

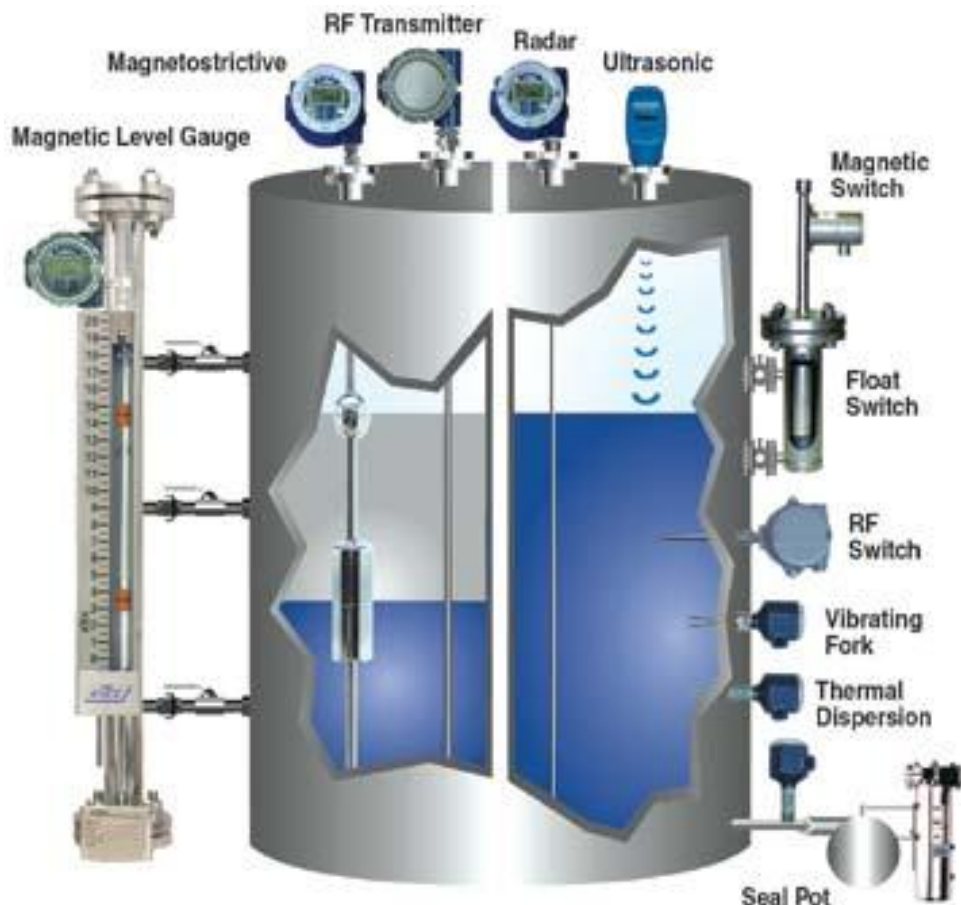
INTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL DE PROCESOS

DIPyGI FACET - UNT



TEMA N° 3 Medición de Nivel

Nivel de interfase fluido-fluido. Indicadores visuales de vidrio, de flotante y cable y magnéticos. Medición con flotante, por desplazamiento (boyantes), de altura hidrostática, de capacitancia, de radiación nuclear, sónicos y ultrasónicos. Elevación y supresión de cero. Interruptores de nivel de líquido. Casos problemáticos. Medidores de nivel de sólidos: capacitivo, ultrasónico, radiativos y con celdas de carga. Interruptores de nivel de sólidos. Sistemas de control de nivel. Especificación técnica.



OBJETIVOS

- Medición continua para indicación
- Medición continua para registro o control automático
- Medición de un punto para interruptores o alarmas
- Medición en varios puntos para switchs o alarmas

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN

- Composición química (por la corrosión), viscosidad en líquidos y fluidibilidad en sólidos
- Condiciones ambientales de temperatura, presión, humedad, agitación, sólidos en suspensión, etc.
- Tipo de interface (Gas-Líquido; Líquido-Líquido; Gas-Espuma; Espuma-Líquido; Gas-Sólido Granulado; Vapor-Líquido en ebullición)
- Alcance de la medición y su exactitud. Dimensiones físicas y características del recipiente.

CLASIFICACIÓN

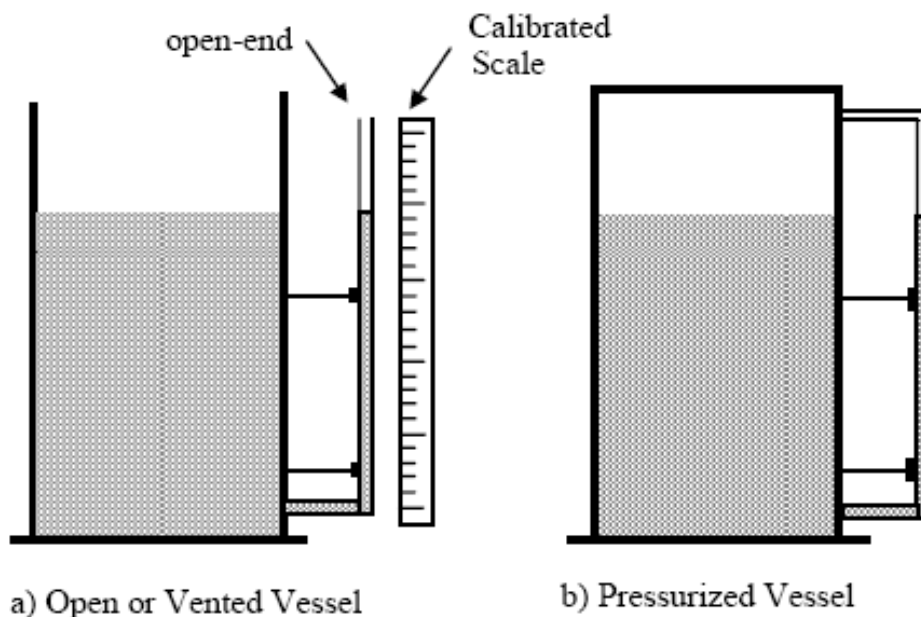
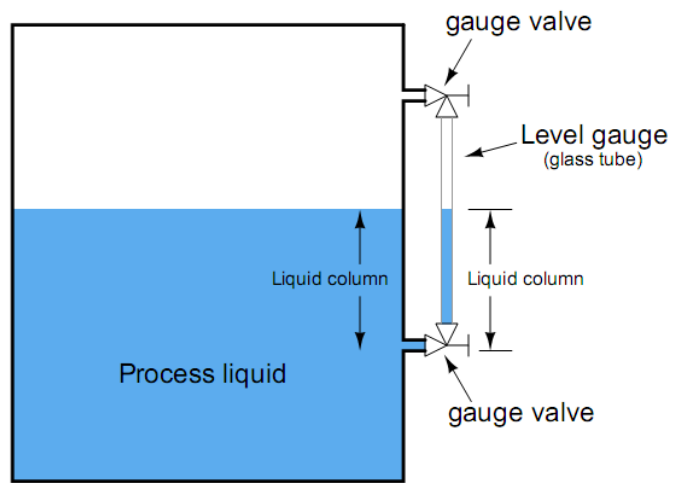
Directos	◆ Visuales directos
	◆ De posición (flotante, plomada, etc)
	◆ Electrodo
	◆ Fotoeléctricos
	◆ Sónicos y ultrasónicos
	◆ Radar
Inferenciales	◆ Presión hidrostática
	◆ Empuje (boyantes)
	◆ Atenuación de radiación
	◆ Cambio de propiedades eléctricas (Capacitancia, resistencia)
	◆ Diferencia de características físicas (térmicos, rotacionales, vibracionales, etc.)
	◆ Gravimétricos
	◆ Otros

ELEMENTOS VISUALES DIRECTOS

Reservado para líquidos.

Tubo de material transparente y rígido conectado al depósito por dos bridas con dos válvulas de bloqueo.

El líquido sube por el tubo hasta igualar al nivel del depósito.



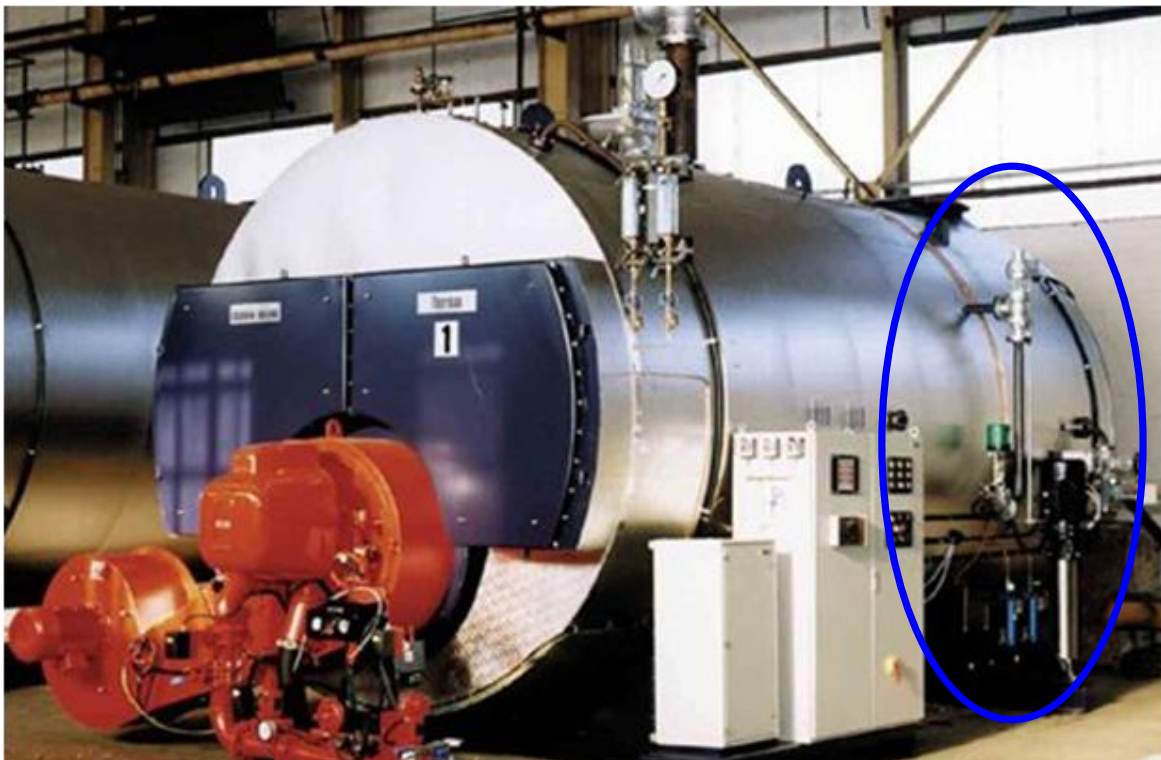
Limitaciones:

- No soportan presiones muy altas
- No soportan altas temperaturas
- Fragilidad, baja resistencia a los impactos
- No se pueden usar líquidos que manchen el interior del tubo o que por transparencia no permitan la detección visual

Estilos

Hay dos:

- **Columna** que permite hacer el seguimiento continuo
- **Ojo de buey** visor en un punto

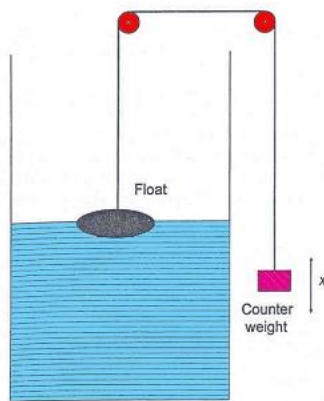


ELEMENTOS DE POSICIÓN (flotador)

Constituido por un flotador pendiente de un cable o moviéndose en un tubo guía, un juego de poleas, y un contrapeso exterior.

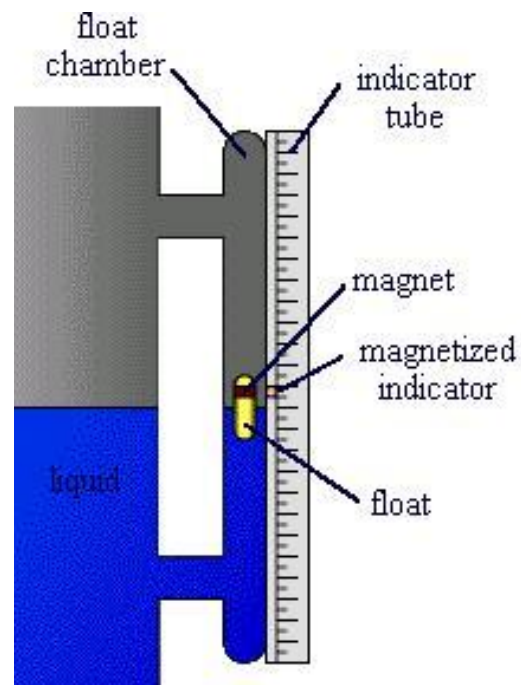
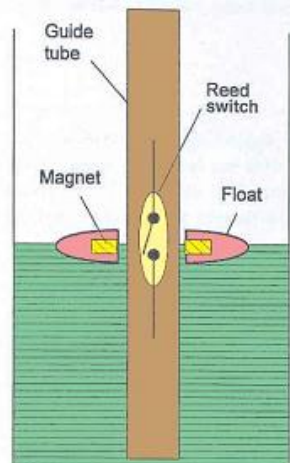
De regla y puntero.

Flotador conectado a un cable con un juego de poleas, y un contrapeso exterior que se mueve en sentido contrario al flotador

