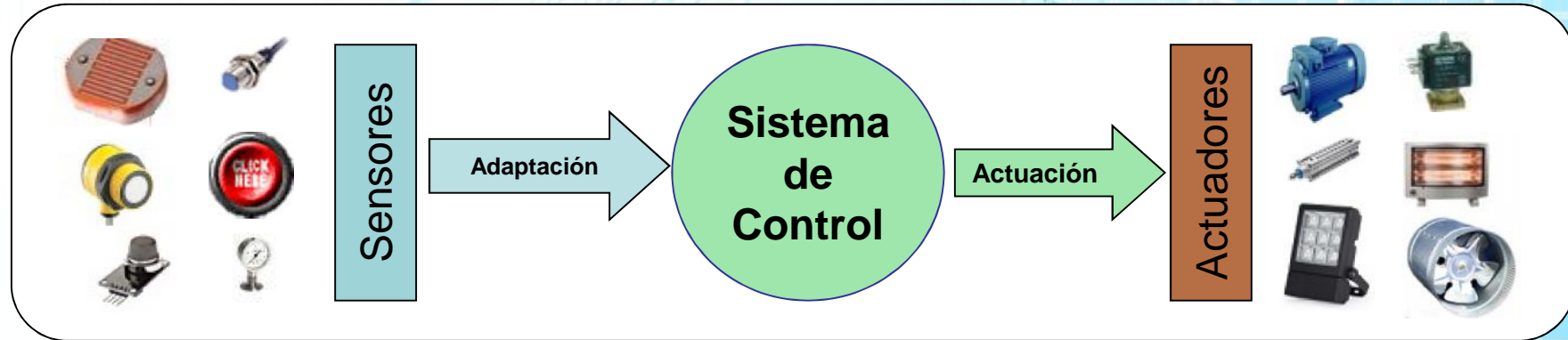


Sensores, actuadores y elementos del sistema de control

Una instalación de control, sea domótica o inmótica, está compuesta por tres componentes fundamentales:
Sensores, sistema de control (elementos) y actuadores.



- Los **sensores** son dispositivos que **recogen información del mundo 'real' y la entregan al sistema de control** de forma que el sistema de control **'entienda'** y pueda procesar y tomar decisiones. Por ejemplo, un sensor de temperatura, de estado de puerta (abierta / cerrada), de humedad, de velocidad del aire, de nivel de CO2, etc.

Su función es transformar un parámetro o estado físico del entorno que nos rodea en una información traducida a señales eléctricas que proporcionaremos al sistema de control.

- Los **actuadores son dispositivos que siguiendo las órdenes del sistema de control**, realizan **acciones que repercuten en el mundo 'real'**, por ejemplo: motores, relés, pistones, válvulas, indicadores luminosos, etc. Es conveniente aclarar que en muchos casos el actuador es un dispositivo que pone en marcha alguno de estos equipos.

El **sistema de control recibe información del entorno** sobre el que queremos realizar algún tipo de acción por medio de los **sensores**, esa **información aporta datos para que el 'controlador' decida** si hay que **realizar alguna acción**, si es así, esta **acción se lleva a cabo por un actuador** que tiene capacidad para provocarla, por ejemplo:

"Un sensor de luz le indica al sistema de control que hay poca luz en los aparcamientos que queremos controlar y el sistema determina que hay que activar una serie de farolas, para conseguirlo activa un contactor (actuador) que provoca que las farolas se iluminen".

Sensores

Para realizar las **mediciones de magnitudes mecánicas, térmicas, eléctricas, físicas, químicas, etc**, se emplean dispositivos comúnmente llamados **sensores y/o transductores**.

El **sensor percibe los cambios de la magnitud en cuestión**, como temperatura, posición, nivel química, fuerza, etc. y convierte estas mediciones en **señales generalmente eléctricas** para suministrar la información a **instrumentos de lectura y registro** o para un **sistema de control** que **realizará acciones** en función de las magnitudes medidas.

Estos dispositivos **se instalarán en el lugar apropiado** para medir esa magnitud, estado, nivel, etc. y es necesario **conocer su modo de operación** para poder instalar, configurar o mantener sistemas que los incorporen.

