aire por su fácil acceso, pero debido a que se puede comprimir sus usos cambian con respecto a un aceite hidráulico.

Para comprimir el aire se utiliza un compresor neumático y debido a la capacidad del compresor y ahorrar energía y recursos el aire comprimido pasa a un depósito conocido comúnmente como cilindro de aire comprimido. Este cilindro se debe de mantener en un buen estado para que realice correctamente su función.

2. Presión

La presión se define como la fuerza normal que ejerce un fluido por unidad de área. Se habla de presión sólo cuando se trata de gas o líquido, mientras que la contraparte de la presión en los sólidos es el esfuerzo normal.

La presión también puede definirse como una fuerza por unidad de superficie y puede expresarse en unidades tales como pascal, bar, atmósferas, kilogramos por centímetro cuadrado y psi.

2.1 Presión atmosférica, presión absoluta, presión manométrica y presión de vacío

La presión atmosférica es la presión ejercida por la atmósfera terrestre medida mediante un barómetro. A nivel del mar, esta presión es próxima a 760 mm (29,9 pulgadas) de mercurio absolutos o 14,7 psi (libras por pulgada cuadrada absolutas) o bien 1,01325 bar o 1,03322 Kg/cm^2 y estos valores definen la presión ejercida por la atmósfera estándar.

La presión real en una determinada posición se llama presión absoluta, y se mide respecto al vacío absoluto (es decir, presión cero absoluta).

2.2 Medidores de presión

Por el tipo de elemento utilizado en el instrumento para realizar la medición de presión podemos clasificarlos de la siguiente manera.

2.3 De elementos mecánicos

Podemos dividirlos en elementos primarios de medida directa que miden la presión comparándola con la ejercida por un líquido de densidad y altura conocidas y en elementos primarios elásticos que se deforman con la presión interna del fluido que contienen. Los elementos primarios elásticos más empleados son el tubo de Bourdon, el elemento en espiral, el helicoidal, el diafragma y el fuelle. Los materiales empleados normalmente son acero inoxidable, aleación de cobre o níquel o aleaciones especiales como hastelloy y monel.



Figura 1. Tubo de Bourdon.

Fuente: Instrumentación industrial. Antonio Creus.

Elementos primarios de presión absoluta: consisten en un conjunto de fuelle y muelle opuesto a un fuelle sellado al vacío absoluto. El movimiento resultante de la unión de los dos fuelles equivale a la presión absoluta del fluido.

Diafragma: consiste en una o varias cápsulas circulares conectadas rígidamente entre sí por soldadura, de forma que al aplicar presión, cada cápsula se deforma y la suma de los pequeños desplazamientos es amplificada por un juego de palancas. El sistema se proyecta de tal modo que, al aplicar presión, el movimiento se aproxima a una relación lineal en un intervalo de medida lo más amplio posible con un mínimo de histéresis y de desviación permanente en el cerro del instrumento.

Fuelle: es parecido al diafragma compuesto, pero de una sola pieza flexible axialmente, y puede dilatarse o

contraerse con un desplazamiento considerable.

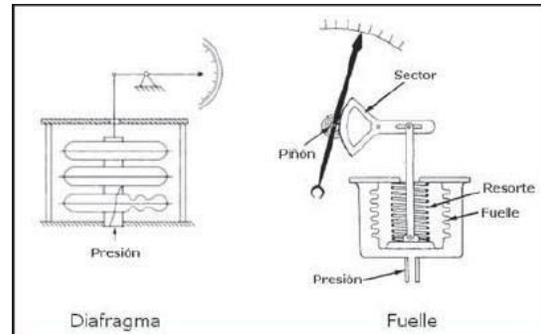


Figura 2. Diafragma y fuelle.

Fuente: Instrumentación industrial. Antonio Creus.

2.4 De elementos electromecánicos

Los elementos electromecánicos de presión utilizan un elemento mecánico combinado con un transductor eléctrico, que genera la correspondiente señal eléctrica. El elemento mecánico consiste en un tubo Bourdon, espiral, hélice, diafragma, fuelle o una combinación de los mismos que a través de un sistema de palancas que convierte la presión en una fuerza o en un desplazamiento mecánico. Los elementos electromecánicos se clasifican según el principio de funcionamiento en los siguientes tipos.

Elementos de inductancia variable: utilizan el transformador diferencial variable lineal (LVDT) que proporciona una señal en c.a. proporcional al movimiento de una armadura de material magnético situada dentro de un imán permanente o una bobina que crea

un campo magnético. La armadura al cambiar la posición, por un cambio en la presión del proceso, varía el flujo magnético. Esta variación del flujo da lugar a una corriente inducida en la bobina que es, por tanto, proporcional al grado de desplazamiento de la armadura móvil.

Elementos resistivos: están constituidos de un elemento elástico (tipo Bourdon o cápsula) que varía la resistencia óhmica de un potenciómetro en función de la presión.

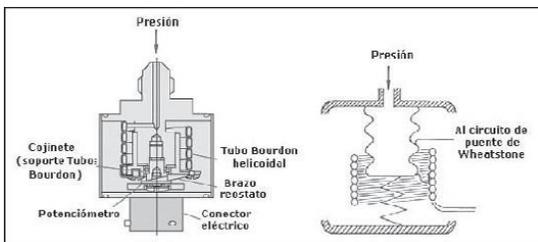


Figura 3. Elemento resistivo. Fuente: Instrumentación industrial. Antonio Creus.

Elementos de reluctancia variable: se basan en el desplazamiento mecánico, debido a la presión, de un núcleo magnético situado en el interior de una o dos bobinas. Estas bobinas están conectadas a un puente de c.a. y la tensión de salida es proporcional a la presión del fluido.

Elementos de galgas extensiométricas: se basan en la variación de longitud y de diámetro, y por lo tanto de resistencia, que tiene lugar cuando un hilo de resistencia se encuentra sometido a una

tensión mecánica por la acción de una presión.

Elementos capacitivos: se basan en la variación de capacidad que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas por la aplicación de presión. La placa móvil tiene forma de diafragma y se encuentra situada entre dos placas fijas.

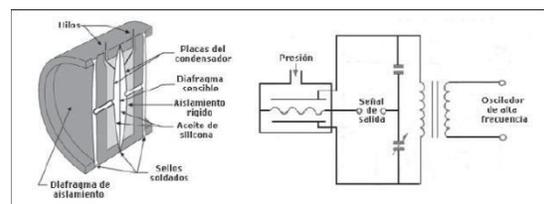


Figura 4. Transductor capacitivo. Fuente: Instrumentación industrial. Antonio Creus.

Elementos piezoeléctricos: son materiales cristalinos que, al deformarse físicamente por la acción de una presión, generan un potencial eléctrico. Dos materiales típicos en los transductores piezoeléctricos son el cuarzo y el titanato de bario, capaces de soportar temperaturas del orden de 150 °C en servicio continuo y de 230 °C en servicio intermitente.

3. Metodología

3.1 Parte experimental

Un Cilindro de aire comprimido para poder obtener una lectura de presión de un manómetro de tubo burdon para conocer la importancia de los instrumentos de diferentes mediciones que existen en el mercado que son utilizados en diferentes industrias.

3.2 Diseño

Materiales y métodos

- 1 Cilindro de 30 lbs
- 2 Coples de aire
- 1 Niple de cobre
- 1 Válvula de paso de aire
- 1 Adaptador hembra de cobre
- 1 Un bote de pintura (Spray)
- 1 Teflón de 1/2 "



Fuente: Carlos Xajil



Fuente: Carlos Xajil



3.3 Métodos

Se inició con la selección de un cilindro para gas R134a de 30 lbs para realizar un depósito de aire comprimido para instalar un manómetro de tubo burdon colocando los accesorios correspondientes a su instalación se efectuó la parte de la colocación del Niple y los coples para colocar el manómetro y la válvula de llenado de aire, utilizando soldadura oxiacetilénica abrimos dos orificios luego sellados por la soldadura, luego se procedió a instalar la válvula de llenado utilizando teflón de 1/2 " para que no halla fugas mínimas así también el manómetro sellado también con teflón y por ultimo verificando que no hallan fugas se llenó el tanque a una presión de 30 psi para luego poder pintar el tanque y realizar las lecturas del instrumento.



Fuente: <http://www.equipo.com.mx/>

Fuente: Carlos Xajil

3.4 Resultados

Para obtener nuestros resultados se tomaron ciertas medidas en la realización del depósito para la correcta lectura del manómetro de tubo burdon.



Fuente: Carlos Xajil



3.5 Costo-financiamiento

El costo total correspondiente al Proyecto fue de Q. 263.00 exactos financiados por los integrantes del grupo.

Tabla 1.

Detalles	Costo	Costo (US\$)
Cilindro de 30 lbs	50.00	6.54
Coples de aire	25.00	3.27
Niple de cobre	10.00	1.30
Válvula de paso de aire	40.00	5.23
Adaptador hembra de cobre	10.00	1.30
Un bote de pintura (Spray)	30.00	3.92
Teflón de ½"	03.00	0.39
Cinta Reflectante	15.00	1.96
Caja de Cartón	05.00	0.65
Soldadura oxiacetilénica	75.00	9.82
Total Q.		35.00

El costo total correspondiente al Proyecto fue de US\$ 35.00 exactos financiados por los integrantes del grupo.

4. Discusión

Se debe tomar en cuenta el material del que está fabricado el tanque al que se le adaptó el medidor de presión ya que la presión que se manejó llegó cerca de los 50 *psi*, lo que podría provocar daños al explotar si no se sabe cuál es la presión máxima del recipiente que se desee utilizar.

El medidor de presión con el que se trabajó tiene un rango de 0 a 200 *psi* lo

que da un error de precisión más grande que uno de 100 *psi* por lo que al verificar la presión a la que se encuentra el recipiente puede no ser la exacta, para esto se podría colocar un instrumento de menor rango.

El tanque que se fabricó puede utilizarse como medio portátil de aire a presión para inflar llantas.

4.1 Conclusiones

Es necesario un entendimiento de las Características, limitaciones y funcionamientos normales de cada parte de los instrumentos utilizados, así como los conocimientos teórico de todas las facetas del problema de medida en sí mismo.

Se le adaptaron un medidor de presión y una válvula para el llenado a un tanque de refrigerante R-134.

Se propuso que los instrumentos y la unión al tanque se realizaran por medio de soldadura.

Se le adaptaron una válvula de conexión rápida para utilizar el aire como medio portátil de inflar llantas con un máximo de 50 *psi*.



5. Referencias

Cengel Yunes A. & Boles Michael A. (2011). *“Termonidámica”*. Séptima edición. McGRAW- HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. México. ISBN: 978-607-15-0743-3.

Creus, Antonio. (2010). *“Instrumentación industrial”*. Octava edición. Alfaomega Grupo Editor. S.A. de C.V. México. ISBN: 978-607-707-042-9.

[Maz87] Mazda F.F.: "Electronic Instruments And Measurement Techniques" Cambridge, 1987.

[Mor88] Morris A.S.: "Principles Of Measurement and Instrumentation".

Prentice Hall, 1988

[Bar88] Barney G.C.: "Intelligent Instrumentation: Microprocessor Applications In Measurement And Control" Prentice Hall, 1988. [Has81] Haslam J.A.

European Commission. Workshop on future and emerging control systems, November 2000. Available at ftp://ftp.cordis.lu/pub/ist/docs/ka4/report_cont_rolws.pdf. National Research.

Council. Embedded, Everywhere: A Research Agenda for Networked Systems of Embedded Computers. National Academy Press, 2001.

K. J. Astrom, T. Hagglund, The future of PID control, Control Engineering Practice, Volume 9, Issue 11, November 2001, Pages 1163- 1175, ISSN 0967-0661, DOI: 10.1016/S0967-0661(01)00062-4.

G. M. Homsy, H. Aref, K. Breuer, S. Hocqreb, and J. R. Koseff. Multimedia Fluid Mechanics. Cambridge University Press, 2000.

J. Marescaux, J. Leroy, M. Gagner, F. Rubino, D. Mutter, M. Vix, S. E. Butner, and M. K. Smith. Transatlantic robot- assisted telesurgery. Nature, 413:379–380, 2001.

P. R. Kumar. New technological vistas for systems and control: The example of wireless networks. Control Systems Magazine.(1):24– 37, 2001.

E. Brown and H. Rabitz. Some mathematical and algorithmic challenges in the control of quantum dynamics phenomena. Journal of Mathematical Chemistry, 31:17–63, 2002.

R. M. Murray, K. J. Astrom, S. P. Boyd, R. W. Brockett, G. Stein, Future directions in control in an information- rich world. IEEE Control Systems Magazine, 23(2): 20-33, 2003.



Instrumentación en Conversión de Energía Solar Fotovoltaica

Ronald Miuller Yucute Yucute¹, Lester David Leonardo Reyes¹ Diego Andrés Díaz Aguilar¹, Elí Josué Espinoza Rodas¹, Giancarlo Perez Lopez¹, Samuel Estuardo Eguizábal León¹, Héctor Josué Morales Garcia¹, Mariano Ruiz Arévalo¹, Jorge Iván Cifuentes²

hector-morales18@hotmail.com
jicifuentes@ing.usac.edu.gt

- 1.- Estudiantes del Curso de Instrumentación Mecánica USAC 01012
- 2.- Catedrático del Curso de Instrumentación Mecánica USAC 01012

ABSTRACT

Renewable energy sources are those that managed properly, can be exploited without limit, that is, the amount available not decreases as exploits. To have a policy of sustainable development is essential for the majority of resources, particularly energy, are the renewable type. The aim of all renewable sources, and photovoltaics is no exception, it is to generate electricity at low costs that allow competing with the production of electrical energy obtained from fossil fuels. Manufacture solar cells with high conversion efficiency is one of the fundamental purposes in order to reduce the price per kWh of electricity. A photovoltaic cell is a semiconductor with two doped layers (p-type and n-type). When light shines on the cell, electrons are released and results in an electric current. Of monocrystalline silicon wafers obtained in the laboratory, higher yielding portion (the core material) 25% to 30% is used in electronics applications and in space applications. The perimeter or kernel environment, which has a performance about 15% - 18%, is used to produce monocrystalline photovoltaic cells.

Keywords: Renewable, Photovoltaic Energy, Cells, Solar.

RESUMEN

Las fuentes renovables de energía son aquellas que, administradas de modo adecuado, pueden explotarse ilimitadamente, es decir, la cantidad disponible no disminuye a medida que se aprovecha. Para tener una política de desarrollo sostenido es indispensable que la mayoría de los recursos, particularmente la energía, sean del tipo renovable. El objetivo de todas las fuentes renovables, y la fotovoltaica no es la excepción, es generar energía eléctrica a bajos costos que permitan competir con la producción de energía eléctrica que se



obtiene de combustibles fósiles. Fabricar celdas solares con alta eficiencia de conversión es uno de los propósitos fundamentales en aras de disminuir el precio del kWh de energía eléctrica. Una célula fotovoltaica es un semiconductor con dos capas dopadas (tipo p y tipo n). Cuando la luz incide sobre la célula, se liberan electrones y da lugar a una corriente eléctrica continua. De las obleas de silicio monocristalino obtenidas en el laboratorio, la parte de mayor rendimiento (el núcleo del material) del 25% al 30% se utiliza en aplicaciones de electrónica o en aplicaciones espaciales. El perímetro o entorno del núcleo, que tiene un rendimiento sobre el 15% - 18%, se utiliza para fabricar paneles fotovoltaicos monocristalinos.

Palabras Clave: Renovable, fotovoltaica, energía, Celdas, Solar.

Introducción

Hoy en día se conocen muchas industrias encargadas a la generación de energía para que los humanos tengamos mejores condiciones de vida y nos desarrollemos de manera más cómoda en nuestros estilos de vida. Con el pasar del tiempo el medio ambiente ha sido afectado por la contaminación que estas industrias producen y ahora se están realizando nuevas propuestas para la generación de energía que sea amiga del medio ambiente. Una de esas nuevas maneras de producir energía es usando unidades solares fotovoltaicas, que consisten una serie de paneles dispuestos de manera perpendicular a los rayos del sol y estos convierten la luz solar en energía eléctrica. Se colocan en grandes cantidades y gracias a todos los componentes que poseen se obtienen cantidades energéticas que son factibles para satisfacer las necesidades humanas. Existen condiciones y equipos importantes en la creación de una planta

fotovoltaica que en este artículo se mencionaran para que el lector tenga un conocimiento sobre ellas y pueda tener una idea de lo importante que son estas plantas generadoras.

Desarrollo tecnológico y bienestar social implican mayor consumo energético, por lo que resulta obvio preguntarnos, ¿en qué sentido evolucionará esta relación? La respuesta resulta trivial. El consumo cada vez creciente de energía no podrá ser satisfecho por las llamadas fuentes tradicionales basadas en los combustibles fósiles: carbón, gas y petróleo, por lo que éstas deberán ser sustituidas paulatinamente por otras fuentes, que a su vez sean renovables¹.

Las fuentes renovables de energía son aquellas que, administradas de modo adecuado, pueden explotarse ilimitadamente, es decir, la cantidad disponible no disminuye a medida que se aprovecha. Para tener una política de



desarrollo sostenido es indispensable que la mayoría de los recursos, particularmente la energía, sean del tipo renovable.

Energía solar fotovoltaica

De todas las fuentes renovables, la energía solar es la única que puede ser aprovechada en todo el planeta, independientemente del clima o la geografía, sin detrimento al ambiente y –teóricamente– con la capacidad de satisfacer las necesidades energéticas de la población mundial. Las celdas solares son dispositivos capaces de transformar directamente la energía solar en energía eléctrica, llamada comúnmente energía fotovoltaica.

El objetivo de todas las fuentes renovables, y la fotovoltaica no es la excepción, es generar energía eléctrica a bajos costos que permitan competir con la producción de energía eléctrica que se obtiene de combustibles fósiles y nucleares. Fabricar celdas solares con alta eficiencia de conversión es uno de los propósitos fundamentales en aras de disminuir el precio del kWh de energía eléctrica.

En el presente trabajo se analizará el problema de la educación energética, propiciando la creación de paradigmas que impidan el uso indiscriminado de los combustibles fósiles como fuente de energía, al tiempo de invocar a la necesidad del uso de la energía solar y más específicamente el empleo de celdas

solares fotovoltaicas de alta eficiencia para poder lograr un desarrollo sostenible.

Elementos principales de una instalación fotovoltaica autónoma

En la *figura 1* podemos observar los componentes principales de una instalación fotovoltaica autónoma básica.

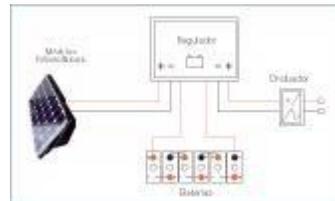


Figura 1. Componentes principales de una instalación fotovoltaica autónoma.

Medidor de radiación solar

El medidor de radiación para energía solar es el instrumento óptimo para ingenieros solares, arquitectos y aficionados a la ingeniería solar. Con este medidor de radiación determina la potencia solar. Otros datos nominales (corriente, tensión, etc.) se pueden detectar de forma paralela con un medidor separado (multímetro con registrador de datos). Esto permite hacer una declaración sobre la instalación y la interpretación del dispositivo fotovoltaico. La medición de la intensidad de luz se efectúa a través de una célula solar de silicio monocristalina. El procesador integrado en el medidor de radiación de energía solar se encarga de una corrección automática para mantener la precisión base después de la calibración de cada aparato

en el simulador solar. El parámetro más importante P_{tot} (en W/m^2) se puede leer directamente en pantalla.



Este funciona con una célula solar de silicio monocristalina, además trae integrado un procesador que hace que toda lectura registrada sea 100% fiable con correcciones automáticas durante la medición, lo que al final da un resultado lo más ajustado a la realidad posible. El PCE-SPM 1 cuenta con una carcasa de plástico bien reforzada diseñada especialmente para su uso en exterior.

Ejemplos de empleo típicos

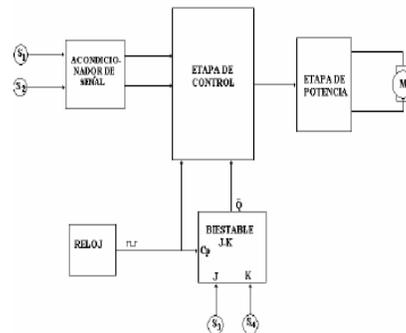
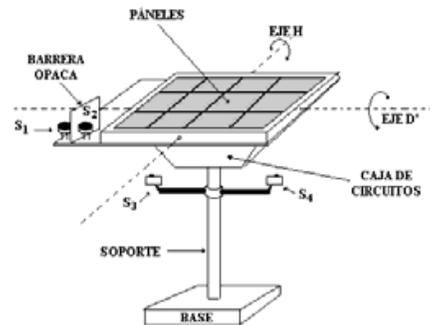
1. Medición solar directa in situ
Con el medidor de radiación se puede efectuar una medición directa de energía en una posición definida. Estos valores de medición sirven también para verificar el grado de eficacia de módulos o instalaciones fotovoltaicas.

2. Simulación de temperatura, potencia, tensión y corriente de los módulos fotovoltaicos

Atención: multímetro que nosotros ofrecemos.

3. Mediciones prolongadas
Se ha equipado el medidor con un registrador interno para mediciones

Diseño de circuito de control



En la figura No. 1 se muestra también el diagrama de bloques del circuito completo, el cual está compuesto por un acondicionador de señal para S1 y S2 , un biestable JK, encargado de manejar las señales provenientes de los sensores de carrera, un circuito de reloj, una etapa de control y una etapa de potencia, que manipula un motor DC. A excepción de la etapa de potencia, todo el circuito está diseñado para funcionar a 5VDC.

Fuente: [1] H. Rodríguez y F. González. Manual de radiación solar en Colombia, universidad Nacional de Colombia, Bogotá, (1992).

Amperímetro

Instrumentos analógicos

Son aquellos que funcionan bajo el principio de magnetismo y electromagnetismo; tienen como indicador de medida una aguja que se mueve dentro de una escala dividida y numerada. El aparato nos permite medir según diferentes escalas, cada rango es una posición indicada en el aparato, por ejemplo 3V significa que puede medir desde 0 y hasta 3V, o 1000 V, que va de 0 a 1000 V.



Figura 2: Amperímetro de agujas o análogo.

Instrumentos digitales

Los instrumentos de medición digitales basan su funcionamiento en comparadores digitales de tipo electrónico, por lo que no requieren del mecanismo de bobina móvil de los analógicos. Por otra parte, tampoco necesitan una escala graduada para proporcionar una lectura, sino que nos la muestran a través de una pantalla de cristal

líquido (LCD). En un principio eran equipos muy caros, pero sus precios se han vuelto competitivos.

Amperímetro

Aparato que se emplea para conocer la intensidad de corriente que circula por un conductor o una carga. Su unidad de medida son los amperes (A).

Existen dos tipos de amperímetros: de terminales y el amperímetro de gancho, que es el más usual actualmente. Se representa por una A dentro de un círculo.



Figura 3: Amperímetro de terminales.

El amperímetro de terminales se conecta en serie con la carga y mide el valor de la corriente que consume.



Figura 4: Amperímetro de gancho.

Fuente: [2] W. Cooper y A. Helfrick, Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición, Prentice



Hall, (1991).

El amperímetro de gancho funciona para lo mismo que el de terminales. Su gancho está provisto de una bobina que detecta cualquier campo magnético, cuando una corriente fluye por un conductor produce un campo magnético proporcional a la misma corriente, por lo que cuando rodeamos un conductor con el gancho del aparato, este detecta el campo y mediante un proceso de conversión mecánico o electrónico, nos proporciona una lectura. Este tipo de amperímetro es más práctico, no necesitas interrumpir el funcionamiento de la carga.

Fuente: [3] A. Malvino, Principios de Electrónica 6ª edición, Mac Graw Hill, (1999).

[4] R. Tocci, Sistemas digitales Principios y aplicaciones 5ª edición, Prentice Hall, (1993)

Detector de rayos infrarrojos

También se les suele denominar termómetros láser si éste se utiliza para ayudar en la medición marcando con el láser el punto exacto donde se va a tomar la temperatura. También se les denomina termómetros sin contacto haciendo referencia a la capacidad del dispositivo para medir la temperatura a distancia y sin necesidad de tocar el objeto físicamente. Al conocer la cantidad de energía infrarroja emitida por el objeto y su emisividad, la temperatura del objeto puede ser determinada.

Ventajas: El sistema de la medición de temperatura utilizando termómetros infrarrojos es cada vez más utilizado, no sólo por su gran fiabilidad sino también por su rapidez (la temperatura se obtiene en segundos) y la gran facilidad de uso, ya que permite la medición de temperatura a distancia e incluso a muchos metros de donde se encuentra el objeto, o de objetos en movimiento.

Funciones: Los termómetros de infrarrojos tienen una amplia variedad de funciones en la medición de temperatura.

Algunos ejemplos pueden ser:

1. Comprobación de los equipos mecánicos (motores, maquinaria...) o eléctricos (circuitos eléctricos, placas, luces, cables, etc...)
2. Lucha contra incendios
3. Control de entornos climatizados (cámaras frigoríficas, hornos, etc...)
4. Control de alimentación (catering, cadena del frío...)
5. Sistemas de refrigeración (aire acondicionado, calefacción...)
6. Cualquier otro entorno que precise un control rápido, preciso y sin contacto de temperatura.



Fuente de consulta: PCE instruments
“termómetro infrarrojo”.



Imágenes de PCE instruments

Características del detector:

- Alcance del sensor entre 7 y 8 metros.
- Sensible tanto al aumento como a la disminución de radiaciones.
- Alimentación a 9 voltios.

Esquema eléctrico:

NOTA: Este sensor lo fabrica SIEMENS y se comercializa ya montado y provisto de un amplificador y un espejo reflectante que aumenta la sensibilidad del sensor. (SIEMENS PID 11).

El sensor consta de cuatro terminales numerados de izquierda a derecha:

- Terminal nº1..... Enlaza con la masa del circuito.
- Terminal nº2..... Alimentación positiva del circuito, alrededor de 5 voltios.
- Terminal nº3..... Tensión de la salida.
- Terminal nº4..... Tensión de referencia.

El circuito funciona desde un mínimo de 4 voltios a un máximo de 10 voltios. El

terminal nº3 sirve para recoger un valor de tensión proporcional a la variación de los rayos infrarrojos captados. Si el sensor capta radiaciones infrarrojas, aumenta el valor de tensión existente en la salida, pero unos segundos más tarde, la tensión vuelve al valor inicial, equivalente al existente en la patilla nº4. Si cesan las radiaciones también disminuye la tensión para volver a su valor inicial unos segundos más tarde.

Si pasa una persona ante el sensor se produce un aumento de la tensión de salida.

Si la persona permanece inmóvil, la tensión volverá al valor inicial. Si la persona se desplaza, aunque sea unos centímetros, el sensor detecta una variación de la intensidad en las radiaciones de infrarrojos, desviando la aguja del medidor.

En el terminal nº4 de este conector se representa la tensión de referencia que, generalmente equivale a la mitad de la tensión de alimentación. En este caso al utilizar en la alimentación una tensión de 5 voltios, en dicha patilla tendremos 2,5 voltios.

La fase amplificadora y la fase de protección para el sensor de rayos infrarrojos están ya montados en el interior del aparato suministrado por el fabricante y solo nos queda proporcionar una tensión estabilizadora de 5 voltios más o menos a la pista del terminal nº2 y conectar un

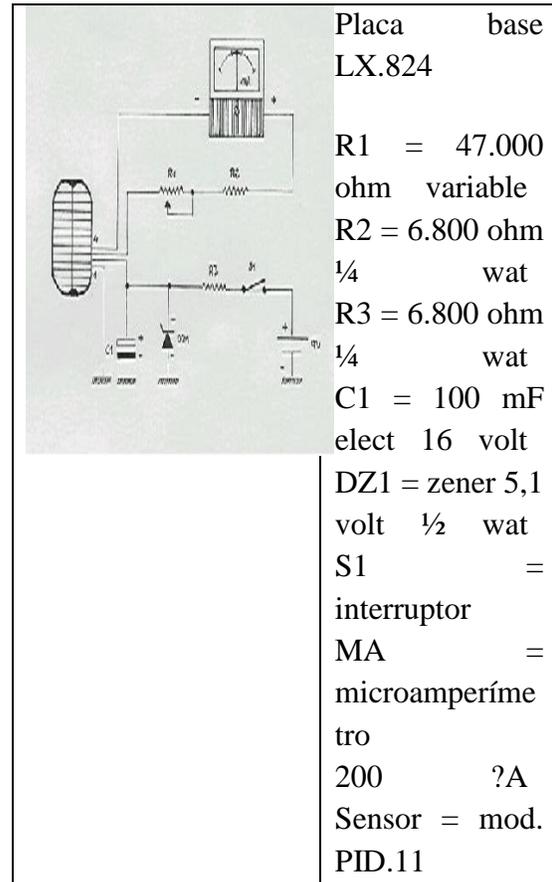


medidor de 100-200 microamperios con cero central entre las pistas de los terminales n°3 y n°4.

La resistencia variable de 47000 ohm. Conectado en serie al medidor sirve tan solo para modificar la sensibilidad.

La razón por la que conectamos el medidor con el cero central entre la pista n°3 y la pista n°4 es porque cuando el sensor capta radiaciones de infrarrojos, en el terminal n°3 de salida aparece una tensión superior a la existente en el terminal n°4 de 2.5 voltios (tensión de referencia) y cuando disminuyen las radiaciones en intensidad, en el terminal n°3 hay una tensión inferior a 2.5 voltios.

Conectando un medidor con cero centrales entre las pistas, observaremos como la aguja se desvía hacia la derecha o hacia la izquierda cuando las radiaciones disminuyan su intensidad. Podemos decir que la aguja se moverá hacia la derecha en presencia de calor y hacia la izquierda en presencia de frío.



Esquema eléctrico del detector de rayos infrarrojos:

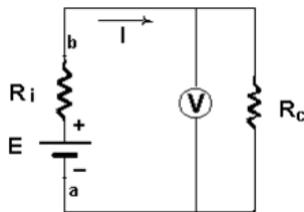
Voltímetro

Un voltímetro es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.

Para efectuar la medida de la diferencia de potencial el voltímetro ha de colocarse en paralelo, esto es, en derivación sobre los puntos entre los que tratamos de efectuar la medida. Esto nos lleva a que el voltímetro debe poseer una resistencia interna lo más alta posible, a fin de que no produzca un consumo apreciable, lo que daría lugar a



una medida errónea de la tensión. Para ello, en el caso de instrumentos basados en los efectos electromagnéticos de la corriente eléctrica, estarán dotados de bobinas de hilo muy fino y con muchas espiras, con lo que con poca intensidad de corriente a través del aparato se consigue la fuerza necesaria para el desplazamiento de la aguja indicadora.



Conexión de un voltímetro en un circuito

Podemos clasificar los voltímetros por su funcionamiento mecánico, siendo en todos los casos el mismo instrumento:

- Voltímetros electromecánicos: Estos voltímetros, en esencia, están constituidos por un galvanómetro cuya escala ha sido graduada en voltios.
- Voltímetros electrónicos: Estos voltímetros, añaden un amplificador para proporcionar mayor impedancia de entrada y mayor sensibilidad.
- Voltímetros vectoriales: Estos voltímetros, se utilizan con señales de microondas. Además del módulo de la tensión dan una indicación de su fase.
- Voltímetros digitales: Estos voltímetros, dan una indicación numérica de la tensión.