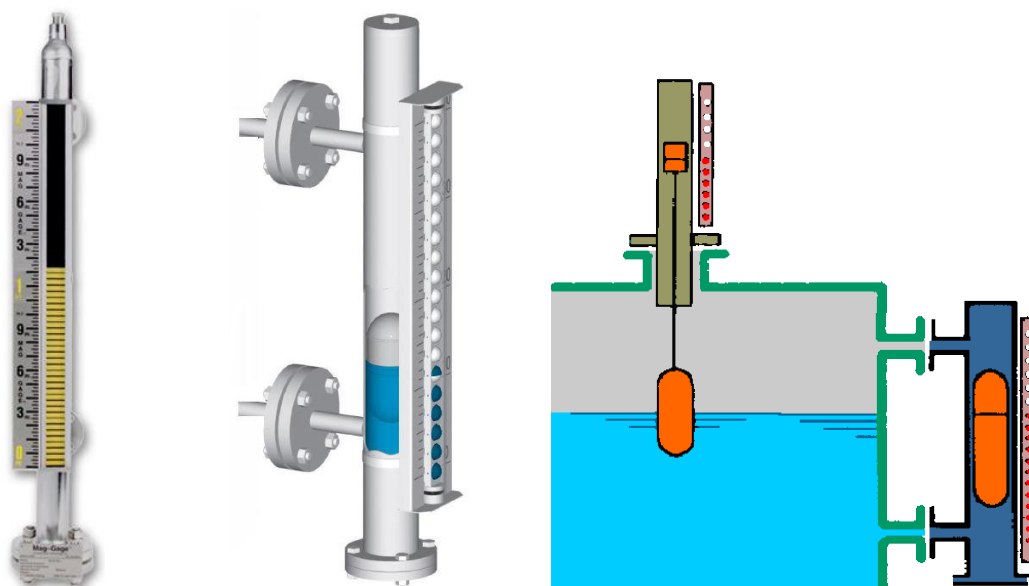
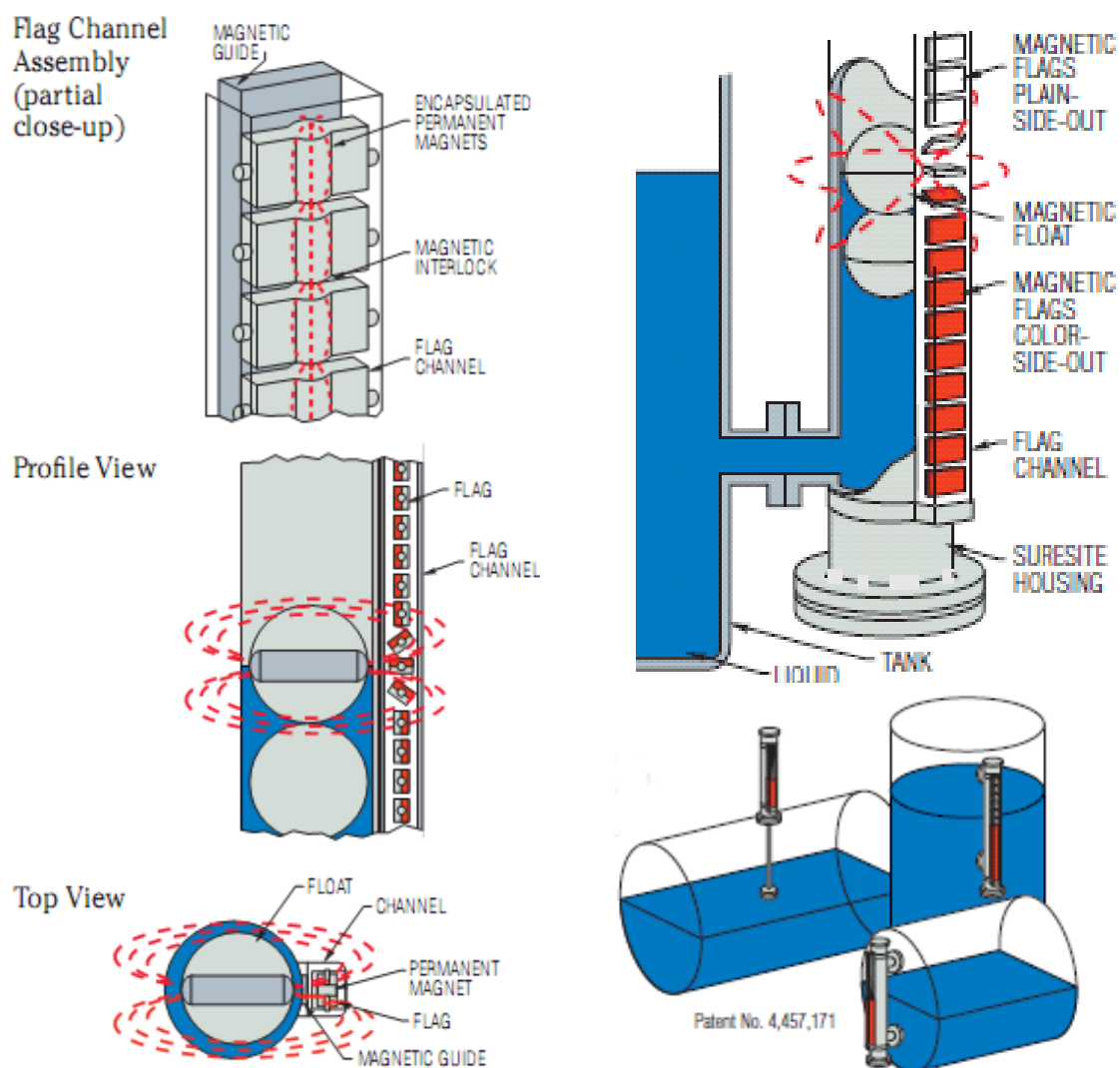


De elementos magnéticos.

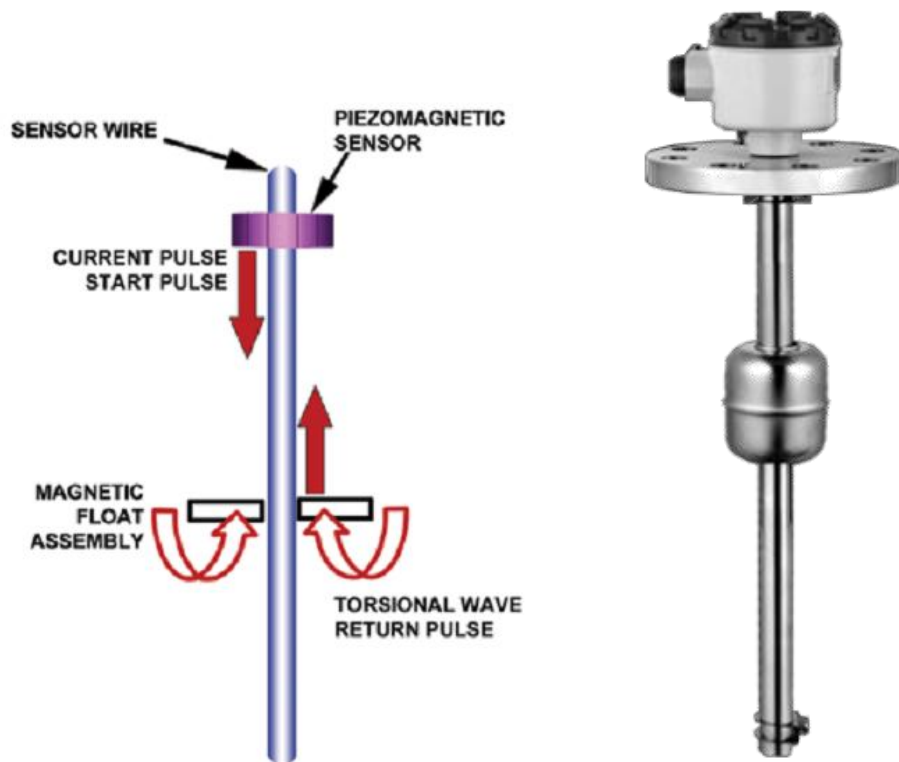
El flotador hueco, que lleva en su interior un imán, se desplaza a lo largo de un tubo guía vertical no magnético. El imán suspendido de una cinta mueve una aguja indicadora. Permite la instalación de contactos para fijar alarmas de nivel.



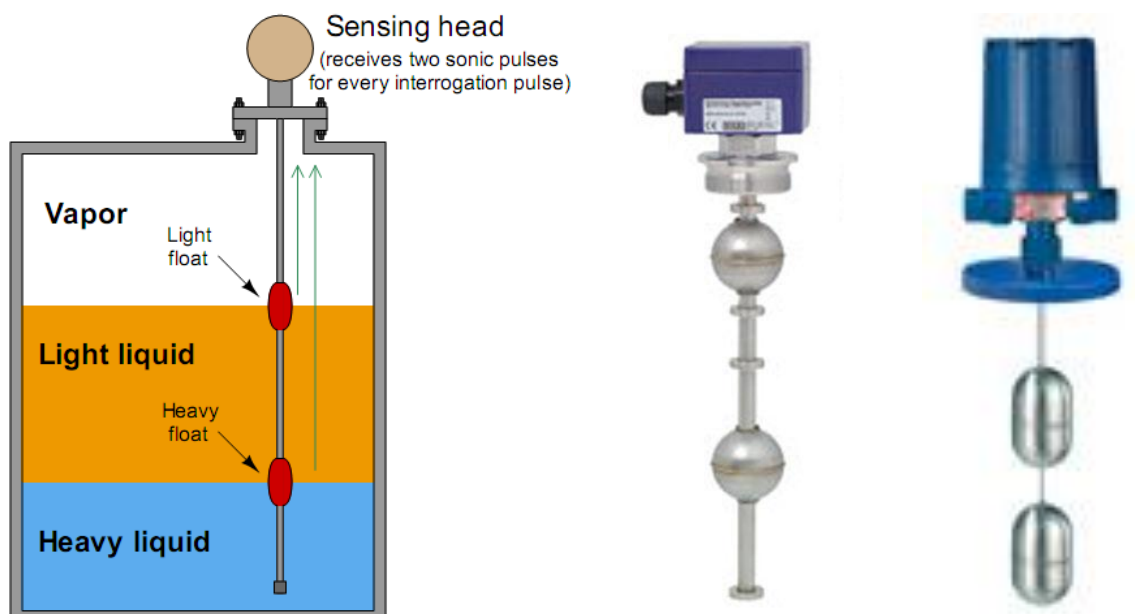
En el caso de elementos magnéticos, se usan asociado a elementos externos que permiten mejorar la visualización del nivel



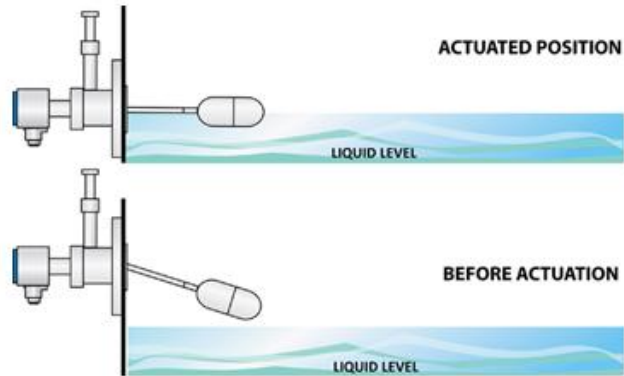
También existen **transmisores**. La posición del flotador se encuentra analizando un pulso de baja energía que viaja por el cable. Una señal de retorno se genera desde el lugar preciso donde el campo magnético del flotador intercepta al cable. Un temporizador mide con precisión el tiempo transcurrido entre la generación del pulso y el retorno de la señal acústica.



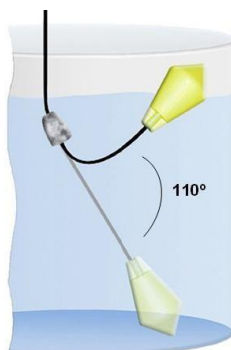
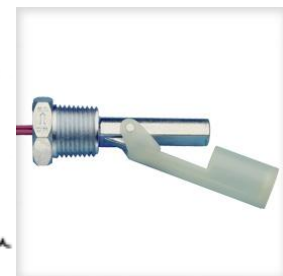
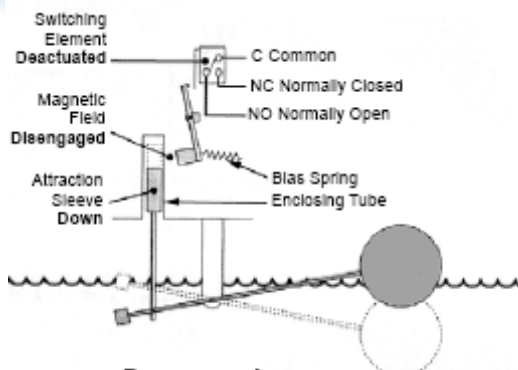
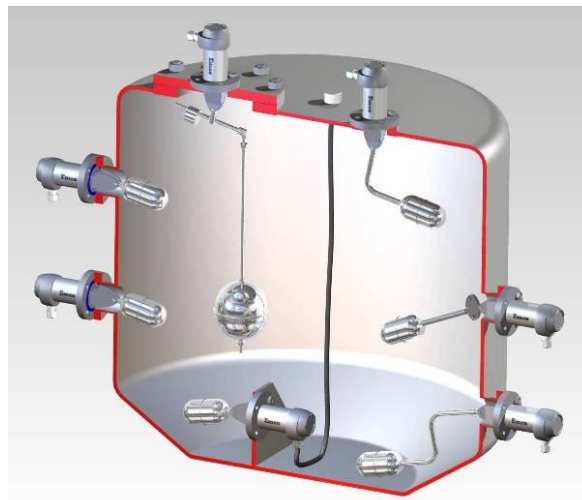
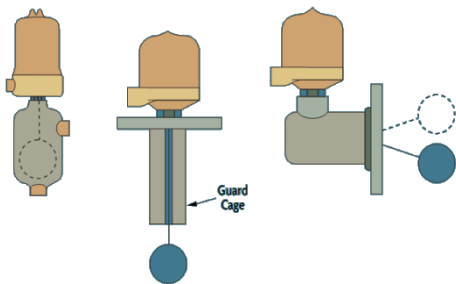
Estos dispositivos sirven también para medir la **posición de más de una interface**.



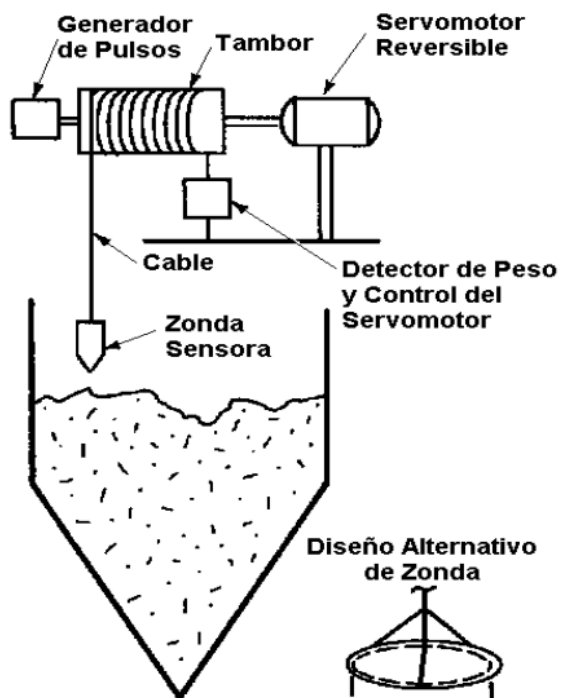
Los flotadores son particularmente útiles para **interruptores y alarmas** con mediciones en un punto.



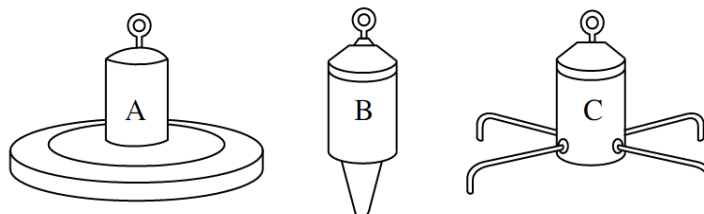
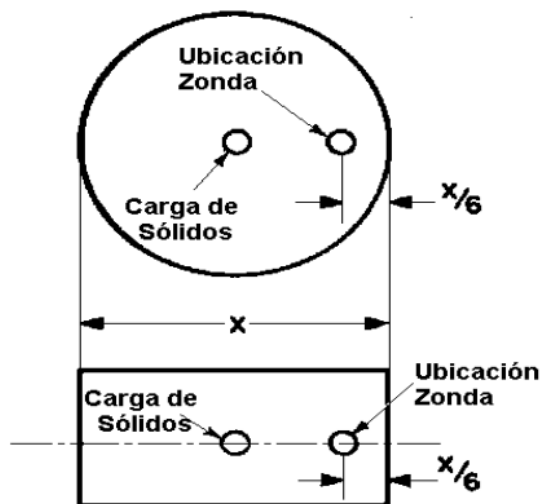
Pueden ser montados en diversas posiciones y protecciones



ELEMENTOS DE POSICIÓN (PARA SÓLIDOS)



Ubicación relativa de la Zonda respecto de la Entrada de los Sólidos para Silos de sección circular y rectangular

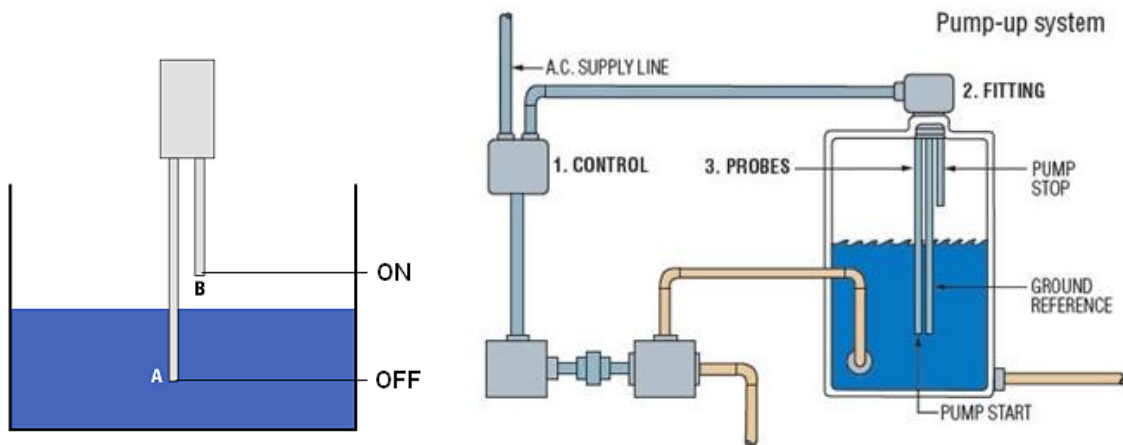


Diseño de palpadores para sólidos

ELEMENTOS BASADOS EN CONDUCTIVIDAD (Electrodos)

La sonda consta de dos o más electrodos. Cuando éstos entran en contacto con un líquido conductor se cierra un circuito eléctrico, que a través de un circuito genera una salida **on-off**.