Existen gran cantidad de sensores para medidas de todo tipo y por tanto, se pueden clasificar de muchas formas distintas:

- Según el **tipo de salida** que proporcionan:

- ✓ **Analógicos:** Entregan una salida de nivel variable en función del parámetro que midan, por ejemplo, un sensor de temperatura de -20° a +50° con salida 0-10V.

- ✓ **Binarios:** Entregan un nivel 'todo' o 'nada' (1/0), por ejemplo el estado de una puerta (abierta/cerrada).

- ✓ **Digitales:** Dan la información relativa a la medida con un protocolo de comunicaciones específico que el fabricante facilita: por ejemplo el sensor de temperatura y humedad STH-11 (*ver en Internet*).

- Según su estructura interna, tipo de sensor:

- ✓ **Pasivos:** No precisan de alimentación: Resistencias que cambian de valor según luz o temperatura.

- ✓ **Activos:** Tienen circuitos electrónicos que alimentar y necesitan una fuente de energía.

- Según el tipo de parámetros que son capaces de detectar:

- ✓ **Mecánicos:** Detectan parámetros relacionados con acciones mecánicas, contactos, aceleración, etc.

- ✓ **Ambientales:** Medidas de temperatura, humedad, pluviometría, velocidad del viento, etc.

- ✓ **Químicos:** Niveles de CO₂, niveles de oxígeno, contaminación en el aire, azúcar en sangre, etc.

- ✓ **etc.**

Sensores

Una clasificación posible y quizás la más usada, es la de '**ámbitos de aplicación**', es decir, **donde y para que se usan**, cuando veamos diferentes ejemplos, esto quedará más claro.

Seguridad de personas y bienes

- **Sensores de presencia** (volumétricos, detectores de infrarrojos, detectores radar, barreras laser, etc.).
- **Detectores de rotura de cristales** (alertas de robo).
- **Detectores de vibración / sísmicos** (en banca para detectar 'butroneros').
- **Pulsadores de 'socorro'** en viviendas o en empresas.
- **Detectores de humos / incendios.**
- **Detectores de inundación.** (En aseos, sótanos, almacenes, etc.)
- **Detectores de gas** (Fugas butano, gas ciudad, niveles altos de CO2, CO – humo de vehículos, etc.)



Sistemas de climatización

- **Sensores de temperatura** (exterior, interior, zona, aire expulsado, aire recuperado, enfriadoras, agua calderas, etc.)
- **Sensores de humedad** (humedad exterior e interior para cálculo de calor latente / sensación de calor).
- **Sensores de presión absoluta y diferencial** (verificación de filtros, presiones de vapor, etc.)
- **Sensores de flujo de aire / agua** (para monitorizar ventiladores en marcha, bombas, consumo de energía, etc.).

Relacionados con el clima

- **Sensores de radiación solar.**
- **Velocidad y dirección del viento** (anemómetro y veleta).
- **Pluviometría y lluvia.** (detectores de lluvia y de cantidad de lluvia).
- **Presión atmosférica** (para predicción del tiempo, barómetro).



así multitud de ejemplos....

Sensores

Como se ha mencionado en la página anterior, *se podrían seguir mencionando cientos de tipos de sensores*, nosotros vamos a centrarnos en las *características más importantes a tener en cuenta* si tenemos que buscar o tratar con algún tipo de sensor para una aplicación específica.

Cuando nos encontramos un catálogo, una información técnica, un equipo ya instalado, buscamos un sensor determinado para una aplicación concreta nos vendrán una serie de preguntas sobre estos dispositivos.

¿ Como se conecta a la electrónica ?, ¿Cómo está alimentado?, ¿qué información nos entrega?, ¿qué calidad o precisión tienen sus medidas?, ¿cómo se detecta si está averiado?, ¿cómo se comprueban su funcionamiento correcto? , ¿se puede estropear si hago mal alguna operación?, etc...

Vamos a tratar de introducirnos en estas cuestiones, destacando las más importantes, muchas respuestas no son 'fijas', sino que deberán ser deducidas por el técnico, sobre todo las relacionadas con las pruebas y averías.

