



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

## MEDICIÓN DE NIVEL

EXPOSITOR: ING. ELMER MENDOZA



Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC  
Medición de Nivel

### “MEDICIÓN DE NIVEL”



Existe una gran variedad de dispositivos de medición de nivel según las necesidades de la industria. En algunos casos la precisión es relativa y basta con tener una idea aproximada de la variable o conocer cuando se llega a un límite preestablecido. En otros casos, se necesita un control preciso de estas variables por su efecto significativo en la calidad del proceso, controlabilidad o aún costo.



#### 4.1 CLASIFICACIÓN

Los medidores de nivel pueden clasificarse en dos grupos generales: directos e indirectos. Los primeros aprovechan la variación de nivel del material (líquido o sólidos granulares) para obtener la medición. Los segundos, usan una variable, tal como presión, que cambia con el nivel del material. Para cada caso, existen instrumentos mecánicos y eléctricos disponibles.





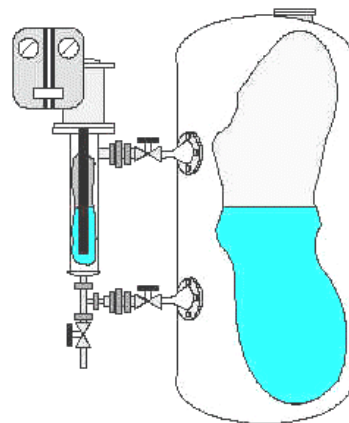
Los primeros dispositivos usados para indicar nivel de líquidos, consistían de **tubos de vidrio** de modo tal que el operador viese el fluido de proceso. Con el correr del tiempo, los cristales planos del tipo reflexivo o transparente han reemplazado a los anteriores. En el caso de que el fluido sea peligroso (corrosivo, tóxico, etc.) como para emplear vidrio, se utilizan los de **tipo magnético**, en los cuales un imán instalado en un flotador permite el desplazamiento de un seguidor y este mecánicamente mueve un indicador relacionado a una escala graduada.



Visor de nivel tipo magnético



El empleo de **flotadores** es muy común, generalmente para acciones de control (interruptores de nivel). Del mismo modo, los **desplazadores** tienen acciones similares a los flotadores o boyas. Ambos sistemas trabajan bien con líquidos limpios y relativamente no viscosos. Son exactos y adaptables a variaciones en la densidad del fluido



Medición con desplazador

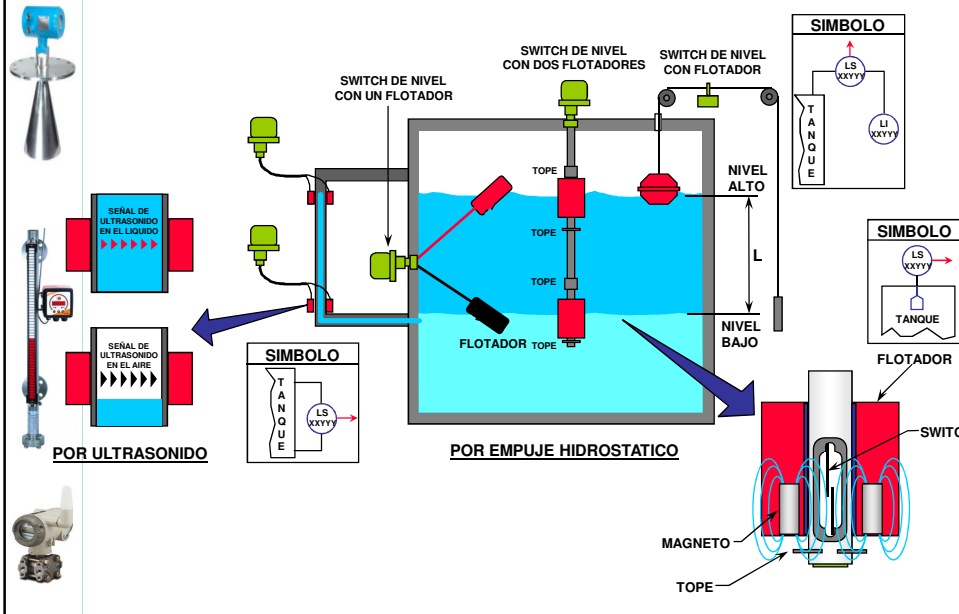


Los métodos de medición continua electromecánicos se basan en el empleo de un peso suspendido de un cable, el cual desciende dentro del contenedor del producto y luego de hacer contacto con éste, el peso es retraído de vuelta al extremo superior del contenedor. La cantidad de cable necesario para esta operación es medida en forma precisa y desde esta distancia se puede calcular el nivel de la superficie del producto. Este método es utilizable para líquidos, polvos y sólidos en suspensión y algunas aplicaciones especiales.