Muy usados como **switch de nivel** en recipientes con líquidos conductores de baja viscosidad y corrosividad.



ELEMENTOS FOTOELÉCTRICOS (Interruptores)

Son dispositivos que se basan en la **reflexión**, **refracción** o **transmisión de la luz** visible o radiación infrarroja.

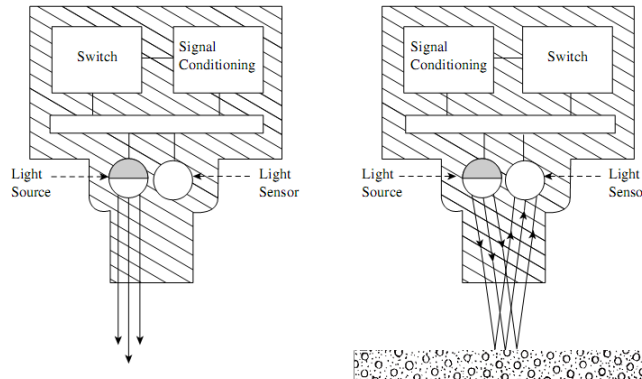


FIG. 3.12a
Noncontacting optical level sensor. (Courtesy of Bindicator, Inc.)

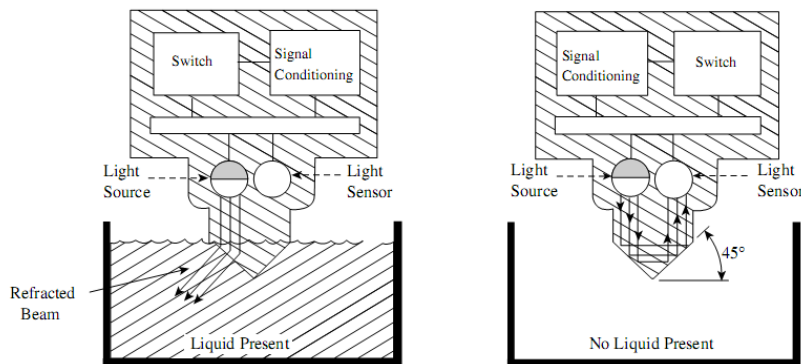


FIG. 3.12e
Light-refraction-type level switch. (Courtesy of Bindicator Inc.)

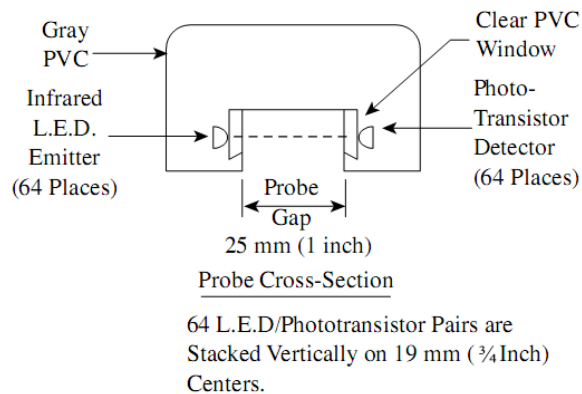
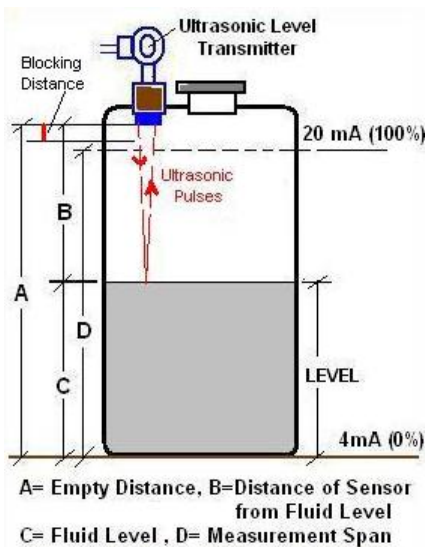
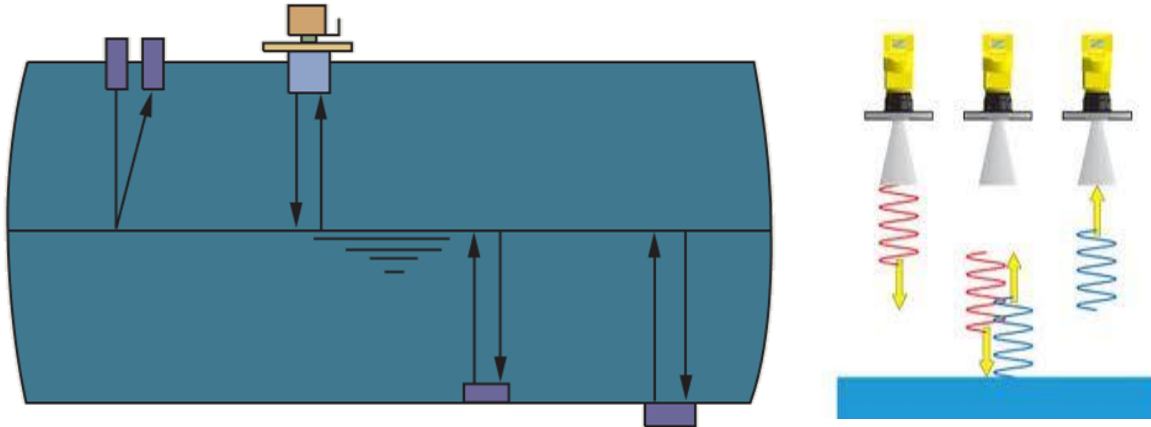


FIG. 3.12d
Optical sludge level detector for wastewater treatment processes.
(Courtesy of Markland Specialty Engineering Ltd.)

Se usan tanto con líquidos como con pastas. Las condiciones del proceso no deben ser muy severas.

ELEMENTOS SÓNICOS Y ULTRASÓNICOS (Continuos)

Constan de un emisor de **ondas sonoras de alta frecuencia (entre 20 y 40 kHz)** que se propaga por una fase hasta que alcanza la interface, se refleja y el eco es captado por el receptor situado en el mismo punto que el emisor.



El tiempo entre la emisión de la onda y la recepción del eco (**time of flight**) permite evaluar la posición del nivel, considerando la velocidad del ultrasonido. El tiempo depende de la Temperatura por lo que es crítico compensar la medición.

Hay que evitar que existan obstáculos en el recorrido de las ondas. Algunos medidores compensan los ecos fijos debidos al perfil del depósito y de la superficie si se trata de nivel de sólido.



No se recomienda en superficies no bien delimitadas (espumas).

Una mejora que amplió los rangos de medición son las compensaciones que se hicieron en el receptor para considerar los ecos de distintas partes del tanque.

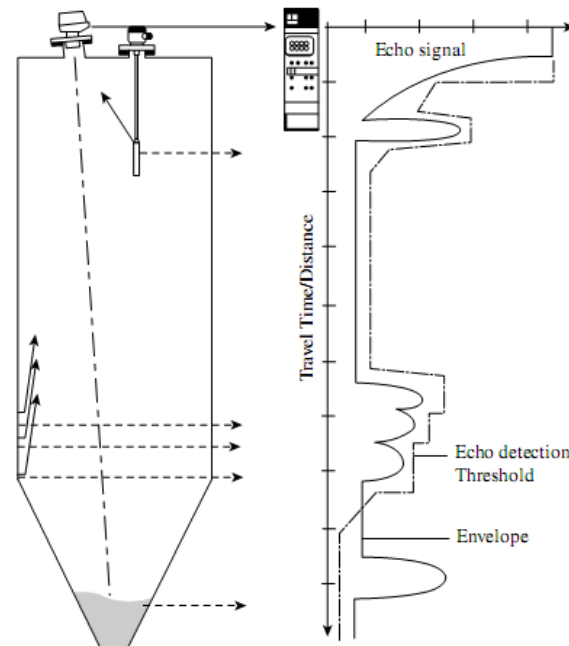
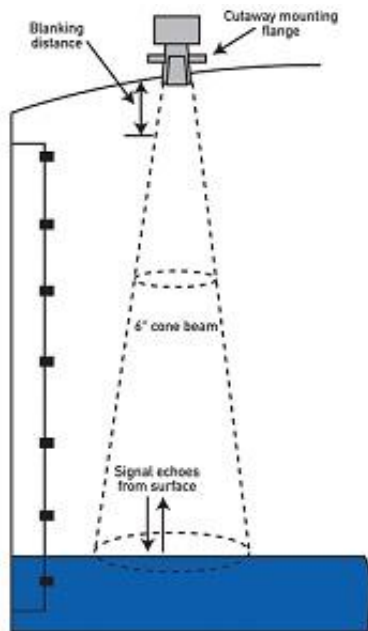


Fig. 3.20k

Echo envelope curve and internal tank anomalies. (Courtesy of Endress+Hauser Inc.)



Otro aspecto a considerar es el cono que se abre con el ultrasonido emitido, que limita el alcance del equipo.

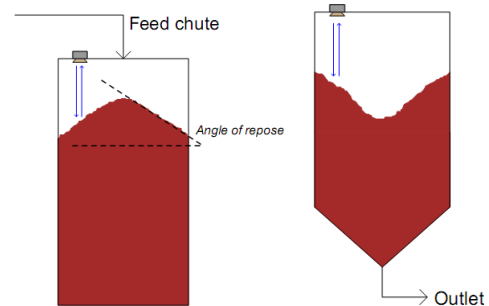
Hay que verificar para el equipo en particular.

Los alcances varían entre
0-30 cm y 0-30 m

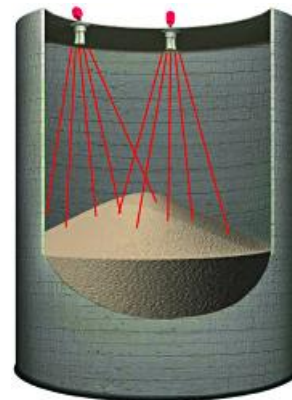




Para el caso de medición de **nivel de sólidos**, hay que tener presente el ángulo de talud. La superficie tomará la forma dependiendo del punto de descarga (o succión).



Las nuevas tecnologías basadas en microprocesador, incorporan correcciones que permiten medir en **nivel medio**. Para esto el tren de pulsos se dirige a distintos puntos de la interface.

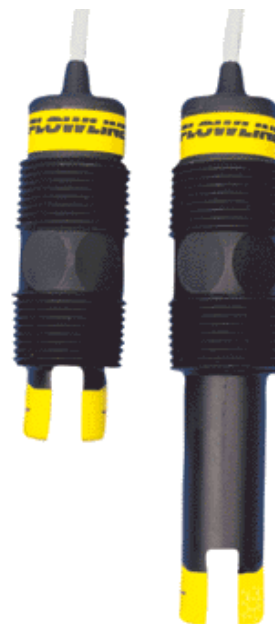
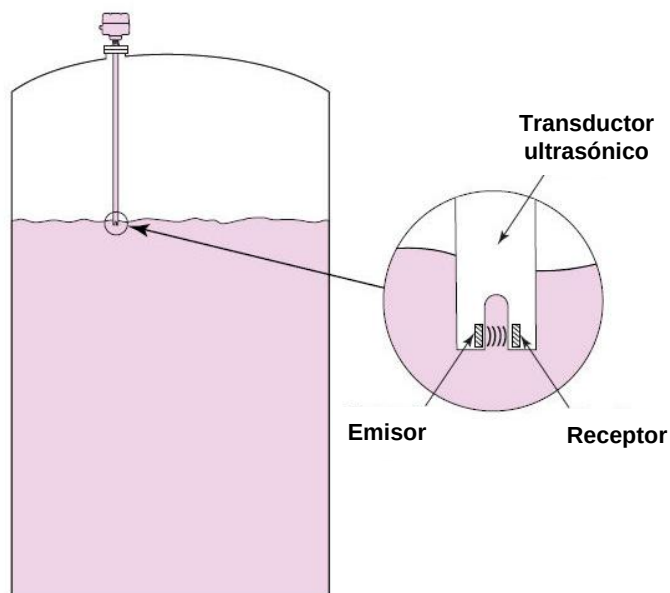
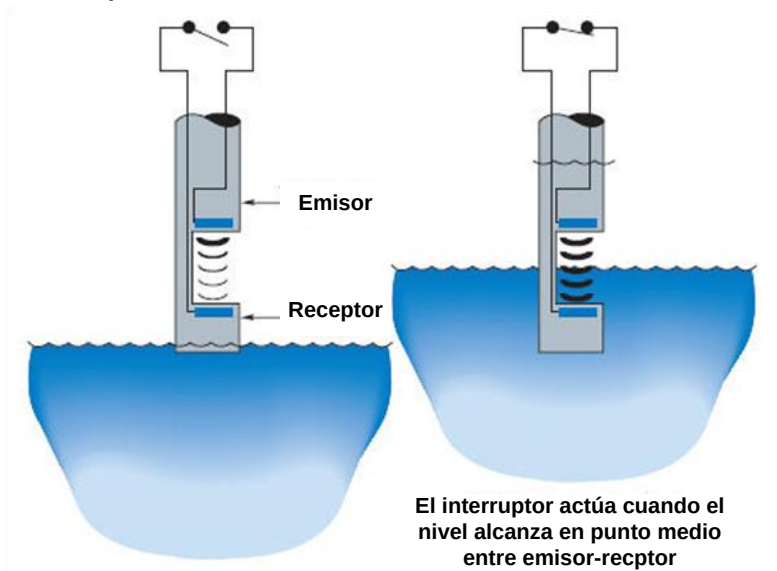


En el caso de nivel de sólidos, la posición del sensor está limitada a la parte superior.



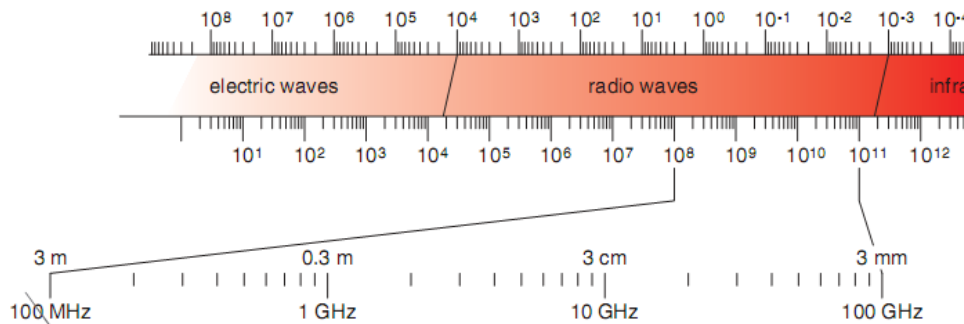
ELEMENTOS SÓNICOS Y ULTRASÓNICOS (de un punto)

Con la tecnología ultrasónica brinda **sensores de un punto** para interruptores o alarmas.



RADAR

Estos dispositivos usan microondas en el rango de frecuencias entre **5.8 GHz y 26 GHz**.

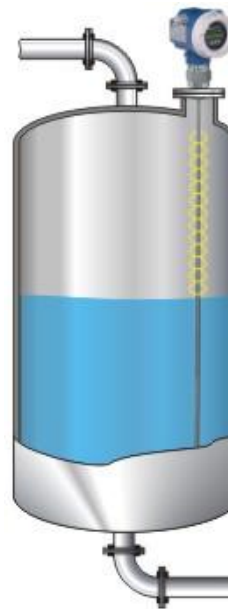


Existen dos tecnologías:



Medición sin contacto

Las microondas son emitidas y los ecos se transmiten en el medio que se encuentra entre el medidor y la interface en cuestión



Medición Guiada

La transmisión de las microondas se hace empleando una sonda que se sumerge en el medio cuya interface se busca detectar

Se usa para nivel de **líquidos, sólidos y pastas**. Su aplicación es ideal en productos muy viscosos (incluso asfaltos) y en medios agresivos.

Rango de medida: hasta 40m.