1º Conseguir la documentación técnica del dispositivo

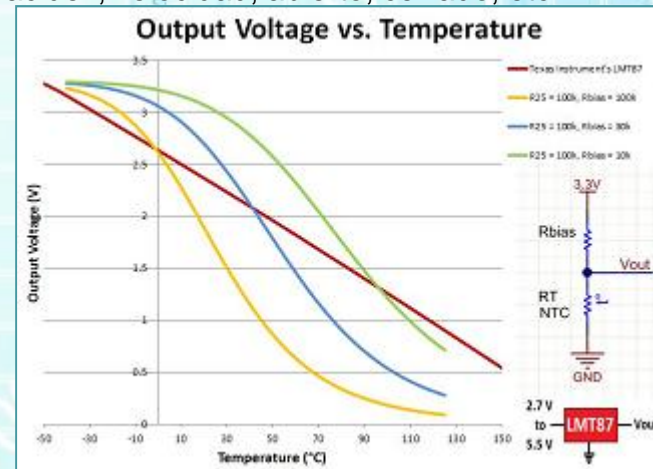
- **¿Precisan alimentación?: En caso de que así sea, ¿qué tensión y cuanto consume en corriente?**
 - Las **tensiones de alimentación pueden ser muy diferentes, 12Vcc, 12Vac, 24 Vac, 24 Vcc, 230Vac**, etc, **una alimentación inadecuada probablemente destruirá el sensor**, con **pérdidas económicas y de servicio inaceptables**.
 - Es importante determinar el **consumo (intensidad de corriente)** para verificar que la fuente seleccionada podrá alimentar el sensor o grupo de sensores.
 - Es conveniente dejar un **margen en la fuente de alimentación** de forma que no se use su potencia al 100%.

Sensores

- **¿Qué parámetro miden y como nos entregan su valor?**

- Valores asociados al sensor: temperatura, humedad, luz, acidez, velocidad, abierto, cerrado, etc.
- Como ofrecen la señal de salida al sistema de control:

- ✓ Salida analógica de **0 a 10Vcc**.
- ✓ Salida de **0 a 5 Vcc**.
- ✓ Salida de **bucle de corriente de 0 a 20 mA**
- ✓ Salida de **bucle de corriente de 4 a 20 mA**.
- ✓ **Resistencia variable**.
- ✓ Nivel **lógico '0' o '1'**
- ✓ Interruptor **abierto o cerrado**.
- ✓ **Codificación digital** del fabricante (ver niveles y protocolo con **datasheet fabricante**).
- ✓ Protocolo **Modbus** u **otro protocolo estándar** (ver protocolos estándar).
- ✓ **Comunicaciones serie** modo terminal (ver comunicaciones en **datasheet fabricante**).
- ✓ **Etc.**



- **Otras características importantes:**

- **Rango de medida:** Desde donde hasta donde miden (por ejemplo de 0 a 50° de temperatura)
- **Resolución de medida:** Menor cambio detectable en la medida (0,1°, 0,01°, 1°, 0,1V, etc.)
- **Precisión:** Tasa de error de la medida en porcentaje: ±1% de precisión, ±10%, etc.
- **Tiempo de medida:** Tiempo necesario para poder ofrecer un dato fiable a la salida.
- **Repetitividad:** Error esperado al realizar la medida varias veces.
- **Linealidad:** Relación entre valor entregado y valor representado. (comentar gráfico).