Suelen tener prestaciones adicionales como memoria, detección de valor de pico, verdadero valor eficaz, autorango y otras.

El sistema de medida emplea técnicas de conversión analógico-digital para obtener el valor numérico mostrado en una pantalla numérica LCD.

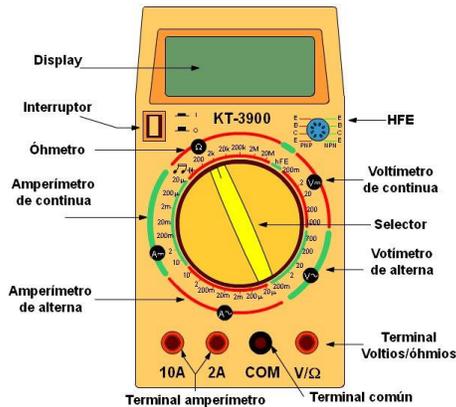


Fuente e imagen: Documento PDF de Radfis15. uco

¿Qué partes tiene un Voltímetro?

Un voltímetro tiene tres partes que usted necesita saber antes de que pueda utilizarlo:

- Terminal de entrada positivo (normalmente color rojo).
- Terminal de entrada negativo (generalmente color negro).
- Muestra, donde puedes encontrar los resultados de la medición: Si es analógico tendrás que leer los resultados de una escala. Si es digital, los resultados se mostrarán como una lectura en una pantalla LCD o LED



Fuente e imagen: El voltímetro, blog en línea de Bligoo

Termómetro

Es un instrumento utilizado para medir la temperatura, este ha ido evolucionando con el tiempo ya que actualmente existen los termómetros digitales. Su medición partida del fenómeno de la dilatación, lo que se utilizaban materiales con elevados coeficientes de dilatación, de manera que cuando la temperatura aumentaba, su cambio de longitud era fácilmente visible.

El metal utilizado más común en este tipo de termómetros es el mercurio, el cual se encerraba dentro de un tubo de vidrio el cual cuenta con una escala graduada.

Las escalas que puede medir este instrumento son varias, la más utilizada es el Centígrado o Celsius. En esta escala el cero y los cien grados corresponden al cambio de fase de congelación y ebullición del agua, a presión de 1 atmosfera.

Otras escalas son:

- Fahrenheit: es la unidad de temperatura, empleada en el sistema inglés.
- Reaumur: actualmente no se utiliza
- Kelvin: es la medida que se usa en el sistema internacional de unidades. A pesar de que la magnitud de una unidad Kelvin coincide con un grado Celsius, el cero absoluto se encuentra a $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y es inalcanzable según se explica en la tercera ley de la termodinámica.



Termómetro digital laser, el cual por medio de una luz infrarroja, detecta la temperatura y envía una señal, la cual se puede observar en la pantalla, para conocer la temperatura del objeto que estamos midiendo.

Fuente e imágenes: Página en línea tp-laboratorioquimico “termómetros”

Óhmetro

Los óhmetros, son medidores de magnitudes eléctricas que pueden tener varios rangos y modos de medidas dentro de un mismo aparato. La manera en que

son equipados, les permite medir tensión e intensidad de corriente en diferentes rangos de medición. Comúnmente los óhmetros pueden ser conmutables entre corriente continua o corriente alterna. También es parte de una de sus mediciones, la resistencia y continuidad de señal acústica.

Actualmente los óhmetros, vienen con funciones extras que les permite medir frecuencia, capacidad y temperatura. Con esos óhmetros se podrá realizar mediciones de corriente DC/AC, y de tensión DC/AC, medición de resistencia y control de paso, medición de diodos, capacidad, frecuencia y temperatura.



En la imagen podemos ver un óhmetro, el cual tiene una pantalla digital, en ella se despliegan las cantidades de los valores que deseamos medir, abajo al centro encontramos una perilla, la cual nos permite seleccionar entre corriente, intensidad, resistencia y otras magnitudes si el dispositivo viene equipado con ellas. A él, se le agregan dos cables uno rojo y uno negro, siendo positivo y negativo respectivamente, los cuales en sus extremos cuentan con unas puntas

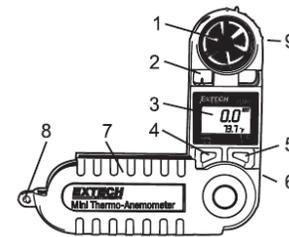
metálicas, que al colocarlos en nuestro objeto a medir, y cerrar el circuito nos despliega un valor en la pantalla.

Anemómetro

A continuación se muestra un anemómetro el cual nos sirve para medir la velocidad del aire, humedad relativa, temperatura y presión atmosférica del ambiente; no todos los anemómetros lo hacen, por lo que este es un anemómetro compuesto o combinado ya que implica las funciones de otros instrumentos también

DESCRIPCIÓN

- 1 Impulsor de la veleta
- 2 Termistor de precisión
- 3 Pantalla LCD
- 4 Tecla de encendido y retención (HOLD)
- 5 Tecla de UNIDADES y MODO
- 6 Compartimento de la batería (anverso)
- 7 Mango articulado y caja para guardar
- 8 Cuerda de sujeción
- 9 Opressor del impulsor de la veleta (en el anverso del medidor)

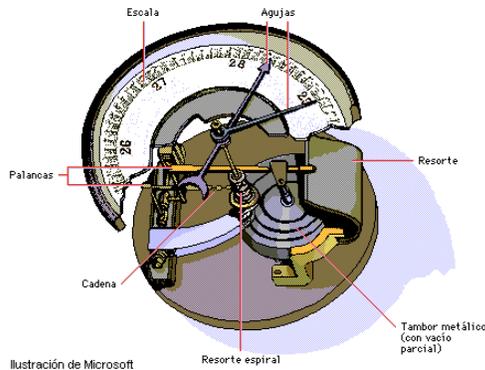


Barómetro Aneroide

Un barómetro más cómodo (y casi tan preciso) es el llamado barómetro aneroides, en el que la presión atmosférica deforma la pared elástica de un cilindro en el que se ha hecho un vacío parcial, lo que a su vez mueve una aguja. A menudo se emplean como altímetros (instrumentos para medir la altitud) barómetros aneroides de características adecuadas, ya que la presión disminuye rápidamente al aumentar la altitud. Para predecir el tiempo es imprescindible averiguar el tamaño, forma y movimiento de las masas de aire



continentales; esto puede lograrse realizando observaciones barométricas simultáneas en una serie de puntos distintos. El barómetro es la base de todos los pronósticos meteorológicos.



Fuente e imagen: Portal en línea PCE instrumentos “Anemómetro”

OSCILOSCOPIO



Se muestra un osciloscopio, el cual sirve para ver la longitud de onda, tipo de señal, voltaje, amperaje y básicamente para todo lo concerniente para la verificación de la electricidad generada en una planta de generación fotovoltaica. Este instrumento es complejo de operar y no sirve de nada si no se tienen conocimientos de electrónica y/o electricidad.

En la primera fila de botones e interruptores se encuentran:

- Intensidad de pantalla
- Enfoque de la pantalla
- Parpadeo de actualización
- Modo de visualización
- Canal de análisis
- Control de fotograma
- El eje en el que se quiere la onda X o Y
- La posición de la onda en la pantalla horizontalmente.

En la segunda fila:

- Botón de encendido
- Posición vertical
- Afinación de la onda

En la tercera fila:

- Tipo de señal de entrada en canal 1
- Escala del voltaje en 1
- Modo de análisis de la onda
- Tipo de señal de entrada en canal 2
- Escala de voltaje en 2
- Divisor de frecuencia.

Este osciloscopio puede analizar hasta una frecuencia de 30 MHz, con una precisión superior a la de un voltímetro o la de un amperímetro.

Fuente e imagen: Página web Electrónica fácil “el osciloscopio”

Medidores de humedad

Existen diferentes tipos de medidor de humedad absoluta para los diversos tipos de materiales existentes y sustancias de



construcción. Así podrá medir la humedad de hormigón, tela asfáltica, pavimento, con máxima precisión mediante el medidor de humedad absoluta. Para ello existen dos tipos de medición de humedad: No destructivo o ligeramente destructivo con sensores de penetración. Los diferentes tipos de medidor de humedad absoluta se diferencian por los principios de medición y por los sensores adaptables de medición de humedad.

El medidor de humedad absoluta permite la compensación de temperatura automática, la grabación y posterior transmisión de los valores medidos al ordenador / portátil o la programación de curvas características propias y específicas de material constructivo.

Medidor de humedad absoluta GMK 100



Medidor de humedad absoluta de material capacitivo para medir y valorar en madera, hormigón, pavimento, enlucidos, etc. / sin

dañar el material / trabaja en dos profundidades: 10 mm y 25 mm ¹

Fuente e imagen: Página web PCE instrumentos “medidor de humedad”

Espectrómetro

Espectrómetro. Instrumento de medición que analiza el tipo de espectro que emite una fuente o que es absorbida por una sustancia que se encuentra en el camino de la luz que emite una fuente. Estos espectros de emisión o de absorción son como una huella digital de las sustancias que forman a nuestra naturaleza

Funcionamiento

El funcionamiento del espectrómetro está basado en la descomposición de la luz en las diferentes longitudes de onda que la componen a partir del fenómeno de refracción que sucede en un prisma o a partir del fenómeno de difracción de la luz que se produce en una red difracción. Además este instrumento mide los ángulos en los cuales se presentan los máximos del patrón de difracción. Estos ángulos son diferentes y característica de la naturaleza de la fuente que emite la luz. Las componentes básicas de un espectrómetro es un conjunto de lentes, un colimador, una rejilla de difracción y un ocular, anteriormente detectar el espectro se hacía a simple vista, pero hoy en día se pueden usar sensores de luz que marcan los máximos y mínimos o también se pueden fotografiar los espectros.



Partes Básicas

Este se compone de cuatro componentes básicos: un foco productor del haz de radiación o de partículas que se va a investigar; un analizador que separa el haz de acuerdo con las propiedades que se desea analizar; un detector que mide su cantidad y un elemento que registra los resultados en forma de gráfica, diagrama o fotografía.

Aplicaciones básicas

En óptica, un espectrógrafo separa la luz que le llega de acuerdo a su longitud de onda y registra el espectro electromagnético en un detector. Es un tipo de espectrómetro y ha sustituido al espectroscopio en aplicaciones científicas.

En astronomía se utilizan espectrógrafos muy frecuentemente. Se instalan en el foco de un telescopio que puede estar situado en un observatorio terrestre o en una nave espacial.

Los primeros espectrógrafos usaban papel fotográfico como detector. La clasificación estelar y el descubrimiento de la secuencia principal, la ley de Hubble y la secuencia de Hubble fueron posibles gracias a los espectrógrafos que utilizaban papel fotográfico.

Conclusiones

El medidor de infrarrojos tiene gran aplicación industrial ya que nos permite saber la temperatura a la que están

operando las maquinas, y poder diagnosticar la maquinaria sin necesidad de desmontar o desarmarlas.

Existen diversos de medición dependiendo de la cantidad mensurable que deseamos determinar, el factor tecnológico es muy importante porque gracias a ello obtenemos medidas más exactas con un rango de error mínimo. Por supuesto esto hace que el equipo adquiera un costo mucho más elevado al momento de ser adquirido. Si el propósito de medición es aumentar la calidad es conveniente adquirir un equipo mucho más sofisticado para evitar daños o perjuicios.

Los instrumentos de medida sin despreciar su tipo y función son muy importantes para la vida diaria porque permiten tener un control en base a parámetros para que todo sea igual en un sistema de producción en serie o para tener control de mantenimiento en equipos industriales.

El sistema presenta alta velocidad de respuesta, parámetro ajustable a través de la frecuencia del reloj externo, el cual controla la velocidad de transmisión de datos.

Dada la naturaleza digital del sistema, éste permite almacenamiento y procesamiento de la información proveniente de los sensores por medio de microprocesadores o microcontroladores.

El amperímetro, es el aparato encargado de medir la intensidad de corriente o corriente eléctrico en un circuito eléctrico. Su



medición con un amperímetro de terminales es en serie respecto al circuito.

Fuentes de Consulta

1. https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/termometro-infrarrojo-kat_70710_1.htm
2. http://rabfis15.uco.es/lelavicecas/modulo_galeria/Voltmetro.pdf
3. <http://www.ifent.org/amm/sbptrab.htm>
4. http://kmi-mypersonalblog.bligoo.com.co/el-multimetro#.VdYICbJ_Oko
5. https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/anemometro-kat_70015_1.htm
6. <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/Uso-del-osciloscopio.php>
7. https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/espectrometro-pce-instruments-espectr_metro-elementcheck-mobile-det_417351.htm?_list=qr.art&_listpos=1
8. <http://www.ecured.cu/index.php/Espectrómetro>
9. <http://pce-iberica.blogspot.com/2008/08/definicion-ohmetros.html>
10. <http://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/termometro.html>



INSTRUMENTACION INDUSTRIAL - ANEMOMETRO

Luis Enrique Aguirre Pineda¹, Byron Walberto Chuquiej García¹ Walter Alexander Granados¹,
Jorge Iván Cifuentes²

byronchuquiej@yahoo.com

201213242@ingenieria.usac.edu.gt

Walter.granados13@gmail.com

jicifuentes@ingenieria.usac.edu.gt

1 Estudiantes del curso de Instrumentación Mecánica de la Escuela de Ingeniería Mecánica,
Universidad de San Carlos de Guatemala 01012

2 Catedrático del curso de Instrumentación Mecánica de la Escuela de Ingeniería Mecánica,
Universidad de San Carlos de Guatemala 01012

Resumen

Cuando se habla de instrumentos se debe conocer qué tipo de instrumento es ya sea basándonos en su funcionamiento o en base a la variable para la cual fue destinado. Es importante conocer que es una medición y los distintos términos relacionados con las características de esta, tales como: histéresis, precisión, exactitud, rango, alcance, etc. Ya que el ingeniero mecánico debe poseer conocimiento de todos estos datos en un instrumento, de manera que pueda realizar una selección adecuada.

Entre las mediciones más comunes que se realizan en una industria se encuentran: la temperatura, el nivel, la presión y el caudal. Por lo que se debe conocer la variedad de instrumentos destinados a dichas variables, sus características, funcionamiento y su medio de aplicación, de manera que se puedan establecer controles adecuados en los procesos industriales con la mayor exactitud posible.

Palabras clave: Instrumentación Industrial, Medidores, Calibración, Ingeniería mecánica

Abstract

When speaking of instruments should know what type of instrument is either based on their performance or on the basis of the variable for which it was intended. It is important to know that is a measurement and related to the characteristics of the various terms, such as hysteresis, precision, accuracy, range, scope, etc. Since the mechanical engineer must have knowledge of all these data into a tool, so you can make an appropriate selection.

The most common measurements made in an industry are: temperature, level, pressure and flow. As you must know the range of instruments to these variables, characteristics, operation and means of implementation, so that they can establish appropriate in industrial with the best possible accuracy.

Keywords: Industrial Instrumentation, Measurement, Calibration, Mechanical Engineering



1.0. Introducción

Hoy en día con los altos avances de las maquinarias los sistemas de control y la instrumentación se ha vuelto cada vez más especializada por tales motivos se deben conocer a detalle los distintos tipos de instrumentos, sus rangos y las variables que estos miden. Todo esto con el fin de crear sistemas de control adecuados que sirvan para proteger la maquinaria y para asegurar la calidad en los procesos de fabricación de determinados productos. Ya que una falta de control en alguna medida podría repercutir severamente en la calidad de los productos o materias primas afectando así económicamente a la empresa.

Para utilizar los instrumentos adecuados se deben considerar una serie de variables tales como: el proceso de producción, el ambiente al que el instrumento va a estar expuesto, la exactitud que se requiere, los rangos y alcances de trabajo, etc.

Entre las variables más medidas en la industria se pueden encontrar la temperatura, la presión, el caudal y el nivel. Por tal motivo el ingeniero mecánico debe familiarizarse con los instrumentos de medición de manera que pueda realizar una selección adecuada de estos.

2.0 Objetivos

- Obtener conocimientos básicos sobre la instrumentación industrial.
- Conocer los tipos de medidores más importantes en las aplicaciones industriales.
- Determinar la importancia de la adecuada calibración e instalación de los instrumentos.

3.0 Instrumentación de control

Los instrumentos de control empleados en las industrias de proceso tales como química, petroquímica, alimenticia, metalúrgica, energética, textil, papel, etc., tienen su propia terminología; los términos empleados definen las características propias de medida y de control y las estáticas y dinámicas de los diversos instrumentos utilizados.

La terminología empleada se ha unificado con el fin de que los fabricantes, los usuarios y los organismos o entidades que intervienen directa o indirectamente en el campo de la instrumentación industrial empleen el mismo lenguaje. Las definiciones de los términos empleados se relacionan con las sugerencias hechas por ANSI/ISA-S51.1-1979 aprobadas el 26 de mayo de 1995.

3.1. Clases de instrumentos

Los instrumentos de medición son sumamente complejos y pueden clasificarse según su funcionamiento y por la variable para la cual están destinados a medir.

Antonio Creus (2011).

3.2. Clasificación en función del instrumento

- Instrumentos ciegos
- Instrumentos indicadores
- Instrumentos registradores
- Sensores
- Transductores
- Transmisores
- Convertidores
- Receptores
- Controladores

Antonio Creus (2011).



3.3 Clasificación según la variable que miden

- Medidores de temperatura
- Medidores de presión
- Medidores de flujo
- Medidores de nivel
- Medidores de voltaje
- Medidores de PH
- Medidores de conductividad
- Medidores de fuerza, etc.

Antonio Creus (2011).

4. Transmisores

Los transmisores captan la variable de proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia en forma de señal neumática, electrónica, digital, óptica, hidráulica o por radio.

5.0. Medidores de flujo

Desde el primer punto de vista, los medidores de caudal se utilizan para contabilizar la transferencia de materia entre diversas partes del proceso, diferentes compañías, o bien entre suministrador y usuario. Un ejemplo cotidiano de esto último se tiene al repostar gasolina en el automóvil.

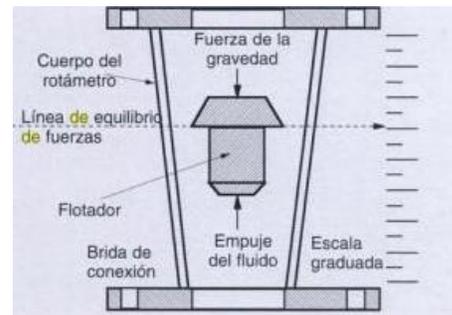
En cuanto al control de procesos, la medición de caudal es imprescindible para poder realizar control automático, así como para optimizar rendimientos en las unidades de producción aplicando balances de materia. Po e esta causa, los caudales deben medirse y controlarse cuidadosamente.

Tipos de medidores de flujo

- Medidores de área variable
- Medidores por desplazamiento positivo
- Medidores máxicos
- Medidores por presión diferencial

5.1. Medidores de área variable

Los medidores de caudal por área variable, conocidos como rotámetros, utilizan el mismo principio de medida que los medidores por presión diferencial, es decir, la relación entre la energía cinética y la energía debida a la presión. En el sistema de presión diferencial (dP) el área correspondiente a la restricción es constante y la presión diferencial cambia en función del caudal (Q).



José Acebedo Sánchez (2006).

Ventajas	Limitaciones
Bajo coste.	No apto para altas presiones.
Simplicidad.	Debe ser montado verticalmente.
Apto para caudales muy pequeños.	Capacidad limitada para caudales muy altos.
Caida de presión constante y muy pequeña.	Las versiones estándar no disponen de sistema de transmisión.
Rango de caudal 10:1.	Se debe utilizar solamente en fluidos limpios.
Lectura lineal del caudal.	La suciedad sobre el cristal dificulta la lectura.

José Acebedo Sánchez (2006).

5.2. Medidores por desplazamiento positivo

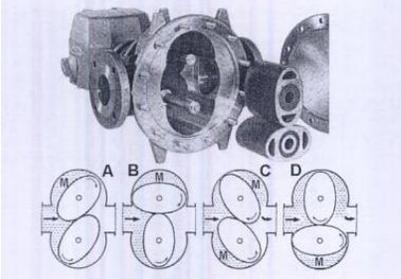
Los medidores por desplazamiento positivo operan atrapando un volumen unitario y conocido de líquido (Vu), desplazándolo desde la entrada hasta la salida, y contando (N) el número de volúmenes desplazados en un tiempo determinado (t). Se conocen con el nombre genérico de contadores. Si se desea obtener la medida en forma de



caudal (Q), hay que incluir la unidad de tiempo, teniendo entonces que:

$$Q = V_u \cdot N/t$$

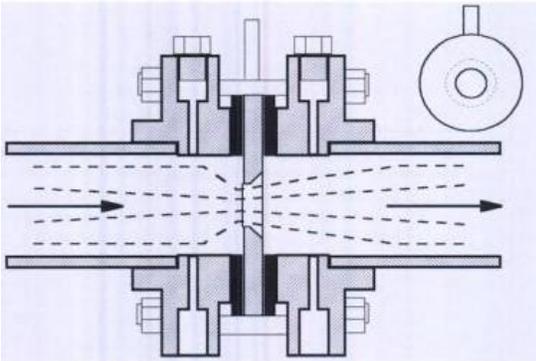
José Acebedo Sánchez (2006).



José Acebedo Sánchez (2006).

5.3. Medidores por presión diferencial

El método más ampliamente utilizado para la medida industrial de caudales es el que se realiza a partir de la presión diferencial. Existen varios tipos de elementos de medida basados en este principio, como son: placas de orificio con diversas formas, tubos Venturi, toberas, tubos Pitot, tubos Annubar, etc. Aunque dentro de ellos los más utilizados son las placas de orificios.



José Acebedo Sánchez (2006).

6.0. Medidores de presión

El concepto físico de presión se define como la relación entre la fuerza y la superficie sobre la cual se aplica dicha fuerza. En el sistema SI la unidad empleada para la presión es el Pascal

mientras que en el sistema inglés se utiliza el PSI (libras sobre pulgada cuadrada).

En la superficie de la tierra, al nivel del mar se está sometido a la presión resultante de la columna de aire que se encuentra por encima de nosotros. Cuando se miden las presiones hay instrumentos que facilitan lo que se denomina la presión absoluta, que es la presión referida al vacío absoluto, y la presión relativa (manométrica) mide la diferencia algebraica entre la presión absoluta y la presión atmosférica.

Ricard Goméz López (2005)

7.0. Medidores de nivel

En la industria, la medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento adecuado del proceso como de la consideración del balance adecuado de materias primas o de productos finales.

7.1. Tipos de medidores

- De medida directa
 1. Sonda
 2. Cinta y plomada
 3. Nivel de cristal
 4. Nivel de flotador
 5. Magnético
 6. Palpador servo operado
 7. Magnetoestrictivo
- Por presión hidrostática
 1. Medidor manométrico
 2. Medidor de tipo burbujero
 3. Medidor de presión diferencial de diafragma
- Por características eléctricas
 1. Medidor resistivo/conductivo
 2. Medidor capacitivo
 3. Medidor ultrasónico
 4. Medidor de radar o microondas



5. Medidor de radiación
6. Medidor de laser

8.0 Medidores de temperatura

Las medidas de temperatura son de las más comunes y más importantes que se deben de tener en un sistema de control para el buen manejo de los procesos industriales. Casi todos los fenómenos son afectados por la temperatura. Esta se utiliza frecuentemente para inferir en el valor de otras variables.

Existen diversos fenómenos que son influidos por la temperatura y que son utilizados para medirla:

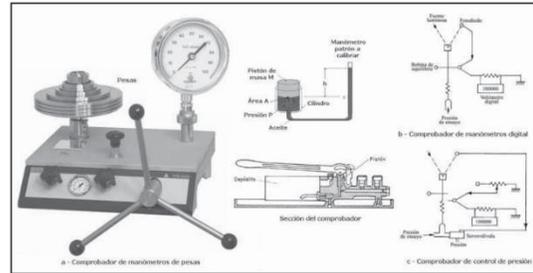
- a) Variaciones en volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases).
- b) Variación de resistencia de un conductor (sondas de resistencia)
- c) Variación de resistencia de un semiconductor (termistores).
- d) La fem creada en la unión de dos metales distintos (termopares).
- e) Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación).
- f) Otros fenómenos utilizados en laboratorio (Velocidad del sonido en un gas, frecuencia de un cristal, etc.)

Antonio Creus (2011).

9.0. Calibración de instrumentos

En un instrumento ideal (sin error), la relación entre los valores reales de la variable comprendidos dentro del campo de medida y los valores de lectura del aparato es lineal.

Se considera que un instrumento está bien calibrado cuando, en todos los puntos de su campo de medida, la diferencia entre el valor real de la variable y el valor indicado, o registrado o transmitido, está comprendido entre los límites determinados por la exactitud del instrumento.



Antonio Creus (2011).

9.1. Calibración de instrumentos de caudal

Los instrumentos de presión diferencial de medida de caudal utilizan una columna de agua o de mercurio (o un patrón digital) y un compresor o la fuente de aire de la planta.

Por ejemplo, en un transmisor de presión diferencial de campo de medida de 2.500 mm c.d.a. (columna de agua) se conectará la toma de alta presión a un tubo con agua hasta una altura de 2,5 m y la toma de baja presión a la atmósfera, para simular el 100% de la variable (o bien a manómetros patrón); para valores intermedios de calibración será necesario convertir las lecturas de caudal, leídas en el instrumento, en los valores de la presión diferencial introducidos en la toma de alta del aparato.

En un instrumento de presión diferencial inteligente la configuración se efectúa seleccionando los parámetros de operación (número de código, valores del campo de medida, constante de tiempo de amortiguamiento y las unidades de ingeniería). La comprobación de la calibración (que ya ha sido efectuada en fábrica y no precisa de ajustes) puede realizarse aplicando una presión estándar de forma parecida a la descrito en los transmisores inteligentes de presión.

Los rotámetros no pueden calibrarse, sólo pueden comprobarse, exceptuando la



parte transmisora cuando la llevan incorporada.

El medidor de remolino y el vórtex se han calibrado en fábrica y no necesitan ajustes especiales. Sin embargo, si se cambia el sensor o bien si cambian las condiciones de servicio, es necesario reajustarlo, siguiendo las instrucciones de operación.

Los medidores volumétricos (desplazamiento positivo) pueden verificarse en el lugar en que están instalados si se dispone de medios para intercalar en serie otro medidor patrón que permitirá comprobar las medidas.

Los medidores directos de caudal masa se calibran en la propia instalación con el mismo fluido de trabajo, asegurando un caudal masa constante y midiendo, en un sistema receptor, la masa del fluido corregida y el tiempo que ha transcurrido en la experiencia con un cronómetro de exactitud.

Pueden verificarse en el lugar en que están instalados si se dispone de medios para intercalar en serie otro medidor patrón que permitirá comprobar las medidas.

10.0 Instalación de instrumentos

Para la instalación de los diferentes tipos de elementos de medida o transmisión (en adelante transmisor), se deben tener en cuenta una serie de prácticas y procedimientos, entre los que podemos citar como más importancia los que se mencionan a continuación.

- Es conveniente utilizar tubería de ½" pulgada (diámetro exterior 21.3 mm),

con el espesor adecuado en función de la presión y temperatura del producto.

- Los tramos de tubería de las conexiones primarias deben ser lo más cortos que sea posible, evitando longitudes superiores a 15 metros.

- Se recomienda instalar las tuberías con una pendiente mínima del 6% (6cm por metro) en la dirección adecuada, evitando puntos altos en líquidos y puntos bajos en gases, para evitar bolsas de gas o sellos de líquido respectivamente.

- Deben instalarse válvulas de bloqueo junto a la toma primaria para dejar fuera de servicio las líneas de conexión a los instrumentos cuando sea necesario. Cuando la distancia entre las tomas primarias y el transmisor sea relativamente larga, o las tomas primarias se encuentra en posición inaccesible, es necesario instalar otro juego de válvulas junto al transmisor.

- Las tomas para los instrumentos de caudal se suelen situar a 45 grados con respecto a la horizontal. De esta forma se pueden colocar unas tuberías de proceso junto a otras. En algunas aplicaciones se colocan la toma de procesos horizontales, en cuyo caso hay que dejar suficiente espacio entre tuberías adyacentes.

- En el caso de transmisores de presión diferencial es necesario instalar una tercera válvula para igualar las presiones durante la puesta en servicio del instrumento o para calibrar el punto cero del transmisor. El conjunto de las dos válvulas de bloqueo más la de igualación de presión forman un conjunto denominado "manifold", el cual suele



estar construido en forma de bloque y adosado al propio transmisor.

- Cuando se van a medir líquidos corrosivos, altamente volátiles o muy viscosos, es conveniente utilizar potes de sello para evitar que el fluido pase a las líneas de conexión y al propio transmisor. José Acebedo Sánchez (2006).

11. Prototipo Anemómetro:

Es un instrumento que sirve para medir la dirección del [viento](#) y la fuerza del viento. La escala que nos enumera la calma a huracán se llama escala de Beaufort. La consecuencia en el mar son las olas. La escala de Douglas numera de mar plana a mar enorme las olas.

El anemógrafo registra continuamente la dirección del viento (m/s) así como se recordó, y registra ambos valores en dependencia del tiempo, del recorrió del viento y el tiempo, puede obtenerse sin dificultad la velocidad media de cada intervalo de tiempo de observación.

Consta de una veleta que determina la dirección del viento. El recorrido del viento es medido por la estrella de cazos situado encima de la veleta. La veleta están apoyados girablemente, bajo la influencia de la presión del viento gira la estrella con un numero de revoluciones dependientes de la presión y esto determina la velocidad del viento.

- *De empuje:* tiene una esfera hueca o una pala, cuya posición respecto a un punto de suspensión varía con la velocidad del viento.

- *De rotación o de copelas:* está dotado de cazoletas unidas a un eje de giro vertical, o de una hélice con un eje horizontal. La velocidad de giro es proporcional a la velocidad del viento.

- *De compresión:* se basa en el tubo de Pitot, un tubo con forma de L, con un extremo abierto hacia la corriente de aire y el otro conectado a un dispositivo medidor de presión, y está formado por dos pequeños tubos, uno de ellos con orificio frontal (que mide la presión dinámica) y lateral (que mide la presión estática), y el otro sólo con un orificio lateral. La diferencia entre las presiones medidas permite determinar la velocidad del viento.

- *De hilo caliente:* detecta la velocidad del viento mediante pequeñas diferencias de temperatura entre un hilo enfrentado al viento y otro a sotavento.

- *Sónico o anemómetro de efecto Doppler:* detecta el desfase del sonido o de la luz coherente reflejada por las moléculas de aire.

Construcción:

1.- Se conecta un motor de corriente continua hacia un arreglo de transistores.

2.- El arreglo de transistores consiste en un módulo de ampliación constituido por 3 dispositivos 2n3904 y resistencias al colector de 100 ohmios; conectados en cascada y en serie para maximizar la señal.

3.- Se alimenta el módulo de ampliación a una fuente de poder 12v de corriente continua

4.- La salida de señal del módulo amplificador se conectan a las terminales de un galvanómetro de alta sensibilidad.