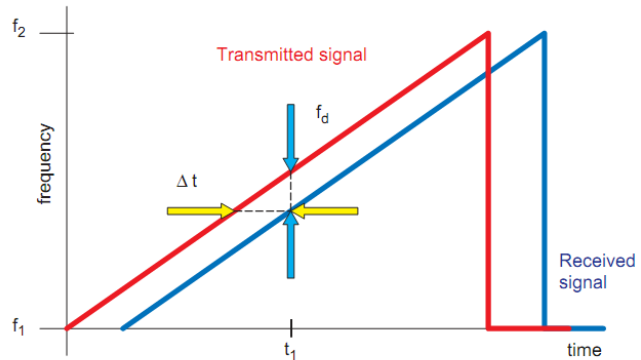
Precisión: $\pm 2\text{mm}$.

La temperatura tiene un efecto ínfimo en la medición (aire o vapor de agua). A 2000 °C la variación es de 0.03 %. El efecto de la presión también es bajo. Esto los convierte en elementos muy robustos. Además no poseen partes móviles.

Son dos los principios de medición

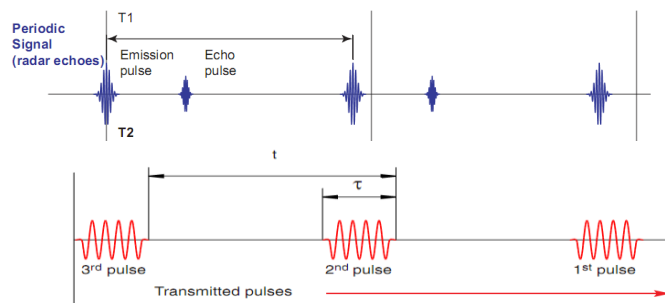
Ondas continuas de frecuencia modulada (indirecto)

El emisor envía una señal de frecuencia variable y se la compara con la frecuencia del eco. La diferencia entre las frecuencias es una función directa de la distancia a la interface. Requiere FFT.

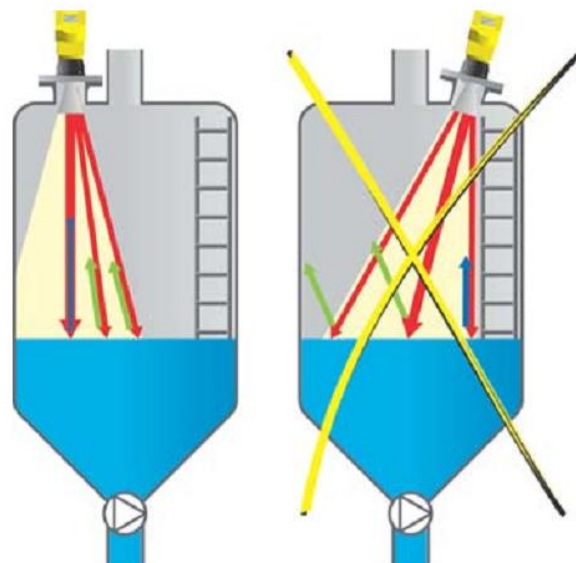


Radar de pulsos. (directo)

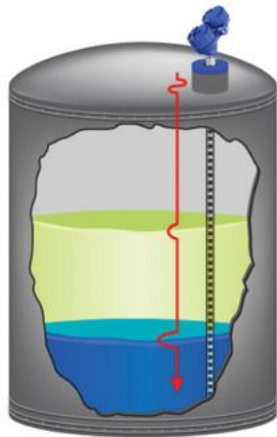
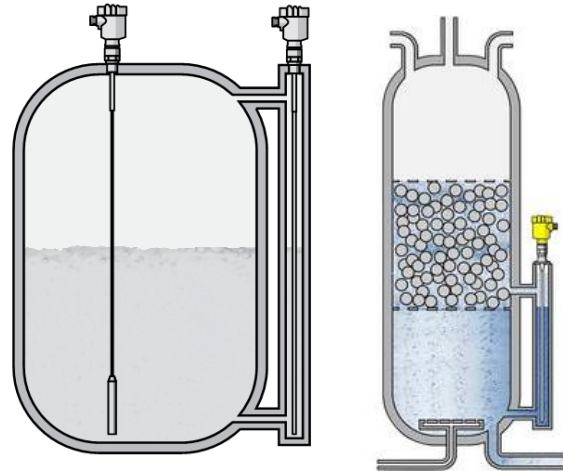
Similar al transmisor ultrasónico. Se emite un pulso de ondas de frecuencia fija y se calcula la posición del nivel basado en el tiempo de tránsito:



Uno de los problemas que deben ser resueltos en este tipo de transmisores se vincula con el análisis de las interferencias. La tecnología actual permite la separación de las ondas y la determinación del nivel con alta precisión, pero impone restricciones a la ubicación del elemento sensible (debe consultarse el catálogo del transmisor en cada caso).



Cuando el reservorio en el que se desea medir nivel no tiene las condiciones apropiadas, se puede recurrir a la medición en un tubo lateral interconectado.



Hay dispositivos de radar que permiten la medición de más de un nivel de interface.

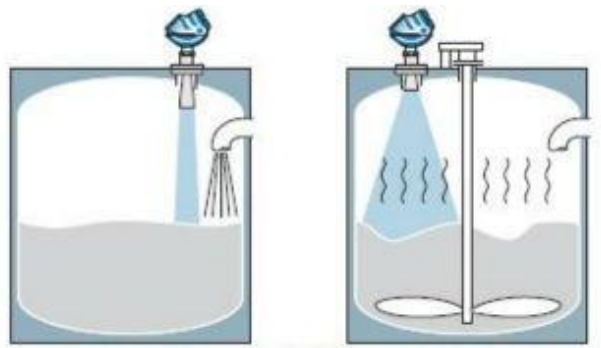
El detector viene programado para separar distintos tipos de ecos.



Un aspecto importante es la frecuencia de la radiación. Si la frecuencia es baja (próximas a 5.8 GHz), el cono de transmisión de las ondas tienen ángulos amplios que producen interferencias.

Con altas frecuencias, el ángulo del cono de radiación disminuye notablemente y con esto se logra mayor exactitud en la medición

Para niveles con espumas o vapores se recomiendan dispositivos de frecuencias bajas (~ 6 GHz) mientras que para las otras aplicaciones se prefiere sensores de más altas frecuencias por la mayor flexibilidad para su montaje

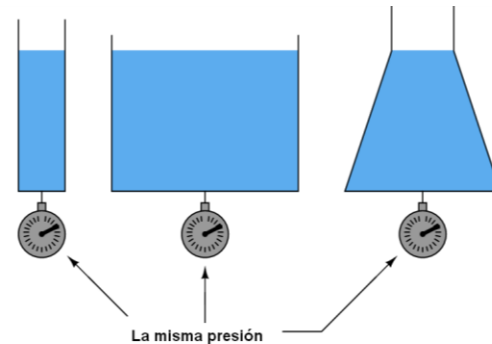


Por su robustez, seguridad y precisión este dispositivo es un clásico en la industria del petróleo, petroquímica y de procesamiento de minerales.

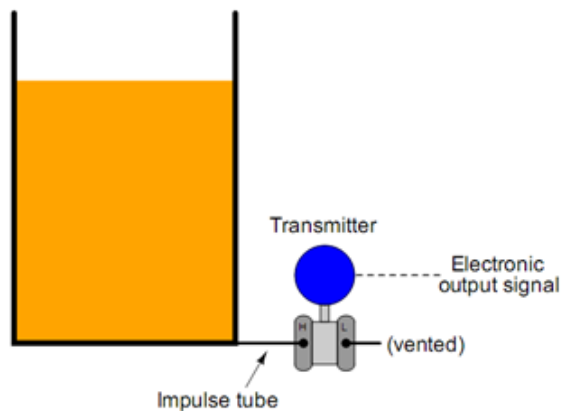
ELEMENTOS DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA

La presión ejercida por la columna de un líquido es independiente de la forma del recipiente y se vincula directamente con la altura del fluido.

$$p = p_0 + \rho g h$$

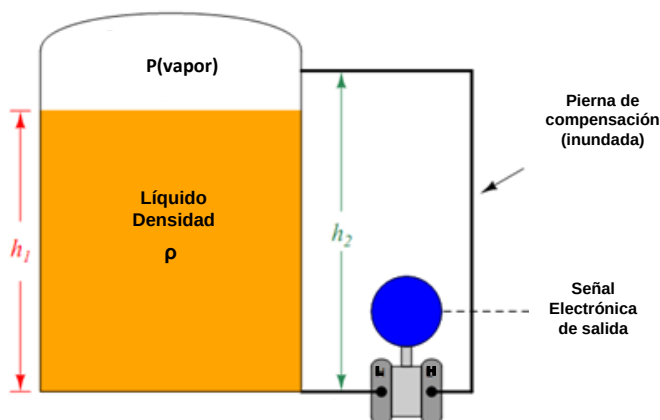
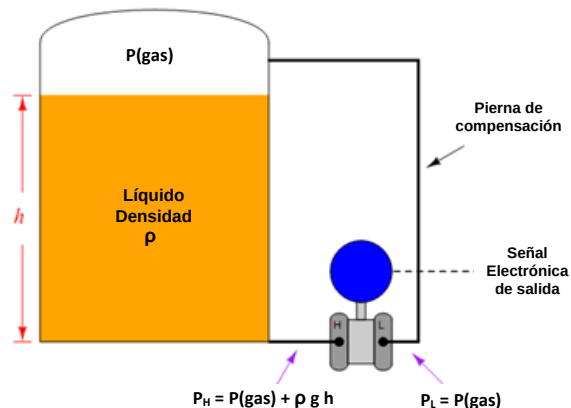


Por lo tanto puede medirse presión para inferir nivel (relación lineal) si la densidad permanece constante.



Si el tanque es cerrado y está presurizado, debe conectarse las dos tomas del transmisor de presión diferencial. De esta forma la señal es proporcional al nivel:

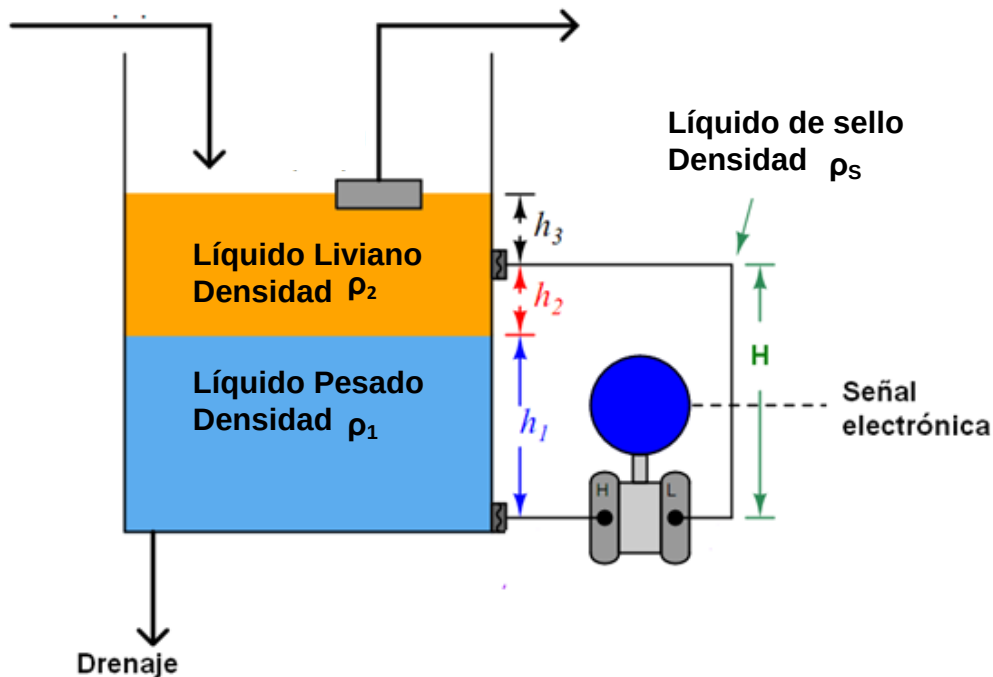
$$\Delta p = \rho g h$$



Si se trabaja con vapor que pueden condensar, conviene inundar la columna conectada al vapor.

$$\Delta p = \rho g (h_2 - h_1)$$

También puede medir la **interface de dos líquidos inmiscibles** y la relación sigue siendo lineal.



$$p_H = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 + \rho_2 g h_3 + p_0$$

$$p_L = \rho_s g h_1 + \rho_s g h_2 + \rho_2 g h_3 + p_0$$

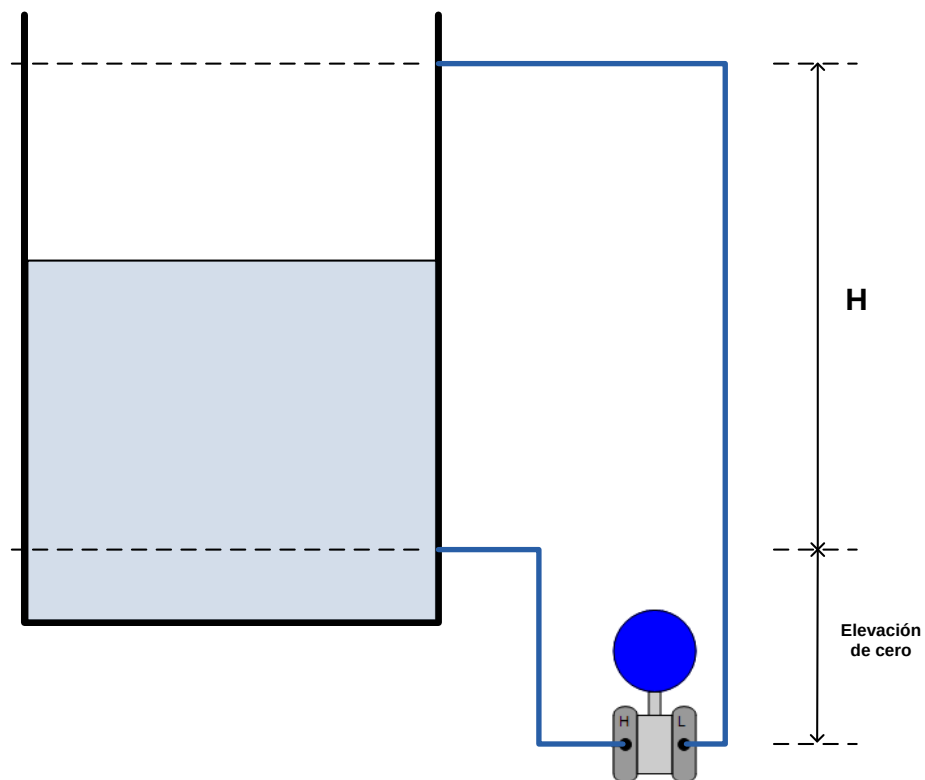
$$\Delta p = (\rho_1 - \rho_s) g h_1 + (\rho_2 - \rho_s) g (H - h_1)$$

Los elementos diferenciales se montan en forma sencilla, son fáciles de ajustar y tienen una precisión razonable. Es uno de los métodos de medición más empleados en la industria de procesos.

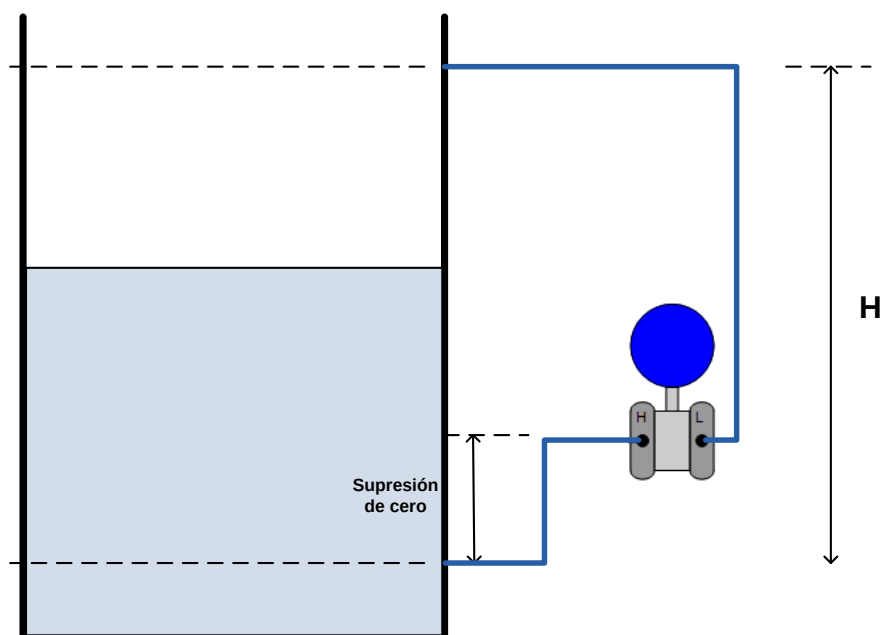
La mayor limitación está en que la densidad del fluido deber permanecer razonablemente constante.