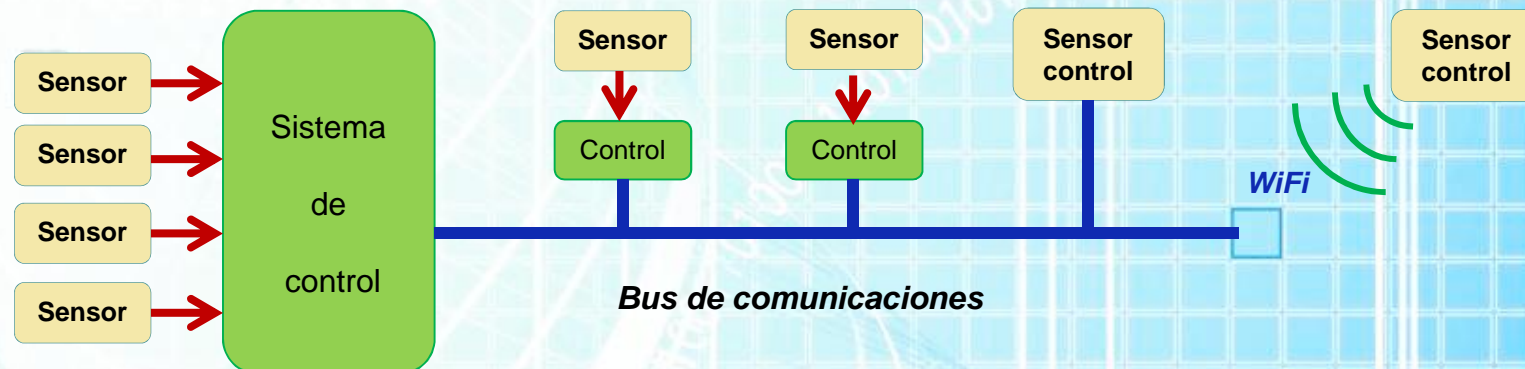


Sensores

- **Montaje y conexión**

- Normalmente **se montan según las necesidades de medida**, para ello se seguirán las **instrucciones del fabricante y el sentido común del instalador**.
- El **esquema de conexionado** suele estar en el **datasheet del sensor**.
- Antes de conectar **asegurarse de los parámetros y forma de alimentación para evitar averías**.
- Después del conexionado **se verificará, si es posible, el funcionamiento del sensor**.
- Intentar **anticiparse a problemas posteriores** que se pueden dar en la instalación: caída de líquidos, vibraciones mecánicas, posibles golpes, facilidad o dificultad de acceso, según convenga, protección antivandálica, etc.

- ✓ La mayoría de los **sensores van conectados al sistema de control o a un adaptador de señal**, pero se pueden dar casos de **sensores que se incorporan a la red de control** ya que ya llevan internamente la **electrónica para integrarse en la red de control**.
- ✓ La mayoría de los **sensores se conectan mediante cableado**, pero existen muchos que incorporan ya electrónica para **comunicaciones inalámbricas o mediante sistemas específicos** (fibra, red, etc.).