Interruptores con desplazador y flotador

**INTERRUPTORES DE NIVEL**



Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC  
Medición de Nivel



Los anteriores son métodos mecánicos o electromecánicos para la medición o control de nivel. Los métodos eléctricos incluyen los denominados conductivos, capacitivos y ultrasónicos. A estos debemos agregar la relativamente reciente tecnología de radar.



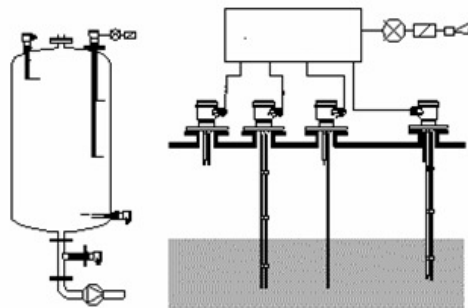
A causa de la distancia de los electrodos, **la sonda de conductividad** se asemeja a una bujía. Estos dispositivos son usados con líquidos conductores. Los electrodos se alimentan con corriente continua, siendo montados dentro del recipiente contenedor del líquido; cuando el líquido toma contacto con cualquiera de los electrodos, una corriente eléctrica fluye entre el electrodo y tierra. Este método cuando se usa para control, es por lo general para actuar sobre una bomba para el llenado o vaciado de un contenedor.



Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC  
Medición de Nivel



Sonda de conductividad



Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC  
Medición de Nivel



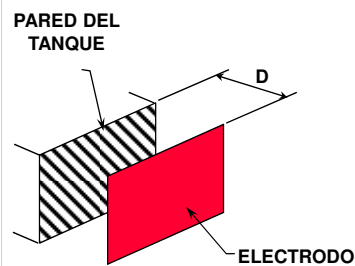
El método **capacitivo** utiliza los mismos fundamentos que un condensador eléctrico, formado por dos placas y un dieléctrico entre ellas. En aplicaciones industriales, una sonda como una de las placas del condensador, siendo la otra placa el contenedor mismo. El material entre ellos, viene a ser el dieléctrico. El cambio de nivel origina un cambio en la salida del circuito electrónico, proporcional al cambio de la capacidad, por lo que este método es de indicación continua del nivel a diferencia del conductivo que sería entonces discreto.

Existen sin embargo aplicaciones en las cuales se utilizan como sensores discretos, principalmente para propósitos de control.

Los usuarios están limitados a aplicaciones con sustancias con características similares al agua. Inclusive ácidos y caústicos son tan conductivos que pueden dejar una película fina en el sensor que origina errores en la medición.



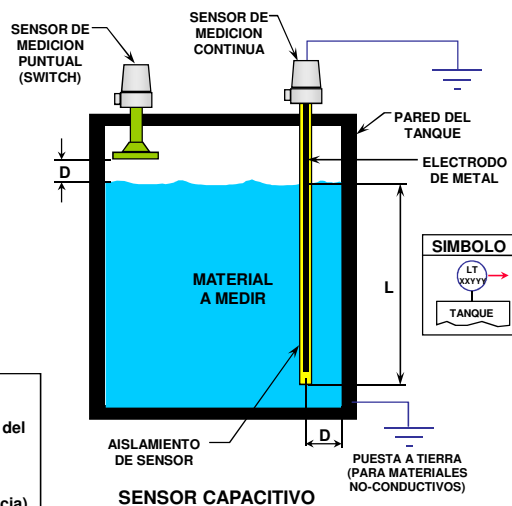
Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC  
Medición de Nivel



$$C = 0.225 K (A / D)$$

C = Capacitancia (picoFaradios)  
K = Constante dieléctrica del material  
A = Area de la placas (Pulg<sup>2</sup>)  
D = Distancia entre placas (Pulg)