5.- se modela una hélice en papel o en un material que permita atrapar la corriente de aire, la cual se conecta en el eje motriz del motor DC.

Funcionamiento:

El funcionamiento de prototipo del aerómetro se basa en la en la generación de un FEM inducida, gracias al movimiento de la turbina y por medio circuito antes mencionado, su amplificación y así poder mostrarlo en el galvanómetro.

El motor utilizado posee pequeños imanes los cuales ayuda a la inducción de la FEM por medio de la rotación o variación de campo magnético. Se utiliza un transformador y el circuito de cascada de transistores y resistencias para su amplificación. La escala que puede medir puede ser ajustada dependiendo de las necesidades del sistema.

Costo:

	Equipo	Precio (GTQ)	Precio (US\$)
1	Motor DC	Q 25.00	\$ 3.10
1	Transformador	Q 50.00	\$ 6.25
6	Resistencias	Q. 4.50	\$ 0.55
3	Transistores	Q 15.00	\$ 1.85
1	Paletas	Q 10.00	\$ 1.25
1	Pegamento	Q 15.00	\$ 1.85
	Total	Q 119.50	\$ 14.85

Prototipo de anemometro – Fuente Propia



Prototipo de anemometro – Fuente Propia

12.0. Conclusiones

- La importancia de la instrumentación industrial radica en los conceptos básicos de medición así como en la adecuada selección, calibración e instalación de medidores de distintas variables en un sistema de control.
- Los medidores más importantes son aquellos que miden variables de temperatura, presión, nivel y caudal, ya que a través de estos se controlan los diversos sistemas industriales que sirven para la estandarización de los procesos de fabricación.
- Todo instrumento debe ser calibrado adecuadamente según las normas



correspondientes de manera que cumplan su trabajo con la mayor exactitud y precisión posibles evitando así fluctuaciones en las cantidades de materia prima y/o insumos medidas en un proceso industria.

13. Referencias

José Acebedo Sánchez (2006). *Instrumentación y control avanzado de procesos*. ISBN 84-7978-754-6

Antonio Creus (2011). *Instrumentación industrial (8va Edicion)*. ISBN 9 978-607-707-042-9

Ricard Goménez López (2005). *Frio industrial: mantenimiento y servicios a la producción*. ISBN 84-267-1358-0

Eugene A. Avallone, Theodore Baumeister III (1999). *Marks Manual del ingeniero mecánico tomo 2 (9na Edicion)*. ISBN obra completa 970-10-0661-5, ISBN tomo 2 970-10-0663-1

Peter Bastian (1996). *Electrotecnia (21na edicion)*. ISBN 84-460-1346-0 Kurt C. Rolle (2005). *Termodinamica (6ta edición)*. ISBN 970-26-0757-4



Medidores de Temperatura

Esteban De León Valencia¹, Julio Rolando Mazariegos Morataya¹, Josué David Godínez¹, Josué Roberto Rodas¹, Eduardo David Laines López¹, Sebastián Javier Ramírez Méndez¹, Zarahí Alejandra Monterroso Barrios¹, Oscar Morales¹, Jorge Iván Cifuentes Castillo².

200611594@ingenieria.usac.edu.gt
jicifuentes@ing.usac.edu.gt

- 1 Estudiante del curso de instrumentación mecánica de la Escuela de Mecánica,
Universidad de San Carlos de Guatemala, 01012
2 Catedrático del curso de instrumentación mecánica de la Escuela de Mecánica,
Universidad de San Carlos de Guatemala, 01012

Abstract

Temperature is a physical quantity that reflects the amount of heat in a body, object or environment. Engineering is applied daily in industries when measuring this important Variable, taking control over the various processes in industry. There are different types of temperature gauges, thermometers, effects that influence these and thermocouples. Project as a model of temperature gauge is presented whose main component is the ML35 sensor and set the device is programmed in a language that does not have major complications, Visual Basic; in which the programming signal received and transmitted as well as the names of the members is included. The sensor is factory calibrated to an accuracy of 1 ° C and is capable of taking readings between -55 and 150, which receives the signal from the variable, the transmitted and displayed on the LCD screen so that the operator can know the measured quantity . the final report of the materials used in the prototype with their respective total cost, results, conclusions and recommendations on the use of temperature gauges presented.

Keyword: Temperature, measuring, sensor, prototype, cost, gauges.

Resumen

La temperatura es una cantidad física que refleja la cantidad de calor en un cuerpo, objeto o ambiente. La ingeniería es aplicada diariamente en las industrias al realizar mediciones de esta variable tan importante, llevando control sobre los distintos procesos en la industria. Existen distintos tipos de medidores de temperatura, termómetros, efectos que influyen en éstos y termopares. Como proyecto se presenta un modelo de medidor de temperatura cuyo componente principal es el sensor ML35 y en conjunto el aparato está programado en un lenguaje que no tiene mayor complicación, Visual Basic; en el cual se incluye la programación de la señal recibida y transmitida así como también los nombres de los integrantes. El sensor está calibrado de fábrica con una precisión de 1°C y es capaz de tomar lecturas entre -55°C y 150°C, el cual recibe la señal de la variable, la transmite y se muestra en la pantalla LCD para que el operador pueda conocer la magnitud medida. Se presenta el informe final de los materiales utilizados en el prototipo con su respectivo costo total, resultados, conclusiones y recomendaciones generales sobre el uso de medidores de temperatura.

Palabras Clave: Temperatura, mediciones, sensor, prototipo, costo, medidores.



1. Introducción

En el campo donde la industria y la ingeniería se unen para obtener un producto final el monitoreo de la variable temperatura juega un papel muy importante ya que en los procesos industriales se debe de tener bien controlada la temperatura, derivado de esto estudiaremos el término termometría que significa medición de temperatura. Eventualmente, el termino pirometría es utilizado con el mismo significado. Es por ello que basándonos en la etimología de las palabras, podemos definir:

Pirometría: Medición de altas temperaturas, en el rango en el que se manifiestan los efectos de radiación térmica.

Criometría: Medición de bajas temperaturas, en general cercanas al cero absoluto.

Termometría: Término genérico que involucra los dos anteriores.

2. Objetivos

1. Dar a conocer los tipos de medidores de temperatura usados en la ingeniería de control e instrumentación industrial.
2. Mostrar el funcionamiento de una termocupla como sensor de ambiente.
3. Elaborar un presupuesto y cotización de los materiales a utilizar para la elaboración del prototipo.
4. Programar un controlador para la variable de temperatura.
5. Comprobar el funcionamiento en condiciones reales del prototipo.

3. Temperatura y calor

Todas las sustancias están compuestas de pequeñas partículas denominadas moléculas, que se encuentran en continuo movimiento.

Cuanto más rápido es el movimiento de las moléculas, mayor es la temperatura del cuerpo. Por lo tanto podemos definir a la temperatura como el grado de agitación térmica de las moléculas. En la práctica, la temperatura se representa según una escala numérica, cuanto mayor es su valor, mayor es la energía cinética media de los átomos del cuerpo.

Las escalas definidas desde el inicio fueron las denominadas Fahrenheit y Celsius. La escala Fahrenheit define al valor 32 como el punto de fusión del hielo y 212 como el punto de ebullición del agua. El intervalo entre estos dos valores es dividido en 180 partes iguales, siendo cada una de ellas un grado Fahrenheit. La escala Celsius, define el valor cero para el punto de fusión del hielo y cien al punto de ebullición del agua. El intervalo entre ambos puntos está dividido en cien partes iguales, cada una de ellas es un grado Celsius. La denominación grado centígrado no es recomendada. Ambas escalas son relativas, es decir que sus valores numéricos de referencia son totalmente arbitrarios.

4. Normas

Existen distintas normas y patrones respecto a la temperatura, según distintos países. ANSI(USA), DIN (Alemania), JIS

(Japón), UNI (Italiana), etc. En la actualidad existen esfuerzos para unificar estas normas, por ejemplo la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) viene desarrollando trabajos, no solo para obtener normas más completas y perfeccionadas, sino también para proveer los medios necesarios para la internacionalización del mercado de instrumentación.

5. Medidores de temperatura

5.1 Medición de temperatura por dilatación o expansión



5.1.1 Termómetro por dilatación de líquido

Los termómetros de dilatación de líquidos, se basan en la ley de expansión volumétrica de un líquido con la temperatura, en un recipiente cerrado. La ecuación que rige esta relación es:

$$V_t = V_0 [1 + b_1 \Delta t + b_2 \Delta t^2 + b_3 \Delta t^3 \dots]$$

Dónde:

t = temperatura del líquido en °C

V₀ = volumen del líquido a la temperatura de referencia t₀

V_t = volumen del líquido a temperatura t

b₁, b₂, b₃ = coeficientes de expansión del líquido en 1/(°C) Si bien esta relación es no lineal, los términos de segundo y tercer orden son despreciables y podemos considerar:

$$V_t = V_0 (1 + b_1 \Delta t)$$

Los tipos de termómetros pueden variar de acuerdo al tipo de recipiente.

5.1.2 Termómetros de dilatación de líquidos en recipientes de vidrio

Está conformado por un recipiente, cuyo tamaño depende de la sensibilidad deseada y un tubo capilar de sección lo más uniforme

posible, cerrado en la parte superior. El recipiente y parte del capilar se llenan con el líquido. La parte superior del capilar, posee un alargamiento que protege al termómetro en caso de que la temperatura sobrepase su límite máximo. Luego de la calibración, la pared del capilares

graduada en grados o fracciones de este. La medición de temperatura se realiza leyendo la escala en el tope de la columna de líquido. Los líquidos más usados son: mercurio, tolueno, alcohol y acetona. En termómetros industriales, el bulbo de vidrio es protegido por un recubrimiento metálico.

LIQUIDO	Pto de solidificacion	Pto de ebullicion	Rango de uso
Mercurio	-36	357	-38 a 550
Alcohol etílico	-115	78	-100 a 70
Tolueno	-92	110	-80 a 100

Fuente Propia

5.1.3 Termómetro de dilatación de líquido en recipiente metálico

En este caso, el líquido llena todo el recipiente y con un aumento de la temperatura se dilata, deformando un elemento extensible (sensor volumétrico). Las características de los elementos básicos de este tipo de termómetros son: Bulbo- sus dimensiones varían de acuerdo con el tipo de líquido y principalmente con la sensibilidad deseada.

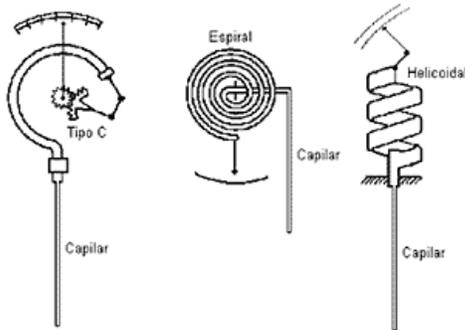
LIQUIDO	RANGO DE UTILIZACION °C
MERCURI	-35 a 550
XILENO	-40 a 400
TOLUEN	-80 a 100
ALCOHO	50 a 150

Fuente propia

Capilar- sus dimensiones son variables, aunque el diámetro interno debe ser lo menor posible, a fin de

evitar la influencia de la temperatura ambiente, aunque no debe ofrecer resistencia al pasaje del liquido en expansión. Elemento de medición: el elemento utilizado es el Tubo de Bourdon, pudiendo ser capilar, espiral y capilar o helicoidal y capilar

Los materiales más utilizados son bronce fosforoso, cobre-berilio, acero inoxidable y acero al carbono.



Fuente: J.R. Vignoni, instrumentación y comunicaciones industriales

Las aplicaciones de estos termómetros, se encuentran en la industria en general para indicación y registro siendo los más precisos de los sistemas mecánicos. Por otro lado, su tiempo de respuesta relativamente grande no los hace aptos para funciones de control.

5.14 Termómetro a presión de gas

Es físicamente idéntico al termómetro de dilatación de líquidos, consiste en un bulbo, un elemento de medida y un capilar que los une.

5.15 Termómetro a presión de vapor

Su construcción es similar a los anteriores, su funcionamiento se basa en la Ley de Dalton: “La presión de un vapor saturado, depende solamente de su Temperatura y no de su volumen”.

5.16 Termómetros de dilatación de sólidos (Termómetros bimetálicos)

Su principio de funcionamiento, se basa en el fenómeno de dilatación lineal de los metales con la temperatura.

6 Medición de temperatura con termocupla

6.1 Efecto termoelectrico

Cuando se conectan dos metales distintos, y sus uniones son mantenidas a distintas

temperaturas, cuatro fenómenos ocurren simultáneamente: el efecto Seebeck, el efecto Peltier, el efecto Thompson y el efecto Volta.

6.1.2 Efecto Seebeck

El fenómeno de la termoelectricidad fue descubierto por T.J. Seebeck, cuando notó que, en un circuito cerrado, formado por dos conductores diferentes A y B hay circulación de corriente cuando existe una diferencia de temperaturas T entre sus uniones. Denominando unión de medición T_m y unión o juntura de referencia T_r . La existencia de una f.e.m térmica AB en el circuito, es conocida como efecto Seebeck. Cuando la temperatura de la juntura de referencia se mantiene constante, se puede verificar que la f.e.m. térmica es función de la temperatura de la juntura de medición. Este hecho permite utilizar un par termoelectrico como un termómetro.

6.1.3 Efecto Peltier

En 1834, Peltier descubrió que, dado un par termoelectrico, con ambas junturas a la misma temperatura, si mediante una batería exterior se

generaba una corriente en el termopar, la temperatura de las junturas variaba en una cantidad que no dependía exclusivamente del efecto Joule. Esta variación adicional de temperatura es denominada efecto Peltier. Este efecto se produce tanto por la corriente proporcionada por una batería exterior como por el propio par termoelectrico.

6.1.4 Efecto Thompson

En 1854, Thompson concluyó, por medio de las leyes de la termodinámica que la conducción de calor, a lo largo de los dos conductores metálicos de un par termoelectrico, por los que no circula corriente, origina una distribución uniforme de temperatura en cada conductor. Cuando circula corriente, se modifica la distribución de temperatura, en una cantidad no enteramente



debida al efecto Joule. Esta variación adicional en la distribución de temperatura se denomina efecto Thompson. Este efecto, depende del metal del conductor y de la temperatura media de una pequeña región considerada. En ciertos metales, existe absorción de calor cuando la corriente fluye desde la punta fría hacia la caliente y viceversa. En otros metales sucede lo contrario. Se puede concluir que, cuando existe circulación de corriente a lo largo de un conductor, la temperatura de este será modificada, tanto por el calor disipado por efecto Joule como por el efecto Thompson.

6.1.5 Efecto Volta

La experiencia de Peltier, puede ser explicada por medio del efecto Volta, cuyo enunciado dice: “Cuando dos metales en contacto, se encuentran en equilibrio térmico y eléctrico puede existir entre ellos una diferencia de potencial del orden de volts” esta diferencia de potencial es dependiente de la temperatura y no puede ser medida en forma directa.

7. Termopares Básicos

Los metales y aleaciones utilizadas son de bajo costo y son los más utilizados industrialmente, dado que las aplicaciones lo admiten tienen un margen de error alto.

7.1 Tipo T

La nomenclatura T está adoptada por la norma ANSI. Los conductores son de cobre y constatan. El cobre tiene una pureza del 99,9% y el constatan es una aleación de cobre en un 58% y níquel en un 42% aproximadamente. El rango de utilización va desde $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $370\text{ }^{\circ}\text{C}$, produciendo una f.e.m. de $-5,603$ hasta $+19,027\text{ mV}$. Las aplicaciones mas

comunes son en criometría, industrias de refrigeración, investigaciones agronómicas y ambientales, química y petroquímica.

7.2 Tipo J

Nomenclatura adoptada por la norma ANSI. La combinación utilizada es hierro al 99,5 % y constatan. La proporción es 58% de Fe y 42 de constatan. El rango de utilización va desde los $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a los $760\text{ }^{\circ}\text{C}$. La f.e.m. va desde $-1,960$ hasta $+42,922\text{ mV}$. Se utiliza en centrales de energía, metalúrgica, química, petroquímica etc.

7.3 Tipo E

Nomenclatura adoptada por la norma ANSI. Es una combinación de chromel y constatan. Chromel = Níquel (90%) y Cromo (10%) Constatan = Cobre (58%) y Níquel (42%) El rango de utilización va desde los $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a los $+870\text{ }^{\circ}\text{C}$. La f.e.m. producida es de $-8,824$ a $+66,473\text{ mV}$. Las aplicaciones más comunes son químicas y petroquímicas.

7.4 Tipo K

Nomenclatura adoptada por la norma ANSI. Es una combinación de chromel y alumel. Chromel = Níquel (90%) y Cromo (10%) Alumel = Níquel (95,4%), Manganeso (1,8%), Silicio (1,6%) y Aluminio (1,2%). El rango de utilización va desde los $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a los $+1260\text{ }^{\circ}\text{C}$, La f.e.m. producida es de $-5,891$ a $+50,99\text{ mV}$. Aplicaciones: metalúrgicas, fundición, cemento y cal, vidrios, cerámicas, etc.

8. Termopares nobles

Son aquellos que utilizan platino en su composición. Por supuesto, su costo es elevado y exigen instrumentos de alta sensibilidad. Debido a su baja potencia termoeléctrica presentan altas precisiones.

8.1 Tipo S



Nomenclatura adoptada por la norma ANSI. Es una combinación de platino con rhodio y platino. Platino (90%) y Rhodio (10%) Platino (100%). El rango de utilización va desde los 0 °C a los +1600 °C. La f.e.m. producida es de 0 a 16,771 mV. Aplicaciones: metalúrgicas, fundición, cemento y cal, vidrios, cerámicas, etc. Entre 1200 y 1600 °C, en algunos casos se utilizan sensores descartables.

8.2 Tipo R

Nomenclatura adoptada por la norma ANSI. Es una combinación de platino con rhodio y platino. Platino (87%) y Rhodio (13%) Platino (100%). El rango de utilización va desde los 0 °C a los +1600 °C. La f.e.m. producida es de 0 a 18,842 mV. Aplicaciones: metalúrgicas, fundición, cemento y cal, vidrios, cerámicas, etc.

8.3 Tipo B

Nomenclatura adoptada por la norma ANSI. Es una combinación de platino con rhodio y platino con rhodio. Platino (70%) y Rhodio (30%) Platino (94%) y Rhodio (6%). El rango de utilización va desde los 600 °C a los +1700 °C. La f.e.m. producida es de 1,791 a 12,426 mV. Aplicaciones: Altas temperaturas en general.

9. Termopares especiales

Tungsteno – Rhenio: termopar que puede ser utilizado en forma continúa hasta 2300 °C y por periodos cortos hasta 2750 °C.

Iridio – Rhodio/Iridio: Utilizados por periodos limitados hasta 2000°C

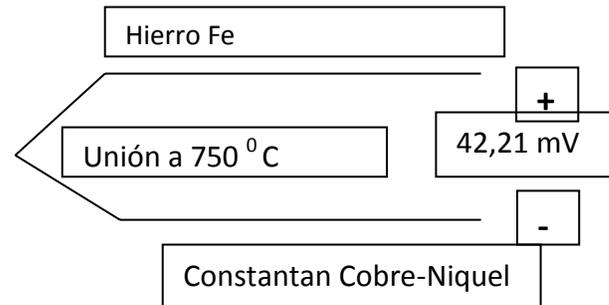
Oro –Hierro/Chromel: Utilizados en temperaturas criogénicas

10. Dispositivos de medición de temperatura

Eléctricos: termocupla, termorresistencias, termistores diodos, sensores de silicio y con efecto resistivo Sistema: termocupla con un rango de temperatura de -200 °C a 2800 °C.

11. Sensor de ambiente utilizando termocupla

11.1 Funcionamiento de Termocupla



Fuente Propia

Termocupla: Tipo J

Denominación y tipo de material: hierro-constantan.

Composición y simbología: Fe-CuNi

Rango de temperaturas: -200 a 700 y -200 a 600 °C.

Diámetro del alambre apropiado: 1 a 3 mm.

F.e.m. en mV: -7.39 a 39.130 y -7.39 a 33.096 (valores de fem en mVen función de °C con referencia de junta fría a 0°C).

1. 11.2

Usos

Tipo J

Para uso continuo en atmósferas oxidantes, reductoras e inertes y en vacío hasta 760° C.

Por encima de 540° C, el alambre de hierro se oxida rápidamente



Requiriéndose entonces alambre de mayor diámetro para extender su vida en servicio. La ventaja fundamental de la termocupla Tipo J es su bajo costo. No se deben usar en atmósferas sulfurosas por encima de 540° C. A causa de la oxidación y fragilidad potencial, no se las recomienda para temperaturas inferiores a 0°C . No deben someterse a ciclos por encima de 760° C , aún durante cortos períodos de tiempo, si en algún momento posterior llegaran a necesitarse lecturas exactas por debajo de esa temperatura.

12. Sensor de temperatura LM35

El sensor LM35, es un sensor de temperatura integrado de precisión cuyos rangos de operación oscilan desde los - 55°C hasta los 150°C, teniendo en cuenta que este tipo de sensores ofrecen una precisión de $\pm 1.4^{\circ}\text{C}$ a temperatura ambiente. Además de ello, son del tipo lineal; es decir, que no es necesario forzar al usuario a realizar conversiones debido a que otros sensores están basados en grados Kelvin. Un LM35 puede funcionar a partir de los 5 V (en corriente continua), sea por alimentación simple o por doble alimentación(+/-). Sus características más importantes se describen a continuación:

- Configurado para ser leído en grados Celsius
- Factor de escala lineal de $+10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$.
- Rango de trabajo entre -55°C hasta 150°C
- Apropiado para aplicaciones remotas
- Bajo costo
- Funciona con tensiones entre 4 V hasta

30 V.

- Menos de 60 uA de consumo.
- Baja impedancia de salida, 0.1 W, para cargas de 1 mA.

13. Programación del Sensor LM35 utilizando Visual Basic

```
Device = 16F877A XTAL = 4
Declare LCD = TYPE 0
Declare LCD_DTPIN PORTD.4
Declare LCD_RSPIN PORTD.2
Declare LCD_ENPIN PORTD.3
TRISD=0
TRISDA.0=1
ADCON 1=%100000
Dim adc As Float
Dim resultado As Float
Print At 1,1, "INGENIERIA "
Print At 2,1, "MECANICA 2016 "
DelayMS 2000
Print At 1,1, "INSTRUMENTACION "
Print At 2,1, "MECANICA "
DelayMS 2000
Print At 1,1, "ING JORGE " Print At
2,1, "CIFUENTES " DelayMS 2000
Print At 1,1, "MEDIDOR DE " Print At
2,1, "TEMPERATURA " DelayMS 2000
Print At 1,1, "PROTOTIPO " Print At
2,1, "HECHO POR " DelayMS 2000
Print At 1,1, "ESTEBAN "
Print At 2,1, "DE LEON "
DelayMS 2000
Print At 1,1, "OSCAR " Print At 2,1, "
MORALES " DelayMS 2000
Print At 1,1, "JULIO "
Print At 2,1, "MAZARIEGOS "
DelayMS 2000
Print At 1,1, "JOSUE "
Print At 2,1, "GODINEZ "
DelayMS 2000
Print At 1,1, "ROBERTO " Print At 2,1,
"RODAS " DelayMS 2000
Print At 1,1, "EDUARDO " Print At 2,1,
"LAINES " DelayMS 2000
Print At 1,1, "ZARAHÍ "
```



```

Print At 2,1, " MONTERROSO "
DelayMS 2000
Print At 1,1, " JAVIER " Print At 2,1, "
RAMIREZ " DelayMS 2000
Inicio:
Print At 1,1, " TEMPERATURA " Print
At 2,1, " ACTUAL "
Adc = ADIn 0
Print At 1,1, " 500/65472"
Print At 2,8, DEC1, resultado, 0
Print At 1,12, " C "
Go to inicio
End
    
```

14. Materiales utilizados para la fabricación del prototipo de sensor de temperatura ambiente

- ✓ Pantalla LCD 16 x 2
- ✓ Alimentación +5V
- ✓ Programación PWM (onda digital de frecuencia variable)
- ✓ Resistencia Variable De 5K (potenciometro)
- ✓ PIC 16F 877^a
- ✓ Cristal Oscilador de 4 Mhz
- ✓ Micro Switch Push
- ✓ 4 terminales de 50mA
- ✓ Resistencia de 1 Kiloohms
- ✓ Resistencia de 10 kiloomhs
- ✓ Socket de 2 entradas
- ✓ Sensor de temperatura LM35

15. Costos

Se consideran 4 horas hombre a Q 25.00 la hora en la cual se realiza la programación del sensado por medio del programa Visual Basic.

Horas hombre para armado final Q50.00

Material		Costo
1	Pantalla LCD	Q 125.00
2	Potenciometro	Q 5.00
3	PIC (microprocesador)	Q 100.00
4	Cristal oscilador	Q 15.00
5	Switch	Q 3.00
6	Resistencia de 1 KΩ	Q 8.50
7	Resistencia de 10 KΩ	Q 8.50
8	Socket 2 entradas	Q 5.00
9	Sensor de temperatura	Q 45.00
10	Placa de Cobre	Q 45.00
11	Cautín, luz y otros materiales	Q 40.00
12	Pago de Programación de la PIC	Q 100.00
13	Caja de Madera para maqueta	Q 200.00
14	Cable de alimentación	Q 50.00
15	Otros gastos (transportes)	Q 100.00
SUB TOTAL		Q 850.00

Sub total de materiales	Q 850.00
Total horas hombre	Q 150.00
TOTAL	Q1000.00



16. Resultados

R.1. Se realizó la búsqueda de información para poder identificar los diferentes modelos de medidores de temperaturas; de los cuales se extrajo la información para la elaboración de nuestro prototipo.

R.2. De acuerdo a la elección del prototipo se realizó la cotización y compra de los distintos materiales.

R.3. Se utilizó el programa Visual Basic para la configuración de las temperaturas en las diferentes escalas.

R.4 Se realizó la prueba del prototipo en diferentes ambientes donde se pudo constatar que si es funcional ya que mostraba cambios en los valores de la temperatura según aumentaba o disminuía el calor.



2. VIDEO:

<https://www.youtube.com/watch?v=JSLEMLEEdy0&feature=youtu.be>

17. Conclusiones

La temperatura es una de las variables más importantes a tener en consideración en los diferentes procesos industriales ya que de ella dependerá en muchas ocasiones el éxito o el fracaso que se logre en el trabajo. Ya sea en la industria alimenticia para la conservación de



los alimentos, en metalurgia para controlar la temperatura de los procesos de fundición de metales, en la industria de los textiles donde hay que mantener cierta temperatura para no dañar las prendas, etc.

Debemos de tener en consideración las normas que rigen el proceso de fabricación de los termómetros como lo son la ANSI (USA), DIN (Alemania), JIS (Japón), UNI (Italiana) ya que cada una de ellas se rige según su sistema de medición y al no tener en cuenta estos datos se podría tener una medición errónea de la variable en cuestión. El sensor de temperatura LM35 es un dispositivo confinable al momento de estar en funcionamiento, cuenta con un gran número de aplicaciones debido a que es capaz de tomar lecturas entre -55°C y 150°C lo que hace sea utilizado en gran proporción en la industria del aire acondicionado, en conservación de alimentos, en monitoreo de temperatura de máquinas, entre otros procesos.

18. Recomendaciones

Al momento de instalar un medidor de temperatura en cualquier equipo se conozcan las características y/o especificaciones como rango, precisión, exactitud, temperatura de servicio y la vida útil, entre otras para poder garantizar un correcto servicio.

Al utilizar el sensor LM35 se recomienda que cuente con la protección necesaria según el lugar donde sea colocado ya que sus terminales (patillas) podrían sufrir algún daño como corrosión o desgaste lo que perjudicaría en su correcto funcionamiento.

Referencias

- Avallone, E. & Baumeister, T. (1988). Manual del Ingeniero Mecánico, Marks. McGraw-Hill, ISBN 968 451-643-6 volumen III. Bolton, W. (2001).
- Ingeniería de Control, 2ª edición. Alfaomega. ISBN 970 15-0636-7 Bolton, W. (2013). Mecatrónica Sistemas De Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Quinta edición en español: Alfaomega Grupo Editor, S.A. ISBN 978-607-707-603-2.
- Creus, A. (2011). Instrumentación industrial. Barcelona: Marcombo S.A. ISBN 978-84-267-1866-2. vy, E. (1998). Dictionnaire of Physique. Madrid, España. ISBN 978-84-267-1255-9.
- Muñoz, M. & Rojas J. (2004). Metrología e instrumentación: Manual de laboratorio. San José: Editorial de la Universidad de Costa Rica. ISBN 9977-67-870-7.
- Ogata, K. (2010). Ingeniería de control Moderna, Pearson Educación
- S.A. Madrid, ISBN 978-84-8322-660-5.
- Soisson, H. (1993).
- Instrumentación Industrial. Madrid: Limusa Noriega Editores. ISBN 968-18.1738-9.
- Find, D. (1981). Manual práctico de Electricidad para ingenieros. España ISBN 84-291-3026-8.



INSTRUMENTACION EN PROCESOS A ESCALA NANOMETRICA NANOSENSOR MAF

Erwin Gallardo¹, Gerson Gil Arana¹, Jorge Iván Cifuentes Castillo²

200611594@ingenieria.usac.edu.gt
jicifuentes@ing.usac.edu.gt

1 Estudiante del curso de instrumentación mecánica de la Escuela de Mecánica,
Universidad de San Carlos de Guatemala, 01012

2 Catedrático del curso de instrumentación mecánica de la Escuela de Mecánica,
Universidad de San Carlos de Guatemala, 01012

Abstract

Nanotechnology is the study and development of systems in nanoscale. A mass airflow sensor actually measures the density and amount of air flowing into the engine, which results in precise motor control. A sensor measures air vane air volume and temperature sensor intake air is used by the PCM (computer) to calculate airflow entering the engine. A hot wire sensor using electronic MAF sensor in the same to heat a wire 70 ° C above the temperature of the air entering the engine.

Keywords: Engineering, Nanotechnology, Nanosensor, Airflow

Resumen

Nanotecnología, es el estudio y desarrollo de sistemas en escala nanométrica, Un sensor masivo de flujo de aire realmente mide la densidad y cantidad de aire desembocando en el motor, lo cual da como resultado control preciso del motor. Un sensor de la veleta de aire mide el volumen del aire, y el sensor de temperatura de aire de la toma es usado por el PCM (Computadora) para calcular a flujo del aire entrando en el motor. Un sensor caliente del alambre MAF usa la electrónica en el sensor mismo para calentar un alambre 70 ° C por encima de la temperatura del aire entrando en el motor.

Palabras Clave: Ingeniería, Nanotecnología, Nanosensor, Flujo de Aire.



1.Introducción

Nanotecnología, es el estudio y desarrollo de sistemas en escala manométrica, y corresponde a un factor 10^{-9} , que aplicado a las unidades de longitud, corresponde a una mil millonésima parte de un metro (10^{-9} Metros) es decir 1

Nanómetro. La nanotecnología a tomado gran importancia en la actualidad en diversos campos de la ciencia y se utiliza actualmente a nivel mundial. Una de las aplicaciones en ingeniería son los nano sensores utilizados para medir la cantidad de flujo de aire a través de un conducto, dicha aplicación es viable también en el campo de la medicina ya que puede medirse el flujo de sangre en las arterias o el flujo de aire que circula en los pulmones. El objetivo del presente artículo es describir las características y el funcionamiento de un sensor de flujo de aire diseñado a escala natural pero que podría construirse a escala manométrica.