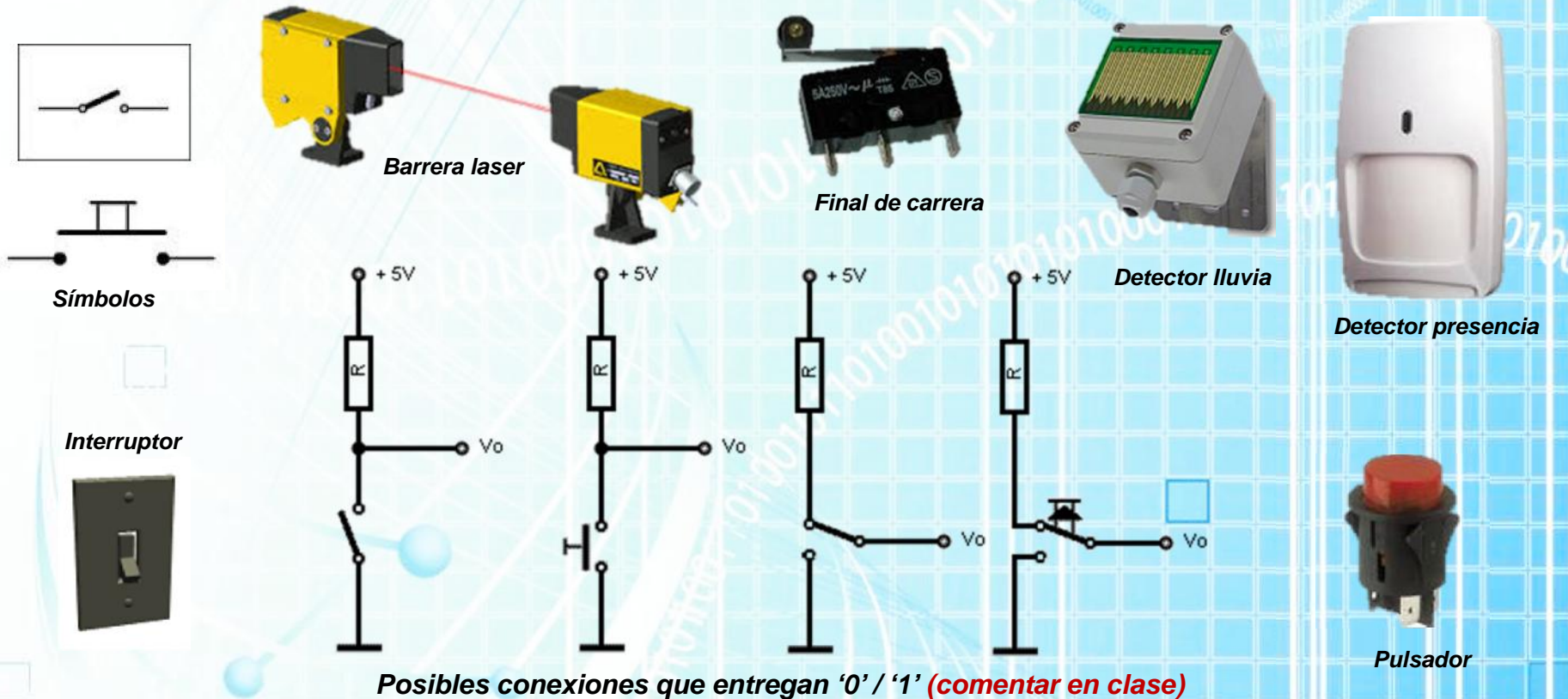
Sensores

Sería imposible reflejar en estos textos detalles de todos los tipos, formas de conexión, utilidad, etc. de sensores, por lo que vamos a hacer un recorrido por los más significativos.

- **Sensores binarios, todo/nada, '1'/'0', de dos estados discretos:**

- Nos dan información del tipo Si/No, 0/1, existen desde los más simples a sistemas más complicados, pero solo nos ofrecen dos estados discretos.

Interruptores, pulsadores, microrruptores, sensores finales de carrera, etc.: Son **sistemas mecánicos simples** en los que se **abren o cierran dos contactos** y al hacerlo establecen dos niveles eléctricos diferentes del tipo todo/nada.



Sensores

- **Sensores binarios, todo/nada, '1'/'0', de dos estados discretos**

Interruptores, pulsadores, microrruptores, sensores finales de carrera, etc.: Son **sistemas mecánicos simples** en los que se **abren o cierran dos contactos y al hacerlo establecen dos niveles eléctricos** diferentes del tipo todo/nada.

Existen **sensores** que a pesar de medir **magnitudes físicas variables como temperatura, humedad, presión, etc.** solo nos **entregan niveles discretos Todo/Nada, '1'/'0'**, estos sensores están **preajustados a un nivel** o los **ajusta el usuario a un nivel requerido**:

- **Sensor de temperatura de motor de un vehículo**, cuando alcanza 95° (valor fijo) **salta el ventilador**.
- **Interruptor crepuscular**, mide la luz y cuando llega a un nivel (ajustable) **se activa para encender las farolas**.
- **Sensor de humedad** para riego, cuando la humedad cae por debajo de un nivel (ajustable) **activa el riego**.
- **Nivel mínimo en un depósito de agua** alcanzado y hay que poner la **bomba en marcha**.
- etc.

Tienen una **salida tipo 'interruptor' (0/1)** que nos indica cuando se ha producido la situación ajustada ('1' / '0')



Interruptor crepuscular



Termostatos ajustables



Termostato fijo

Interruptor nivel líquido

Sensores

- **Sensores de temperatura**

Son muy usados en multitud de sistemas. Los hay de diferentes tipos, rangos de medida, forma física, etc. Vamos a ver algunos de ellos aunque hay infinidad de tipos.