- El capacitor es formado por el electrodo de metal del sensor y la pared del tanque.
- Cuando el nivel sube el aire o gas alrededor del electrodo es desplazado, cambiando la constante dieléctrica del medio y al mismo tiempo el valor de la capacitancia.
- El sensor de capacitancia RF (radio Frecuencia) detecta este cambio y lo convierte en una señal de relay o en una señal de salida proporcional



**SENSOR CAPACITIVO**

### Medición de Nivel Ultrasonido



La medición de ultrasonido esta basado en el principio del tiempo de transito. Un sensor emite pulsos ultrasónicos hacia la superficie del producto. Al incidir los impulsos sobre la superficie, éstos se reflejan y vuelven al sensor. El instrumento mide el tiempo  $t$  que transcurre entre la emisión y la recepción de un impulso. El instrumento utiliza este tiempo  $t$  (y la velocidad del sonido  $c$ ) para calcular la distancia  $D$  entre la membrana del sensor y la superficie del producto.



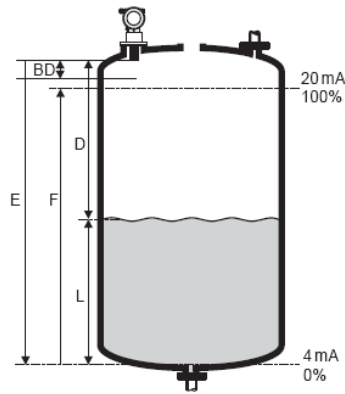
Los medidores del **tipo ultrasónico** se usan tanto para medición continua como discreta de nivel, aunque generalmente su uso está dado en acciones de alarma. En todos los diseños, se genera una **señal en frecuencia** y la interrupción o detección de la señal generada es la base para una acción de control (detectores discretos). En medición continua, el nivel se determina midiendo el tiempo transcurrido entre la emisión del pulso y la recepción de la reflejada por un transductor piezoeléctrico.



Para mayor exactitud, el transmisor debe estar montado en la parte superior del contenedor y posicionado de modo tal que la estructura del contenedor no interfiera con el camino de la señal. Estos dispositivos se conocen como de medición sin contacto e intrusión mínima. El polvo, vapores de solventes, espuma, turbulencia de la superficie y ruido ambiental pueden afectar a la exactitud de la medida. Del mismo modo, procesos a temperaturas muy elevadas pueden limitar la aplicación.

Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC  
Medición de Nivel

Principio de medición:



E: distancia de vacío;  
F: span (distancia de lleno);  
D: distancia entre membrana del sensor y superficie del producto;  
L: nivel;  
BD: distancia de bloqueo

El instrumento mide el tiempo  $t$  que transcurre entre la emisión y la recepción de un impulso. El instrumento utiliza este tiempo  $t$  (y la velocidad del sonido  $c$ ) para calcular la distancia  $D$  entre la membrana del sensor y la superficie del producto, siendo:

$$D = c \cdot t/2$$

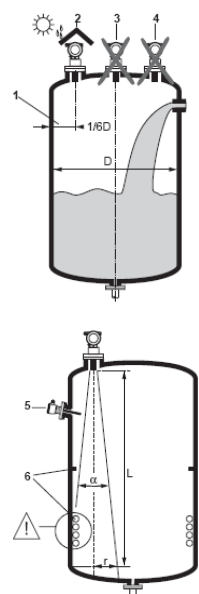
Dado que el instrumento conoce la distancia de vacío  $E$  indicada por el usuario, puede determinar el nivel a partir de:

$$L = E - D$$

Cortesía de Endress + Hauser

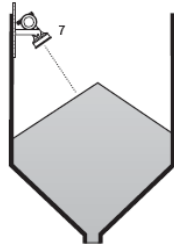
Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC  
Medición de Nivel

Condiciones de instalación



- No instale el sensor en el centro del depósito (3). Recomendamos que deje entre el sensor y la pared del depósito (1) una separación que corresponda a 1/6 del diámetro del depósito.
- Utilice una cubierta protectora para proteger el equipo de la radiación solar o de la lluvia (2).
- Evite que se realicen mediciones a través de la cortina de llenado (4).
- Asegúrese de que los dispositivos instrumentales (5), como detectores de nivel, sensores de temperatura, etc., no se encuentren dentro del ángulo  $\alpha$  del haz emitido. En particular, los dispositivos simétricos (6), como serpentines de calefacción, desviadores, etc., pueden tener una influencia notable sobre las medidas.

Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC  
Medición de Nivel

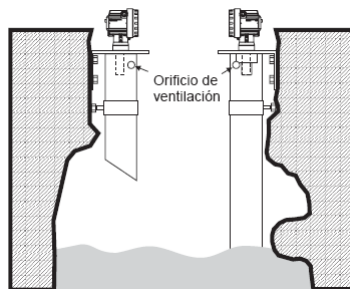


- Oriente el sensor de tal forma que quede perpendicular a la superficie del producto (7).
- No instale nunca en un mismo depósito dos dispositivos de medición ultrasónica, debido a que las dos señales pueden interferir mutuamente.
- Para determinar de forma aproximada el rango de detección, considere un ángulo de emisión  $\alpha$  de 3 dB.

Sensor	$\alpha$	$L_{\text{máx}}$	$r_{\text{máx}}$
FMU 40	11°	5 m	0,48 m
FMU 41	11°	8 m	0,77 m
FMU 42	11°	10 m	0,96 m
FMU 43	6°	15 m	0,79 m

Cortesía de Endress + Hauser

Automatización Industrial y Control de Procesos – FIEE UNAC  
Medición de Nivel

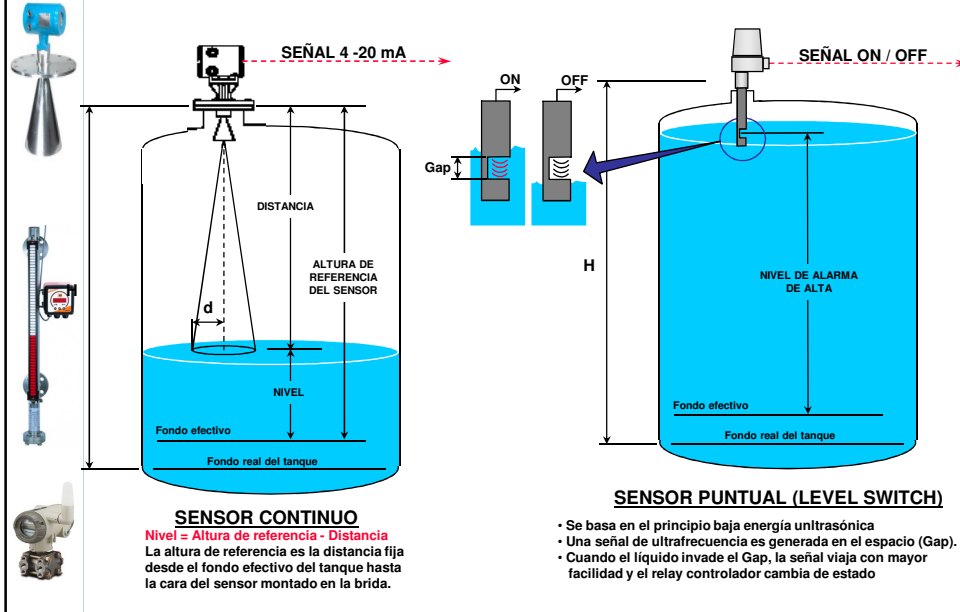


En el caso de realizar la instalación en un pozo estrecho con ecos de interferencia importantes, recomendamos que utilice un tubo que sirva de guía para los ultrasonidos (p.ej. un tubo de PE o de PVC para aguas de descarga) y tenga un diámetro mínimo de 100 mm.

Asegúrese de que el tubo se encuentre libre de sedimentos. Limpie el tubo regularmente en caso necesario.