2. Nano sensores MAF en Vehículos.

El sensor *Masivo de Flujo de Aire* MAF mide el flujo de aire que entra al manifold de entrada (para combustión). La información proporcionada por este sensor le ayuda al ECM (computadora) a tomar decisiones como calcular cuánto combustible se necesita para mantener la mezcla de aire/combustible correcta (recordar que la proporción es de 14.7:1)

Usado en forma conjunto con el O₂

Sensor, proporciona un control de lazo cerrado muy confiable y preciso en la maximización de ahorro de combustible.



Fuente: Propia
 MASS AIR FLOW METER (MAF)
 SENSOR A36-000 B00
 1987-1988 NISSAN PULSAR
 1987-1988 NISSAN SENTRA

2.1 Tipos de sensores

MAF.

2.1.1 Sensor de película caliente.

El sensor película caliente usa un reostato (thermistor) que detecta temperatura para medir la temperatura del aire entrante. De forma electrónica dentro del sensor, una película conductiva es conservada en una temperatura 70°C por encima de la temperatura del aire entrante, la cantidad y densidad del aire contribuye al enfriamiento y envía una señal al sensor este tipo de sensor puede producir una salida basada en la masa de flujo de aire. Por ejemplo, el aire frío es más denso que aire caliente así es que un poco de aire frío puede tener la misma



masa como una mayor cantidad de aire caliente.

2.1.2 Sensor de hilo caliente.

Este tipo de sensor utiliza un alambre caliente para detectar la temperatura del aire que pasa a través del sensor. El sistema de circuitos electrónico dentro del sensor mantiene la temperatura del alambre en 70°C por encima de la temperatura del aire entrante.

Ambos diseños funcionan esencialmente de la misma forma. Un alambre del reóstato o una pantalla instalada en el camino de flujo de aire de la toma es calentado para una temperatura constante por una corriente eléctrica provista por una computadora, al aire fluye por la pantalla o el alambre lo enfría, el grado de enfriamiento varía con velocidad de aire, temperatura, densidad, y humedad. Estos factores se combinan para indicar las características del aire que entra al motor.

2.2 Principio de operación.

El sensor MAF está diseñado por una de las dos siguientes formas:

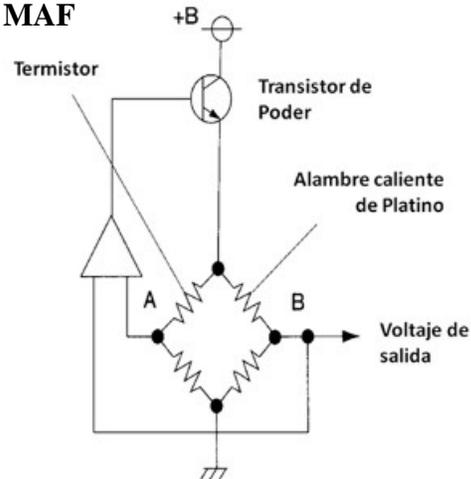
1. De alambre de platino (llamado alambre caliente)
2. Hojuela de Níquel (película caliente)

El elemento sensor es calentado por medio de corriente eléctrica. Al mantener constante a la corriente, el elemento sensor alcanza una temperatura de 210°F para el alambre y 170°F para la película.

La computadora ECM trata siempre de mantener esta temperatura pero

conforme entra el aire al manifold, el elemento sensor es enfriado por lo que la corriente para mantenerla a la temperatura mencionada aumenta. Entonces, si medimos la energía necesaria para mantener una temperatura estable, sabremos indirectamente la cantidad de masa de aire que ha pasado al manifold de entrada. Finalmente es bueno saber que el MAF sensor proporciona un voltaje variable de 0-5V. Cuando el aire enfría el elemento sensor, éste cambia su resistencia lo que permite el paso de más corriente por el circuito, si aumenta la corriente la temperatura tiende a volver a su estado de equilibrio, esta corriente es proporcional al aire que entro. Usando un puente *Wheatstone* se retoma en equilibrio y el circuito extra convierte esta diferencia en voltaje alimentado al indicador.

2.3 Diagrama de un sensor MAF



Fuente: Hot Wire

2.4 Ubicación.

El sensor MAF está situado después del filtro de aire, antes o en el cuerpo de



mariposa de aceleración antes del manifold de entrada.

3 Fallas en un sensor MAF.

El sensor de flujo de aire puede fallar por diversas causas entre ellas

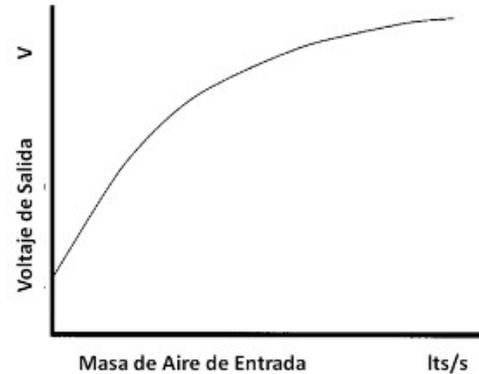
- Ahogamiento del motor por el exceso de combustible, cuando el sensor mide erróneamente la cantidad de aire que entra.
- Alto consumo de Combustible
- Altos niveles de CO (Monóxido de Carbono)
- Falta de potencia
- Humo negro en el escape
- Problemas en el O2 Sensor
- Estallamientos cuando el motor esta frio
- Respuesta pobre al acelerar

3.1 Diagnostico de funcionamiento

Para determinar el funcionamiento del sensor es necesario un chequeo visual y eléctrico de los componentes. El MAF sensor debe estar libre de suciedad para operar como debe hacerlo. Si el pasaje de aire está tapado, el motor arrancara pero trabajara con bajo desempeño y con estallamientos.

Con un multímetro digital también puede comprobarse el funcionamiento del sensor MAF. Al ver la gráfica que sale a la vista la salida de voltaje comparada con los gramos por en segundo lugar de aire fluyen a través del sensor. El flujo normal de aire es 3 para 7 gramos por segundo

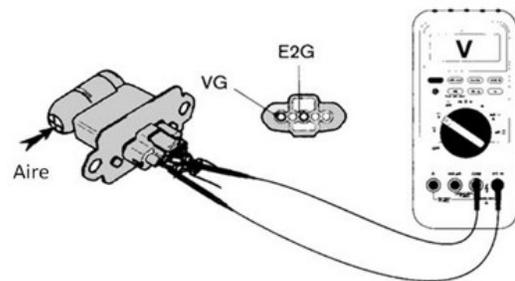
3.2 Diagrama Voltaje/Masa de aire



Fuente: e-auto

3.3 Circuito de tierra para un MAF

El circuito de tierra del sensor MAF debe revisarse con un óhmetro. Identifica las terminales, debe haber una o dos tierras (0V), una terminal con 12V o 5V y una con voltaje variable. Para probarlo basta con soplar en sus terminales notarás como el voltaje variara mostrando que si está funcionando.



Fuente: e-auto



4. Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión El funcionamiento del sensor MAP (Manifold Absolute Presión) está basado en una resistencia variable accionada por el vacío creado por la admisión del cilindro. Esta variación de resistencia genera un cambio en la corriente muy bajo por lo que se utiliza un puente de winstong para amplificar la señal y luego de ello pasa por un opam que envía una señal en voltaje como referencia a la variación de presión. Figura 22. Sensor de presión de aire MAP Fuente: Libro, Sistemas auxiliares del motor Este sensor mide la presión del múltiple de admisión como un porcentaje, de la presión atmosférica normal, y envía la información para que la ECU ajuste el tiempo de encendido. Existen dos tipos de sensores de presión:

} Por variación de voltaje } Por variación de frecuencia. Sensor de presión por variación de voltaje; el vacío provocado por los cilindros del motor, hace actuar una resistencia variable en el sensor, el cual envía información sobre la presión.

Sensor de presión por variación de frecuencia tiene dos misiones, medir la presión absoluta del colector de admisión, y verificar la presión barométrica sin haber arrancado el motor y cuando está completamente abierta la válvula de la mariposa, por lo que se va corrigiendo la señal del inyector mientras hay variación de altitud

Altitud		Rango de
Metros	Pies	-----
305--610	1000--2000	3.6--5.3V
610--914	2000-3000	3.5--5.1V
914--1219	3000--4000	3.3--5.0V
1219--1524	4000--5000	3.2--4.8V
1524--1829	5000--6000	3.0--4.6V
1829--2133	6000--7000	2.9--4.5V
2133--2438	7000--8000	2.8--4.3V
2438--2743	8000--9000	2.6--4.2V
2743--3048	9-10000	2.5--4.0V
Baja altura = = Alta Presión Alta Tensión		

5.Diseño experimental

Para la elaboración del diseño experimental de un sensor MAF se eligió el tipo de hilo caliente para indicar la temperatura con la que el flujo de aire ingresa al motor.

5.2 Costo del Prototipo

No.	Material	Costo
1	Sensor MAF	Q.75.00
2	Sensor MAP	Q.75.00
3	Multímetro	Q.50.00
4	2 Transformadores de corriente	Q.20.00
5	Case de fuente de computadora con switch y ventilador	Q.15.00
6	Materiales varios (alambre, silicon, tornillos, etc.)	Q.15.00
7	Mano de obra y transporte	Q.150.00
	TOTAL	Q.400.00 \$.52.00

5.3 Procesos de elaboración

1.



2.



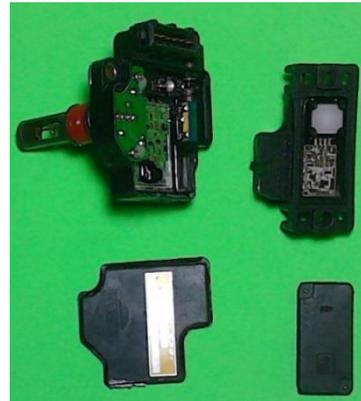
3.



4.



5.



6.



7.





8.



6. Referencias

Takeuchi, N., & Mora Ramos, M. E. (2011). Divulgación y formación en nanotecnología en México. Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencia y Nanotecnología, 4(2).

NANTECHONOGY NEW PROMISES, NEW DANGERS Toby shelley, 2006 ISBN: 84-96356-86-8 Depósito legal: B-41.545.2006

TESIS: MECANICA AUTOMOTRIZ DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE ENTRENAMIENTO PARA SENSORES AUTOMOTRICES

repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/219

LECHUGA, Laura M.
Nanobiología: Avances
Diagnósticos y Terapéuticos. Grupo de
Biosensores. Instituto de
Microelectrónica de Madrid (IMM-
CNM). CSIC

INTRODUCCION A LA NANOTECNOLOGIA

Editorial Reverté, S.A. 2007

ISBN: 978-84-291-7971-12

Deposito legal: B-19557-2007



INSTRUMENTACIÓN EN INSTALACIONES PORTUARIAS Y AEROPORTUARIAS

Ronald Miuller Yucute Yucute ¹, Lester David Leonardo Reyes ¹, Elí Josué Espinoza Rodas ¹, Giancarlo Perez Lopez ¹, Samuel Estuardo Eguizábal León ¹, Mariano Ruiz Arévalo ¹ Héctor Josué Morales García¹; Jorge Iván Cifuentes Castillo²

hector-morales18@hotmail.com

jicifuentes@ing.usac.edu.gt

1 Estudiante del curso de instrumentación mecánica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, 01012

2 Catedrático del curso de instrumentación mecánica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, 01012

Abstract

The objective of this article is to identify the instrumentation at ports and airports, so that the reader knows the instruments operation and the importance to have Instrumentation y Control (I&C) to guide aircraft and ships and land circulating in these areas.

These tools are essential and are part of a control of atmospheric variables that could influence the functionality of these facilities.

Keywords: Instrumentation, ports, airports, aircraft

Resumen

El objetivo de este artículo es identificar la instrumentación en puertos y aeropuertos, de manera que el lector conozca los instrumentos su funcionamiento y la importancia que tiene la Instrumentación y Control (I&C) para guiar las aeronaves y navíos que circula y aterrizan en estas zonas.

Estos instrumentos son esenciales y son parte de una estación de control de variables atmosféricas que podrían influir en la funcionalidad de estas instalaciones.

Palabras clave: Instrumentación, puertos, aeropuertos, aviones



1. Introducción

Importancia de la instrumentación en terminales portuarias y aeroportuaria

La instrumentación mecánica es muy esencial en la industria portuaria y aeroportuaria ya que en la primera su función fundamental es estimar las condiciones ambientales que existen en los aeropuertos para tomar las consideraciones necesarias con el tráfico aéreo y en la industria marítima es importante conocer las variables atmosféricas, solares y del mar para la seguridad y protección de los navíos al momento de atracar a puerto y evitar situaciones inseguras y daños a los navíos.

2. Instrumentación para viento

2.1. Anemómetro

El anemómetro o anemógrafo es un aparato meteorológico que se usa para la predicción del clima y, específicamente, para medir la velocidad del viento. Asimismo es uno de los instrumentos de vuelo básico en el vuelo de aeronaves más pesadas que el aire.

En meteorología, se usan principalmente los anemómetros de cazoletas o de molinete, especie de diminuto molino de tres aspas con cazoletas sobre las cuales actúa la fuerza del viento; el número de vueltas puede ser leído directamente en un contador o registrado sobre una banda de papel (anemograma), en cuyo caso el

aparato se denomina anemógrafo. Aunque también los hay de tipo electrónicos.



Imagen No. : Veleta antigua. Fuente: Tiple, Paul A. (2000). Física para la ciencia y la tecnología

A continuación se muestra un anemómetro compuesto el cual nos sirve para medir la velocidad del aire, humedad relativa, temperatura y presión atmosférica del ambiente; no todos los anemómetros lo hacen, por lo que este es un anemómetro compuesto o combinado ya que implica las funciones de otros instrumentos también

2.2. Veleta

Una veleta es un dispositivo giratorio que consta de una placa que gira libremente, un señalador que indica la dirección del viento y una cruz horizontal que indica los puntos cardinales.

Antiguamente eran en forma de estatuas destinadas a conocer la dirección de los vientos.

El lado de una veleta es tal que el peso está distribuido equitativamente a cada lado del eje pivotante así el puntero pueda



moverse libremente en su eje, pero el área de superficie está dividida desigualmente. El lado con el área superficial de mayor envergadura es soplada LEJOS de la dirección del viento, así el lado menor, con el puntero, es pivotado para ponerse de cara HACIA la dirección del viento. Por ejemplo, en un "viento noreste" (un viento que sopla DESDE el punto cardinal noreste) el puntero apuntará hacia el punto cardinal noreste. La mayoría de las veletas tienen marcadores direccionales por debajo de la flecha, alineados con los puntos cardinales principales.

Para obtener una lectura precisa, la veleta debe estar localizada bien por arriba del suelo, alejada de edificios, árboles, y otros objetos que interfieran con la verdadera dirección del viento. La dirección del viento cambiante puede ser significativa cuando se coordina con otras condiciones aparentes del firmamento, habilitando al usuario para hacer predicciones sencillas de corto alcance.



Imagen No. : Veleta antigua. Fuente: Tipler, Paul A. (2000). Física para la ciencia y la tecnología

3. Instrumentación para lluvia

Pluviómetro

Un pluviómetro es un instrumento que mide la cantidad de agua precipitada de un determinado lugar. La unidad de medida es en milímetros (mm). Una precipitación de 5mm indica que si toda el agua de la lluvia se acumulará en un terreno plano sin escurrirse ni evaporarse, la altura de la capa de agua sería de 5mm. Los milímetros (mm) son equivalentes a los litros por metros cuadrados.

El pluviómetro recoge el agua atmosférica en sus diversos estados. El total se denomina Precipitación.

3.1 Funcionamiento

El agua recogida en el depósito se introduce en una probeta graduada, y se determina entonces la cantidad de lluvia caída, es decir, la altura en mm de la capa de agua que se habría podido formar sobre la superficie horizontal e impermeable, de no evaporarse nada.

3.3 Tipos de pluviómetros

3.3.1 Pluviómetro estándar:

El pluviómetro más común, que actualmente usan los aeropuertos y los meteorólogos oficiales, se inventó hace más de 100 años. Es un cilindro de 50cm de alto con un embudo de 20cm de diámetro. La altura del agua que se junta en el tubo de medición es precisamente diez veces lo que sería si se hubiera juntado en el cilindro solo. Esta exageración de la altura del agua en el



tubo permite a los meteorólogos realizado mediciones más precisas de las precipitaciones. En el tubo de mediciones se coloca una vara de medición especial con una escala que tiene en cuenta la ex generación.

El pluviómetro oficial puede medir hasta 5cm (1,97pulgadas) de lluvia.

Si las precipitaciones superan los cinco centímetros, el agua se derrama y cae en el cilindro que rodea al tubo de medición. Para calcular la cantidad total de precipitaciones, el observador vacía los 5 cm del tubo de medición lleno, luego toma el agua del cilindro y con mucho cuidado la vierte en el nuevo tubo vacío. Esa medición sumada a los 5cm de la cantidad de precipitación final. (IPEM 56 Abraham Juárez)



Imagen No. 1 Pluviómetro estándar. Fuente: IPEM 56 Abraham Juárez

3.3.2 Pluviómetro con tubo de descarga:

En el año 1622, el arquitecto británico Sir Christopher Wren diseñó el primer pluviómetro con tubo de descarga. El pluviómetro con tubo de descarga aún se usa mucho, pero utiliza dispositivos de medición electrónicos en vez de cinta de papel para registrar el volumen y el tiempo de las precipitaciones. El pluviómetro con tubo de descarga registra el tiempo cuando uno de los dos cubos esencialmente diseñados se inclina, lo que sucede cuando un volumen de agua en particular cae en él (generalmente 0,1cm o 0,1pulgadas). Cuando uno de los cubos se inclina, el otro se mueve a su lugar para atrapar la siguiente unidad de precipitación. Cada vez que un bulbo se inclina, se envía una señal electrónica al registrador conectado con un reloj. En la mayoría de los pluviómetros, el agua sale por la parte inferior; no necesita vaciarse manualmente. Este dispositivo permite determinar cuanta lluvia cayó durante ciertos periodos sin que nadie esté en realidad presente en la estación meteorológica. Además de saber el volumen de lluvia que ha caído en el

periodo, también es útil conocer la intensidad.

Este pluviómetro es especialmente bueno para medir de llovizna a precipitaciones medias, la lluvia que se junta en un cubo es posible que no sea suficiente para inclinarlo y puede evaporarse antes de que se junte más. Durante una llovizna fuerte, como las tormentas eléctricas, el agua puede seguir vertiéndose en el cubo mientras se vacía, antes de que el siguiente cubo se mueva de su lugar. El pluviómetro con cubo de descarga calcula las precipitaciones menos de los que corresponde, el granizo, la nieve, los nidos de pájaros, los insectos, las telarañas y las hojas pueden bloquear el embudo y hacer que se derrame agua. Por eso, los pluviómetros independientes uno junto al otro, para cualquier error pueda detectarse rápidamente y corregirse.



Imagen No. 2 Pluviómetro con tubo de descarga.

Fuente: IPEM 56 Abraham Juárez

3.3.3 El pluviómetro de báscula:

Otra variedad es el pluviómetro de báscula. Consiste en un recipiente ubicado sobre una balanza que se ajusta al recipiente y calcula el peso del agua de lluvia que se junta.



Imagen No. 3 Pluviómetro automático con logger incorporado. Embudo de aluminio anodizado.

Fuente: Herter Instruments

3.4 Construcción del pluviómetro

3.4.1 Materiales:

- Una regla de plástico transparente
- Un frasco cilíndrico transparente (por ejemplo, un frasco de aceitunas)
- Una liga
- En embudo
- Cinta adhesiva transparente

3.4.2 Procedimiento:

Quitar la etiqueta del frasco.



Pegar la regla en la parte de afuera del frasco con una liga; asegurarse de que el extremo inferior de la regla este alineada con el fondo del frasco. O asegurarla verticalmente con el extremo en la base del frasco o de la botella. Pegar la regla con cinta de modo que los números se puedan leer por fuera del frasco o de la botella.

Nota: en vez de la regla, puedes usar el marcador permanente para marcar las pulgadas centímetro en una cinta transparente colocada verticalmente en la parte de afuera del frasco o de la botella empezando en la base. Cubre las marcas con un segundo pedazo de la cinta transparente a prueba de agua.

Colocar y pegar el embudo en la parte de arriba del frasco. El extremo superior del embudo debe cubrir completamente la abertura del frasco.

Se puedes practicar llenando el frasco con agua y midiendo la cantidad total.

4. Instrumentación para temperatura

Un higrómetro es un instrumento que se usa para medir el grado de humedad del aire, del suelo, de las plantas o humedad, dando una indicación cualitativa de la humedad ambiental.

4.1.1 El higrómetro de absorción:

Utiliza sustancias químicas higroscópicas, las cuales absorben y exhalan la humedad, según las circunstancias que los rodean.

4.1.2 El higrómetro eléctrico:

Está formado por dos electrodos arrollados en espiral entre los cuales se halla un tejido impregnado de cloruro de litio acuoso. Si se aplica a estos electrodos una tensión alterna, el tejido se calienta y se evapora una parte del contenido de agua. A una temperatura definida, se establece un equilibrio entre la evaporación por calentamiento del tejido y la absorción de agua de la humedad ambiente por el cloruro de litio, que es un material muy higroscópico. A partir de estos datos se establece con precisión el grado de humedad.

Otras sustancias tienen la propiedad de cambiar de color por efecto de la humedad; por ejemplo el cloruro de cobalto se muestra azul en Sensor de temperatura y humedad integrado Sensirion STH11.

El uso de procesos de fabricación CMOS industriales permite la integración en un chip del sensor y la parte del proceso electrónico de la señal; también asegura la

fiabilidad más alta y una estabilidad a largo plazo excelente.

Este sensor permite la toma de los valores de temperatura y humedad del medio ambiente; además el protocolo de comunicación "serial sincrónico" lo hace apto para ser utilizado con todos los microcontroladores de Parallax y la mayoría de otras marcas.

La principal ventaja de este tipo de sensores, debido a la naturaleza del sistema de comunicación digital que poseen, consiste en la facilidad del envío de datos a un computador, para su posterior almacenamiento y análisis. (Alexx Bernabeu 8).



Imagen No5.Higrómetro de absorción. Fuente: Alexx Bernabeu 8.

4.2 Termómetro

Un termómetro es un instrumento utilizado para medir la temperatura con un alto nivel de exactitud. Puede ser

parcial o totalmente inmerso en la sustancia que se está midiendo. Esta herramienta está conformada por un tubo largo de vidrio con un bulbo en uno de sus extremos.

Algunos metales se dilatan cuando son expuestos al calor, y el mercurio es sensible a la temperatura del ambiente. Por ello, los termómetros están generalmente fabricados con mercurio (Hg), ya que éste se dilata cuando está sujeto al calor y ello nos permite medir su dilatación en una escala graduada de temperatura (la escala puede ser Celsius o Fahrenheit). El mercurio es una sustancia líquida dentro del rango de temperaturas de $-38,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $356,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cuando el mercurio en el interior del termómetro recibe calor, éste experimenta una dilatación que hace que recorra el tubo del termómetro en el que está contenido. Así, cuando el mercurio atraviesa la escala numérica, podemos medir la temperatura.

El principio por el cual los diferentes termómetros funcionan se basa en la expansión térmica de los sólidos o líquidos con la temperatura, o el cambio de presión de un gas en calefacción o refrigeración. También existen los



termómetros de radiación que miden la energía infrarroja emitida por un objeto, lo que permite medir la temperatura sin entrar en contacto con el objeto.

Los termómetros son utilizados en la industria, con el fin de controlar y regular procesos. También se incluye en el estudio científico, por ejemplo: determinar las condiciones ambientales del clima. (TP Laboratorio químico).



Imagen No 6. Termómetro de mercurio. Fuente: TP Laboratorio químico

4.2.1 Termómetros de Máxima y de Mínima

En los observatorios meteorológicos se emplean los termómetros de mercurio para medir la temperatura máxima, "que es el valor termométrico más alto alcanzado en un día"; y los de alcohol para medir la temperatura mínima o "valor más bajo de la temperatura en una jornada".

En nuestras casas solemos usar los termómetros aneroides bimetálicos de

tipo circular, que constan de dos láminas metálicas escogidas entre metales que tengan coeficientes de dilatación muy distintos. Las láminas están soldadas una contra la otra; cuando la temperatura varía, una de las láminas se dilata más que la otra, obligando a todo el conjunto a curvarse. Este movimiento se amplifica por un sistema de palancas que terminan en una aguja que indica la temperatura.

La escala que llevan incorporada todos nuestros termómetros, es la escala centígrada, que asigna el valor de 0° al punto de congelación del agua y el valor de 100° al punto de ebullición. También se usa, sobre todo en los países anglosajones, la escala Fahrenheit. Para obtener la temperatura en esta escala, partiendo de la centígrada, deberemos realizar la siguiente operación:

$$\text{Temperatura en Fahrenheit} = (1.8 * \text{temperatura centígrada}) + 32$$

En Meteorología es muy importante conocer los valores termométricos extremos en un día, para esto se han creado termómetros especiales que dejan indicada automáticamente dicha temperatura, máxima o mínima desde la última observación efectuada.



El termómetro de máxima consta de un termómetro ordinario, cuyo tubo tiene interiormente cerca del depósito una estrangulación: cuando la temperatura sube, la dilatación de todo el mercurio del depósito empuja con suficiente fuerza para vencer la resistencia opuesta por la estrangulación; en cambio, cuando la temperatura baja y la masa de mercurio se contrae, la columna se rompe, quedando, por consiguiente, su extremo libre en la posición más avanzada que haya ocupado durante todo el intervalo.

El termómetro de mínima es de alcohol y lleva en su interior un índice de esmalte sumergido en el líquido. Cuando la temperatura sube, el alcohol pasa fácilmente entre las paredes del tubo y el índice, y éste no se mueve; en cambio, cuando la temperatura baja, el alcohol arrastra en su movimiento de retroceso dicho índice porque éste encuentra una resistencia muy grande a salir del líquido. La posición del índice indica, por tanto, la temperatura más baja alcanzada.

Los termómetros de extremas deben tenerse horizontales. Después de la lectura se inclinan suavemente, el de máxima hacia el lado del depósito y el de mínima en sentido contrario. Esta

operación se llama poner los termómetros en estación. A veces hay que darles algunas ligeras sacudidas o golpecitos: la columna de mercurio del de máxima debe quedar "soldada" y el índice del de mínima debe llegar hasta el extremo de la columna de alcohol.

Al hacer la lectura téngase siempre presente que la temperatura mínima viene indicada por el extremo del índice más alejado del depósito; nunca por el más cercano; es decir, que de los dos puntos señalados por los dos extremos del índice la temperatura mínima es la mayor. (Los dos termómetros van suspendidos ligeramente inclinados con el depósito hacia abajo, por medio, de sendos cordelitos y ojetes D, a un marco o bastidor MM. El contacto con cuerpos sólidos es tan escaso que sólo, influye sobre los termómetros la temperatura del aire.)

Los dos termómetros de máxima y de mínima suelen montarse paralelamente entre sí sobre un mismo soporte.

Mantenimiento:

Cuando instalamos un termómetro debemos tener mucho cuidado en donde lo hacemos. Lo que verdaderamente queremos medir es la temperatura del aire



y debemos de tener una serie de precauciones para que los valores que midamos sean fiables, las más importantes son las siguientes:

- Sus apoyos deben ser lo más reducidos posible, quedando necesariamente el depósito al aire.
- Debe de estar suficientemente ventilado.
- Debe de estar alejado de obstáculos que pueden falsear la medida, tales como superficies fuertemente calentadas o enfriadas, acción directa del sol o de paredes muy reflectoras.

(Ramón Baylina, Sort. Lérida)

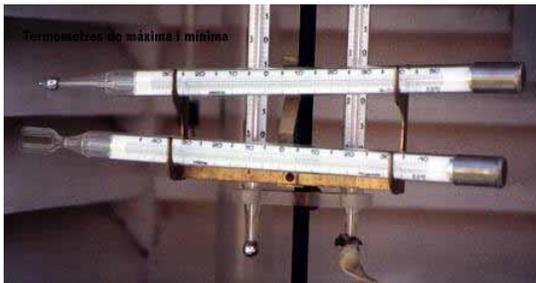


Imagen No. 6 Termómetro de Máxima y de Mínima. Fuente: Ramón Baylina, Sort. Lérida.

5. Instrumentación para humedad

Existen diversas formas para medir el contenido de vapor de agua en la atmósfera. La medición más frecuente es la de humedad relativa, que corresponde a la fracción porcentual entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de

vapor de agua en el punto de saturación a la temperatura ambiente.

Psicrometro

El psicrómetro está formado por dos termómetros. El bulbo de uno de ellos está envuelto en un tejido que se mantiene siempre humedecido. Ambos termómetros se exponen a una corriente de aire, ya sea mediante un ventilador mecánico o por agitación. La evaporación en el tejido que envuelve al bulbo húmedo hace descender la temperatura. Si la atmósfera está saturada (humedad relativa = 100%) la evaporación es nula y por lo tanto ambas temperaturas coinciden. La relación entre la diferencia de temperatura que miden los dos termómetros y la humedad relativa no se directa, ya que depende de la temperatura real del aire, y de la presión atmosférica. En el diagrama adjunto se muestra esta relación para una presión de 1000 hPa (mb).



Figura No, Psicrometro, Fuente: propia.

Higrómetros mecánicos

Están basados en la propiedad de algunos materiales (cabello humano, algodón, seda, papel, etc.) de cambiar su dimensión física dependiendo de la humedad relativa del aire. El cabello humano fue ampliamente utilizado como sensor de humedad relativa en los hidrógrafos de estaciones meteorológicas convencionales, así como también en los primeros equipos de radiosondeo.



Figura No, detalle del interior de una radiosonda antiguo.

HIGROMETRO BASADO EN EL USO DE COMPONENTE ELECTRONICA

Se utiliza la capacidad de ciertos materiales de absorber moléculas de vapor de agua a través de su superficie.

Este proceso, al modificar las propiedades eléctricas de una componente de un circuito electrónico (resistencia o condensador), permite crear una señal eléctrica que es proporcional a la humedad. Este tipo de sensor se utiliza en estaciones meteorológicas automáticas y en equipos de radiosondeos.



Figura No, Higrómetro mecánico.

6. Instrumentación para radiación

6.1. Radiómetro

Radiómetro: Instrumento de medida de radiación solar. La forma principal de actuación de estos sensores es la conversión de la energía proveniente del sol en otro tipo de energía, principalmente eléctrica, de forma que esta última pueda ser medida de una forma mucho más sencilla. Esta energía dependerá, por otra parte, de la inclinación, y en su caso de la orientación, en la que este situado el sensor.

6.2. Piranómetro

Instrumento de medida de la radiación solar global (directa + difusa). Consiste en un detector provisto de placas blancas y negras que reflejan y absorben, respectivamente, la energía solar radiada. Una termopila de termopares de cobre-constantán recoge, en forma de corriente continua, la energía recibida por período



de tiempo. La señal enviada es nominalmente del

Orden de 10 mV/caloría/cm²/minuto, el campo de medida está entre 0-3 calorías/cm²/minuto y la linealidad es del $\pm 1\%$.