Elevación de cero



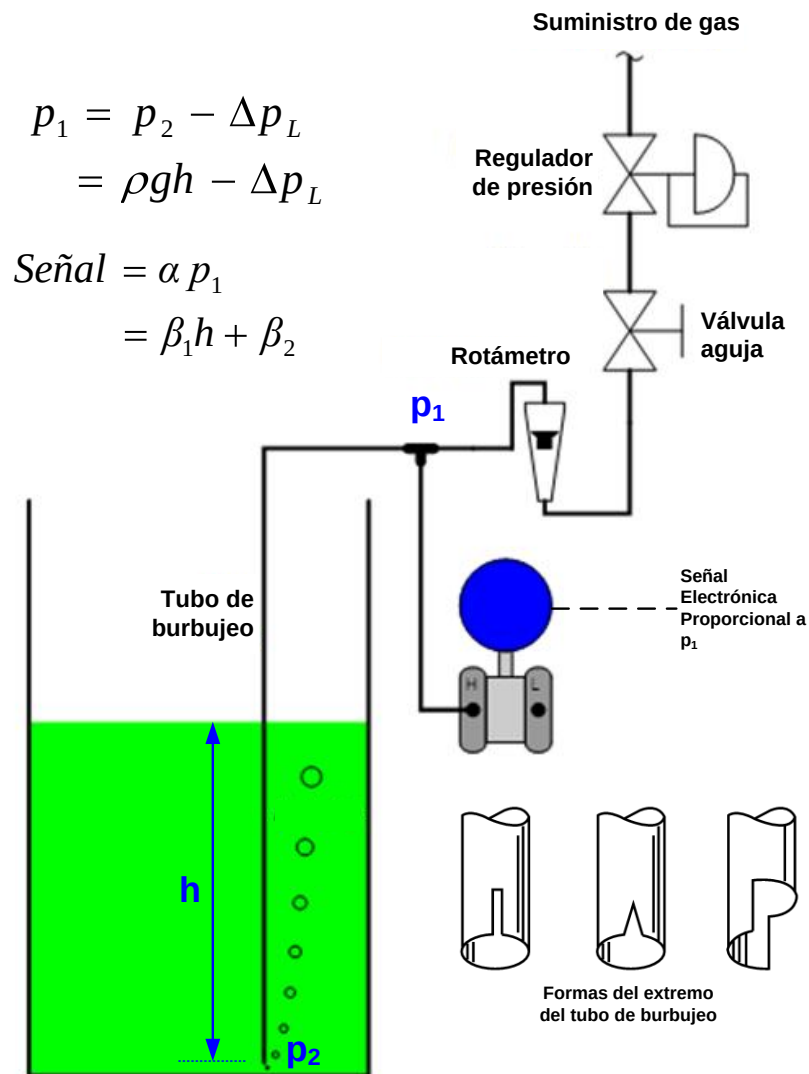
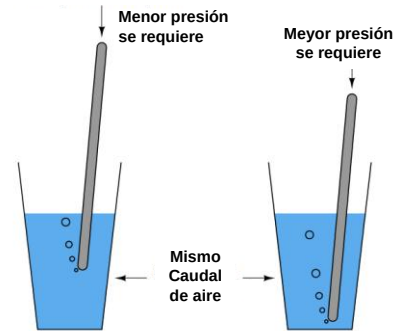
Supresión de cero



ELEMENTOS DE BURBUJEO

La presión requerida para producir el flujo continuo de burbujas es una medida de la columna de líquido.

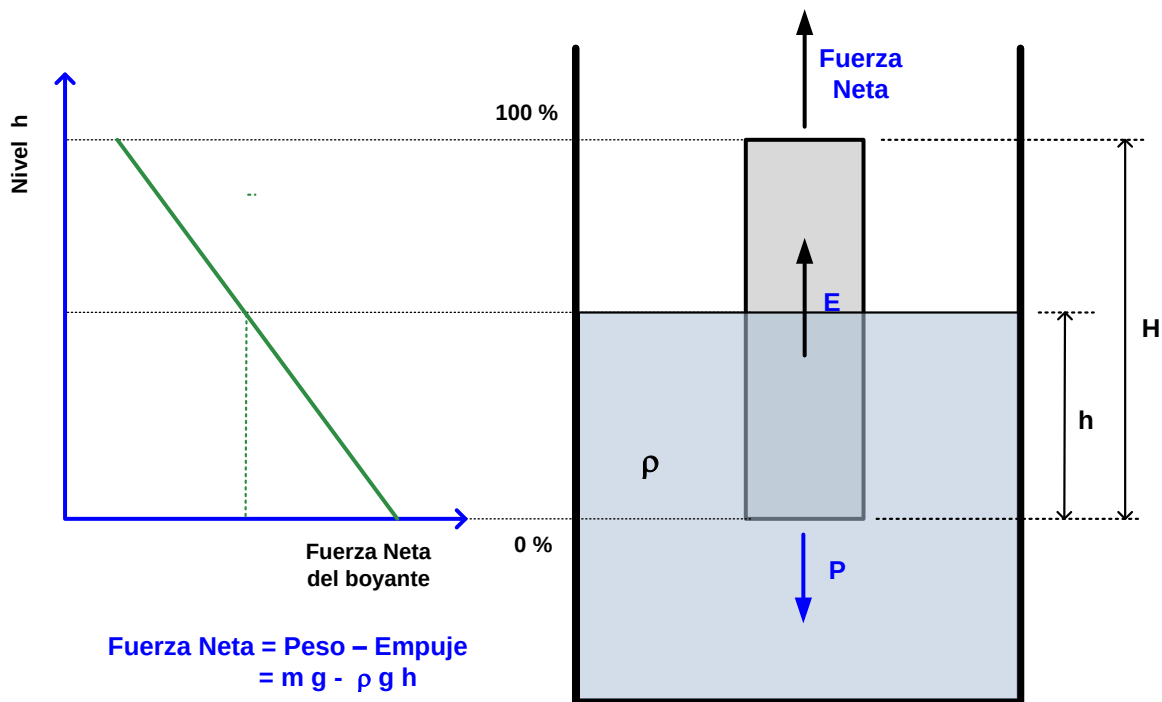
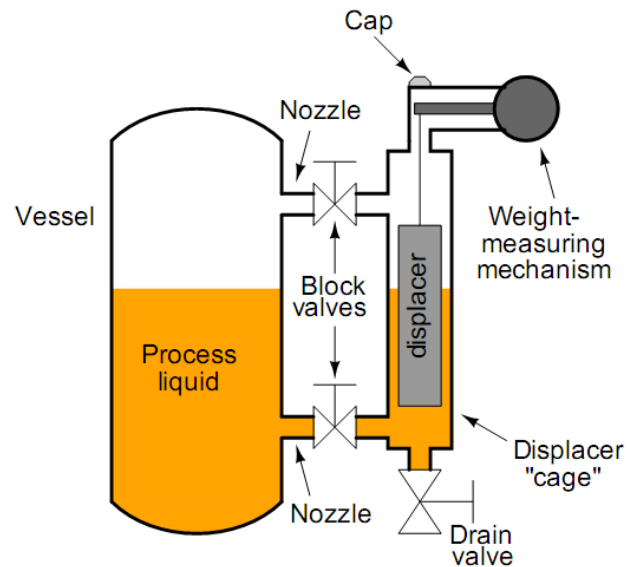
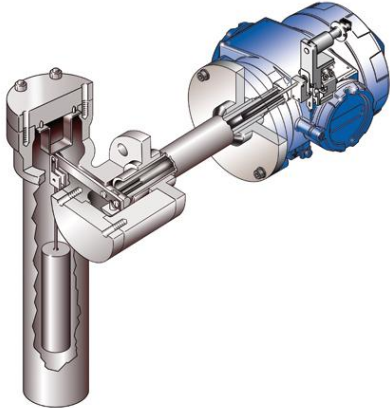
Mediante un regulador de caudal se hace pasar por un tubo (sumergido en el depósito hasta el nivel mínimo), un pequeño caudal de aire o gas inerte hasta producir una corriente continua de burbujas.



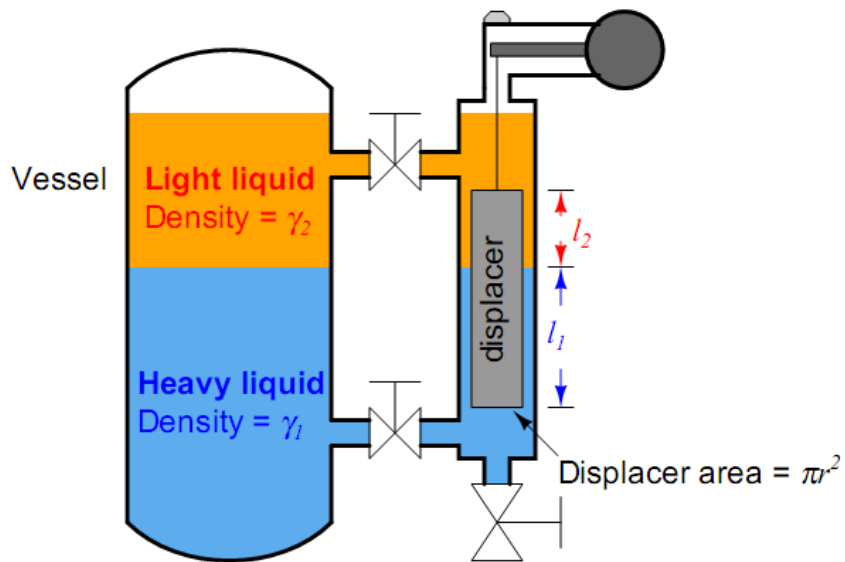
Sistema recomendado en aplicaciones con líquidos corrosivos o con materiales en suspensión (el fluido no penetra en el medidor, ni en la tubería de conexión). También se usa cuando el transmisor de presión diferencial debe ser colocado encima del depósito.

ELEMENTOS BASADOS EN EMPUJE (Boyante)

Se infiere nivel a partir de la medición de la **fuerza neta ejercida** por un fluido sobre un boyante.



La precisión es del orden de $\pm 0,5 \%$ a $\pm 1 \%$ y el intervalo de medida puede variar de 0-300 a 0-2000 mm c. de a. El instrumento puede utilizarse en estanques abiertos y cerrados a presión o a vacío, tiene una buena sensibilidad pero presenta el inconveniente del riesgo de depósitos de sólidos o de crecimiento de cristales en el flotador que afectan a la precisión de la medida. Es apto sólo para la medida de nivel pequeños (2000 mm máximo estándar).



Con este dispositivo puede medirse también nivel de una interface líquido-líquido.

$$F_{buoyant} = \gamma_1 \pi r^2 l_1 + \gamma_2 \pi r^2 l_2$$

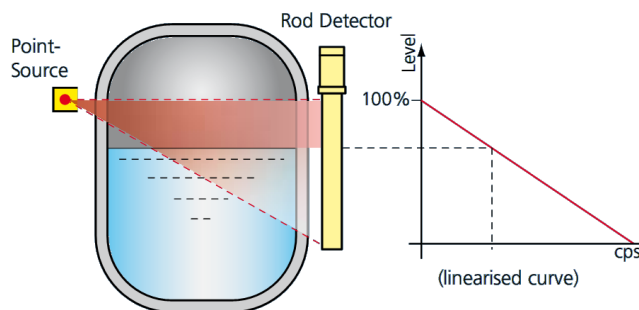
El boyante puede ubicarse en forma libre en el recipiente o en una cápsula externa.



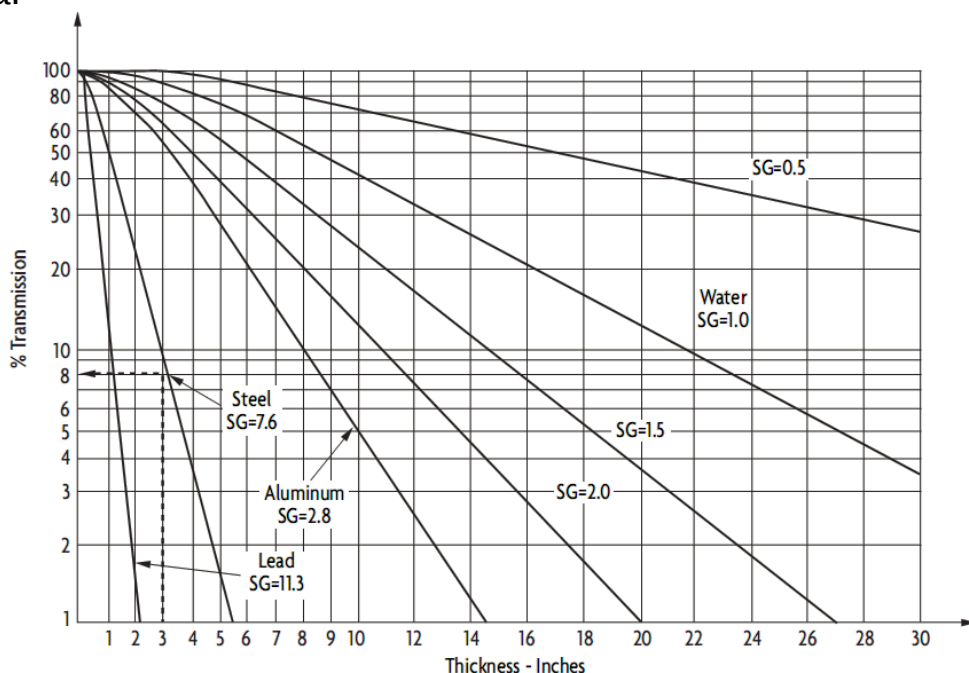
El montaje siempre es horizontal. Si la interface presenta espuma, detecta la interface líquido-espuma.

ELEMENTOS BASADOS ATENUACION DE RADIACIÓN

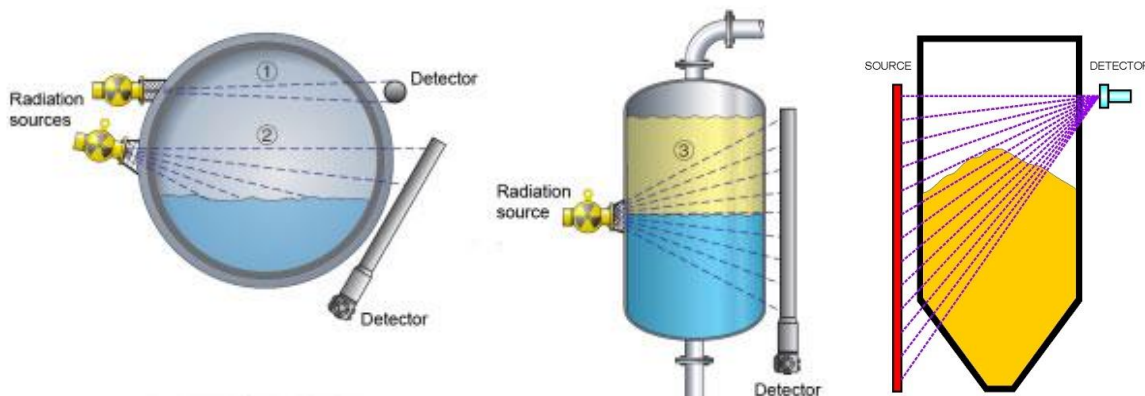
Constan de una fuente radioactiva que se instala en un costado del depósito. Al otro lado se coloca un medidor de radiación puntual para medidas todo nada o lineal para medidas continuas.



La transmitancia es inversamente proporcional a la masa del líquido o sólido, **la radiación captada por el receptor es inversamente proporcional al nivel** ya que el material absorbe parte de la energía emitida.