MEDICION DE NIVEL POR ULTRASONIDO

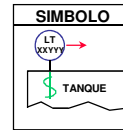
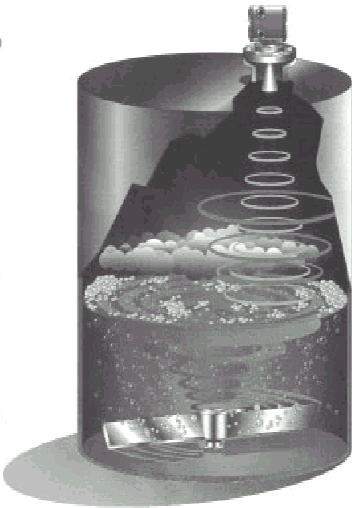


Medición de Nivel tipo Radar

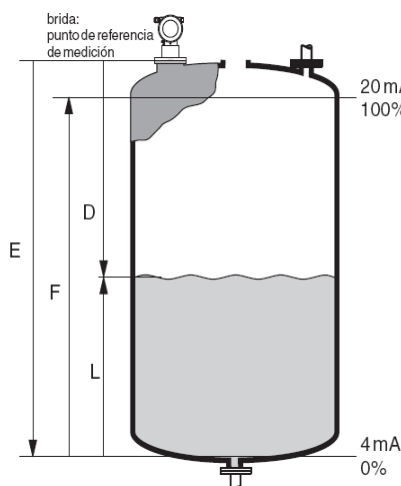
Los medidores basados en la tecnología de **radar** envían microondas a la superficie del material de proceso. Una parte de la energía es reflejada y detectada por el sensor. El tiempo que toma la señal en retornar determina el nivel. Esta tecnología es muy precisa, ignora los vapores del medio y es inmune a los cambios de las características físicas (a excepción de la constante dieléctrica) de los materiales de proceso. Su costo es elevado comparado con otros métodos de medición.



**SENSOR ULTRASONICO TIPO NO-CONTACTO (RADAR)**



- ❑ Principio de operación basado en la tecnología del radar mediante el uso de microondas del tipo FMCW (Onda continua de frecuencia modulada)
- ❑ El sensor emite ondas hacia la superficie del material el cual refleja la onda de regreso al sensor.
- ❑ El receptor evalúa la diferencia de fase entre ambas ondas enviando el resultado al procesador
- ❑ El procesador analiza la diferencia de fase, determinando la distancia a la superficie del producto.
- ❑ La señal procesada es convertida a una señal de salida en el rango de 4 - 20 mA.



Cortesía de Endress + Hauser

Tecnología de tiempo de retorno:  
La antena recibe los impulsos de microondas reflejados y los transmite a la electrónica. Un microprocesador evalúa la señal recibida, identificando los ecos de nivel producidos por la reflexión de los impulsos de radar en la superficie del producto.

La distancia D hasta la superficie del producto es proporcional al tiempo de retorno t del impulso:

$$D = c \cdot t/2,$$

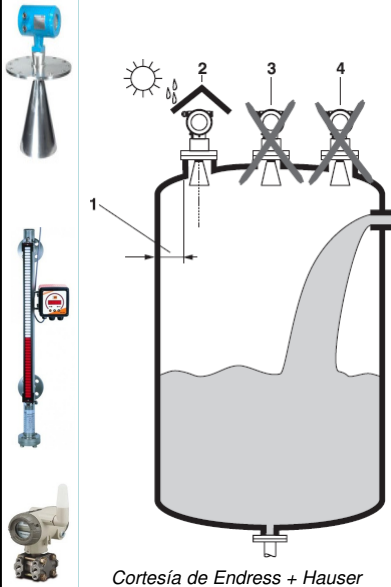
donde c es la velocidad de la luz.

Conociendo la distancia E del depósito vacío, el nivel L se calcula a partir de:

$$L = E - D$$

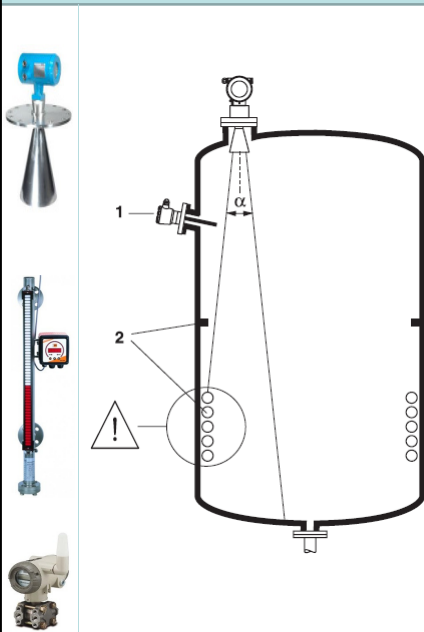
En la figura de arriba puede apreciarse la ubicación del punto de referencia "E".