6.3. Células calibradas

Célula Calibrada: Es específica para campos solares, ofrecen una lectura de radiación equivalente sobre paneles solares y una lectura simultánea de temperatura de panel, reproduciendo las condiciones de los paneles solares captadores de energía solar. Se pueden instalar en ejes fijos o graduables, así como solidariamente al tracker o seguidor solar.

7. Instrumentación para presión

Barómetro

Este instrumento de medición determina la presión atmosférica a la que se encuentra un lugar en específico, condicionada por la altitud y composición climática. la presión es la fuerza por unidad de superficie.

Los primeros barómetros fueron contruidos por el físico evangelista Torricelli en el siglo XVII, la unidad de medida de los barómetros se da en hectopascales

8. Otros instrumentos

8.1. Nivel de líquidos

8.1.1. Medidores de medida directa

Varilla o sonda: este instrumento consiste en una varilla graduada, la cual tiene una longitud para poder introducirla dentro del recipiente. Para determinar el nivel se efectúa por la lectura directa de la superficie mojada por el líquido. Para realizar esta medición, el tanque debe estar expuesto a presión atmosférica.

Cinta y plomada: aquí se tiene una cinta con una medida y en uno de sus extremos se encuentra un plomo. Es conveniente usar este tipo de medidor cuando la varilla no llega al fondo del recipiente. Al llegar la plomada al fondo, se mide la distancia del líquido hasta la parte superior, obteniendo el nivel por diferencia.

Visor de vidrio: es un tubo de vidrio, el cual su extremo inferior está conectado al tanque mediante tres válvulas. Este funciona por el principio de vasos comunicantes. El nivel del vidrio está acompañado de una regla con graduación. Puede utilizarse en presiones hasta de 7 bares.

Flotante: este instrumento consta de un flotador ubicado en la superficie del líquido y está conectado por la parte exterior del recipiente, a una escala graduada. El único inconveniente de este método es que las partes móviles están expuestas al fluido y pueden romperse. El flotador, sigue el movimiento del líquido, siendo este más liviano.

8.1.2. Medición por presión hidrostática

Manométrico: por medio de un manómetro conectado directamente a la parte inferior del tanque. Este mide la presión que existe a causa de la altura del



líquido. Solo puede utilizarse en fluidos limpios, ya que los sucios hacen que se pierda la elasticidad del fuelle. Se limita a mediciones en tanques abiertos.

Membrana: se utiliza una membrana conectada al instrumento receptor por un tubo estanco. El peso que tiene la columna de líquido sobre la membrana comprime el aire interno a una presión igual a la de la columna del líquido.

Burbujeo: utilizando un regulador de caudal, se hace pasar por un tubo un pequeño caudal de algún gas hasta que se producen burbujas. Para generar la presión de burbujas, se utiliza una medida de la columna del líquido.

8.1.3. Medidor de presión diferencial

Consiste en un diafragma en contacto con el líquido, este permite medir la presión hidrostática en un punto al fondo del tanque. Cuando se encuentra en un tanque abierto, la presión es proporcional a la altura del líquido en dicho punto y a su peso específico.

8.1.4. Medición por desplazamiento

Se basa en el principio de Arquímedes. Es básicamente un flotador que se sumerge parcialmente en el líquido y se conecta mediante un brazo a un tubo de torsión, que está unido al tanque. Por el lado exterior, al otro extremo del tubo, hay una varilla que transmite el movimiento de giro a un transmisor. El Angulo de rotación del extremo libre del tubo de torsión es función directa de la fuerza aplicada.

Al aumentar o disminuir el nivel del líquido, este ejerce una fuerza sobre el flotador, moviendo la varilla la cual nos indica la medida.

8.1.5. Medición por conductividad

Medidor de nivel conductivo: consiste en uno o varios electrodos y un relé eléctrico que se es excitado cuando el líquido moja a estos. El líquido a medir debe ser bastante conductivo para que se cree una reacción en el circuito electrónico. Cuando se moja el electrodo, se cierra el circuito y circula una corriente. El relé dispone de un temporizado, el cual retarda su enclavamiento ante una ola del nivel del líquido o ante cualquier perturbación que se dé. Este instrumento es utilizado como alarma o control de nivel alto y bajo.

8.1.6. Medición por capacitancia

Mide la capacidad del condensador formado por un electrodo sumergido en el líquido y las paredes del tanque. La capacidad depende linealmente del nivel de líquido. En fluidos no conductores, se emplea un electrodo normal y la capacidad total del sistema se compone de la del líquido, la del gas superior y la de las conexiones superiores.

8.1.7. Medición por ultrasonido

Se basa en emitir un impulso ultrasónico a una superficie reflectiva y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo que se da en la captación del eco, depende del tamaño del tanque. La medición debe realizarse en el exterior del



tanque. Estos trabajan a frecuencias cercanas a 20 KHz. Las ondas atraviesan el medio ambiente de gases o vapores con cierto amortiguamiento y se reflejan en la superficie del sólido o del líquido. Se pueden utilizar en todo tipo de tanques, incluso en líquidos y lodos. Son sensibles a la densidad de los fluidos y dan señales poco precisas cuando la superficie del nivel del líquido no es nítida, ya que se crean falsos ecos de los ultrasonidos.

8.2. Sensores de gases

Un sensor de gas es un elemento que sufre cambios físicos o químicos, reversibles, que al estar expuestos a un gas da una señal que se transmite, se muestra o se utiliza para operar alarmas y controles.

Estos sensores se basan en las propiedades de los gases, entre ellas la conductividad térmica, paramagnetismo del oxígeno y el coeficiente de absorción infrarroja.

8.2.1. Conductividad térmica

Utilizada para la medición de altas concentraciones de mezclas de gases binarios. Se usa mayormente en concentraciones de gas con mayor conductividad térmica que la del aire.

El método utilizado es el siguiente

El elemento sensor caliente, se expone a la muestra y el elemento de referencia es introducido en un compartimiento cerrado. La conductividad térmica del gas es

Mayor que el de referencia, la temperatura del elemento sensor

disminuye. Si la conductividad térmica es mejor que el de referencia, la temperatura del elemento de prueba incrementa. Los cambios de temperatura son proporcionales a la concentración de gas presente en el elemento de muestra.

8.2.2. Paramagnetismo

En su mayoría los gases, son diamagnéticos y son repelidos del campo magnético. El oxígeno es diferente, es un gas paramagnético, lo que quiere decir que lo atrae el campo magnético.

8.2.3. Absorción infrarroja

Los gases combustibles, tienen franjas de absorción en la zona infrarroja del espectro electromagnético de luz, y el principio de absorción infrarroja se ha usado como una herramienta analítica de laboratorio durante muchos años.

8.3. Tipos de sensores de gas

8.3.1. Sensores electroquímicos

Se forma por dos electrodos sumergidos en un medio electrolítico común. El electrolito es aislado de las influencias externas mediante una barrera que puede ser una membrana permeable al gas, un medio de difusión o un capilar. En su funcionamiento, un voltaje polarizado se aplica a los electrodos y cuando el gas penetra en el sensor, una reacción redox genera una corriente eléctrica proporcional a la concentración del gas.

8.3.2. Sensores por semiconductores

Este tipo de sensor es fabricado con materiales semiconductores, opera por la propiedad de adsorción de gas en la



superficie de un óxido calentado depositada en una base de sílice.

La absorción de la muestra de gas en la superficie del óxido, seguida de una oxidación catalítica, termina en un cambio de la resistencia eléctrica del material oxidado que puede relacionarse con la concentración del gas.

8.3.3. SENSORES POR CONDUCTIVIDAD TÉRMICA:

Consta de la disposición de dos filamentos con propiedades conductoras y térmicas. Cada filamento se ubica en una célula independiente y el conjunto está a una temperatura definida. En la célula de referencia se encierra una cantidad determinada de un gas estándar. En la célula de medida penetra el gas para ser detectado. Su conductividad térmica, diferente del gas de referencia, hace que la temperatura del filamento se altere y desequilibre el circuito.

8.3.4. Sensores catalíticos

Es un pequeño elemento llamado perla, está formado por un filamento de platino calentado eléctricamente. Este filamento está recubierto con una base cerámica y por una dispersión catalítica de paladio o rodio. Cuando una mezcla de aire y gas inflamable se pone en contacto con la superficie caliente del catalizador, se produce una combustión que aumenta la temperatura de la perla, lo cual altera la resistencia del filamento de platino que a su vez es medida en un circuito tipo puente de Wheaton. El cambio de

resistencia está directamente relacionado con la concentración de gas presente.

8.3.5. Sensores infrarrojos

Se basa en que muchos gases combustibles tienen bandas de absorción en el espectro infrarrojo. Funciona bajo el principio de absorción de infrarrojos de doble longitud de onda, según el cual la luz atraviesa la mezcla en dos longitudes de onda, una de las cuales se ajusta al pico de absorción del gas que se pretende detectar, mientras que la otra no. Las dos fuentes de luz se pulsan alternativamente y se guían a lo largo de un camino óptico común para que salga a través de una ventana con protección antideflagración y a través del gas de muestra. Después un retroreflector refleja otra vez los haces, regresando una vez más a través del gas para volver a la unidad. Aquí un detector compara las fuerzas de las señales de referencia y por medio de una resta, se obtiene una medida de la concentración del gas.

8.4. Caudalímetros (ríos)

Los medidores de caudal, también llamados caudalímetros, son sistemas complicados en donde siempre un microprocesador que calcula el caudal en función de cierta información establecida y otra variable que se relaciona con los sensores. Un tipo de caudalímetro consiste en un microprocesador que almacena la forma del gasto de una sección de aforo y se conecta a un sensor de nivel. Otro tipo común, consiste en un microprocesador que almacena la forma de la sección de aforo y está conectada a un sensor de nivel y a otro de velocidad



del agua. Ambos calculan el caudal que circula.

9. Referencias

Antonio Creus Solé (2011). *Instrumentación Industrial, Octava Edición, México, ISBN:978-607-707-042-9*

Crowe, C., Elger, D., Roberson, J. (2007). *Mecánica de Fluidos. Mexico: Grupo Editorial Patria. ISBN: 0-471-66161-9*

Pantoja, Y., (2012). *Sensores de Gas. Recuperado el 26 de septiembre de 2015,*

de
<http://es.slideshare.net/Dabyus/sensores-de-gases>

Hedges, Charles S., (1984). *Industrial Fluid Power, Vol. 1, 3ra edición. ISBN: 0-9605644-5-4.*

Tipler, Paul A. (2000). *Física para la ciencia y la tecnología (2 volúmenes). Barcelona: Ed. Reverté. ISBN 84-291-4382*

Rafael Pindado, (1997). *Electrónica analógica integrada, España. Editorial: Marcombo. ISBN: 84-267-1108-1*



TERMÓMETRO DE TUBO CAPILAR

André Eduardo Colon Serrano, Nelly Gabriela Álvarez Véliz, Jorge Luis Ruiz Quiroa, Esdras Isaí Mayén Esquite, Wilson Mejía Pineda, David Estuardo Pérez Gámez, Irvin Leonel Velásquez, José Ricardo Ayala Arrecís, Brayan Alexander Concoba González, *1. Jorge Iván Cifuentes Castillo*2

1 Estudiantes del curso de instrumentación mecánica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, 01012

2 Catedrático del curso de instrumentación mecánica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, 01012

eduardo.serranogy@gmail.com

jicifuentes@ing.usac.edu.gt

researchnano20@gmail.com

ABSTRACT

This article aims to inform about how energy, heat and temperature interact in different environments. The thermometer is needed, is an instrument for measuring the temperature using the principle of expansion, so the use of materials is preferred a higher coefficient of expansion of so that, with increasing temperature, the expansion of the material is easily visible. It can be found, the necessary facings of a temperature measuring instrument, and subsequent, the scientific and experimental part for preparing it is.

Keywords: Thermometer, molecular theory, thermophysical properties, ethylene glycol, thermodynamics, capillary tube

Resumen

El presente artículo pretende informar acerca de cómo la energía, el calor y la temperatura interactúan en diferentes ambientes, sustancias u objetos. Se necesita de un instrumento de medición en este caso el termómetro, es un instrumento de medición de la temperatura que usa el principio de la dilatación, se prefiere el uso de materiales con un coeficiente de dilatación alto de modo que, al aumentar la temperatura, la dilatación del material sea fácilmente visible. En el artículo se puede encontrar los paramentos necesarios de un instrumento de medición de temperatura, como también la parte científica y experimental para la elaboración del mismo.

Palabras clave: termómetro, teoría molecular, termometría, propiedades termo físicas, etilenglicol, termodinámica, tubo capilar.



1. Introducción

La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente frío, por lo que es necesario un instrumentó de medición. Un termómetro es un instrumento que mide la temperatura de un sistema en forma cuantitativa. Una forma fácil de hacerlo es encontrando una sustancia que tenga una propiedad que cambie de manera regular con la temperatura. El termómetro de tubo capilar es el tipo de termómetro que generalmente se utiliza para medir la temperatura de una sustancia u objeto, y contiene usualmente mercurio o alcohol coloreado en el bulbo (reservorio) en el extremo del termómetro. En este termómetro el intercambio térmico se efectúa por convección (en gases o líquidos) o conducción (en líquidos o sólidos).

2. Descripción de la propuesta

El termómetro de tubo capilar es el tipo de termómetro que generalmente se utiliza para medir la temperatura de una sustancia u objeto, El principio del funcionamiento del prototipo “termómetro de tubo capilar” funciona, primero porque existe un líquido de transferencia de calor, que se contrae y se expande conforme se reduce la temperatura. El termómetro que se realizó fue bajo los parámetros de la patente de W.H. McGill quien en 1966, habría patentizado su invento. Se realizaron métodos convencionales que relacionan el concepto del termómetro con otros parámetros tanto físicos como

termodinámicos. Para la elaboración del termómetro se debe preparar la solución en este caso refrigerante que servirá como fluido de transferencia de calor, con propiedades termofísicas que le permitan al líquido expandirse y contraerse con el aumento y disminución de la temperatura, se debe tener un tubo de ensayo y un tubo de vidrio exterior sellado con parafina, preparar una mezcla correcta de etilenglicol con agua, depositar la mezcla en el tubo de ensayo, colocar un tapón de caucho o plástico, luego es necesario calibra el termómetro.

3. Materiales

- Beacker de 100 ml
- Tubos de Ensayo
 - Dos tubos de ensayo de 10 ml
 - Dos tubos de ensayo de 15 ml
- Una probeta de 50 ml
- Etilenglicol al 50% de concentración
- Un tubo exterior de 1.2 m de 5 mm diámetro
- Una hoja metálica, cuchilla para sierra
- Una lima metálica, para cristal

4. Costo – Financiamiento

4.1 Costo me materia prima:



En referencia a la materia prima para el desarrollo del proyecto se considera el refrigerante, este puede ser sustituido por una solución la cual tenga un punto bajo de congelación y un punto alto de ebullición lo cual permite un mayor alcance.

En el caso de la cristalería se considera como costos de equipo.

4.2 Costo por hora de fabricación:

Los costos de fabricación se determinan con el cobro por entidades especialistas en el ámbito y el cobro por hora.

4.3 Costo por material intelectual:

Se consideran asesorías técnicas respecto al armado y funcionamiento del proyecto, la creación de diagrama de funcionamiento y armado.

4.4 Resumen de costos

Tabla No. 1 Costos

Inversión de Materiales:	Q 90.00	\$ 12.00
Inversión de Asesoría Técnica:	Q 200.00	\$ 26.00
Inversión de fabricación por hora: (Se utilizaron 2 horas para la fabricación)	Q 200.00	\$ 26.00
Total	Q 490.00	\$ 64.00

4.5 Financiamiento

Para el financiamiento del proyecto se contó únicamente con recursos propios.

5. Método de Construcción

El tiempo de la construcción fue alrededor de 2 horas.

Rango: 25°C – 50 °C

Alcance: 50 °C – 25 °C = 25°C

Los métodos de construcción para la fabricación de un termómetro viene relacionado en base a la patente de W.H. McGill quien en 1966, habría patentizado su invento.

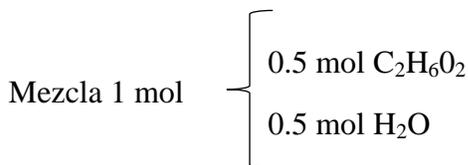
Los métodos que utilizó el científico, requieren de mucha precisión y en algunos casos de maquinaria sofisticada para alcanzar el grado de exactitud que ofrece el dispositivo real; sin embargo, empleando métodos muy convencionales que relacionan el concepto del termómetro con otros parámetros tanto físicos como termodinámicos, de una manera muy peculiar se describe a continuación, bajo una serie de pasos.

Paso # 1

Se debe de preparar la solución química, que servirá como fluido de transferencia de calor. En este caso se ha fabricado una salmuera, al trabajar con etilenglicol y agua, en una mezcla 50/50 % mol/mol

En esta mezcla no hay reacción química, lo interesante es que cuando el etilenglicol se mezcla con el agua, hay

desprendimiento de calor, funcionando como un refrigerante secundario (salmuera).



DATOS:

Peso molecular $C_2H_6O_2 = 62.07 \text{ g/mol}$

Peso molecular $H_2O = 18.0 \text{ g/mol}$

Densidad $C_2H_6O_2 = 1.11 \text{ g/mL}$ (a 25°C , temperatura ambiente Cd. Guatemala, Guatemala)

Densidad $H_2O = 1.0 \text{ g/mL}$ (a 25°C , temperatura ambiente Cd. Guatemala, Guatemala).

Fracción Másica

$$0.5 \text{ mol } C_2H_6O_2 * \frac{62.07 \text{ g } C_2H_6O_2}{1 \text{ mol } C_2H_6O_2} = 31.035 \text{ g } C_2H_6O_2 \text{ (Etilenglicol)}$$

$$0.5 \text{ mol } H_2O * \frac{18.0 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 9.0 \text{ g } H_2O \text{ (Agua)}$$

$$\% \text{ masa } C_2H_6O_2 = \frac{31.035 \text{ g } C_2H_6O_2}{(31.035 + 9.0) \text{ g mezcla}} = 0.76$$

$$\% \text{ masa } H_2O = \frac{9.0 \text{ g } H_2O}{(31.035 + 9.0) \text{ g mezcla}} = 0.24$$

Cantidad en mL

$$C_2H_6O_2 = (31.035 \text{ g } C_2H_6O_2) * \left(\frac{1 \text{ mL } C_2H_6O_2}{1.11 \text{ g } C_2H_6O_2} \right) = 27.95 \text{ mL } C_2H_6O_2$$

$$H_2O = (9.0 \text{ g } H_2O) * \left(\frac{1 \text{ mL } H_2O}{1.0 \text{ g } H_2O} \right) = 9 \text{ mL } H_2O$$

Volumen de la mezcla

$$9 \text{ mL } H_2 + 27.95 \text{ mL } C_2H_6O_2 = 36.95 \text{ mL mezcla etilenglicol/agua}$$

Figura 1. Cálculos. Fuente: cálculos propios.

Paso # 2

Para la fabricación de un termómetro de tubo capilar, primero se debe de tener un tubo de ensayo y un tubo de vidrio exterior sellado con parafina.



Tubo de vidrio exterior sellado con parafina, abierto en la boquilla inferior.

Figura 2. Material a Utilizar. Fuente: Propia



Tubo de ensayo.

Figura 3. Material Utilizado. Fuente: Propia.

Paso # 3

Se debe de verter la mezcla de etilenglicol con agua, dentro de tubo de ensayo; la eficacia de este proceso es del preparar la correcta mezcla, la capacidad de disipación de calor viene en función de la concentración del etilenglicol. El volumen de la mezcla total es de 36.95 mL



El volumen dentro del tubo de ensayo será de 8 mL, debido a la capacidad, sin embargo la concentración aún sigue siendo del 50%, aunque en volumen se hay descendido.



Figura 4. Material Utilizado. Fuente: Propia.



Figura 5. Material Utilizado y en proceso de creación de Prototipo. Fuente: Propia.

Paso # 4

Posteriormente de haber depositado la mezcla en el tubo de ensayo, se procederá a dar la forma del termómetro, al tubo de ensayo se le debe de colocar un tapón, generalmente el material es de caucho, o un plástico suave; a este tapón se le debe de hacer un agujero del mismo tamaño al del tubo de vidrio, el tubo de vidrio viene en longitud de 1.20 m, y en varios

diámetros, por lo que se debe de seleccionar uno de 5 mm.

Este tubo se debe de hacer pasar, a través del tapón, el tubo debe sobresalir al menos 5 cm, a la altura del tubo de ensayo. Colocar el tapón al tubo de ensayo, con el tubo de vidrio dentro del mismo. Verificar que no exista alguna infiltración de aire hacia dentro del termómetro.

¡Listo aquí está hecho el prototipo! ¿Pero acaso es un Termómetro?



Figura 6. Material Utilizado y en proceso de creación de Prototipo. Fuente: Propia.



Figura 7. Material Utilizado y en proceso de creación de Prototipo. Fuente: Propia.

Paso # 5

El termómetro como dispositivo de medición, no solo consiste del fluido de transferencia de calor, consiste también de una escala de medición, junto con una exactitud o precisión.

Calibrar el termómetro, para ello se necesitará de 3 pasos extra y la ayuda de un termómetro real.

→ Calibrar a temperatura baja

Se debe de colocar, nuestro prototipo en un balde con agua muy fría, con hielo y pudiendo medir en un termómetro convencional, una temperatura de 0°C o menor si fuese posible; el fluido del prototipo debe de contraerse por el descenso de temperatura y por ende de presión, en ese instante se marca dónde estará nuestro punto más en nuestra escala, (25°C).

→ Calibrar a temperatura alta

Se debe de colocar, nuestro prototipo en un balde con agua muy caliente, en el punto de ebullición, y pudiendo medir en un termómetro convencional, una temperatura alta si fuese posible; el fluido del prototipo debe de expandirse por el aumento de temperatura y por ende de presión, en ese instante se marca dónde estará el máximo de temperatura en nuestra escala.

→ Calibrar a temperatura media

Se debe de colocar, nuestro prototipo en un balde con agua a temperatura media y pudiendo medir en un termómetro convencional como parámetro de comparación; el fluido del prototipo debe de expandirse en una carrera media, por un incremento de temperatura y por ende

de presión, en ese instante se marca dónde estará nuestro tercer punto de comparación.

¡Ahora sí, esto ya es un termómetro!

Nota: El fluido en el que se ha calibrado este termómetro ha sido utilizando agua, sin embargo debemos recordar que se puede utilizar en otro tipo de fluido, a la referencia se incita al experimentador que tome las medidas necesarias de seguridad y bajo ninguna circunstancia este artículo promueve el uso de sustancias químicas sin normas.



Figura 8. Prototipo. Fuente: Propia.

6. Parte Científica y Experimental

a. ¿Qué es un Termómetro?

Inicialmente se fabricaron aprovechando el fenómeno de la dilatación, por lo que se prefería el uso de materiales con elevado coeficiente de dilatación, de modo que, al aumentar la temperatura, su estiramiento era fácilmente visible. El metal base que se utilizaba en este tipo de termómetros ha sido el mercurio, encerrado en un tubo de vidrio que incorporaba una escala graduada.



El creador del primer termoscopio fue Galileo Galilei; éste podría considerarse el predecesor del termómetro. Consistía en un tubo de vidrio terminado en una esfera cerrada; el extremo abierto se sumergía boca abajo dentro de una mezcla de alcohol y agua, mientras la esfera quedaba en la parte superior. Al calentar el líquido, éste subía por el tubo.

La incorporación, entre 1611 y 1613, de una escala numérica al instrumento de Galileo se atribuye tanto a Francesco Sagredo como a Santorio, aunque es aceptada la autoría de éste último en la aparición del termómetro.

En España se prohibió la fabricación de termómetros de mercurio en julio de 2007, por su efecto contaminante.

En América latina, los termómetros de mercurio siguen siendo ampliamente utilizados por la población. No así en hospitales y centros de salud donde por regla general se utilizan termómetros digitales.

7.2 Tipos de Termómetros:

- **Termómetro de mercurio:** es un tubo de vidrio sellado que contiene mercurio, cuyo volumen cambia con la temperatura de manera uniforme. Este cambio de volumen se aprecia en una escala graduada. El termómetro de mercurio fue inventado por Gabriel Fahrenheit en el año 1714.

- **Pirómetros:** termómetros para altas temperaturas, se utilizan en fundiciones, fábricas de vidrio, hornos para cocción de cerámica etc. Existen varios tipos según su principio de funcionamiento:

- Pirómetro óptico: se basan en la ley de Wien de distribución de la radiación térmica, según la cual, el color de la radiación varía con la temperatura. El color de la radiación de la superficie a medir se compara con el color emitido por un filamento que se ajusta con un reóstato calibrado.

Se utilizan para medir temperaturas elevadas, desde $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $3.200\text{ }^{\circ}\text{C}$, a las cuales se irradia suficiente energía en el espectro visible para permitir la medición óptica.

- Pirómetro de radiación total: se fundamentan en la ley de Stefan-Boltzmann, según la cual, la intensidad de energía emitida por un cuerpo negro es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta.



- Pirómetro de infrarrojos: captan la radiación infrarroja, filtrada por una lente, mediante un sensor foto resistivo, dando lugar a una corriente eléctrica a partir de la cual un circuito electrónico calcula la temperatura. Pueden medir desde temperaturas inferiores a 0 °C hasta valores superiores a 2.000 °C.
- Pirómetro fotoeléctrico: se basan en el efecto fotoeléctrico, por el cual se liberan electrones de semiconductores cristalinos cuando incide sobre ellos la radiación térmica.
- **Termómetro de lámina bimetalica:** Formado por dos láminas de metales de coeficientes de dilatación muy distintos y arrollados dejando el coeficiente más alto en el interior. Se utiliza sobre todo como sensor de temperatura en el termohigrógrafo.
- **Termómetro de gas:** Pueden ser a presión constante o a volumen constante. Este tipo de termómetros son muy exactos y generalmente son utilizados para la calibración de otros termómetros.
- **Termómetro de resistencia:** consiste en un alambre de algún metal (como el platino) cuya resistencia eléctrica cambia cuando varía la temperatura.
- **Termopar:** un termopar o termocupla es un dispositivo utilizado para medir temperatura basada en la fuerza electromotriz que se genera al calentar la soldadura de dos metales distintos.
- **Termistor:** es un dispositivo que varía su resistencia eléctrica en función de la temperatura. Algunos termómetros hacen uso de circuitos integrados que contienen un termistor, como el LM35.
- **Termómetros digitales:** son aquellos que, valiéndose de dispositivos transductores como los mencionados, utilizan luego circuitos electrónicos para convertir en números las pequeñas variaciones de tensión obtenidas, mostrando finalmente la temperatura en un visualizador. Una de sus principales ventajas es que por no utilizar mercurio no contaminan el medio ambiente cuando son desechados.
- **Termómetros clínicos:** son los utilizados para medir la temperatura corporal. Los hay tradicionales de mercurio y



digitales, teniendo estos últimos algunas ventajas adicionales como su fácil lectura, respuesta rápida, memoria y en algunos modelos alarma vibrante.

7.3 El termómetro de tubo capilar:

Este tipo de termómetros están compuestos por un bulbo y el tubo capilar conectados a una espiral, a este tipo de termómetros en la actualidad se le conoce como “termómetro de Mercurio o Alcohol”.

7.3.1 Funcionamiento

Cuando la temperatura del bulbo cambia, el gas o el líquido en el bulbo se expanden y la espiral tiende a desenrollarse moviendo la aguja sobre la escala para indicar la elevación de la temperatura en el bulbo.

Existen cuatro tipos de termómetros que emplean tubos capilares como lo son:

1. Actuados por líquido.
2. Actuados por vapor.
3. Actuados por gas.
4. Actuados por mercurio.

7.3.2 ¿Quién creo la patente del tubo capilar?

Se puede considerar que el primer instrumento para medir la temperatura fue el termoscopio, creado por Galileo Galilei en 1592. Consistía en un tubo de vidrio terminado en una esfera cerrada cuyo

extremo abierto se sumergía boca abajo dentro de una mezcla de alcohol y agua; al calentar el líquido, este subía por el tubo y la altura alcanzada era una medida de la temperatura.

En el año 1714, Fahrenheit inventó el termómetro de mercurio y su uso se generalizó por ser este un metal líquido que responde con gran rapidez y fiabilidad a los cambios de temperatura. Se introducía el mercurio en un bulbo conectado a un tubo capilar de vidrio que incorporaba una escala graduada.

Los métodos de construcción para la fabricación de un termómetro de tubo capilar viene relacionado en base a la patente de W.H. McGill quien en 1966, habría patentizado su invento.

• 7.4 Fluidos de Transferencia de calor

La transferencia de calor en los fluidos líquidos se da en formas de conducción y convección, la conducción se da cuando no existe movimiento en masa del fluido, la transferencia de calor entre la superficie sólida y el fluido adyacente se da por conducción pura, en cambio la transferencia de calor por convección se da cuando el líquido adyacente a la superficie sólida se encuentra en movimiento, y tiene que ver los efectos combinados de conducción y movimiento del fluido, mientras más rápido sea este mayor es la transferencia de calor por convección.



• **7.4.1 Salmueras**

A temperaturas superiores a 0 °C, el agua es el medio de transferencia más comúnmente utilizado para transportar la carga de refrigeración hasta un evaporador. A temperaturas inferiores a 0 °C se utilizan las salmueras.

• **7.4.1. Tipos De Salmueras**

La clasificación de las salmueras puede hacerse en:

- Salmueras de tipo salino
- Salmueras a base de glicol: (etilenglicol y propilenglicol)
- Salmueras para bajas temperaturas (alcoholes)
- Salmueras para aplicaciones especiales (aceites térmicos)
- Salmueras de tipo Hidrocarburos halocarburosclorados o fluorados.

• **7.4.1.1.1 Etilenglicol**

El etilenglicol, generalmente se lo llama glicol, y es el diol más simple. Fue preparado por primera vez por Wurtz en 1859; mediante el tratamiento de 1,2-dibromoetano con acetato de plata dando diacetato de etilenglicol, que a continuación se hidroliza al etilenglicol.

El etilenglicol es un líquido transparente, incoloro, inodoro, de sabor dulce. Es higroscópico y completamente miscible con muchos disolventes polares, tales como el agua, alcoholes, éteres de glicol, y acetona. Sin embargo, su solubilidad es

baja en solventes no polares, tales como el benceno, tolueno, dicloroetano, y cloroformo.

El etilenglicol es muy eficaz para disminuir el punto de congelación del agua de refrigeración. Al contrario que la sal, no es nada corrosivo y, por tanto, puede usarse sin peligro de dañar piezas mecánicas. Los anticongelantes contienen, fundamentalmente, etilenglicol, junto con un pequeño porcentaje de otros compuestos químicos, que actúan como inhibidores (antioxidantes), protegiendo de la corrosión el interior de piezas mecánicas que necesitan refrigeración como camisas de cilindros, radiadores, etc.