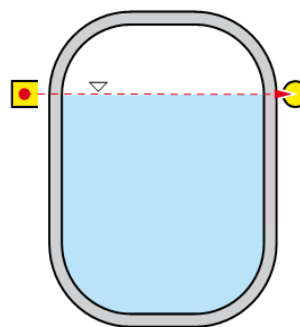
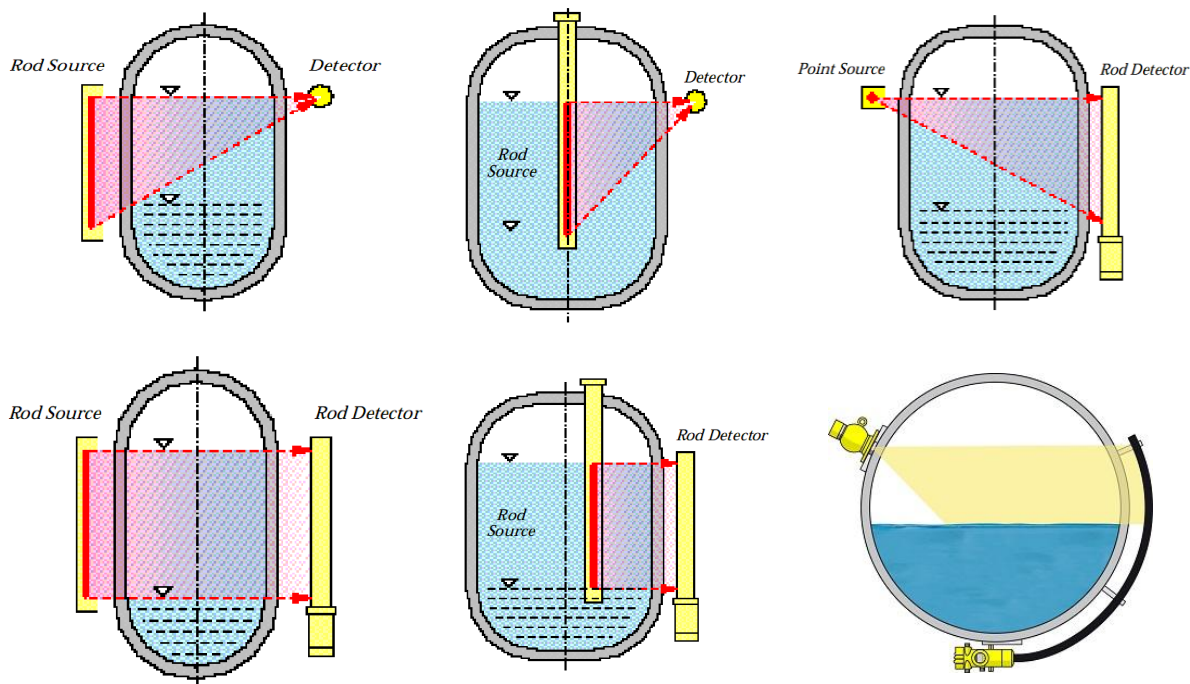
Estos dispositivos se usan para la medición de nivel de líquidos, de interface líquido-líquido o de sólidos. Sirve para mediciones continuas o de un punto (switch y alarma).



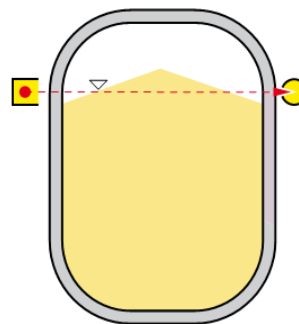
Las fuentes de rayos gamma habitualmente empleadas con **Cesio 137** y **Cobalto 60**. La precisión en la medida es de $\pm 0,5$ a ± 2 %,

Son óptimos para medir fluidos con alta temperatura y presión o en ambientes agresivos ya que son completamente no invasivos. Sin embargo el costo es normalmente elevado y el manejo de material radiactivo requiere medidas especiales de seguridad.

Hay diversas configuraciones



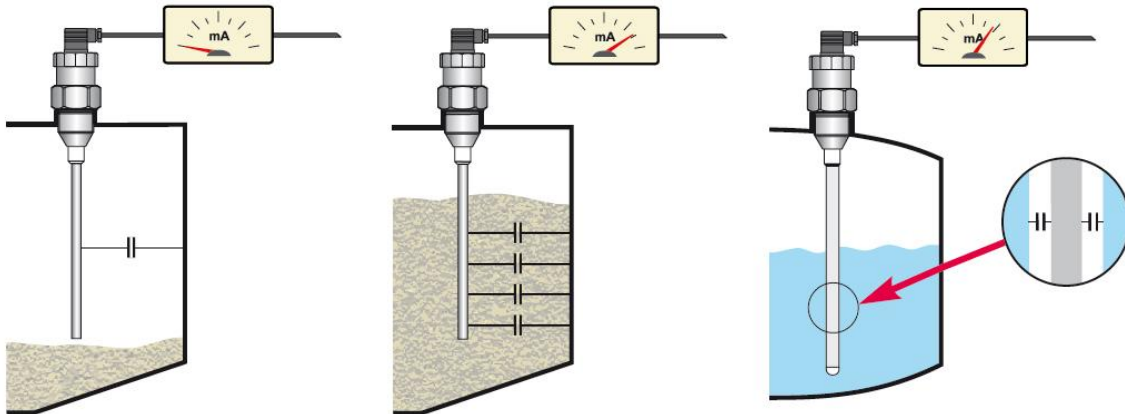
Switch para líquido



Switch para sólido

ELEMENTOS CAPACITIVOS

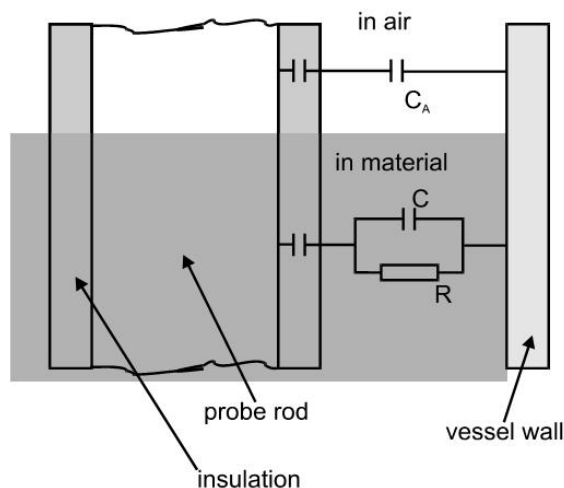
El medidor de nivel capacitivo **mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en un líquido o en sólidos y las paredes del tanque**. En algunos casos, la **propia sonda contiene las dos placas del condensador** (sólo para líquidos).



La capacidad del conjunto depende de factores geométricos y de la constante dieléctrica del material que se encuentra entre las placas.

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (\text{plano})$$

$$C = \epsilon \frac{2\pi l}{\ln \frac{r_1}{r_2}} \quad (\text{cilíndrico})$$



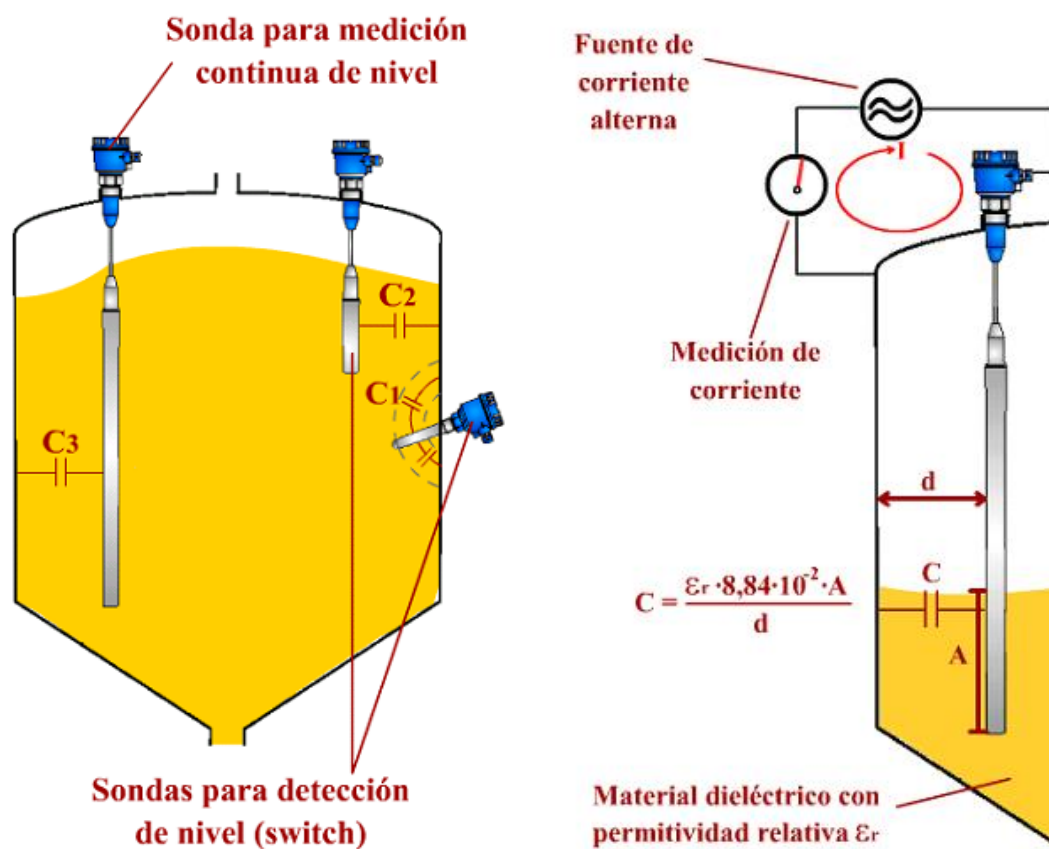
El nivel de líquido (o sólido) influye en forma directa en la capacidad. Por lo tanto midiendo capacidad se puede inferir nivel.

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.

En fluidos conductores el electrodo está aislado usualmente con teflón interviniendo las capacidades adicionales entre el material aislante y el electrodo en la zona del líquido y del gas.

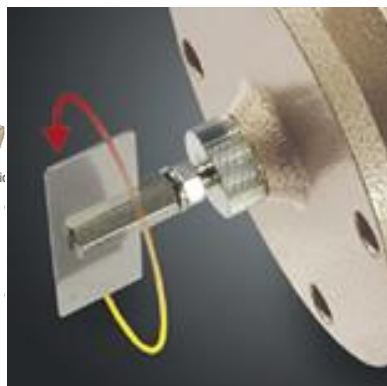
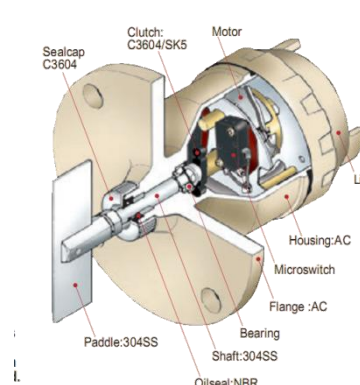
Precisión en el orden de $\pm 1\%$ Span. Tienen la ventaja de ser robustos al no poseer partes móviles. Se ven afectados por los cambios de temperatura (por la influencia de esta variable en la constante dieléctrica).

Estos dispositivos sirven para medición continua de nivel o para detección puntual (salidas de switch o alarmas).



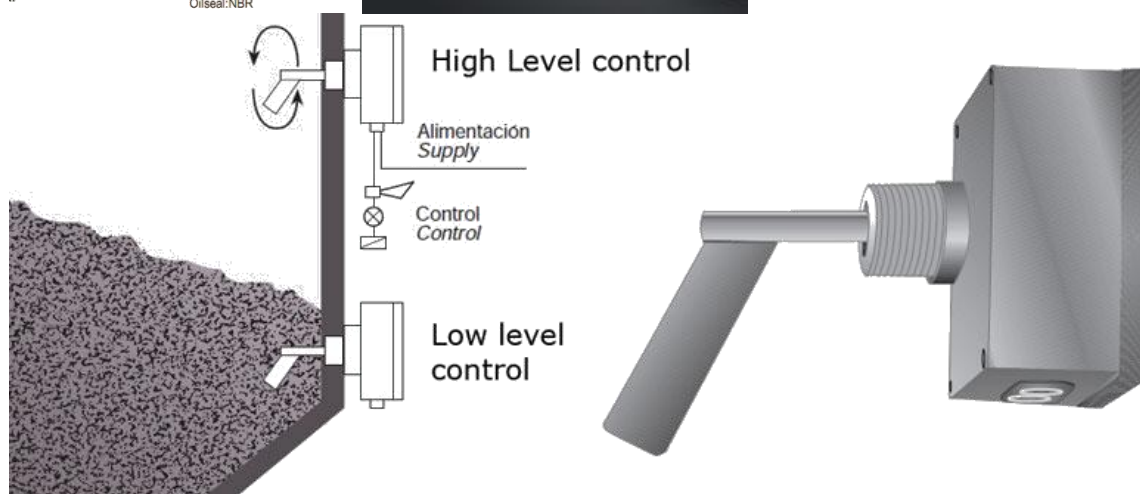
El transmisor consta normalmente de un puente de capacidades y se trabaja con corriente alterna para generar la señal analógica de salida.

INTERRUPTORES BASADOS EN PRINCIPIO MECÁNICOS Y TÉRMICOS



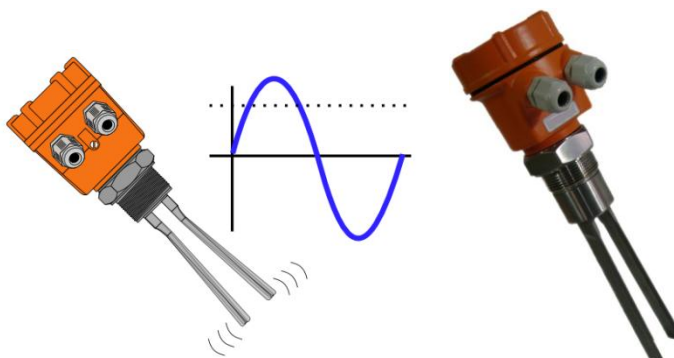
Paleta rotatoria.

Por cambio de gas a líquido o sólido, cambia el momento que debe realizar el motor lo que determina un cambio en la salida



Vibratorio

Se trata de una plancha o una horquilla que vibra accionada por un oscilador. Dependiendo del material, la frecuencia cambia y acciona la respuesta. Se aplica a sólidos, líquidos o pastas.



Detalles a tener en cuenta en la instalación.