Instalación:



Orientación

- Distancia (1) recomendada, pared – borde externo trompeta:  $\sim 1/6$  del diámetro del depósito. El equipo no debe instalarse sin embargo a una distancia inferior a 30 cm/12" o 15 cm/6" de la pared del depósito.
- No montar en el centro (3), las interferencias pueden implicar la pérdida de señal.
- No montar por encima del chorro de llenado (4).
- Se recomienda utilizar una cubierta de protección contra intemperie (2) para impedir la exposición directa del transmisor al sol o a la lluvia. El montaje y desmontaje se realiza fácilmente mediante una abrazadera tensora



Elementos instalados en el depósito

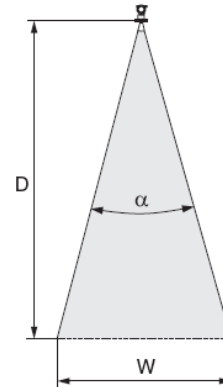
- Evite que dispositivos (1), como detectores de nivel límite, sensores de temperatura, etc., intercepten el haz de señal.
- Elementos de forma simétrica (2), p.ej., anillos de vacío, serpentines de calefacción, tabiques, etc., pueden interferir también en la medida.

Posibilidades de optimización

- Tamaño de la antena: cuanto mayor es la antena y cuanto más pequeña es la abertura angular del haz, tanto menor es la incidencia de ecos interferentes.
- Trazado: la medida puede optimizarse mediante la supresión electrónica de ecos interferentes.
- Alineación de la antena
- Tubo tranquilizador: siempre puede utilizarse un tubo tranquilizador o una antena guía ondas para impedir interferencias.

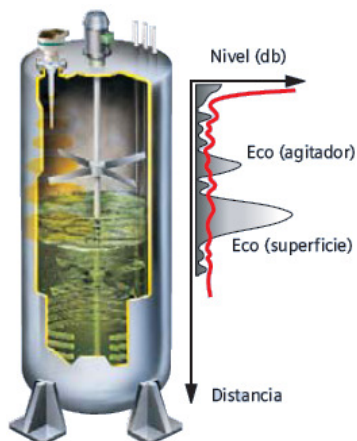
Abertura angular del haz

La apertura angular del haz se define como el ángulo en el que la densidad de energía de las ondas de radar alcanza la mitad del valor máximo que puede tomar dicha densidad de energía (anchura 3dB). También hay microondas emitidas que se encuentran fuera del haz de señal y que pueden sufrir reflexiones en los elementos instalados en el depósito. El diámetro del haz  $W$  depende del tipo de antena (apertura angular del haz  $\alpha$ ) y de la distancia de medida  $D$ :



Cortesía de Endress + Hauser

Algunas Comparaciones



Tanto los medidores de ultrasonido como los de radar deben ser capaces de poder discriminar los ecos que producen las obstrucciones o ruido eléctrico con respecto al eco que produce el material que se está midiendo.

Las frecuencias generadas aproximadas por los fabricantes son las siguientes:

54 Khz Ultrasonidos

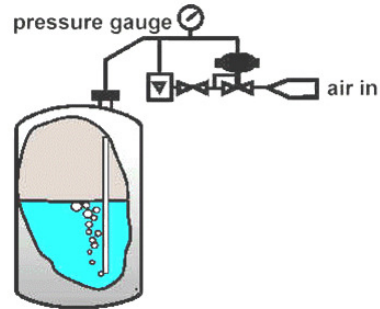
5.8 Ghz Radar

Las distancias alcanzadas por el medidor de radar son mayores que las de ultrasonidos.

Por ejemplo para el modelo sitrans probe de milltronics el alcance del medidor de ultrasonidos es de 12 mts. Mientras que el de radar llega hasta los 20 mts.