• **7.4.1.1.2 Propiedades Termodinámicas y Químicas**

Punto de ebullición a 101,3 KPa	197,60 °C
Punto de fusión	-13,00 °C
Densidad a 20 °C	1,1135 g / cm ³
Índice de refracción, nD20	1,4318
Calor de vaporización a 101,3 kPa	52,24 kJ / mol
Calor de combustión	19,07 MJ / kg
Temperatura crítica	372°C
Volumen crítico	6515,73 kPa



Punto de inflamabilidad	111°C
Temperatura de ignición	410°C
Límite explosivo inferior	3,20 vol%
Límite explosivo superior	53vol%
Viscosidad a 20 °C	19.83 mPa · s
Coefficiente de dilatación cúbica a 20°C	0,62 × 10 ⁻³ K ⁻¹
Solubilidad:	Miscible en agua
Punto triple	256 K (-17 °C)
Punto crítico	720 K (447 °C) 8,2 MPa

- **Tabla 1: Propiedades Termodinámicas y Químicas, Fuente: Textos Científicos.**

- **7.4.1.1.3 Solución, mezcla y propiedades.**

% etilenglicol por volumen	Pto. de congelación °C	Peso específico d ^{15.6°}
5	-1.1	1.004
10	-2.2	1.006

15	-3.9	1.012
20	-6.7	1.017
25	-8.9	1.020
30	-12.8	1.024
35	-16.1	1.028
40	-20.6	1.032
45	-26.7	1.037
50	-33.3	1.040

- **Tabla 2: Solución, punto De congelación y peso específico, Fuente: Lange's Handbook of Chemistry,**

7.4.1.1.4 Normas

Como todo material, el etilenglicol también esta normado por la ASTM, algunas de las normas que rigen las pruebas y ensayos de los refrigerantes a base de etilenglicol están:

- ASTM D-6210
- ASTM D-3306
- ASTM D-4985
- ASTM D-1881

Pero no solo existen estas normas para dichos lubricantes, los fabricantes de vehículos también crearon sus propias normas:

- Caterpillar® EC-1
- Cummins® 85T8-2
- GM® 1825M
- TMC de ATA 1983 RP302A
- Ford® ESE M97B44A



7. Funcionamiento

El principio del funcionamiento del prototipo “termómetro de tubo capilar” funciona, primero porque existe un líquido de transferencia de calor, que se contrae y se expande conforme se reduce la temperatura.

El tubo capilar es menor diámetro, y por lo general dentro del mismo existe una presión menor que la existe dentro conforme se va incrementando la temperatura y descendiendo la misma; por lo que crea una especie de succión por la diferencia de presiones, haciendo notar el incremento y descenso del fluido conforme se va colocando en altas y bajas temperaturas.

El etilenglicol mezclado con agua forma una solución y no una reacción química, son volúmenes no aditivos debido a las fuerzas intermoleculares del compuesto químico y el compuesto natural, es por eso que el balance de la mezcla debe realizar en porcentaje molar, para saber que el 50 % de concentración corresponde a molar.

La gráfica de Rendimiento de la mezcla de Etilenglicol con agua al 50 % mol se muestra a continuación:

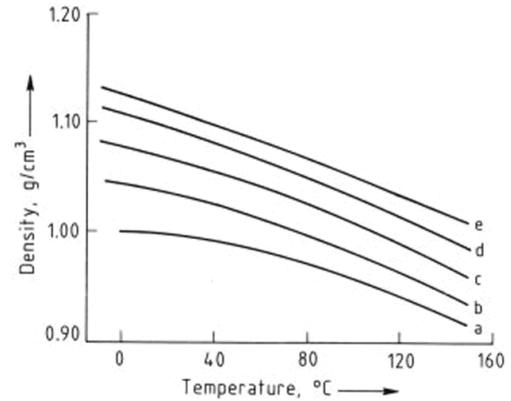
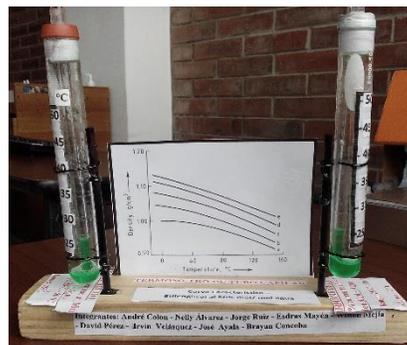


Figura 9. Rangos óptimos de temperatura del etilenglicol, al 50% concentración molar. Fuente: Textos Científicos.

La mezcla de etilenglicol con agua es utilizada como refrigerante, es por eso que hay temperaturas optimas de operación de esta salmuera, el uso que la damos nosotros es un líquido de transferencia de calor con propiedades termo físicas que le permiten al líquidos expandirse y contraerse con el aumento y disminución de la temperatura, respectivamente.

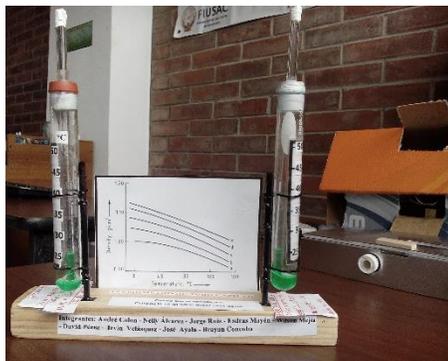
8. Resultados

Prototipo Final



Termómetro de tubo capilar de Etilenglicol al 50% mol/ mol agua

Fuente: Propia



Termómetro de tubo capilar de Etilenglicol al 50% mol/ mol agua

Fuente: Propia

El termómetro de tubo capilar experimental realizado por medio de distintos materiales experimentales, muestra un resultado satisfactorio debido a que por medio de este mismo se pueden realizar mediciones adecuados de temperaturas.

El termómetro de tubo capilar es ideal para distintos escenarios de mediciones de temperatura debido a que las propiedades químicas y térmicas del líquido que contiene, en este caso etilenglicol con agua (salmuera), se contraen y se expanden conforme se encuentran con la presencia de calor en sus alrededores. Creando así el efecto de medición térmica.

9. Conclusiones

Un termómetro es un instrumento que sirve para medir la temperatura, entre estos podemos mencionar el termómetro de tubo capilar, pirómetro, termómetro de gas, termómetro de resistencia, termopar, termistor, termómetro de lámina bimetálica, termómetro digital, termómetro clínico. El termómetro de tubo capilar está compuesto por un bulbo y el tubo capilar conector a una espiral, este utiliza como fluido de trabajo un gas, líquido o vapor; en este ensayo se utilizó como fluido de trabajo el etilenglicol mezclado con agua y su funcionamiento se basa en que cuando cambia la temperatura el fluido se expande o contrae y la espiral tiende a desenrollarse o enrollarse moviendo la aguja sobre la escala para indicar la elevación o disminución de la temperatura en el bulbo.

10. Referencias

- [1] Ingeniería de Control Moderna (2010) Katsuhiko Ogata. Editorial Pearson. Quinta Edición. Páginas: 668. Páginas consultadas: 13-19 y 567-569
- [2] Instrumentación Industrial Séptima (2005), Antonio Creus Sole Edición, Edición Marcombo.S.A, Gran Vía de los Corts Catalanes, 594. ISBN 84-267-1361-0
- [3] Pessoa de Carvalho, A.M. (1992), Enseñanza de las Ciencias Volumen 10, Castro, R.S., ISSN 0212-4521



[4] Ingeniería de Control. (2008).
William Bolton

ISBN: 9789701506363

[5] Fundamentos de la Ingeniería de
Control. (2013). Jose Orlando.

• ISBN: 8543930234954

[6] Ingeniería Electrónica, Automática y
Comunicaciones (2014). Cesar A. Mayor.

ISSN: 1815-5928

[8] Sistema Didáctico de Control (2014).
Saida M. Charre-Ibarra. ISSN: 0718-5006



INSTRUMENTACION AERONAUTICA

Wilmer Josué Vásquez Santos, Saúl Santiago Sandoval González, Cristian Rene Arrecis Cuevas, Juan Manuel Pérez Castillo, Antonio de Jesús García Camacho, Henry Fernando Duarte García, Héctor Daniel Mendoza Yalibat, William Alexander Tic Martínez¹, Jorge Iván Cifuentes²

*jicifuentes@ing.usc.edu.gt
researchnano20@gmail.com*

1 Estudiantes del curso de Instrumentación Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala 01012

2 Profesor del curso de Instrumentación Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 01012

RESUMEN

La instrumentación esta en todos lados, si uno voltea a ver a su alrededor puede observar instrumentos de medición y control, en los vehículos y cualquier otro equipo se pueden encontrar indicadores de velocidad, revoluciones, nivel de gasolina, entre otros. En la aviación también se encuentra todo tipo de instrumento, los cuales sirven para tener un control electrónico como control mecánico. Es importante mantener un control de toda la nave o equipo. En esta época las naves o aviones son cada vez más sofisticados por lo que usan instrumentos electrónicos de mayor alcance y medición. En el presente artículo se expondrá con mayor detalle los componentes de instrumentación de medición y control necesarios en la aviación.

Palabras clave: indicador de dirección, brújula, toma estática, variómetro, anemómetro.

ABSTRACT

The instrumentation is everywhere, if we turn around we can see measure and control instruments, we can find them in cars and any other equipment, speed indicators, revolutions indicators, gas level indicators, and any kind of control or measure instruments. Also in aviation, there are many kinds of instruments, which are important to keep the ship control. At the current age the ships and planes are more sophisticated, for that reason it include more exactly electronic control and measure instruments. In this article is showed wirh more details the air plane's measure and control instruments.

Key words: Direction indicator, compass, static capture, variometer, anemometer.



Los instrumentos a bordo proporcionan a la tripulación la información adecuada para la vigilancia y control del rendimiento del avión, el funcionamiento de sus sistemas y su posición en el espacio. El piloto debe aprender a interpretar esta información, reconocer su mal funcionamiento, si existe posibilidad o no de reparación en vuelo, y que posibles limitaciones pueden surgir en caso de fallo.

INDICADORES DE ACTITUD

El indicador de actitud, también llamado horizonte artificial, es un instrumento que muestra la actitud del avión respecto al horizonte. Su función consiste en proporcionar al piloto una referencia inmediata de la posición del avión en alabeo y profundidad; es decir, si está inclinado lateralmente, con el morro arriba o abajo, o ambas cosas, con respecto al horizonte. La incorporación del horizonte artificial a los aviones ha sido fundamental para permitir el vuelo en condiciones de visibilidad reducida o nula.



Fig.2.6.1 - Horizonte artificial.

Construcción

El horizonte artificial consta de un giróscopo de rotación horizontal montado sobre un sistema de ejes que le confieren tres grados de libertad (montaje universal), dentro de una caja hermética. Este giróscopo tiene fijada una esfera visible, con una barra horizontal de referencia a la altura del eje de giro, por encima de la cual la esfera es de color azul (cielo) y por debajo marrón (tierra). Este aparato está conectado al sistema de succión, necesario para producir la corriente de aire que incide sobre los alabes del rotor y hace girar este a unas 16.000 r.p.m. aproximadamente.

En el frontal de la caja, se fija un dial de presentación con un avioncito en miniatura y una escala graduada en el semicírculo superior. Las marcas de esta escala están separadas de 10° en 10° entre 0° y 30° , con unas marcas más anchas representando 30° , 60° y 90° . En algunos indicadores, la escala graduada se encuentra en la esfera del giróscopo.

Este instrumento puede contar también con unas marcas horizontales por encima y por debajo de la barra del horizonte, como referencias de la actitud de cabeceo del avión, marcas que suelen indicar 5° , 10° , 15° y 20° de morro arriba o abajo.



Fig.2.6.2 - Componentes del horizonte artificial.

INDICADOR DE DIRECCION

También llamado direccional giroscópico o direccional, este instrumento proporciona al piloto una referencia de la dirección del avión, facilitándole el control y mantenimiento del rumbo.

El desplazamiento de un lugar a otro en avión, se realiza a través de una ruta aérea previamente elaborada, la cual se compone de uno o más tramos, en los cuales para llegar de un punto al siguiente ha de seguirse una determinada dirección o rumbo, es decir, el piloto debe "navegar" a través del aire para seguir esa ruta.

Antes de la aparición del indicador de dirección, los pilotos navegaban sirviéndose de la brújula, y a la vista de las proezas narradas, con bastante eficiencia. Pero la brújula es un instrumento que puede dar lugar a numerosos errores, exigiendo mucha atención y una lectura adecuada, pues son muchos los efectos que alteran su funcionamiento y dan lugar a interpretaciones erróneas. Por ejemplo, no es muy fácil realizar un giro con precisión en base a la brújula, particularmente si el aire es turbulento.

Sin embargo, el indicador de dirección es inmune a las causas que hacen dificultosa la lectura de la brújula, lo que le hace el instrumento adecuado para mantener el control direccional del avión o su rumbo, pues sus indicaciones son más precisas y fiables que las de la brújula. Este instrumento proporciona una indicación de dirección estable y relativamente libre de errores.



Fig.2.7.1 - Indicador de dirección.

Construcción

Este instrumento consiste en un giróscopo cuyo eje de rotación es vertical, acoplado al cual se encuentra una rosa de rumbos graduada de 0° a 359°. La caja del instrumento tiene incrustado en su frontal visible un pequeño avión montado verticalmente cuyo morro siempre apunta al rumbo del avión. Asimismo, dispone de un botón giratorio para ajustar el rumbo.

Al efectuar un cambio de dirección, la caja del instrumento se mueve al unísono con el avión,



pero el giróscopo debido a su rigidez en el espacio continua manteniendo la posición anterior. Este desplazamiento relativo de la caja respecto del eje vertical del rotor se transmite a la rosa de rumbos, haciéndola girar de forma que muestre en todo momento el rumbo, enfrentado al morro del avión de miniatura.

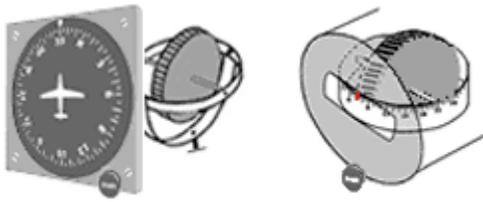


Fig.2.7.2 - Indicadores de dirección.

INDICADOR DE VIAJE / COORDINACION

Este aparato consta realmente de dos instrumentos independientes ensamblados en la misma caja: el indicador de viraje y el indicador de coordinación de viraje.

Este fue uno de los primeros instrumentos usados por los pilotos para controlar un aeroplano sin referencias visuales al suelo o al horizonte. El indicador de viraje tenía la forma de una gruesa aguja vertical o "bastón" y el indicador de coordinación consistía en una bola dentro de un tubo, recibiendo por ello la denominación de "bola". Al conjunto del instrumento se le denominaba "bastón y bola". Hoy en día el indicador de viraje tiene la forma del perfil de un avión en miniatura, y el indicador de coordinación sigue teniendo la misma presentación mediante una bola. El instrumento en su conjunto recibe el nombre de coordinador de giro (turn coordinator), aunque

la denominación coloquial "bastón y bola" se sigue empleando de forma indistinta, puesto que ambos instrumentos muestran la misma información pero de forma diferente.

Como casi siempre, la nomenclatura es amplia, a veces confusa y no siempre acertada. Al indicador de viraje también se le denomina indicador de inclinación, indicador de giro, o "bastón". Al indicador de coordinación de giro, se le denomina a veces inclinómetro, indicador de resbales y derrapes, indicador de desplazamiento lateral, o "bola".

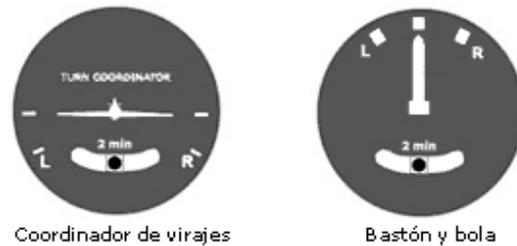


Fig.2.8.1 - Indicador de viraje y coordinación.

BRUJULA

La brújula, también llamada compás magnético, es un instrumento que al orientarse con las líneas de fuerza del campo magnético de la tierra, proporciona al piloto una indicación permanente del rumbo del avión respecto al Norte magnético terrestre. Este instrumento es la referencia básica para mantener la dirección de vuelo.



Fig.2.9.1 - Brújula.



Magnetismo

Puesto que la brújula opera en base a principios magnéticos, primero unos principios básicos sobre esta fuerza. El magnetismo es la fuerza de atracción o repulsión que se produce en algunas sustancias, especialmente aquellas que contienen hierro y otros metales como níquel y cobalto, fuerza que es debida al movimiento de cargas eléctricas.

Construcción

Este instrumento está formado por una caja hermética, en cuyo interior hay una pieza formada por dos agujas de acero magnetizadas alrededor de las cuales se ha ensamblado una rosa de rumbos. Este conjunto se apoya a través de una piedra preciosa, para minimizar rozamientos, sobre un eje vertical acabado en punta, de forma que su equilibrio sea lo más estable posible. La caja suele estar llena de un líquido no ácido, normalmente queroseno, para reducir las oscilaciones, amortiguar los movimientos bruscos, aligerar el peso de la rosa de rumbos, y lubricar el punto de apoyo.

La rosa de rumbos está graduada de 5° en 5° , con marcas más grandes cada 10° , y cada 30° un número sin el cero final. Las orientaciones de los cuatro puntos cardinales se representan con sus iniciales (**N**=North, **S**=South, **E**=East, **W**=West).

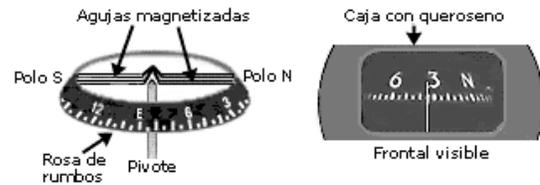


Fig.2.9.4 - Componentes de una brújula.

TUBO DE PITOT

Consiste en un tubo sencillo u otro dispositivo similar, de tamaño no muy grande, que suele estar montado, enfrentado al viento relativo, en el borde de ataque o debajo del ala, aunque en ciertos aeroplanos está colocado en el morro del avión o en el estabilizador vertical. Esta localización le pone a salvo de perturbaciones o turbulencias causadas por el movimiento del avión en el aire. Este dispositivo, tiene un pequeño agujero en la punta para recoger la presión de impacto, que debe permanecer siempre libre de cualquier impureza (insectos, etc..) que lo obstruya. Suele tener un pequeño orificio en la parte de abajo para facilitar su limpieza.

No es recomendable soplar este tubo para limpiarlo, pues esto podría causar daño a los instrumentos.

Cuenta también con una resistencia, accionable con un interruptor desde la cabina (pitot heat), que al calentarse impide la creación de hielo cuando se vuela en condiciones atmosféricas que propician su formación. Siempre que se vaya a entrar en condiciones de humedad visible, es conveniente conectar la calefacción del pitot para prevenir la formación de este hielo, y una vez desaparecidas estas condiciones, desconectarla para evitar

desgastes y falsas indicaciones debido a la temperatura.

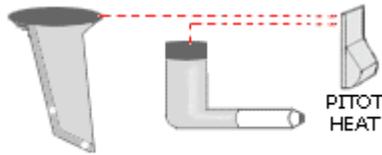


Fig.2.2.1 - Tipos de tubo pitot.

TOMAS ESTATICAS

Como su propio nombre indica, toman la presión del aire libre en que se mueve el avión. Son unos orificios, protegidos por alguna rejilla o similar, que normalmente están situados en el fuselaje porque es donde sufren menos perturbaciones. Lo usual es que estas tomas sean dobles, una a cada lado del fuselaje, y sus conducciones se conecten en forma de Y en una sola para compensar posibles desviaciones, sobre todo en los virajes ceñidos en que una toma recibe mayor presión estática que otra. Estas tomas, salvo en aviones capaces de volar en zonas de muy baja temperatura, no necesitan de protección anti hielo debido a su ubicación. Igual que el tubo pitot deben mantenerse limpias de impurezas.

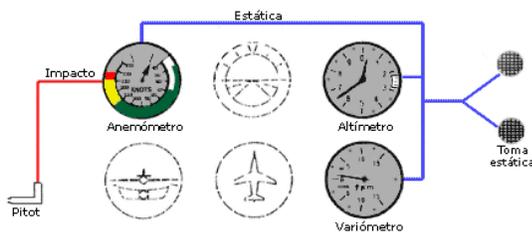


Fig.2.2.2 - Sistema de pitot y estática.

ALTIMETRO

El altímetro muestra la altura a la cual está volando el avión. El hecho de que sea el único aparato que indica la altitud del aeroplano hace del altímetro unos de los instrumentos más importantes. Para interpretar su información, el piloto debe conocer sus principios de funcionamiento y el efecto de la presión atmosférica y la temperatura sobre este instrumento.



Fig.2.3.1 - Altimetro

Construcción

El altímetro consiste en una caja cilíndrica, dentro de la cual hay una o más cápsulas aneroides hechas con una fina capa de metal, por ejemplo cobre, a modo de membranas herméticas, y taradas con una presión estándar. Una toma conectada al sistema de estática permite la entrada de la presión atmosférica dentro de la caja, presión

que aumenta o disminuye conforme el avión desciende o asciende respectivamente.

Así pues, la diferencia de presión entre la caja y el interior de las cápsulas aneroides, provoca que estas últimas se dilaten o contraigan, movimiento que, adecuadamente calibrado, se transmite mecánicamente a un sistema de varillas y engranajes que hacen moverse las agujas del altímetro.

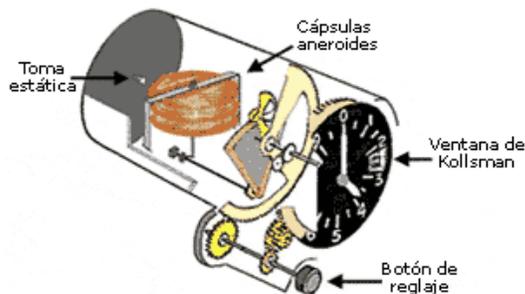


Fig.2.3.2 - Construcción del altímetro.

Lectura del altímetro

Generalmente, el dial está graduado con números que van de 0 a 9 en el sentido de las agujas del reloj, con divisiones intermedias de 20 en 20 pies. Aunque su lectura no debería presentar ninguna dificultad, se debe prestar atención a la forma en que se muestra la altitud, debido a que puede hacerse mediante agujas (dos o tres), mediante contadores, o de forma mixta.

Si el altímetro tiene dos agujas, que es lo habitual en aviones ligeros, la menor

indica miles de pies y la mayor centenas de pies; una indicación en forma de cuña es visible a altitudes por debajo de 10000 pies e invisible por encima de esa altitud. Si tiene tres agujas, la más pequeña indica decenas de miles, la intermedia miles y la mayor centenas de pies. Si el altímetro presenta la altura solo mediante agujas indicadoras, se deben leer estas de menor a mayor tamaño, como un reloj.



Fig.2.3.3 - Lectura del altímetro de dos agujas.

Presiones referenciales

Según hemos visto, el altímetro presenta en unidades de altitud los cambios de presión de la atmósfera real respecto a la presión según la atmósfera tipo con que están calibradas las cápsulas aneroides. Con esta premisa, este instrumento solo mostraría la altitud correcta si los valores atmosféricos coincidieran con los de la atmósfera tipo. Pero como es bastante improbable que las condiciones reales coincidan con las estándar, además de que estas condiciones cambian continuamente y son distintas de un lugar a otro, el altímetro sería poco fiable y el vuelo se haría arriesgado si no fuera por la posibilidad de ajustarlo y compensarlo para situaciones no estándar.

Este ajuste se hace mediante el botón de reglaje, que permite seleccionar una presión de referencia que se irá mostrando en la ventanilla de calibración a medida que se gira el botón. La escala mostrada en esta ventana puede estar graduada en milibares, en pulgadas de mercurio o ambas. Al seleccionar una presión de referencia, en realidad se está ajustando la marcación de las agujas a la dilatación que en ese momento tienen las cápsulas aneroides en condiciones de atmósfera real. Un símil: para que un reloj marque la hora correcta, primero hay que ponerlo en hora, es decir ajustar las manillas con la maquinaria que las mueve, en base a la hora real.

VARIOMETRO

El variómetro o indicador de velocidad vertical muestra al piloto dos cosas: a) si el avión está ascendiendo, descendiendo, o vuela nivelado; b) la velocidad vertical o régimen, en pies por minuto (f.p.m), del ascenso o descenso. Este instrumento también se denomina abreviadamente VSI (Vertical Speed Indicator).



Fig.2.4.1 - Variómetro.

Construcción

Este instrumento consiste en una caja hermética, salvo un pequeño orificio calibrado en fábrica que la conecta al sistema de estática. Dentro de esta caja hay una membrana o diafragma acoplado a unas varillas y engranajes que amplifican su movimiento y lo transmiten a la aguja indicadora. Este diafragma recibe también la presión atmosférica desde el sistema de estática.

Cuando el aeroplano está en el suelo o en vuelo nivelado, la presión dentro de la membrana y la existente en la caja son iguales y la aguja debe marcar cero si el instrumento está bien calibrado. Pero cuando el avión asciende o desciende, la membrana acusa inmediatamente el cambio de presión (altura) mientras que en la caja este cambio se produce gradualmente debido a la toma por el orificio calibrado. Esta diferencia de presión hace que la membrana se dilate o contraiga, movimiento que a través del sistema de varillas y engranajes se transmite a la aguja indicadora. En otros casos, la presión solo incide en el interior de la membrana y se transmite a la caja por el orificio calibrado, situado en este caso en la membrana. El funcionamiento es el mismo; la membrana acusa el cambio de presión de forma inmediata en tanto en la caja se percibe gradualmente a través del orificio de la membrana.



En la medida que el avión continúe en ascenso o descenso seguirá existiendo diferente presión entre el interior y el exterior de la membrana y esto se reflejará en la aguja indicadora; pero al nivelar el avión las presiones tenderán a igualarse y la aguja deberá marcar cero.

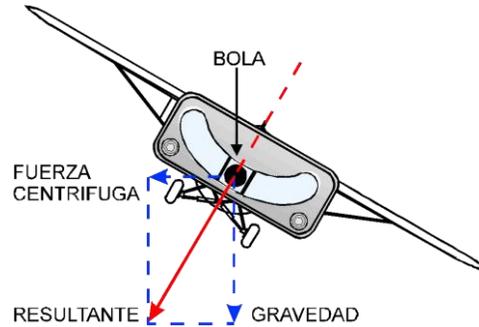


Fig.2.4.2 - Modelo de variómetro.

INCLINOMETRO

Este instrumento indica los derrapes y resbales y consiste en un tubo de cristal curvado, con líquido en su interior, dentro del cual se desliza libremente una bola de ágata o acero. La bola se desplaza siguiendo las fuerzas centrífugas que afectan al avión.

Si los movimientos del avión fueran coordinados, la bola debería permanecer centrada; en el caso de que no lo sean, la bola se desplazaría del centro, indicando un derrape o un resbale, según la fuerza que la afecte.



Fuente: Manual De Piloto Privado

Resbale

Se produce cuando el movimiento del pedal respecto a la palanca esta desproporcionado, o sea, el alabeo no está compensado con la dirección.

Derrape

Se produce cuando el movimiento de la palanca respecto al pedal es desproporcionado, o sea, la dirección no es compensada con la palanca.



ANEMOMETRO

El indicador de velocidad aerodinámica o anemómetro (fig.2.5.1) es un instrumento que mide la velocidad *relativa* del avión con respecto al aire en que se mueve, e

indica esta en millas terrestres por hora "m.p.h.", nudos "knots" (1 nudo=1 milla marítima por hora), o en ambas unidades.

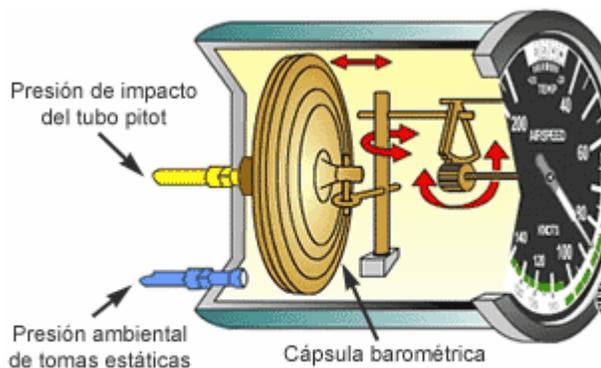


Fig.2.5.2 - Construcción del indicador de velocidad

En los manuales de operación no hay casi ninguna maniobra que no refleje una velocidad a mantener, a no sobrepasar, recomendada, etc. además de que la mayoría de los números, críticos y no tan críticos, con los que se pilota un avión se refieren a velocidades: velocidad de pérdida, de rotación, de mejor ascenso, de planeo, de crucero, de máximo alcance, de nunca exceder, etc.

Para el piloto, este instrumento es uno de los más importantes, quizá el que más, puesto que aquel puede servirse de la información proporcionada para:

- Limitar: por ejemplo no sobrepasar la velocidad máxima de maniobra.
- Decidir: por ejemplo cuando rotar y cuando irse al aire en el despegue.
- Corregir: por ejemplo una velocidad de aproximación incorrecta.

- Deducir: por ejemplo que el ángulo de ataque que mantiene es muy elevado.

En resumen, el anemómetro puede ser un magnífico auxiliar durante todas aquellas maniobras donde sea especialmente necesario el mejor control del ángulo de ataque, porque tal como se dijo en un capítulo anterior, este instrumento proporciona al piloto la mejor medida de dicho ángulo.

Construcción

Similar a los otros instrumentos basados en las propiedades del aire, consta de una caja sellada dentro de la cual hay una cápsula barométrica, cápsula aneroide o diafragma, conectada, mediante varillas y engranajes, a una aguja indicadora que pivota sobre una escala graduada (fig.2.5.2).

La cápsula barométrica mantiene en su interior la presión de impacto o total gracias a una toma que la conecta con el tubo pitot, mientras que en la caja se mantiene la presión ambiental que proviene de las tomas estáticas a través de otra conexión. La diferencia de presión entre el interior y el exterior de la cápsula aneroide hace que esta se dilate o contraiga, movimiento que calibrado adecuadamente se transmite de forma mecánica a la aguja indicadora por medio de varillas y engranajes.



En el suelo y con el avión parado, la presión de impacto y la estática son iguales y por lo tanto este instrumento marcará cero. Pero con el avión en movimiento, la presión de impacto será mayor que la presión en las tomas estáticas; esto hará que el diafragma se expanda y mueva la aguja del indicador en proporción a esta diferencia. En la medida que el avión acelere o decelere, el aumento o disminución de la presión diferencial hará que la aguja indique el incremento o disminución de velocidad.

El frontal visible de este instrumento, consta básicamente de una esfera con una escala numerada, una aguja indicadora, y alrededor de la escala numerada unas franjas de colores. Algunos tienen además unas ventanillas graduadas y un botón giratorio de ajuste. En este mismo capítulo, se explica el significado de esta escala de colores, y para que sirve y como se maneja el botón de ajuste.

Fuente: Manual del Piloto Privado

Nomenclatura de velocidades

La mayoría de los manuales de operación utilizan una nomenclatura de velocidades, que derivan, como no, de las correspondientes siglas en inglés. En algunos casos estas siglas están precedidas por la letra K "Knots - nudos" para significar que el valor

correspondiente esta expresado en dicha unidad, como por ejemplo KIAS para la velocidad indicada, KCAS para velocidad calibrada, etc.

Velocidad Indicada IAS (Indicated Airspeed)

Es la velocidad leída directamente del anemómetro (sin correcciones) y en ella se basan los constructores para determinar las performances del aeroplano: las velocidades de despegue, ascenso, aproximación y aterrizaje son normalmente velocidades IAS.