Muchos de ellos se basan en **resistencias que cambian de valor según la temperatura a la que son expuestas:**



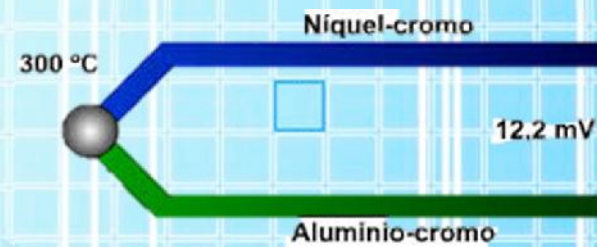
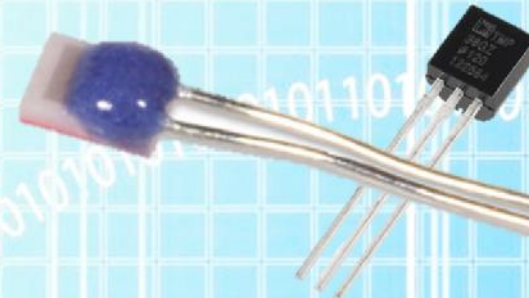
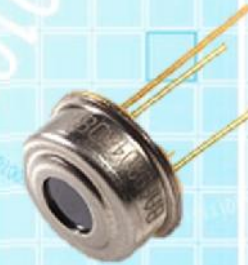
Termistores
NTC (Negative Coefficient Temperature)
+ temperatura -> - resistencia
PTC (Positive Coeficiente Temperature)
- temperatura -> + resistencia



RTD (Resistance Temperature Detector)
Precisión y linealidad con metales (Pt).
Gran margen de temperatura (altas).
Estabilidad en las mediciones.



Basados en semiconductores
Diodos, circuitos integrados, etc.
Ver hojas de características.
Aplicaciones especiales, precisión, etc.



Existen más tipos de sensores: termopares, RTD con otros metales diferentes al Pt, infrarrojos, bimetálicos / mecánicos, etc.

Sensores

- **Sensores de temperatura**

Los sensores no se suelen presentar tal y como los hemos visto en las imágenes anteriores, sino que se adaptan a las necesidades físicas de las magnitudes a medir: tubos de aireación, depósitos de agua, motores, hornos, etc.

A continuación podemos ver diferentes sondas de temperatura que incorporan sensores en su interior y adoptan diferentes formas para realizar las medidas, los sensores se protegen mediante vainas metálicas y se garantiza el contacto térmico con pasta conductora del calor (silicona).



Sensor conducto aire



Sensor depósito líquido



Sensor bloque motor



Sensor tubería



Vaina de acero

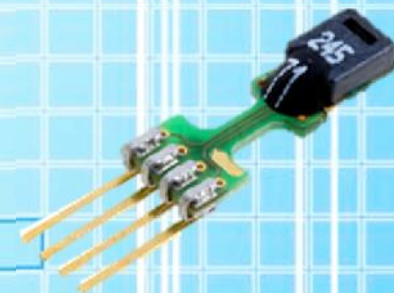
Sensor en interior
Rodeado de silicona térmica



Sensor pared habitación



Sensor infrarrojos



Sensor en placa electrónica

Estos son solo una pequeña muestra de los miles de tipos y funcionalidades de sensores de temperatura

Sensores

- **Sensores de nivel de luz**

Suelen estar relacionados con sistemas de control de iluminación, para detectar si es necesario activarlos.

La mayoría de ellos se basan en dos tipos de tecnologías:

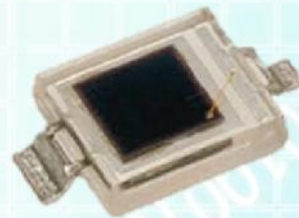
- Resistencias variables en función del nivel de luz (LDR).
- Dispositivos semiconductores a los que afecta la luz (fotodiodos, fototransistores, CCD ??, etc).



Fototransistor



Fotodiodos



LDR



LDR



Medidor de radiación solar



Interruptor crepuscular



Emisor laser

Receptor con fotodiodo



Barrera laser (corte haz luz)



Sensor para exteriores

Estos son solo una pequeña muestra de los miles de tipos y funcionalidades de sensores de luminosidad

Sensores

- **Sensores de humedad**

Suelen estar relacionados con sistemas de control de aire acondicionado, información climática (humedad de aire) y control agrícola (humedad del suelo). También los hay para medir humedad en madera y otros materiales.