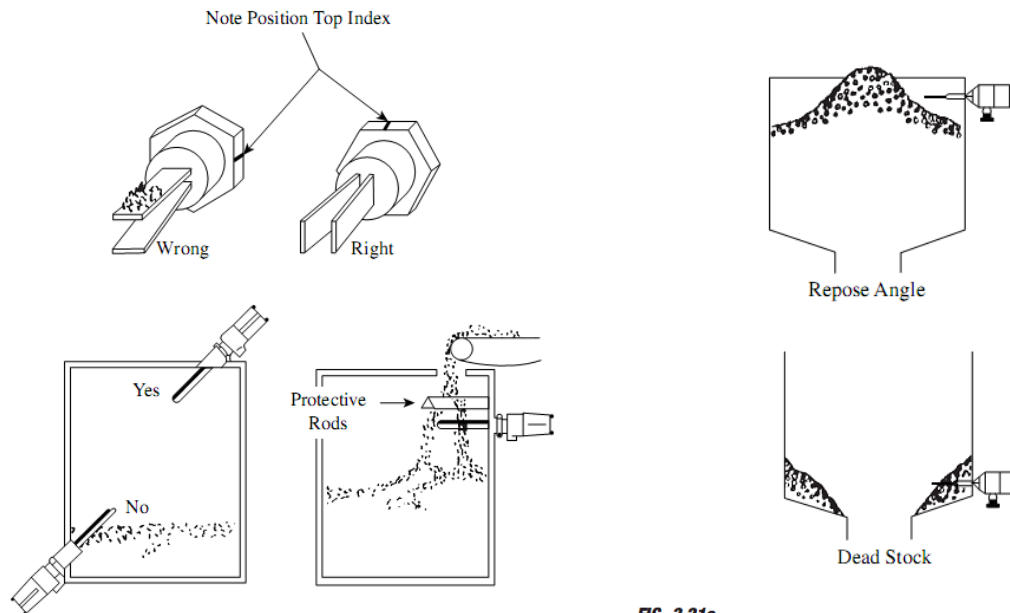


FIG. 3.21d

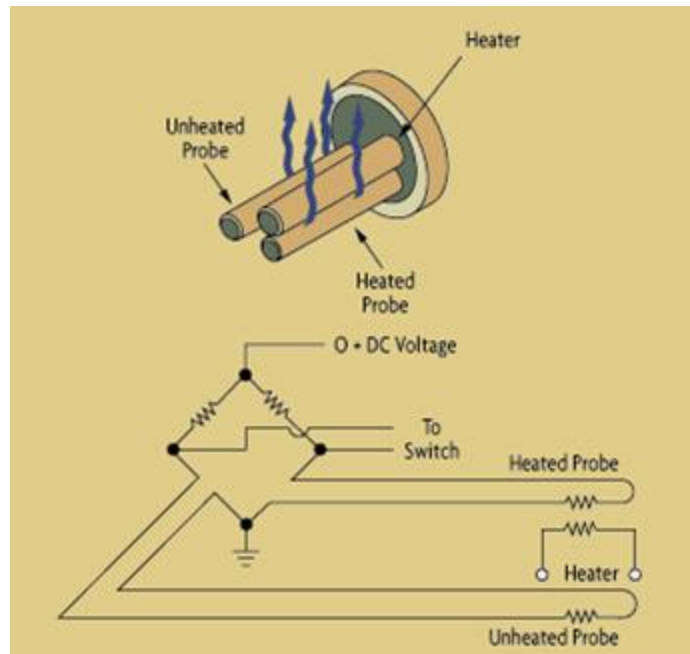
The installation of tuning fork-type level switches. (Courtesy of Endress + Hauser Inc.)

FIG. 3.21e

The cross-section of a vibrating probe and illustrations of false level indications caused by not probably considering the effects.

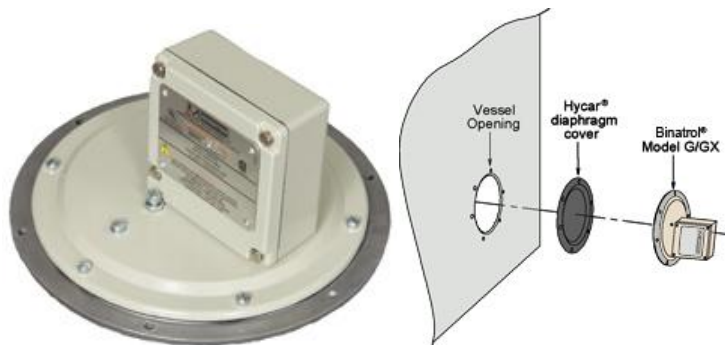
De dispersión térmica

Dependiendo del fluido entre los electrodos, la temperatura cambia y cambia también la resistencia eléctrica.



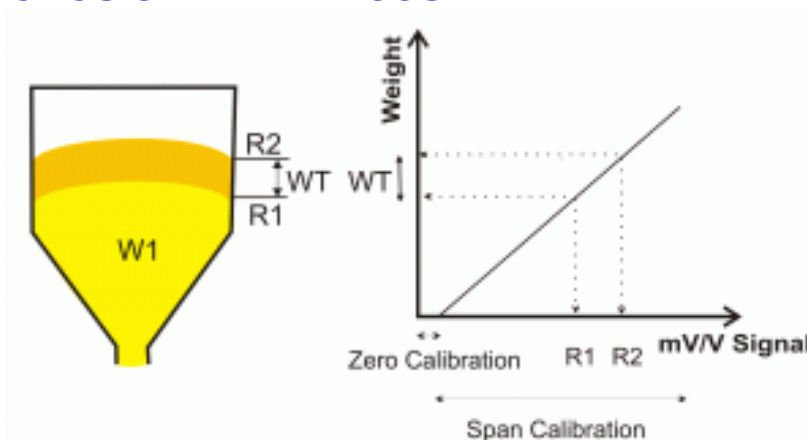
Detector de diafragma

Un diafragma que produce un desplazamiento según esté o no en contacto con un líquido (o sólido).

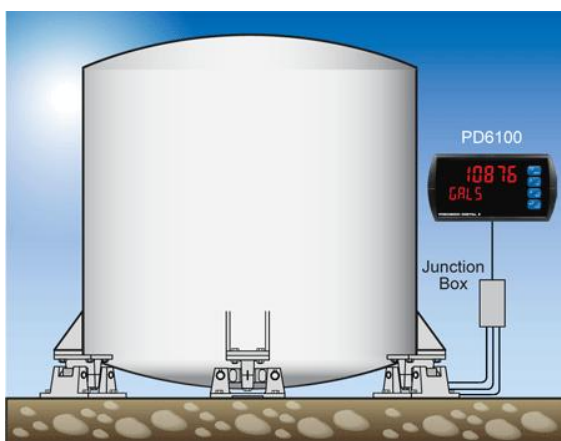
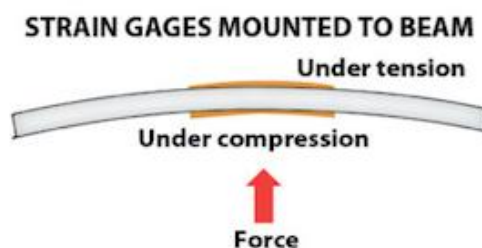
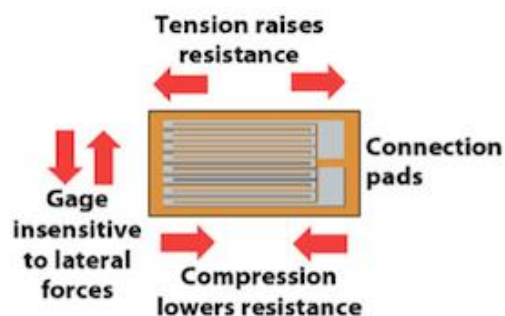
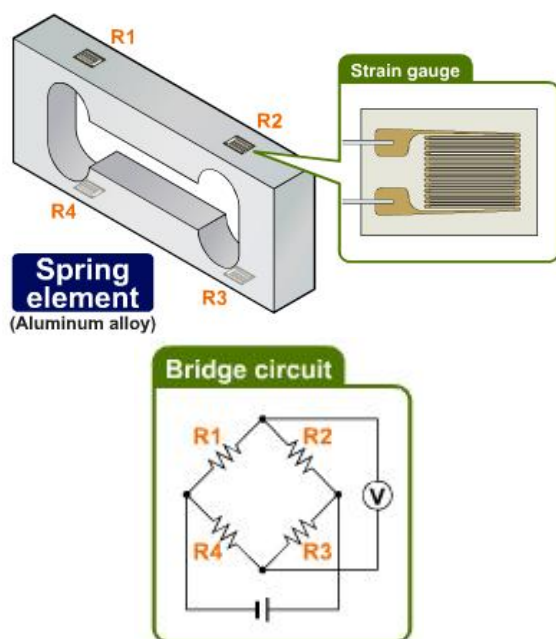


MEDICIÓN POR MÉTODOS GRAVIMETRICOS

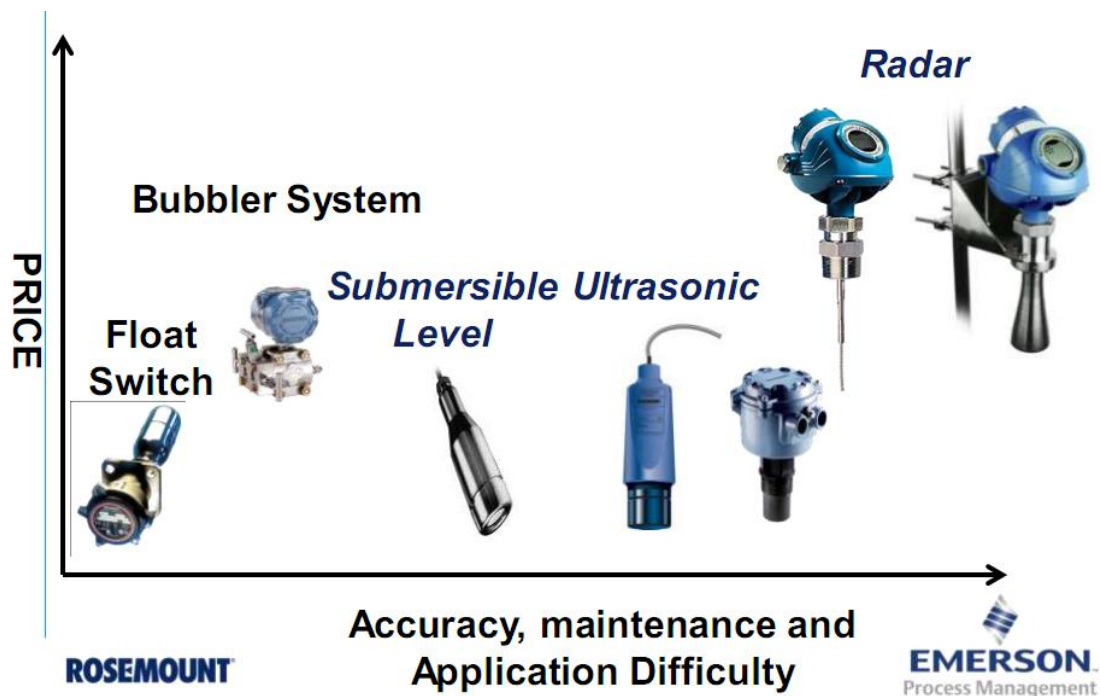
Una forma indirecta de medir nivel es midiendo el peso del contenido del recipiente (líquido o sólido).



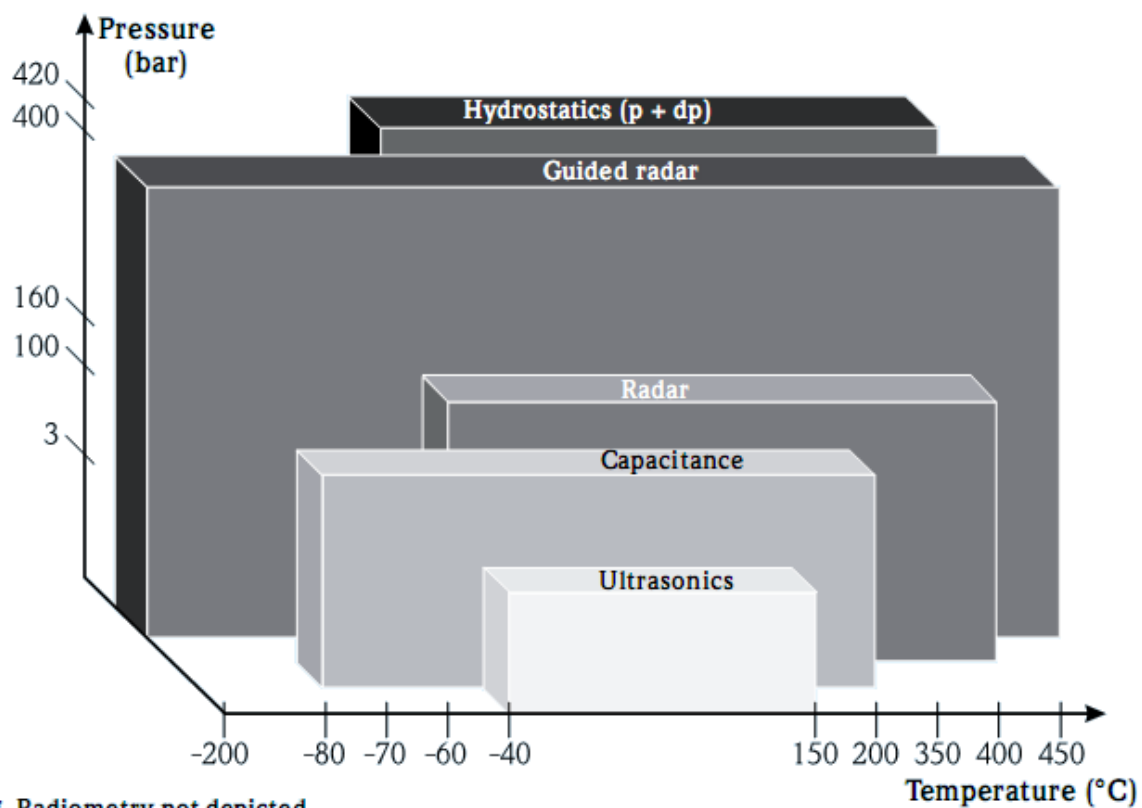
El dispositivo para medir el peso es normalmente una celda de carga. El elemento sensible puede ser una banda extensométrica (strain gauge).



SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE NIVEL



Process conditions*



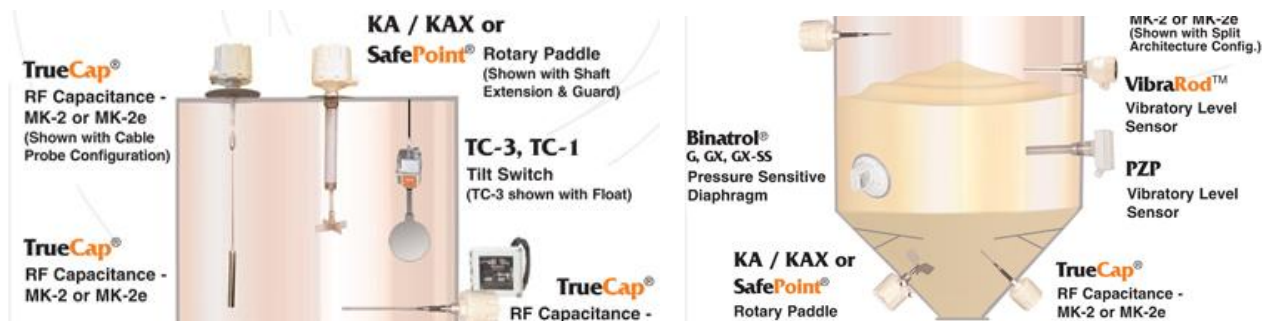
* Radiometry not depicted

Non-contact measurement from outside and, therefore, no application limits.