Fig.2.5.1 - Indicador de velocidad.

Velocidad Calibrada CAS (Calíbrate Airspeed)

Es la IAS corregida por posibles errores del propio instrumento y su instalación. Aunque los fabricantes intentan reducir estos errores al mínimo, como es imposible eliminarlos totalmente en todas las escalas de velocidades optan por la mejor calibración en aquellas en las cuales vuela el avión la mayor parte



del tiempo: el rango de velocidades de crucero. En la tabla siguiente, obtenida del manual de operación de un determinado aeroplano, se observa que en velocidades cercanas al rango de crucero el error de medición es nulo o mínimo; máximo a bajas velocidades e intermedio en velocidades superiores al régimen de crucero.

Ejemplo de tabla de conversión de IAS a CAS.

Flaps 0°	IAS	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
	mph	66	75	83	92	101	110	119	128	137	146
Flaps 40°	IAS	60	70	80	90	100	110	120			
	mph	64	72	81	90	99	108	117			

Fuente: Manual Del Piloto Privado

Los manuales de operación suelen incluir unas tablas similares a la anterior o unos gráficos (fig.2.5.3) que muestran la CAS que corresponde a

Cada IAS.

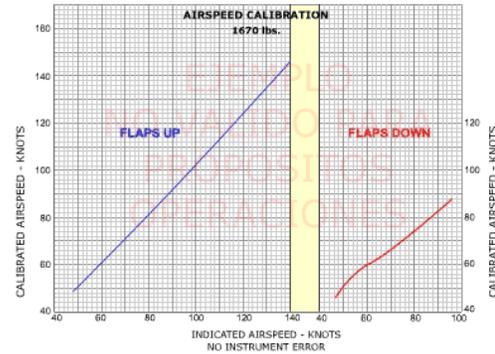


Fig.2.5.3 - Conversión de velocidad indicada a calibrada.

Fuente Manual del Piloto Privado

**Equivalent Air Speed EAS
Velocidad equivalente de viento**

Cuando el avión vuela muy rápido aparece un nuevo error de medición, debido al efecto de la compresibilidad del aire, este error no es importante a velocidades inferiores a 450 km/h o por de bajo de los 3000 m de altura.

Código de colores

Para recibir la certificación de la F.A.A. aviones fabricados a partir de 1945 que tengan un peso de hasta 12500 lb. (5670 kg), deben contar con un anemómetro conforme con un sistema de marcas de colores estándar (fig.2.5.7). Este sistema de marcas de colores permite al piloto determinar a simple vista ciertas limitaciones de velocidad que son importantes para manejar el avión con seguridad. Por ejemplo: si durante la ejecución de una maniobra el piloto observa que la



aguja está en el arco amarillo y se va acercando con rapidez a la marca roja, la reacción inmediata debería ser reducir la velocidad. Las marcas de colores y su traducción a velocidades IAS son las siguientes:

Arco blanco - Velocidades de operación con flaps extendidos, o velocidades a las cuales se pueden extender los flaps sin sufrir daños estructurales. El extremo inferior de este arco corresponde a la velocidad de pérdida con los flaps totalmente extendidos, peso máximo, motor al ralentí y tren de aterrizaje abajo (V_{S0}). El extremo superior indica la velocidad límite de extensión de los flaps (V_{FE}). Los flaps deben deflectarse únicamente en el rango de velocidades del arco blanco. Las velocidades de aproximación y aterrizaje suelen estar comprendidas en el rango del arco blanco.

Arco verde - Velocidades de operación normal del avión, la mayoría del tiempo de vuelo ocurre en este rango. El extremo inferior corresponde a la velocidad de pérdida con el avión limpio (flaps arriba), peso máximo, motor al ralentí y tren de aterrizaje abajo (V_{S1}). El extremo superior marca el límite de la velocidad normal de operación (V_{NO}), límite que no debe ser excedido salvo en aire no turbulento, y en ese caso además con mucha precaución. En este rango de velocidades el avión no tendrá

problemas estructurales en caso de turbulencias moderadas.

Arco amarillo - Margen de precaución. En este rango de velocidades solo se puede volar en aire no turbulento y aún así no deben realizarse maniobras bruscas que podrían dañar el avión.



Fig.2.5.7 - Códigos de colores en anemómetro.

Fuente Manual del Piloto Privado

Línea roja - Velocidad máxima de vuelo del avión (V_{NE}) o velocidad de nunca exceder (ne=never exceed). Esta velocidad no debe ser nunca rebasada ni siquiera en aire sin turbulencias so pena de producirle al aeroplano daños estructurales. Este límite viene impuesto por la capacidad de resistencia de las alas, estabilizadores, tren de aterrizaje, etc.



Arco blanco	Rango de operación con flaps.
Límite inf.	Velocidad de pérdida con full flaps.
Límite sup.	Velocidad máxima con flaps extendidos.
Arco verde	Rango de operación normal.
Límite inf.	Velocidad de pérdida con flaps arriba.
Límite sup.	Velocidad máxima operación normal.
Arco amarillo	Rango de operación con riesgo estructural.
Límite inf.	Velocidad máxima operación normal.
Límite sup.	Velocidad de nunca exceder.
Línea roja	Velocidad de nunca exceder.

Fig.2.5.8 - Resumen de códigos de colores.

Fuente Manual del Piloto Privado

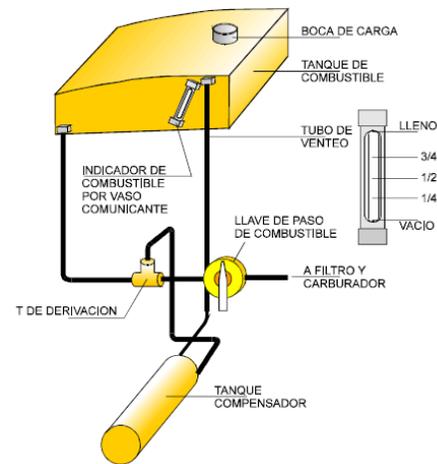
INDICADORES DEL MOTOR

INDICADOR DE COMBUSTIBLE

El indicador de cantidad de combustible consta de un tubo de vidrio que está conectado en la parte inferior del tanque y en la parte superior del mismo. La referencia de la cantidad de combustible se determina mediante la posición en la que se encuentra este a lo largo del tubo. Este tubo se encuentra sobre el lateral del ala izquierda en la parte interna del habitáculo.

En la figura se puede observar el circuito del combustible, que consta de tres componentes más: la T de derivación, el tanque compensador y la llave de paso. Cuando el avión realiza un viraje a la izquierda o una picada pronunciada, la salida de combustible por el tanque queda inhabilitada, ya

que todo el combustible se vuelca hacia la posición inversa en la que se encuentra la toma principal, allí es donde comienza a trabajar el tanque compensador entregando el combustible al circuito hasta tanto no se restablezca la posición o se agote el combustible en el tanque compensador. Una vez restablecida la posición o haciendo viraje a la derecha vuelve a llenarse el tanque compensador. Por lo tanto debe tomarse en cuenta de no realizar virajes a la izquierda prolongados.

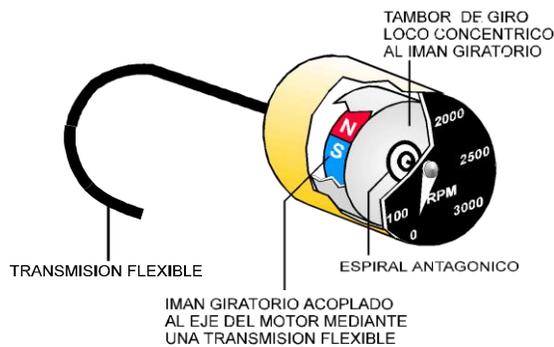


TACOMETRO

Dispositivo para medir el número de revoluciones a lo largo de un intervalo de tiempo conocido, o mediante un instrumento que determina directamente el número de revoluciones por minuto o por segundo. En el caso del tacómetro del

avión, este consiste en un cable flexible unido al eje del motor, que hace girar un imán permanente dentro de un tambor de aluminio. Esto induce un campo magnético que tiende a arrastrar el tambor, que rodea al imán. El tambor está restringido por un espiral antagónico y

Cuanto mayor es la velocidad del motor, más fuerza se ejerce sobre el tambor y más alta es la desviación de la aguja.



Fuente Manual del Piloto Privado

MANOMETRO

En los aparatos modernos se emplean por lo regular dos cajas de membrana. Sobre ambas cajas presiona desde afuera la presión atmosférica. En el interior de la caja abierta actúa la presión de carga. Ambas cajas trabajan sobre el indicador a través de varillaje diferencial y de una cremallera. La caja sin aire compensa la variación de presión exterior.

INDICADOR DE PRESION DE ADMISION (MANIFOLD)

Este instrumento es utilizado en conjunto con el tacómetro para ajustar la potencia en motores equipados con hélice de paso variable, su función es medir la presión de la mezcla de aire-combustible inyectada a los cilindros del motor, cuando el motor está parado el instrumento debe indicar la presión atmosférica, al ir aplicando motor, la presión de admisión aumentará proporcionalmente a la posición de la palanca del motor, “los gases”.



Fuente: Google

Como se mencionó con anterioridad ambos instrumentos trabajan en conjunto, para unas rpm dadas hay una presión de admisión que nunca debe sobrepasarse, ya que al hacerlo puede someterse a los cilindros a un exceso de presión y si fuera repetido frecuentemente, el resultado sería la rotura del motor, por lo que se puede decir que la relación rpm-presión de admisión máxima para cada ajuste es importante ya que es perjudicial para el motor la alta presión de admisión con bajas rpm.

INDICADOR DE PRESIÓN DE ACEITE

Este instrumento está conformado de un tubo curvado, tipo bourdon con una conexión mecánica para recoger la presión dentro del tubo. Como todos es importante porque pueden causar daños muy serios si el motor está funcionando sin presión de aceite el mismo.



Fuente Google

INDICADOR DE TEMPERATURA DE ACEITE

Indica la temperatura del aceite a su entrada en el motor, se encuentra por lo normal junto al indicador de presión de aceite, la temperatura de aceite no reacciona tan rápido como la presión y se debe esperar a que el motor este caliente antes de hacer pruebas o iniciar un despegue.



Fuente Google

INDICADOR DE PRESIÓN DE COMBUSTIBLE

Este va instalado en aquellos aviones que utilizan una bomba de combustible para indicar su presión. En los aviones de ala alta donde el combustible fluye por gravedad al motor no son necesarios, normalmente va instalado en el carburador, si indica una presión por debajo de la presión normal quiere decir que la bomba que se mueve por el motor no funciona y se debe reparar o accionar la bomba eléctrica para abastecer de combustible.



Fuente Google



INDICADOR DE TEMPERATURA DE LA CULATA DE CILINDROS

En los motores de alta compresión o potencia, la refrigeración para mantener una temperatura adecuada en su operación es crítica y es controlada con éste dispositivo, el cual va instalada en el cilindro más caliente que es el más interior y menos refrigerado.



Fuente Google

AMPERÍMETRO

Indica cuando el generador o alternador esta cargando la batería, este suele ser el único instrumento relacionado con el sistema eléctrico del avión. Se completa con una luz roja, si éste permanece apagada cuando el generador de corriente eléctrica funciona correctamente. Se ilumina si el generador o alternador están defectuosos o cuando la batería se conecta estando parado el motor o bien si no hay suficientes rpm para generar energía.



Fuente Google

REFERENCIAS

Hernández Salazar, D. (2010). Instrumentos en cabina. Recuperado de http://pilotos-vatmex.weebly.com/uploads/2/2/1/9/22194172/manual_instrumentos_c-172_v04.pdf

Burting, G. (1985) Manual Aeronáutico Para el Piloto Barcelona: Paraninfo S.A. ISBN 84-283-1369-5

Rosario Saveedra, A. (1990) Manual del Piloto Privado Madrid: Pilots S.A. ISBN 84-7309-003-9

Muñoz, M. A. (octubre de 2015). Manual de Vuelo. Obtenido de <http://www.manualvuelo.com/INS/INS22.html> SOLÉ, A. C. (2012). Instrumentación Industrial. Marcombo.



Medidores de Flujo.

Benjamín Cali Roquel¹, Joel Rodrigo Arias Galindo¹, Daniel Alejandro Cortez de Leon¹, Celwin Fernando Gudiel Barrios¹, Jorge Alfredo Menéndez Ponciano¹, Raymond García Perez¹, Carlos Armando Quijé Villafuerte¹, Tomas Ricardo Irving¹, Carlos Raúl Cifuentes Rodas¹, Sergio Lionel Cabrera Morales¹, Jorge Iván Cifuentes Castillo²

*[jCIFuentes@ing.usac.edu.gt](mailto:jcifuentes@ing.usac.edu.gt)
201212564@ingenieria.usac.edu.gt*

1. Estudiante del curso de instrumentación mecánica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala.
2. Catedrático del curso de instrumentación mecánica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala.

ABSTRACT

Flow measurement in industrial processes is necessary for two main reasons: To determine the proportions by weight or by volume of the fluids introduced into a process, to determine the amount of fluid consumed by the process in order to compute costs. The flow of fluids in closed piping is defined as the amount of fluid flowing through a cross section of the pipe per unit time. This amount of fluid can be measured by volume or mass. Accordingly, it has volumetric flow or mass flow. Volumetric flow meters determine the volume of fluid, either directly (displacement) or indirectly (differential pressure, variable area, speed, strength, induced voltage, whirlpool).

Keywords: Flow, Industrial, Processes, Fluid, Volume, Speed.

RESUMEN

La medición de flujo en los procesos industriales se hace necesaria por dos razones principales: para determinar las proporciones en masa o en volumen de los fluidos introducidas en un proceso, para determinar la cantidad de fluido consumido por el proceso con el fin de computar costos. El flujo de fluidos en tuberías cerradas se define como la cantidad de fluido que pasa por una sección transversal de la tubería por unidad de tiempo. Esta cantidad de fluido se puede medir en volumen o en masa. De acuerdo a esto se tiene flujo volumétrico o flujo másico. Los medidores volumétricos determinan el caudal en volumen de fluido, bien sea directamente (desplazamiento) o indirectamente (presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza, tensión inducida, torbellino).

Palabras clave: Medición, Flujo, Procesos, Fluido, Costos, Tuberías, Flujo Másico.



1. FACTORES PARA LA ELECCIÓN DEL TIPO DE MEDIDOR DE FLUIDO.

Rango: Los medidores disponibles en el mercado pueden medir flujos desde varios mililitros por segundo (ml/s) para experimentos precisos de laboratorio hasta varios miles de metros cúbicos por segundo (m³/s) para sistemas de irrigación de agua o agua municipal o sistemas de drenaje. Para una instalación de medición en particular, debe conocerse el orden de magnitud general de la velocidad de flujo, así como el rango de las variaciones esperadas.

Exactitud requerida: Cualquier dispositivo de medición de flujo instalado y operado adecuadamente puede proporcionar una exactitud dentro del 5% del flujo real. La mayoría de los medidores en el mercado tienen una exactitud del 2% y algunos dicen tener una exactitud de más del 0.5%. El costo es con frecuencia uno de los factores importantes cuando se requiere gran exactitud.

Perdida de presión: Debido a que los detalles de construcción de los distintos medidores son muy diferentes, estos proporcionan diversas cantidades de pérdida de energía o pérdida de presión conforme el fluido corre a través de ellos. Excepto algunos tipos, los medidores de fluido llevan a cabo la medición estableciendo una restricción o un dispositivo mecánico en la corriente de flujo, causando así la pérdida de energía.

Tipo de Fluido: el funcionamiento de algunos medidores de fluido se encuentra afectado por las propiedades y condiciones del fluido. Una consideración básica es si el fluido es un líquido o un gas. Otros factores que pueden ser importantes son la viscosidad, la temperatura, la corrosión, la conductividad eléctrica, la claridad óptica, las propiedades de lubricación y homogeneidad.

Calibración: se requiere de calibración en algunos tipos de medidores. Algunos fabricantes proporcionan una calibración en forma de una gráfica o esquema del flujo real versus indicación de la lectura. Algunos están equipados para hacer la lectura en forma directa con escalas calibradas en las unidades de flujo que se deseen. En el caso del tipo más básico de los medidores, tales como los de cabeza variable, se han determinado formas geométricas y dimensiones estándar para las que se encuentran datos empíricos disponibles. Estos datos relacionan el flujo con una variable fácil de medición, tal como una diferencia de presión o un nivel de fluido.

2. TIPOS DE MEDIDORES DE FLUJO.

Medidores de flujo de cabeza variable Estos medidores funcionan en base a que cuando una corriente de fluido se restringe, su presión disminuye por una cantidad que depende de la velocidad de flujo a través de la restricción, por lo tanto, la diferencia de presión entre los puntos antes y después de la restricción puede utilizarse para indicar la velocidad del flujo. Los tipos más comunes de medidores de cabeza variable son el tubo venturi, la placa orificio y el tubo de flujo.

3. Medidores de flujo de área variable

El rotámetro es un medidor de área variable que consta de un tubo transparente que se amplía y un medidor de "flotador" (más pesado que el líquido) el cual se desplaza hacia arriba por el flujo ascendente de un fluido en la tubería. El tubo se encuentra graduado para leer directamente el caudal. La ranura en el flotador hace que rote y, por consiguiente, que mantenga su posición central en el tubo. Entre mayor sea el caudal, mayor es la altura que asume el flotador.

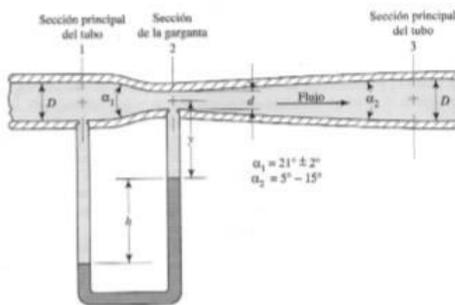
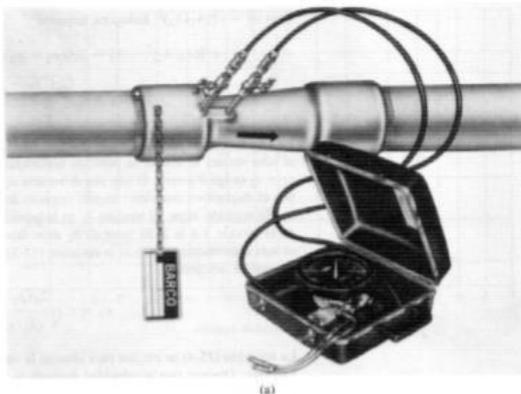


Imagen 1, medidor de flujo de área variable, Robert Mott (2006).

4. Fluxómetro de Turbina

El fluido provoca que el rotor de la turbina gire a una velocidad que depende de la velocidad de flujo. Conforme cada una de las aspas de

rotor pasa a través de una bobina magnética, se genera un pulso de voltaje que puede alimentarse de un medidor de frecuencia, un Contador electrónico u otro dispositivo similar cuyas lecturas puedan convertirse en velocidad de flujo. Velocidades de flujo desde 0.02 L/min hasta algunos miles de L/min se pueden medir con fluxómetros de turbina de varios tamaños.

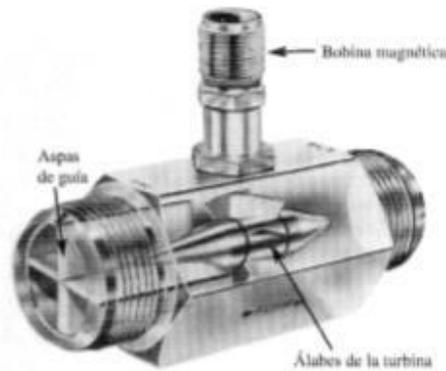


Imagen 2, fluxómetro de turbina, Robert Mott (2006).

5. Fluxómetro de Vórtice

Una obstrucción chata colocada en la corriente del flujo provoca la creación de vortices y se derrama del cuerpo a una frecuencia que es proporcional a la velocidad del flujo. Un sensor en el fluxómetro detecta los vortices y genera una indicación en la lectura del dispositivo medidor.

La diferencia en velocidad provoca que se generen capas de corte las cuales eventualmente se rompen en vortices en forma alternada sobre los dos lados del elemento de derramamiento. La frecuencia de los vortices creados es directamente proporcional a la velocidad del flujo y, por lo tanto, a la frecuencia del flujo del volumen.

Unos sensores colocados dentro del medidor detectan las variaciones de presión alrededor de los vortices y

generan una señal de voltaje que varía a la misma frecuencia que la de derramamiento del vortice. La señal de salida es tanto un cadena de pulsos de voltaje como una señal analógica de cd (corriente directa).

Los sistemas de instrumentación estándar con frecuencia utilizan una señal analógica que varía desde 4 hasta 20 mA cd (miliamperes de cd). Para la salida de pulso el fabricante proporciona un fluxómetro de factor-K que indica los pulsos por unidad de volumen a través del medidor.



Imagen 3, fluxómetro de vortice, Robert Mott (2006).

6. Fluxómetros de velocidad

Algunos dispositivos disponibles comercialmente miden la velocidad de un fluido en un lugar específico más que una velocidad promedio.

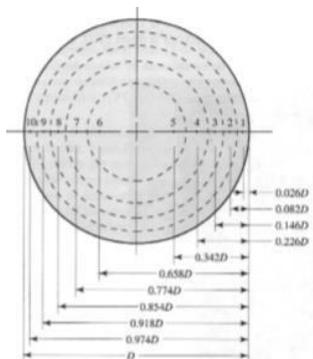


Imagen 4, puntos de medición de la velocidad dentro de un tubo, Robert Mott (2006).

7. Tubo pitot

Cuando un fluido en movimiento es obligado a pararse debido a que se encuentra un objeto estacionario, se genera una presión mayor que la presión de la corriente del fluido. La magnitud de esta presión incrementada se relaciona con la velocidad del fluido en movimiento. El tubo pitot es un tubo hueco puesto de tal forma que los extremos abiertos apuntan directamente a la corriente del fluido. La presión en la punta provoca que se soporte una columna del fluido. El fluido en o dentro de la punta es estacionario o estancado llamado punto de estancamiento.

Solo se requiere la diferencia entre la presión estática y la presión de estancamiento para calcular la velocidad, que en forma simultánea se mide con el tubo pitot estático.

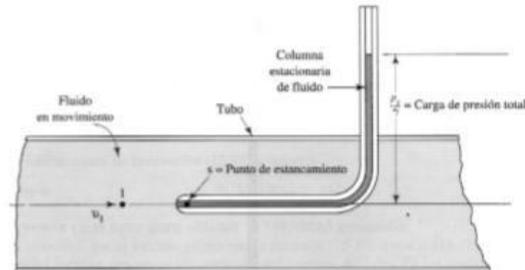


Imagen 5, tubo Pitot, Robert Mott (2006).

8. Fluxómetro electromagnético

Su principio de medida está basado en la Ley de Faraday, la cual expresa que al pasar un fluido conductivo a través de un campo magnético, se produce una fuerza electromagnética (F.E.M.), directamente proporcional a la velocidad del mismo, de donde se puede deducir también el caudal.

Está formado por un tubo, revestido interiormente con material aislante. Sobre

dos puntos diametralmente opuestos de la superficie interna se colocan dos electrodos metálicos, entre los cuales se genera la señal eléctrica de medida. En la parte externa se colocan los dispositivos para generar el campo magnético, y todo se recubre de una protección externa, con diversos grados de seguridad.

El flujo completamente sin obstrucciones es una de las ventajas de este medidor. El fluido debe ser ligeramente conductor debido a que el medidor opera bajo el principio de que cuando un conductor en movimiento corta un campo magnético, se induce un voltaje.



Imagen 6, *fluxómetro electromagnético*, Robert Mott (2006).

9. Fluxómetro de ultrasonido

Consta de unas sondas, que trabajan por pares, como emisor y receptor. La placa piezo-cerámica de una de las sondas es excitada por un impulso de tensión, generándose un impulso ultrasónico que se propaga a través del medio líquido a medir, esta señal es recibida en el lado opuesto de la conducción por la segunda sonda que lo transforma en una señal eléctrica.

El convertidor de medida determina los tiempos de propagación del sonido en sentido y contrasentido del flujo en un medio líquido

y calcula su velocidad de circulación a partir de ambos tiempos. Y a partir de la velocidad se determina el caudal que además necesita alimentación eléctrica.

10. Medidores de caudal en tuberías

Los fluidos están presentes en la mayoría de los procesos industriales, ya sea porque intervienen en forma directa en el proceso de producción o porque pertenecen a los circuitos secundarios necesarios. Sea por la razón que sea, los fluidos están ahí y, por tanto, hay que controlarlos, para lo que es necesario saber en todo momento cuáles son las principales características de los fluidos, que pueden variar mucho de una aplicación a otra. En el mercado existe una gran variedad de medidores, tanto desde el punto de vista de tamaños y rangos de operación como de principios de funcionamiento. Esto es debido a que se intenta conseguir la máxima precisión para la mayor cantidad de aplicaciones.

Los medidores a tratar en este artículo, se utilizan para estimar el gasto en determinada sección de la tubería, y se clasificaran como; medidores volumétricos y másicos, teniendo en cuenta que ambos pueden servir para la misma aplicación, ya que volumen y masa son proporcional entre sí.

11. Principios de funcionamiento

El principio de funcionamiento es el fenómeno físico en que se basa el medidor, y es una característica de diseño. Para los medidores de caudal volumétricos, los principales sistemas



son presión diferencial, área variable, velocidad, tensión inducida, desplazamiento positivo y vórtice. Para los másticos se deben destacar el sistema térmico y el sistema basado en la fuerza de Coriolis.

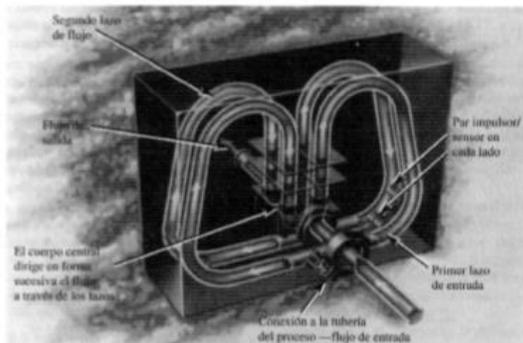


Imagen 7, tubo de flujo mástico de Coriolis, Robert Mott (2006).

12. Cinemática del flujo de fluidos:

La cinemática estudia cómo se mueven las cosas. Por ejemplo, en el motor de un automóvil existe una relación entre el movimiento rotacional del cigüeñal y de los movimientos del pistón, la biela, las válvulas, el engranaje de la distribución del encendido, etc. Estos se relacionan mediante las restricciones que los acoplamientos entre los componentes imponen. En un fluido, no existe una relación equivalente entre los movimientos de las partículas distantes en virtud de que las partículas de los fluidos no se encuentran rígidamente unidas entre sí como sucede con las partes del motor de un automóvil. No obstante, no toda clase de movimiento de fluido resulta posible, y existen restricciones en el movimiento de un fluido que pueden expresarse en términos de una descripción cinemática del flujo de un fluido.

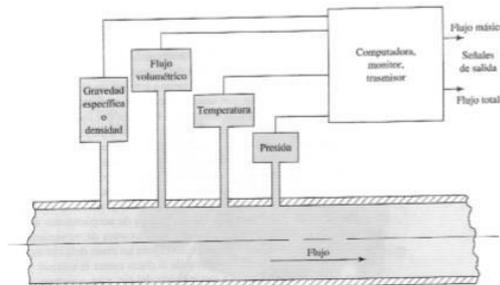


Imagen 8, medidor de flujo mástico por medio de sensores múltiples, Robert Mott (2006).

13. Líneas y trayectorias de corriente:

En el lenguaje coloquial, la palabra línea de corriente connota un flujo suave, como si estuviera en un cuerpo de corriente lineal. En mecánica de fluidos, las líneas de corriente tienen un significado preciso.

Una línea de corriente es una línea en un campo de flujo tangente en todo lugar al vector de velocidad V en cada punto a lo largo de la línea de corriente para cualquier instante de tiempo t . Es posible pensar que el campo de fluido está lleno de líneas de corriente. Un tubo de corriente es una superficie que forma parte del flujo formada por líneas de corriente y cerrada que da lugar a un tubo con área de sección transversal variable.

Clasificación cinemática de un flujo: Flujos estacionarios: son aquellos para los cuales no hay variación con respecto al tiempo de las variables del flujo.

Flujo casi unidimensional: es aquel que depende de dos variables espaciales, aunque la dependencia de una de ellas es tan pequeña que puede despreciarse al escribir los cambios que experimenta el flujo en la dirección de la otra dimensión.



3. CONCLUSIONES:

1. Es importante mantener un control adecuado sobre los flujos que utilizamos al desarrollar procesos, ya sea para mantener la efectividad del sistema al más alto nivel, o para realizar análisis de laboratorio útiles para la optimización de procesos de terceras personas.

2. El conocer los diferentes tipos de medidores de flujo nos permite seleccionar el más adecuado, tanto en exactitud como en precio, a nuestro proyecto, lo cual nos brindará mejores resultados de eficiencia.

14. REFERENCIAS:

1. Rivas, R., Sánchez, C., Ghraizi, A. & Perán J. (2000). Localización: Automática e instrumentación. ISBN: 0213-3113.

2. Katsuhiko Ogata, Ingeniería de Control Moderna (4ta edición): Pearson. ISBN: 84-205-3678-4.

3. Antonio Creus Solé (2011). Instrumentación

Industrial, Octava Edición, México, ISBN: 978-607-707042-9

4. Robert L. Mott (2006). Mecánica de fluidos, Sexta Edición, México, ISBN: 970-26-0805-8

5. Ballester. A. Fernández.. Medida y Evaluación de las extracciones de agua subterránea, Madrid, España. Editor Instituto Tecnológico Geo minero de España, ISBN 84-7840-361-2

PROTOTIPO

El prototipo fue realizado en base a un contador de agua residencial. El cual es un instrumento que permite contabilizar el caudal de agua que pasa a través de él. En este caso se utilizó un medidor volumétrico. Este instrumento se instala en línea con la tubería que transporta el fluido.



Instrumentación y Control de una Planta Generadora de Energía Eólica

Cristian Arrecis¹, Antonio Camacho¹, Fernando Duarte¹, Daniel Mendoza¹, Juan Manuel Pérez¹, Saúl Santiago Sandoval¹, William Tic¹, Willmer Vásquez¹, Jorge Ivan Cifuentes²

201113834@ingenieria.usac.edu.gt
jcifuentes@ing.usac.edu.gt

1. Estudiante del curso de instrumentación mecánica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala 01012
2. Catedrático del curso de instrumentación mecánica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala 01012

ABSTRACT

This article aims to inform what kind of instrumentation and control must be in a wind power generating plant. It has a structure which twelve pages were made with the relationship at work and investigation of this type of industry. In the first pages you can find the parameters and activities that should be considered and appropriate instrumentation to perform different activities, intermediate pages are beginning to address the issue of control that best suits the system wind power generation

Keywords: Onshore, TLC, TCM, instrumentation, turbine, turbine, Tip Speed Ratio (TSR), power coefficient (Cp), anemometer, Instruments, energy generation.