Existen multitud de sensores, los de humedad del suelo se basan sobre todo en la conductividad del terreno y los de humedad del aire en sistemas capacitivos o semiconductores con electrónica asociada (ver datasheet).



Humedad en aire



Sensor en circuito integrado



Sensores humedad para suelo



Humedad (aire acondicionado)



Medidor humedad exteriores



Medidor humedad en madera



Medida humedad terreno

Es imprescindible consultar los manuales o datasheet de los sensores ya que hay muchas diferencias en prestaciones y formas de medida

Sensores

- **Sensores de presión (aire y líquidos)**

Suelen estar relacionados con sistemas de control de aire acondicionado y calefacción, información climática, sistemas de bombeo, aeronáutica, laboratorios, mecánica, etc.

Muchos se basan en la deformación de cápsulas presurizadas miniatura, existen también medidores de 'presión diferencial', que miden la diferencia de presión entre dos zonas.



Sensor presión



Presión diferencial



Sensor (membrana deformable)



Presión atmosférica



Sensor miniatura en placa



Medidor acoplable a tubería



Pantalla de medidas clima



Sensor presión líquido



Presión diferencial filtro aire acondicionado

Es imprescindible consultar los manuales o datasheet de los sensores ya que hay muchas diferencias en prestaciones y formas de medida

Sensores

- **Sensores de diferentes tipos para domótica e inmótica**

Usados para aplicaciones específicas, podemos destacar los siguientes sistemas de detección:

- **Detectores de presencia: Usados para *gestión de energía* y para *sistemas de seguridad*.**

- *De infrarrojos, microondas, mixtos, por cambio de imagen, laser, etc.*

Cuando se desea **ahorrar energía** y que **no se active iluminación** si no hay **presencia** se suelen usar este tipo de detectores, por ejemplo en **sótanos, aseos públicos, pasillos poco frecuentados, etc.**

Estos equipos suelen estar **conectados directamente a los sistemas de iluminación** y pueden disponer de **un temporizador** que asegura que después de detectar movimiento habrá **un tiempo de encendido mínimo**.

También pueden estar **conectados a un sistema de control** y en determinados **horarios servir para encender iluminación** y en **otras franjas horarias servir como detectores de intrusión. ¿?**



El otro uso **más común** de estos detectores es la **seguridad ante intrusión** (robo). Suelen estar **conectados en serie (bucle)** a un sistema de **alarma**, de forma que **cuando uno detecta movimiento o se cortan los cables, se activa la alarma**.

Cada vez es más común que estos sistemas sean **inalámbricos** (para facilitar la instalación) y que incorporen **cámara y micrófono para monitorizar el lugar** en caso de incidente. Pueden **combinarse con un sistema de control**.

Estos sensores suelen entregar un valor '0' / '1' (relé abierto o cerrado) que nos da información de si está activado o no.

Sensores

- **Sensores de diferentes tipos para domótica e inmótica**

Usados para aplicaciones específicas, podemos destacar los siguientes sistemas de detección:

- **Otros detectores de intrusión:** Usados para **gestión de energía (¿?)** y para **sistemas de seguridad**.
- **Apertura de puertas, persianas, ventanas, rotura de cristales, vibración, pisadas en suelo, etc**

Los **sensores de apertura de puertas, ventanas, persianas**, etc. Se suelen basar en un **conjunto imán / relé reed**. El **imán mantiene en una posición el interruptor** y al **retirarse cambia de estado** (cerrado/abierto).