Tipo	Punto fijo		Continuo	Precisión en % de toda la escala	Temp máx. De servicio °C	Tanques		Desventajas	ventajas
	Alto	Bajo				Abiertos	Cerrados		
diafragma	si	si	no	50 mm	60	si	si	No admite materiales granulares >80mm. Tanques a baja presión	Bajo coste, sensible a materiales de baja densidad
Cono suspendido	si	si	"	50 mm	60	"	no	Debe estar protegido	Bajo coste
Varilla flexible	si	no	"	25 mm	300	"	no	Relé retardo, solo nivel alto	Muy sensible
conductivo	si	si	"	25 mm	300	"	si	Conductividad de materiales	Tanques a presión
Paletas rotativas	si	si	"	25 mm	60	"	no	Tanques abiertos o a baja presión	Materiales diversos, a prueba de explosión
Sondeo electromagnético	--	--	si	± 1 %	60	"	no	Resistencia mecánica media	sencillo
báscula	--	--	"	± 0,5-1%	900	"	si	Coste elevado	Preciso y seguro, alta presión y temp.
capacitivo	--	--	"	15 mm	150	"	si	Materiales aislantes, calibración individual, adherencias producto	Bajo coste
Presión diferencial	--	--	si	--	300	"	si	Coste medio, posible obturación, orificio purga	Respuesta rápida
ultrasonidos	si	si	"	±0,5-1 %	150	"	si	Coste medio	Materiales opacos y transparentes, a prueba de explosión
radar	si	si	"	± 2 mm	150	"	si	Coste medio	productos muy viscosos
radiación	"	"	"	± 0,5 - 1%	1300	"	si	Coste elevado, supervisión, seguridad, calibración individual, varias fuentes	Tanque sin aberturas, producto corrosivos y peligrosos, altas presiones y temperaturas

Table 4: Orientation Table for Selecting Level Sensors

TYPE	MAX. TEMP. (°F)	AVAILABLE AS NONCONTACT	INACCURACY (1 in. = 25.4 mm)	APPLICATIONS								LIMITATIONS
				LIQUIDS				SOLIDS				
				CLEAN	VISCOUS	SLURRY/SLUDGE	INTERFACE	FOAM	POWDER	CHUNKY	STICKY	
Air Bubbblers	UL		1-2% FS	G	F	P	F					Introduces foreign substance into process; high maintenance
Capacitance	2,000		1-2% FS	G	F-G	F	G-L	P	F	F	P	Interface between conductive layers and detection of foam is a problem
Conductivity Switch	1,800		1/8 in	F	P	F	L	L	L	L	L	Can detect interface only between conductive and nonconductive liquids. Field effect design for solids
Diaphragm	350		0.5% FS	G	F	F			F	F	P	Switches only for solid service
Differential Pressure	1,200		0.1% AS	E	G-E	G	P					Only extended diaphragm seals or repeaters can eliminate plugging. Purging and sealing legs are also used
Displacer	850		0.5% FS	E	P	P	F-G					Not recommended for sludge or slurry service
Float	500		1% FS	G	P	P	F					Moving parts limit most designs to clean service. Only preset density floats can follow interfaces
Laser	UL	X	0.5 in	L	G	G		F	F	F	F	Limited to cloudy liquids or bright solids in tanks with transparent vapor spaces
Level Gages	700		0.25 in	G	F	P	F					Glass is not allowed in some processes
Microwave Switches	400	X	0.5 in	G	G	F	G		G	G	F	Thick coating is a limitation
Optical Switches	260	X	0.25 in	G	F	E	F-G	F	F	P	F	Refraction-type for clean liquids only; reflection-type requires clean vapor space
Radar	450	X	0.12 in	G	G	F	P		P	F	P	Interference from coating, agitator blades, spray, or excessive turbulence
Radiation	UL	X	0.25 in	G	E	E	G	F	G	E	E	Requires NRC license
Resistance Tape	225		0.5 in	G	G	G						Limited to liquids under near-atmospheric pressure and temperature conditions
Rotating Paddle Switch	500		1 in						G	F	P	Limited to detection of dry, non-corrosive, low-pressure solids
Slip Tubes	200		0.5 in	F	P	P						An unsafe manual device
Tape-Type Level Sensors	300		0.1 in	E	F	P	G		G	F	F	Only the inductively coupled float is suited for interface measurement. Float hangup is a potential problem with most designs
Thermal	850		0.5 in	G	F	F	P	F				Foam and interface detection is limited by the thermal conductives involved
TDR/PDS	221		3 in	F	F	F			G	G	F	Limited performance on sticky process materials
Ultrasonic	300	X	1% FS	F-G	G	G	F-G	F	F	F	G	Presence of dust, foam, dew in vapor space; sloping or fluffy process material interferes with performance
Vibrating Switches	300		0.2 in	F	G	G	F		F	G	G	Excessive material buildup can prevent operation



	LIQUIDS		LIQUID/ LIQUID INTERFACE		FOAM		SLURRY		SUSPENDED SOLIDS		POWDERY SOLIDS		GRANULAR SOLIDS		CHUNKY SOLIDS		STICKY MOIST SOLIDS	
	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
Beam Breaker	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	1	-	3	-	1	-
Bubbler	1	1	-	-	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capacitance	1	1	1	1	1	2	1	2	-	-	2	2	1	2	2	2	1	2
Conductive	1	-	2	-	1	-	1	-	-	-	3	-	3	-	3	-	1	-
Differential Pressure	2	1	2	2	-	-	2	2	-	-	3	3	-	-	-	-	-	-
Electromechanical	Diaphragm	1	1	2	-	-	2	2	-	-	1	3	1	-	3	-	2	3
	Displacer	1	2	2	2	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Float	1	-	2	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Float/Tape	3	1	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Paddlewheel	-	-	-	-	-	-	3	-	-	2	-	1	-	3	-	2	-
Gages	Weight/Cable	3	1	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
	Glass	1	1	2	2	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Magnetic	Magnetic	1	1	-	-	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Inductive	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	2	2	2	2	2	3	3
Microwave		1	1	-	-	-	-	1	1	-	-	1	2	1	1	1	1	1
Radiation		1	1	-	-	-	-	1	1	-	-	1	1	1	1	1	1	1
Sonic Echo	Sonar	-	-	2	2	-	-	-	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-
	Sonic	1	1	3	3	-	-	1	1	2	2	-	3	1	1	1	2	1
	Ultrasonic	1	2	2	2	-	-	1	2	1	1	-	3	2	2	1	2	2
Thermal		1	-	1	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vibration		2	-	3	-	-	-	2	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1

Key: C = Continuous, P = Point, 1 = Good, 2 = Fair, 3 = Poor, - = Not applicable

TABLE 3.1a

Orientation Table-Point Level Switches

Technology	Max. Temp.-F[C]	Non-Contact Possible	Inaccuracy-Inches[mm]	Process Materials											Cost			
				Waterlike Liquids			Coating Liquids			Foams		Solids			\$100-300	\$300-1000	Over \$1000	
				Conducting	Insulating	Interface	Conducting	Insulating	Aqueous Slurries	Aqueous Foam	Organic Foam	Powder	Chunks	Sticky				
Comments/Precautions																		
Capacitance/RF	2000 [1100]	✓	0.125-2 [3-50]	E	E	E	NA/E	L/E	NA/E	ME	IG/ME	E	F/E	L/E	Conductive coating produces false high without guard-type probe. Short insertions can be a problem.	✓	✓	✓
Conductivity Switch	1800 [980]		0.125 [3]	E	NA	F	L	NA	L	ME	IG	L	L	NA	Detects conductive process materials. Insulating coatings produce false lows/conductive false highs.	✓	✓	
Diaphragm	350 [175]		1-2 [50-100]	L	L	NA	L	L	NA	IG	IG	F	F	NA	Mainly for granular solids.	✓		
Differential Pressure	350 [175]		1-4 [25-100]	L	L	NA	F	F	NA	IG	IG	NA	NA	NA	Clean liquids with constant specific gravity.	✓	✓	
Displacer	850 [450]		0.2-0.5 [5-13]	E	E	F	F	F	NA	IG	IG	NA	NA	NA	Not recommended for sludge or slurries. Vacuum with high viscosity can cause dynamic instability.	✓	✓	
Float	500 [260]		1 [25]	E	E	L	F	F	NA	IG/ME	IG/ME	NA	NA	NA	Moving parts limit most designs to clean service. Only density-adjusted floats can detect interfaces.	✓	✓	

TABLE 3.1b

Orientation Table-Level Transmitters

Technology	Max. Temp. °F/C	Non-Contact Possible	Inaccuracy %Span	Process Materials											Comments/Precautions	Cost		
				Waterlike Liquids			Coating Liquids			Foams		Solids				\$300-1000	\$1000-2500	Over \$2500
				Conducting	Insulating	Interface	Conducting	Insulating	Aqueous Slurries	Aqueous Foam	Organic Foam	Powder	Chunks	Sticky				
Air Bubblers	UL		0.5–1#	E	E	NA	F	F	NA	IG	IG	NA	NA	NA	High maintenance. Requires high reliability gas supply.	✓	✓	
Capacitance/RF	2,000 [1100]		0.5–3	E	E/F	E	NA/E	F/E	NA/E	ME	IG/ME	L	L	L	Interface between conductive layers or liquid/solid interface doesn't work. Highly conductive coatings with short probes are a problem.	✓	✓	✓
Diaphragm	350 [175]		1–3#	L	L	NA	F	F	NA	IG	IG	NA	NA	NA	Submerged sensors need low pressure (atmospheric) reference.	✓	✓	
Differential Pressure	1200 [650]		0.25–1#	E	E	NA	E	E	NA	IG	IG	NA	NA	NA	Only extended diaphragm seals or repeaters can eliminate plugging. Purging and sealing legs are also used.	✓	✓	
Displacer	850 [450]		0.25–1#	E	E	F	L	L	NA	IG	IG	NA	NA	NA	Not recommended for sludge or slurry service. Vacuum and high viscosity can cause dynamic instability.		✓	✓
Float	500 [260]		0.1–3	E	E	L	L	L	NA	IG/ME	IG/ME	NA	NA	NA	Moving parts limit most designs to clean service. Only preset density floats can follow interfaces.	✓	✓	✓
Laser	300 [150]	✓	0.25 in. [6 mm]	L	L	L	E	E	E	L	L	L	E	E	Transmittance of upper phase and reflectance of lower phase determine performance.			✓
Level (Sight) Gage	700 [370]		0.25 in. [6 mm]	E	E	L	L	L	NA	L	L	NA	NA	NA	Must have same temperature as tank. Foam and boiling are problems. Opaque coatings cause incorrect readings.	✓	✓	
Radar	500 [260]	✓	0.1–1	E	L	NA	E	L	E	L	NA	E	L	L	Low dielectric materials limit range. Condensation or crystallization on antenna can cause errors.		✓	✓
Radiation (Nuclear)	UL	✓	1–2	E	E	E/NA	E	E	L	L	E	E	E	E	Require NRC license. Spent source disposal is a problem. Heavy coatings affect accuracy.			✓
Resistance Tapes	225 [110]	✓	0.1–1	E	E	NA	L	L	F	IG	IG	NA	NA	NA	Limited temperature and pressure range. Large specific gravity changes affect accuracy.		✓	
(Ultra)Sonic	300 [150]	✓	0.25–3	E	E	NA	F	F	NA	IG	IG	NA	NA	NA	Presence of dust, dew in vapor space hurts performance. Range is limited by foam and angled or fluffy solids.	✓	✓	
Tape Floats (& Servos)	300 [150]		0.1 in. [3 mm]	E	E	NA/F	F	F	NA	IG/ME	IG/ME	NA/F	NA/F	NA	Servo plumb bob is suitable for solids and interface. Mechanical hang-up is the biggest problem.		✓	✓
TDR	400 [200]		0.1–2	E	E	L	E	F	E	ME	IG	E	E	L	Long nozzles are a problem. Range and accuracy on insulating media, greater with high dielectric constant. Significant dead zones.		✓	✓
Thermal Dispersion	850 [450]		1–3#	E	E	NA	F	F	NA	IG/ME	IG/ME	NA	NA	NA	Foam and interface capability is limited by the thermal conductivities involved.		✓	✓

E = excellent

L = limited models, geometry, or process media

F = fair

NA = not applicable UL = unlimited

ME = measures foam

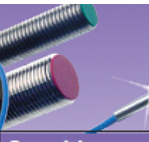
IG = ignores foam

assuming constant density

TABLE 3.1C
Level Sensor Selection Guide

	Liquids Continuous	Liquid/Liquid Interface		Foam		Slurry		Suspended Solids		Powdery Solids		Granular Solids		Chunky Solids		Sticky Moist Solids	
		Point	Continuous	Point	Continuous	Point	Continuous	Point	Continuous	Point	Continuous	Point	Continuous	Point	Continuous	Point	Continuous
Beam Breaker	—	—	—	2	—	—	—	—	—	1	—	1	—	3	—	1	—
Bubbler	1	—	—	—	—	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Capacitance	1	1	1	1	2	1	2	—	—	2	2	1	2	2	1	2	2
Conductive	—	2	—	1	—	1	—	—	—	3	—	3	—	3	—	1	—
Differential Pressure	1	2	2	—	—	2	2	—	—	3	3	—	—	—	—	—	—
Electromechanical																	
Diaphragm	1	2	—	—	—	2	2	—	—	1	3	1	—	3	—	2	3
Displacer	2	2	2	—	—	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Float	—	2	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Float/Tape	1	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Paddle Wheel	—	—	—	—	—	3	—	—	—	2	—	1	—	3	—	2	—
Weight/Cable	1	—	—	—	—	—	1	—	1	—	1	—	1	—	1	—	1
Gauges																	
Glass	1	2	2	3	3	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Magnetic	1	—	—	3	3	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Inductive	—	—	—	—	—	2	—	—	—	2	2	2	2	2	2	3	3
Microwave	1	—	—	—	—	1	1	—	—	1	2	1	1	1	1	1	1
Radiation	1	—	—	—	—	1	1	—	—	1	1	1	1	1	1	1	1
Sonic Echo																	
Sonar	—	2	2	—	—	—	3	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Sonic	1	3	3	—	—	1	1	2	2	—	3	1	1	1	1	2	1
Ultrasonic	2	2	2	—	—	1	2	1	1	—	3	2	2	1	2	2	2
Thermal	—	1	—	2	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Vibration	—	3	—	—	—	2	—	1	—	1	—	1	—	1	—	1	—

Source: I&CS/Endress+Hauser, Inc.
1 = Good; 2 = Fair; 3 = Poor or Not Applicable.

	 		 
	Inductive	Capacitive	Photoelectric Laser
Sensing Range	1mm to 15mm		1mm to 20m 1mm to 8m
Target Characteristics	Metal only	Metals, non-metals, liquids and powders	Almost any target surface, caution with clear objects
Sensing Speed	1 to 20kHz	15 to 50Hz	10μ seconds to 2.5ms
Outputs	Digital and analog	Digital	Digital and analog
Environment	Operates in clean and dirty areas — IP67		Usually cleaner environments — must be mindful of soil build-up on lens
Applications	• Presence or absence of a metal target • Gear tooth/chain counting • Detection of a vacuum seal on food jar lid pop-ups • Missing metal lid detection or not fully seated • Jam detection on conveyors or presses • Tension control on shrink wrappers • Detection of metal foil inside packaging QC	• Liquid level inside a container — through side wall • Reservoir fill level of liquid or powder • Detection of water in an oil solution • High level/low level of feed hoppers tanks • Able to sense certain materials through another	• Able to detect the widest range of different targets at greater distances overall • Absence/presence of bottles/boxes on conveyor • Correct color cap/package confirmation • Defect in material/size gauging (analog) • Small parts counting on conveyor or confirmation of items in box • Open box-flap detection or downed product • Product height in tanks and individual containers • Orientation of product on conveyor or within tooling fixture • Print mark registration • Packaging machine indexing/positioning • Counting of shingled streams of flat cartons
Pricing Range (approximate)	\$35 to \$370		\$72 to \$1,425 \$266 to \$2,395
Special Features	• High precision, "teachable" linear models. • Self-contained miniatures as small as 3mm. • Numerous housing styles and mounting choices.		• Background suppression for extremely precise detection. • "Teachable" units for target recognition. • Laser distance measuring units with micron accuracy. • The same technology and performance in different housing configurations.

			
	Ultrasonic	My-Com	Encoder
Sensing Range	10mm to 3m	Contact	Mechanically fixed
Target Characteristics	Any target surface except sound-absorbing foams	Solid surface that can provide tactile feedback	Any rotating shaft or gear
Sensing Speed	10 to 160ms	10Hz frequency	Transmission speeds up to 1Mhz
Outputs	Digital, analog, two-point	Digital	Incremental, Absolute and Absolute multi-turn
Environment	More tolerant of dirt than photoelectrics, similar issues with dirt build-up	Clean and dirty dependent on model	Operates in clean and dirty environments with ratings up to IP67
Applications	• Clear-object detection • Liquid level height (analog) • Clear film monitoring/web control • Hopper fill levels — analog or Hi/Lo with two-point teach	• Calibrating of precise equipment — home position switch • Double sheet detection • End of travel limit switch • Out of tolerance detection — QC	• Medical equipment — CAT and MRI systems • AGV control and positioning • Feedback on heavy equipment components • Printing and Graphics equipment • Monitoring of rotating shafts in various types of equipment • Controlling conveyor speed and travel distance • Turn-table position • Monitoring and coordinating multi-step assembly processes • Robotic arm positioning • Tool and machine calibration
Pricing Range (approximate)	\$199 to \$669	\$99 to \$377	\$120 to \$3,000
Special Features	• "Teachable" sensing ranges in analog and digital outputs. • Miniature housings with fully contained electronics and programming. • Remote teach-in.	• Micron repeat accuracy — imitated but never duplicated. • IP67 units for wet applications. • Different housing styles.	• Various mechanical configurations, Bus network communication, special output features and programming. • Innovative technology that provides performance and price advantage.

- preferred
- condition dependent

* Dielectric (dk) properties are the material's ability to reflect microwave energy: the higher the value, the better the reflective properties.
 ** Check chemical compatibility.