RESUMEN

El presente artículo busca informar que tipo de instrumentación y control debe de tenerse en una planta generadora de energía eólica. Cuenta con una estructura de doce paginas las cuales se hicieron con la relación que existe en el trabajo e investigación de este tipo de industria. En las primeras páginas se puede encontrar los parámetros y actividades que deben tomarse en cuenta así como la instrumentación adecuada para realizar las diferentes actividades, en las páginas intermedias se empieza a abordar el tema del control que más se adecua al sistema de generación de energía eólica

Palabras clave: Onshore, TLC, TCM, instrumentación, turbina, aerogenerador, mega watts (MW), Tip Speed Ratio (TSR, Relación de Velocidad de Punta), Coeficiente de Potencia (Cp), anemómetro, Instrumentos, eólico, viento, energía, generación.



La fluctuación constante del precio de los combustibles fósiles, la dependencia que el país tiene de dichos combustibles para la generación de energía y la creciente contaminación que incide directamente en el efecto invernadero y como consecuencia en el cambio climático hace necesario que la matriz energética se vea con el componente de energía eólica.

De los lugares en donde se cuenta con datos del comportamiento del viento, no todos son susceptibles de generar electricidad para interconectarse a la red, ya que para poder utilizar la energía del viento, es necesario que este alcance una velocidad mínima que depende del aerogenerador que se utilice pero que suele empezar entre los 3 m/s y los 4 m/s, velocidad llamada “cut-in speed”, y que no supere los 25 m/s, velocidad llamada “cut-out speed”.

La energía eólica se considera una forma indirecta de la energía solar, puesto que el sol, al calentar las masas de aire, produce un incremento de la presión atmosférica, y con ello, el desplazamiento de estas masas a zonas de menor presión. Así se da origen a los vientos como un resultado de este movimiento, cuya energía cinética puede transformarse en energía útil, para bombeo de agua, generación de energía eléctrica, entre otros.

El funcionamiento básico de un aerogenerador consiste en la conversión de la energía cinética del corriente de aire en energía mecánica mediante la rotación del rotor. El rotor propulsa un alternador

con el fin de generar energía eléctrica para su consumo o almacenamiento. Estos aerogeneradores suelen ubicarse en aglomeraciones de determinadas cantidades, formando parques eólicos, sobre todo en zonas montañosas con abundancia de viento

Parámetros representativos del potencial eólico

A la hora de evaluar un emplazamiento hay que determinar las características del viento en el mismo, para lo cual habrá que considerar cada uno de los siguientes aspectos.

- a)
 - Condiciones generales del viento en un emplazamiento (medias diarias, estacionales, anuales (Datos de 10 minutos a 1 hora de promedio))
 - Condiciones meteorológicas (temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, densidad del aire)
 - Distribución de frecuencias de dirección.
 - Variación temporal de la velocidad.
 - Potencial eólico disponible.
- b) Características del viento para el funcionamiento del sistema. (Datos de 10 minutos a 1 hora de promedio.) Perfil vertical de velocidad horizontal.
- c) Variaciones temporales.
- d) Relaciones con la dirección.



- Variación de la velocidad vertical
- e) Relaciones entre el viento vertical y la dirección.

f)

- Relaciones entre el viento vertical y el horizontal. (Datos de 1 minuto a 10 minutos de promedio.)
 - Factores de ráfaga.
- g)
- Relaciones entre la velocidad, dirección y factor de ráfagas.
 - Características de la turbulencia
 - Relaciones entre dirección y turbulencia.
 - Relaciones entre velocidad y turbulencia.
 - Desviación de la velocidad

Toma de Medidas

Instrumentación

Los instrumentos de medida necesarios en energía eólica son:

- Anemómetros para medir la velocidad del viento.
- Veletas para medir la dirección.
- Termómetros para medir la temperatura ambiente del aire.
- Barómetros para medir la presión atmosférica ambiental.

En general, la señal que proviene de los instrumentos de medida está conectada a un sistema de registro de diversos tipos:

- Un dispositivo de integración.
 - Un indicador.
- Un dispositivo de grabación, por ejemplo, el soporte magnético o electrónico.

15. Anemómetros:

Son los instrumentos utilizados para determinar la velocidad del viento. Pueden clasificarse según su principio de operación.

- Anemómetros de copela
- Anemómetros de hélice

Anemómetro de copela: Este instrumento consiste en un conjunto de tres copelas centralmente conectadas a un eje vertical para la rotación. De acuerdo al diseño, por lo menos una copela está enfrentando siempre el viento que viene de frente. La forma aerodinámica de las copelas convierte la fuerza de presión del viento en torque rotatorio. La rotación de la copela es casi linealmente proporcional a la velocidad del viento sobre un rango especificado. Un transductor dentro del anemómetro convierte este movimiento rotatorio en una señal eléctrica que se envía a través de un cable a un data logger. El data logger usa entonces el conocido “multiplicador” que, por medio del constante desplazamiento de las copelas puede calcular la velocidad del viento real.

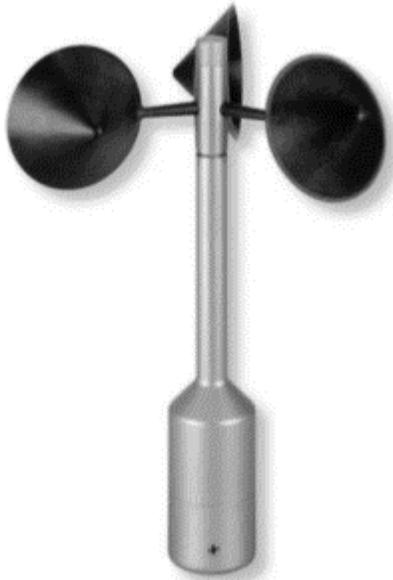


Fig. 1 Anemómetro de copela

Fuente: Curso Energía Eólica 2008 (Ing. Di Prátula)

Anemómetros de hélice: Este instrumento consiste en una hélice (o sostén) montado sobre un eje horizontal que se orienta en el viento a través del uso de una veleta. El anemómetro de hélice también genera una señal eléctrica proporcional a la velocidad del viento.

El sensor del viento más popular para las medidas de recurso eólico son los anemómetros NRG y el BAPT, de tres copelas. Han demostrado fiabilidad a largo plazo y estabilidad de la calibración. El ensamble de las copelas se hace de plástico de policarbonato negro amoldado para el NRG y de acero inoxidable para el BAPT.

El uso de anemómetro(s) convencional se recomienda para minimizar el riesgo de pérdida de datos de velocidad de viento a una altura dada debido a la falla de un sensor primario. Un sensor convencional está montado en el mismo nivel con el sensor primario pero situado para no

interferir con las mediciones de viento del sensor primario. El sensor convencional también puede usarse para proveer los datos de sustitución cuando el sensor primario está siguiendo a la torre (Es decir, cuando la dirección de viento pone el sensor primario directamente a favor del viento de la torre, produciendo datos erróneos). Generalmente, será menos caro proporcionar redundancia del sensor que la conducta una visita al sitio no programada para reemplazar o reparar un sensor fallado.



Fig. 2 Anemómetro de hélice

Fuente: NRG Systems

Medida de la dirección del viento

El elemento empleado tradicionalmente para medir la dirección del viento es una veleta, que consiste en un dispositivo montado sobre un eje vertical y de giro libre, de tal modo que puede moverse cuando el viento cambia de dirección. Normalmente, el movimiento de la veleta está amortiguado para prevenir cambios demasiado rápidos de la dirección del viento.

Así mismo, puede obtenerse una medida de la dirección del viento resolviendo los registros de salida de dos anemómetros de



hélice dispuestos ortogonalmente.

Dirección de viento

Una veleta de viento se usa para medir dirección de viento. El tipo de veleta de viento más familiar usa una aleta que se conecta a un eje vertical. La veleta constantemente busca una posición de equilibrio de fuerza encuadrándose en el viento. La mayoría de las veletas de viento usan un tipo de transductor potenciómetro cuya potencia de salida es una señal eléctrica a la posición de la veleta. Esta señal eléctrica se transmite por medio del cable a un data logger y relaciona las posiciones de la veleta a un punto de referencia conocido (normalmente norte verdadero). Por consiguiente, la alineación (u orientación) de la veleta de viento a un punto de referencia especificado es importante.



Fig.3 Veleta de viento

Fuente: Energéticas Renovables (CETER), de la CUJAE, La Habana, Cuba

Medida de la temperatura

La medida de la temperatura se utiliza para la determinación de la potencia suministrada, así como para evaluar la climatología local en emplazamientos de

parques eólicos. Los termómetros corrientes basados en un elemento de resistencia de platino son los más utilizados.

Poseen un transductor, un dispositivo de interfase y un escudo de protección por radiación. Como transductor se usan termistores, detectores térmicos de resistencia (RTDS) y semi-conductores. El data-logger utiliza una ecuación para evaluar la variación de magnitud del dispositivo utilizado para la medición de temperatura real del aire.



16. Fig. 4 Medidor de temperatura

Medida de la presión atmosférica

La presión atmosférica se utiliza para la determinación de la potencia suministrada en una instalación eólica. Generalmente se utiliza un barómetro meteorológico.

Poseen un transductor (generalmente piezométrico) y requieren una fuente de potencia externa generalmente.



Fig. 5 Medidor de Presión

Frecuencia y duración de las medidas

La frecuencia de las medidas depende fundamentalmente del uso destinado para los datos. Por ejemplo, la presión atmosférica, que varía muy lentamente, basta con realizar medidas cada 3 horas. Con las temperaturas, bastan los valores horarios.

En cambio, para una evaluación precisa del potencial eólico, es recomendable tomar muestras de valores de viento con una frecuencia de 5 a 10 segundos, y promedios en intervalos de 10 minutos a 1 hora. Para análisis detallados del funcionamiento de máquinas eólicas o estudios específicos de características de viento, como las ráfagas o turbulencias, se requieren frecuencias de toma de datos iguales o superiores a 1 Hz o intervalos de promedio del orden de 1 minuto.

La duración de las medidas también depende directamente del propósito de las mismas.

Si queremos instalar aerogeneradores en un determinado emplazamiento, las

directrices a seguir serán:

- Medir durante un periodo de tiempo lo más largo, práctica y económicamente posible. - Intentar medir en cada estación del año, dado que los patrones de la velocidad y dirección del viento son relativamente estacionales.
- Comparar con las medidas de otros lugares vecinos donde estén disponibles datos correspondientes a largos periodos de tiempo.
- Comparar las medidas con las tendencias regionales a largo plazo, ya que existen evidencias de que ocurren significantes variaciones climatológicas en la velocidad del viento.

Ubicación de los sensores

Los sensores han de estar ubicados en lugares bien expuestos a todas las direcciones y sin obstáculos en los alrededores.

La altura estándar de medición es de 10 metros sobre el suelo, con el fin de poder establecer comparaciones homogéneas.

En el caso de evaluación de una determinada máquina, conviene realizar las medidas a la altura del buje, con el fin de reducir las posibles incertidumbres.

Elección de los instrumentos de medida

Los factores fundamentales a tener en cuenta en la elección de un instrumento son los siguientes:



- Coste y fiabilidad - Sensibilidad
- Calibración adecuada, con el fin de garantizar la fiabilidad de los datos
- Robustez, soportar posibles daños
- Compatibilidad de las especificaciones de sensibilidad y fiabilidad del sistema completo.
- Accesibilidad del emplazamiento y disponibilidad y calidad de los datos.

Pruebas de puesta en marcha del equipo de generación eólica.

Otra etapa central al desarrollo del proyecto es la de puesta en servicio, en la cual se deben realizar pruebas de puesta en marcha de los equipos:

- Pruebas de carga de los generadores
- Pruebas de rechazo de carga
 - Coordinación y verificación de protecciones;
 - Verificación de aislaciones; medición de resistencia de bobinas
- Resistencia a tierra

También debe realizarse la medición de parámetros de calidad de servicio:

- potencia máxima generada
- potencia reactiva
- flickers
- medición de armónicos
- medición del factor de capacidad de la planta

Control de operación y sus estrategias

El control del sistema se lleva a cabo dependiendo de la zona de trabajo en la que se encuentre, la cual estará definida por la velocidad de viento y la potencia eléctrica entregada a la red. El objetivo principal es capturar la máxima energía disponible del viento posible aunque existen limitación (por parte del generador, de los convertidores, de los esfuerzos mecánicos de la turbina y sus componentes, etc.) que evitan que esto se pueda llevar a cabo en todos los rangos de operación.

Zonas de operación y sus estrategias de control

Velocidades de viento bajas y medias

En este rango, el objetivo del control es maximizar la potencia extraída del viento, lo cual se logra manteniendo el *tip speed ratio* en su valor óptimo, garantizando que el coeficiente de potencia C_p se encuentre en su máximo valor (aproximadamente 0.48 en este caso). Esto se llevara a cabo mediante el control de las corrientes del rotor por medio del convertidor del lado rotor.

Velocidades de viento altas

Luego, a medida que el viento aumenta y se llega al punto en que el generador eléctrico se encuentra entregando su potencia eléctrica nominal, el objetivo



será restringir la potencia capturada por la turbina variando el ángulo de la pala. De esta manera, el *tip speed ratio* comenzara a disminuir por lo que la eficiencia de la extracción del viento disminuirá.

Aspectos medioambientales

Las posibles afecciones de un proyecto eólico en el medio ambiente deben ser analizadas con la realización de algún tipo de estudio de impacto ambiental que debe presentarse en las diferentes consejerías con competencias en medio ambiente de las diferentes comunidades autónomas.

Prácticamente todas las Comunidades Autónomas han elaborado legislación medioambiental propia de acuerdo con la legislación nacional existente. Aunque esta legislación medioambiental de las Comunidades Autónomas no es específica para las instalaciones eólicas sino de aplicación general para cualquier 35 actividad que pueda afectar al medio ambiente, algunas Comunidades sí han elaborado legislación propia que regula el desarrollo eólico en sus territorios integrando los aspectos económicos y sociales (favoreciendo el desarrollo de un tejido industrial en su región), y en algunos casos, haciendo mención a algunos aspectos medioambientales concretos de la instalación de proyectos eólicos.

El impacto de una actividad en el medio, presenta una mayor o menor incidencia dependiendo de tres factores:

- Del carácter de la acción en sí misma
- De la fragilidad ecológica que tenga el territorio donde va a llevarse a cabo la acción
- De la calidad ecológica que tenga el lugar donde se desarrolla el proyecto.

Cuanto más intensa sea la acción, más frágil sea el territorio y mayor calidad posea, el impacto producido será mayor.

El carácter de los proyectos eólicos genera escaso impacto, por lo que, al evaluarlo, deberemos centrarnos fundamentalmente en el análisis de los otros dos puntos (fragilidad y calidad ecológica), lo que requiere un estudio del lugar en el que va a realizarse el proyecto, no obstante existen planteamientos comunes a las instalaciones eólicas, que pueden concretarse en los siguientes aspectos:

- Impacto sobre la flora
- Efectos sobre la avifauna
- Impacto visual
- Ruido

Impacto sobre la flora y la erosión

Respecto a los efectos que el desarrollo de la energía eólica pudiera tener sobre la flora parece obvio su escasa influencia. Su cobertura se verá modificada en la fase de construcción del parque eólico, principalmente debido al movimiento de tierras para la construcción de los viales y las cimentaciones de las torres.



Dependiendo de las condiciones climáticas y de la magnitud de las instalaciones eólicas, pueden aparecer problemas de erosión, supuesto que debe ser tenido en cuenta en las primeras fases de desarrollo del proyecto, con vistas a realizar los pertinentes estudios de hidrología y pluviometría, trazado de caminos, análisis de vaguadas y cursos de agua, para minimizar su incidencia.

Efectos sobre la avifauna

Aunque todavía este tema está en discusión, a medida que avanza el desarrollo de la energía eólica aparecen más casos puntuales de especies afectadas por el funcionamiento de los aerogeneradores, fundamentalmente en aves planeadora, dependiendo de la altura y la velocidad a la que giren las palas de una 36 turbina, existe un potencial peligro para las aves que vuelan.

La colisión de un ave con la pala de una turbina puede causarle daño e incluso la muerte. Sin embargo, se han realizado numerosos estudios sobre la conducta de las aves, y la frecuencia de las colisiones con un aerogenerador, habiéndose comprobado que el peligro significativo es muy pequeño en comparación con otras causas de muertes de aves (tendidos eléctricos, carreteras, caza ilegal, etc.)

Impacto visual

La intrusión visual en el paisaje es la objeción más frecuentemente hecha contra los aerogeneradores y es el

principal factor que determina las actitudes públicas contra la aplicación de la energía eólica, por ello es un problema que no puede ser ignorado. Este es el impacto medioambiental menos cuantificable de los aerogeneradores y el menos investigado en comparación con otra clase de disturbios medioambientales. La razón por la cual la investigación es infrecuente es porque el impacto visual es subjetivo.

Impacto sonoro

Los aerogeneradores producen ruido derivado de su propio funcionamiento. El grado de molestia puede venir definido por cuatro factores:

- El propio ruido producido por el aerogenerador
- La posición de las turbinasLa distancia a la que se encuentran los residentes del área con respecto a los aerogeneradores
- El sonido de fondo existente.

Existen dos fuentes de ruido en una aeroturbina en funcionamiento:

1. Ruido mecánico, procedente del generador, la caja multiplicadora y las conexiones, que puede ser fácilmente reducido por técnicas convencionales;
2. Ruido de naturaleza aerodinámica, producido por el movimiento de las palas, su tratamiento por métodos convencionales es más

difícil. El ruido aerodinámico es a su vez de dos tipos: banda ancha e irreflexiva.

Los dispositivos para medir el ruido producido por los aerogeneradores son:

Sonómetro: Instrumento que mide el nivel de presión sonora, en dBs, de forma directa, es capaz de promediar linealmente los valores de la presión hablamos del sonómetro integrador.



Fig. 6 Sonómetro
Fuente: [Airflow Lufttechnik GmbH](#)

Instrumentación especial para el control de la presión hidráulica en aerogeneradores

Para su funcionamiento óptimo las turbinas necesitan un sistema de control para optimizar la orientación de la turbina en el sentido del viento (*yaw control*) y para ajustar el ángulo de las palas (*pitch control*) y por consiguiente la velocidad de la rotación. Este control se realiza con sistemas con cilindros basados en principios hidráulicos. Los transmisores

de presión encuentran su aplicación en estos sistemas ya que la presión en los cilindros hidráulicos es una función directa del óptimo ajuste.

Los transmisores de presión aplicadas en este sistema deben ser de construcción sólida para resistir notables cambios de temperatura, ofrecer máxima fiabilidad durante un largo periodo de funcionamiento y los materiales aplicados deben ser compatibles con el fluido hidráulico de en la turbina. Además estos instrumentos deben resistir las elevadas vibraciones. Los modelos aplicados en estas aplicaciones son sobre todo el A-10, el presostato PSD-30 y el O-10 de WIKA.

Sistema de control de planta de energía eólica (Soluciones SCADA) EMERSON®

El sistema *SCADA Ovation* de Emerson cuenta con funcionalidad innovadora para monitoreo, control y diagnóstico que optimiza la operación de las plantas de generación de energía renovable (eólica).

El sistema *SCADA Ovation* soporta conexiones a varios equipos utilizados en sitios de energía alternativos como controladores de turbina, censo de posiciones de aspas, controles de subestaciones, torres meteorológicas y tablero de distribución de potencia.

El sistema *SCADA* también soporta múltiples tipos de redes de comunicación, como telefónica, enlace dedicado y comunicación inalámbrica. El sistema



SCADA Ovation ofrece la capacidad de iniciar, detener, restablecer y etiquetar en forma remota componentes individuales de equipos, minimizando las visitas a campo.

El paro supervisorio de protección es iniciado automáticamente por el sistema *SCADA Ovation* cuando se alcanzan ciertas condiciones preestablecidas del sitio. La información de diagnóstico obtenida del equipo de generación está disponible desde el sistema *SCADA Ovation* a través de las interfaces de la red. El sistema *SCADA* proporciona acceso rápido a los informes personalizados y permite dar seguimiento fácilmente a los programas de mantenimiento del equipo.

SCADA proporciona herramientas para transferir información entre sitios de generación y sistemas corporativos, mejorando la capacidad de cumplir los requisitos regulatorios y de envío, así como controlar la flota de generación total.

Sistemas de Control utilizados en una planta de energía eólica *onshore*, con equipo SIEMENS:

La empresa Siemens es una empresa pionera en tecnología, dedicada exclusivamente a la generación de infraestructuras energéticas, actualmente cuenta con plantas de producción en Europa, Asia y América.

Las plantas de energía eólica *onshore* representan una gran contribución a un panorama más sostenible y

ecológicamente saludable de la generación de energía. Esa es la razón por la que las turbinas eólicas Siemens pueden ofrecer un rendimiento excepcional de acuerdo con los requisitos del sector.

La innovación continua impulsa la energía eólica *onshore*. El compromiso con la innovación de Siemens puede apreciarse en cualquier producto, servicio y solución. El afán continuo por mejorar ha hecho que Siemens suministre una tecnología que es líder de mercado.

Control:

Las turbinas de la empresa Siemens con un sistema propio y exclusivo de la empresa, llamado *SCADA* de Siemens *WebWPS*, el cual un sistema de control remoto y una serie de vistas de estado e informes útiles a través de un navegador de internet estándar.

Las vistas de estado brindan información detallada de datos eléctricos y mecánicos, estado de operación y fallas del equipo, datos meteorológicos y datos de la estación de red.

El control de frecuencia y voltaje y otros ajustes de red pueden realizarse mediante el sistema *SCADA WebWPS*.

Además el sistema *SCADA WebWPS* cada turbina está equipada con un sistema de internet de control de estado de turbina *TCM (turbine control monitoring)* el cual realiza constantemente diagnósticos de



los principales componentes del equipo y suministra en tiempo real alertas anticipadas de posibles problemas en los componentes, con lo cual pueden prevenirse de manera temprana muchos posibles inconvenientes y así reducir costos de mantenimiento o por paro de maquinaria.

Control del ruido de la turbina:

Aunque las turbinas eólicas Siemens se perfilan dentro de las más silenciosas en el mercado, el ruido que estas producen puede afectar de cierta manera a los vecinos del parque eólico.

Para el control de emisiones acústicas, Siemens ha desarrollado un sistema de control acústico, el cual puede cambiar el modo de operación de la turbina en función de la hora, el día, la semana o velocidad del viento.

Control de carga de la turbina.

Las turbinas creadas por Siemens incluyen un sistema único de control de carga de turbina TLC (turbine load control).

El cual permite la instalación de turbinas en lugares a los cuales las condiciones de viento superen las especificaciones de operación de la turbina.

El sistema TLC permite el control en tiempo real de las cargas de la turbina, y ajusta la misma en caso que el viento supere las condiciones de diseño.

El sistema permite un control de carga dinámico lo cual brinda a la turbina la capacidad de adaptarse a un emplazamiento concreto.

Control de vida útil de la turbina.

Puede resultar difícil predecir la vida útil de una turbina bajo condiciones de trabajo variantes que brinda el entorno.

El sistema TLC controla en forma continua la vida útil de la turbina y proporciona de forma instantánea la vida real de la turbina en comparación con la vida de diseño.

Componentes de una Turbina Siemens:

Rotor

En Siemens, la innovación es un medio para lograr un objetivo, más que un fin en sí mismo. Siemens utiliza palas de rotor de última generación, que combinan diferentes características de diseño, las mejores de su categoría, para lograr una pala superior. Todo ello ofrece la máxima obtención de energía a partir de cualquier fuente eólica disponible.

Las palas del rotor están hechas de epoxi reforzado con fibra de vidrio, fabricadas según el proceso IntegralBlade®, propiedad de Siemens. A diferencia de las palas convencionales de las turbinas eólicas, las Palas Integrales vienen fundidas de una pieza en un proceso cerrado. El proceso evita juntas encoladas y proporciona una calidad y resistencia óptimas de la pala.



Las palas van montadas sobre cojinetes de paso de doble fila integrados en un buje de rotor mayor. El sistema de activación de paso es hidráulico y ofrece una robustez y seguridad máximas.

Torre

Las turbinas eólicas de Siemens van montadas sobre torre de acero tubular, equipadas con montacargas y ascensores interiores.

Al pie de la torre va ubicado un módulo prefabricado de potencia que provee la plataforma para el convertidor de potencia, el transformador de la turbina y el mecanismo de conmutación de media tensión.

Góndola

Las góndolas de las turbinas de Siemens son idóneas para condiciones de funcionamiento extremas. Los componentes más importantes, como el eje principal, multiplicador y sistema de orientación son todos ellos de dimensiones especialmente pesadas.

Los sistemas de lubricación automática tienen reservas redundantes de lubricante para permitir el funcionamiento ininterrumpido aun cuando el mantenimiento programado se retrase de forma significativa. El diseño en acero y fibra de vidrio de la góndola proporciona una protección óptima contra rayos e incendios.

Todos los sistemas de seguridad son a prueba de fallos y tienen niveles de redundancia. El aire acondicionado totalmente integrado y la protección total de la superficie también contribuyen a prolongar la vida útil.

El rendimiento global de las turbinas Siemens está suficientemente acreditado y todos los detalles se han diseñado utilizando los conocimientos de ingeniería de Siemens líderes del mercado.

Servicio y mantenimiento

El servicio y mantenimiento en el momento preciso son casi tan importantes para un proyecto rentable de energía eólica como la selección del equipo adecuado de turbina eólica. Por eso Siemens ha desarrollado capacidades de servicio predictivo, líderes en el sector, que pueden contribuir a reducir los tiempos de parada no programados y ayudar a mantener las turbinas en funcionamiento durante un tiempo más prolongado.

La planificación central de necesidades, las excelentes capacidades de diagnóstico y los competentes equipos de servicio sobre el terreno pueden ofrecer unos rápidos tiempos de respuesta y unas operaciones de servicio correctamente planificadas.



Los programas de servicio flexibles de Siemens pueden ajustarse para adaptarse a los conjuntos de cualificaciones, los objetivos y el interés por participar de los clientes, y los técnicos locales pueden contar con el respaldo de una organización global de servicios. Por tanto, la amplia gama de opciones de servicio y mantenimiento puede ayudar a los propietarios a maximizar ingresos y beneficios a lo largo de toda la vida útil del proyecto.

Referencias

CATALDO, J.; NUNES V. Metodología de evaluación del potencial eólico para la instalación de aerogeneradores en plantas industriales y análisis de la sensibilidad de la factibilidad (en línea). Uruguay: Facultad de Ingeniería, Universidad de la Republica, 8p. Disponible en Web:
<http://iie.fing.edu.uy/publicaciones/2006/CN06a/CN06a.pdf>.

Capítulo 4, Energía eólica (2015) *La generación eólica*, Por Hugh Rudnick Van De Wyngard, Profesor Titular Pontificia Universidad Católica de Chile.

Soluciones de automatización para energía renovable (2015), *Emerson Process Management Power & Water Solutions, Inc.* Extraído el 7 de agosto de 2015. Disponible en:

<http://www.EmersonProcess-PowerWater.com>

Mur Amada, Joaquín (2008). *Curso de Energía Eólica*. Tesis de Magister para optar al título de Master Europeo en Energías Renovables y Eficiencia Energética, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.

Freytes, Julián (2009). *Modelado y control de un sistema de conversión de energía eólica con un generador de inducción doblemente alimentado*. Tesis para optar al título de Ingeniero Eléctrico, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.

S.A., IW. (9 de agosto de 2015) obtenido de instrumentación electronica, transmisor de presión, disponible en: <http://www.bloginstrumentacion.com/blog/2012/03/01la-aplicación-de-transmisores-de-presion-en-la-generacion-de-energia-eolica/>

Hernández, C. et al. *Manuales de Energías Renovables/4 Energía Eólica*. Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales. Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético. Ministerio de Industria, Comercio Y Turismo.



Edición Especial cinco días. 1991.

Antonio Lecuona. *LA ENERGIA EOLICA: principios básicos y tecnología*. Catedrático de Máquinas y Motores Térmicos, Escuela Politécnica Superior, Departamento de Ingeniería, Universidad Carlos III de Madrid, España. 2002.

Viera Velandía, Alejandro Rafael, Diseño del Sistema de Instrumentación y Control utilizando INtools 7.0 en el proyecto piloto CHOPS. Disponible en: http://159.90.80.55/tesis/0001348_48.pdf [consulta: 09/08/2015].

Siemens Energy, Éxito en tierra firme, Rendimiento e innovación fiables en energía eólica on shore, disponible en: https://w5.siemens.com/spain/web/es/energy/energias_renovables/eolica/Documents/E50001-D310-A152-X-7800_WS_Onshore_sp.pdf (consulta 08/08/2015)



NANOTRIBOLOGIA : ESTUDIO Y COMPORTAMIENTO DE LA FRICCIÓN Y EL DESGASTE

Jorge Ivan Cifuentes Castillo

MSc. Consultor en Ingeniería Mecánica, Nanotecnología de Materiales y Energía Eólica, empresa Kavic Engineering

- Profesor Investigador en Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala

Kavic.engineering@gmail.com

jicifuentes@ing.usac.edu.gt

Fricción, desgaste y lubricación: En la nanoescala el efecto de la gravedad y el peso muestran un comportamiento diferente. A la Nanotribología se le puede llamar el renacimiento de la fricción. 500 años después de los primeros estudios sobre fricción, los conceptos de superlubricidad, deslizamiento sin desgaste y control de la fricción están siendo estudiados en laboratorios para tener un modelo adecuado y predecir el comportamiento de la fricción y el desgaste. La fricción está presente en un gran número de sistemas físicos y juega un papel central en el estudio de los fenómenos que ocurren a todas las escalas desde micro y nanomáquinas, motores biológicos moleculares, estudios geofísicos de terremotos. Aún con la gran importancia y los esfuerzos en este campo, la dinámica del fenómeno de fricción aún no está bien comprendido. En Nanoescala los enlaces atómicos y moleculares tienen un comportamiento diferente al estudiar la fricción; *la superficie y el área si son factores que determinan el coeficiente de fricción y desgaste.*

En macroescala la tribología de contacto e interfacial son:

- Independiente de la superficie de contacto
- Proporcional a la fuerza normal
- Diferente en estudio estático y dinámico
- Independiente de la velocidad de deslizamiento

La fricción en la nanoescala :

- Depende del área de contacto real (no geométrica)
- Depende de la velocidad de deslizamiento
- Los lubricantes líquidos se vuelven demasiado viscosos cuando están confinados en un espesor igual al de una capa molecular

Las fuerzas intermoleculares y atómicas que interactúan son:

- Enlace iónico
- Enlace covalente
- Enlace metálico
- Enlace de hidrógeno
- Fuerzas de Van Der Waals
- Fuerza de Keeson



- Fuerza de Debie
- Fuerza de dispersiòn de London

Un miroscoPIO de fuerza atòmica (AFM) ayuda al estudio de estos fenòmenos y las propiedades mecànicas de los materiales, asì como con nanoindentaciòn.

Referencias

Michael Urbekh, Ers Mayer (2010)
Nature Materials 9, 8-10.
Nanotribology; The Renaissance of Friction

Nanolab-Nanotribology (2015) La nanociencia en laboratorio. Universidad de Modena, Italia.

Nanotribology (2012) ETHZ, Laboratorio de nanomateriales, Zurich Suiza,

ASME (2016) American Society of Mechanical Engineers, Nanotecnologia de materiales, transcripciones de la ASME

<https://www.facebook.com/Kavic-Engineering-138827676216513/>

<http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/>