### 4.3 MEDICIÓN INDIRECTA

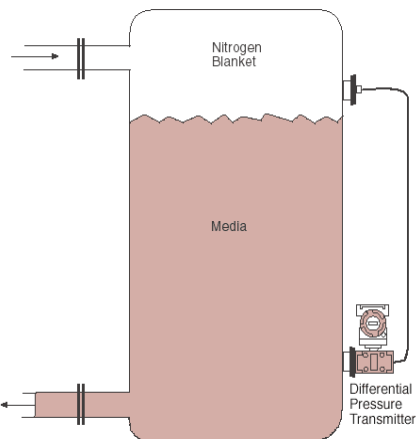
En el caso de **método de burbujeo**, se utiliza una tubería conectada verticalmente en el contenedor. El extremo con abertura de la tubería es ubicado en el nivel cero del contenedor. El extremo es conectado a un suministro de aire. Cuando se va a hacer la medición de nivel, el suministro de aire es regulado para que así la presión sea ligeramente más alta que la presión hidrostática.



Este punto se encuentra al observar burbujas saliendo por el extremo inferior del tubo. Se lee entonces en el manómetro la indicación de nivel (pies, pulgadas, galones, etc.).



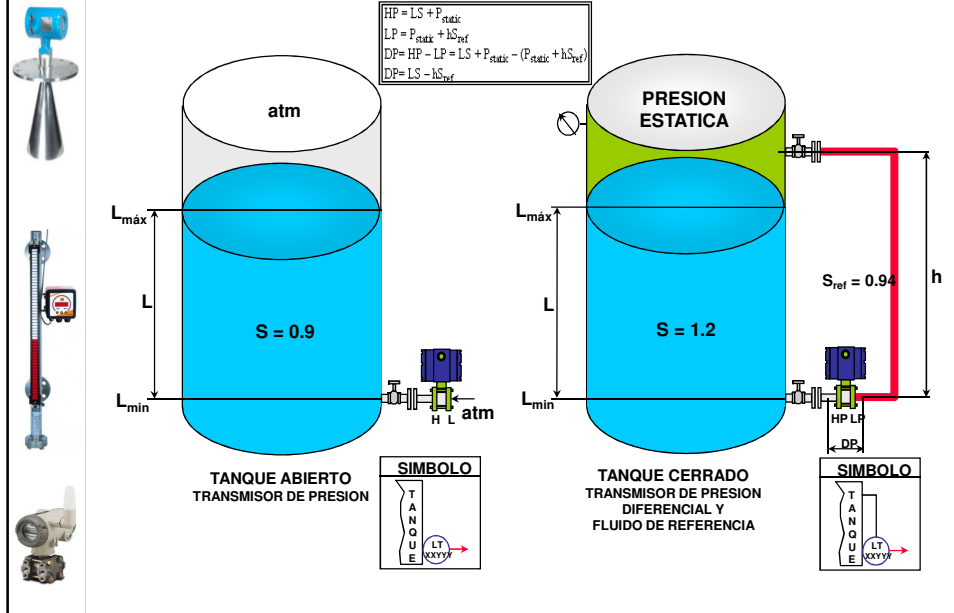
Un instrumento muy popular que utiliza el método por presión hidrostática es el **transmisor de presión diferencial** o d/p cell; en realidad, éste envía una señal normalizada proporcional a la diferencia de dos presiones, una debida al líquido cuyo nivel se desea determinar (entrada alta) y otra debida a la presión atmosférica (entrada baja), siempre y cuando sea un sistema abierto (tanque o contenedor abierto a la atmósfera). Para el caso de tanques cerrados, la entrada "baja" debe conectarse, ya sea directamente en contacto con el gas encerrado en el extremo superior del depósito o utilizando un fluido de sello.



En todo caso, la calibración adecuada permitirá una señal de salida (electrónica o neumática) proporcional al nivel.



**MEDICION DE NIVEL POR PRESION**



Los medidores por **radiación** utilizan métodos no invasivos y pueden ser utilizados tanto para medición discreta como continua de nivel. Permiten la medición independientemente de los cambios en las condiciones del proceso tales como presión, temperatura, viscosidad, corrosión o interferencia de los empalmes mecánicos. Se emplean en ellos isótopos radiactivos como fuente de rayos gamma. En la aplicación de medición discreta o mejor dicho para detectar un determinado punto, la fuente radiactiva y su receptor, se montan externamente a ambos lados del tanque al nivel deseado para la detección.

Medición por método radiactivo

Sistema de medición radiactivo

Cuando el material se interpone entre el emisor y el receptor, se corta el suministro del material hacia el recipiente. En la aplicación que requiere una medición continua del nivel por este mismo método, se utilizan varias fuentes radiactivas y uno o más detectores.