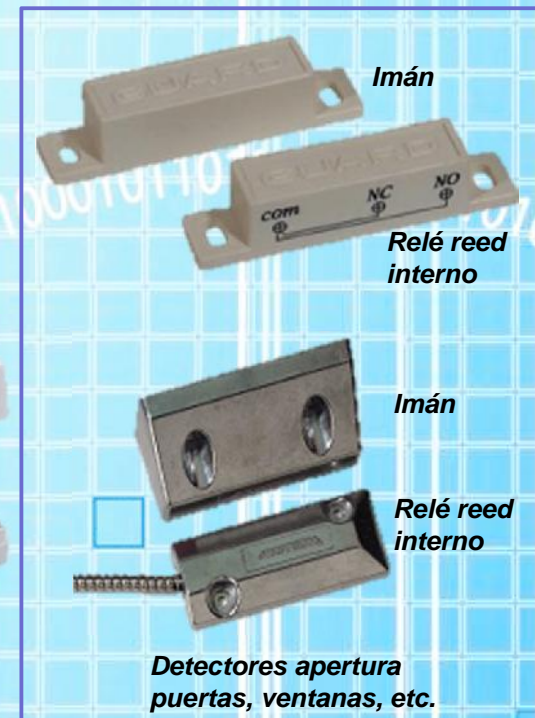
Algunos **detectores de vibración / movimiento** se basan en **pequeñas láminas metálicas con un contrapeso** que hacen **contacto al detectar movimiento** o activan un **generador piezoeléctrico**, antiguamente se usaban ampollas de mercurio (metal conductor), pero al ser venenoso se han ido retirando del mercado.

Los detectores de **rotura de cristales suelen ser micrófonos** que filtran y reconocen **el ruido agudo que hace un cristal al romperse**, también hay **pegatinas muy finas con un hilo conductor** que se pegan al cristal y que cuando se rompen, se interrumpe la circulación de corriente.

Detectores **presión suelo**, dispositivos que detectan cambios de presión, instalados bajo suelo sensible (parquet, goma, etc.).



Relé 'reed'



Imán

Relé reed interno

Imán

Relé reed interno

Detectores apertura puertas, ventanas, etc.



Detector rotura cristal



Detector presión para suelos



Ajuste sensibilidad

Detector vibraciones

Estos sensores suelen entregar un valor '0' / '1' (relé abierto o cerrado) que nos da información de si está activado o no.

Sensores

- **Sensores de diferentes tipos para domótica e inmótica**

Usados para aplicaciones específicas, podemos destacar los siguientes sistemas de detección:

- **Detectores de humos / incendios: Seguridad en hogar y edificios inteligentes.**

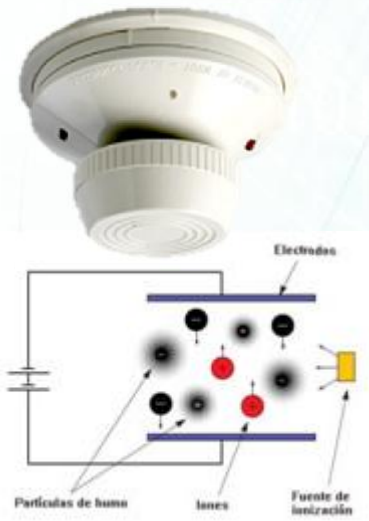
Usados en todo tipo de edificios, suelen estar conectados a una central de alarma de incendios o en el caso de hogar pueden tener una simple alarma acústica (alertar incendios nocturnos, aviso a residentes y vecinos, etc.).

La mayoría de **sensores de humos** son de los tipos: **ópticos, termoiónicos o termovelocimétricos**.

✓ **Ópticos:** Detectan con una fotocélula que **el aire pierde transparencia** y deja pasar peor la luz (**existencia de humo**).

✓ **Iónicos:** Se basan en **la reducción de flujo de corriente eléctrica** constituida por **moléculas ionizadas** por una fuente radioactiva entre electrodos **al penetrar el humo**.

✓ **Termovelocimétricos:** Miden la **velocidad de crecimiento de la temperatura**. Normalmente se regula su sensibilidad a unos 10°C/min. Se basan en fenómenos diversos como dilatación de una varilla metálica.



Detector iónico de humo



Comparativa de tiempos de respuesta de detección



Detector óptico de humo

Estos sensores suelen entregar un valor '0' / '1' (relé abierto o cerrado) que nos da información de si está activado o no.

Sensores

- **Sensores de diferentes tipos para domótica e inmótica**

Usados para aplicaciones específicas, podemos destacar los siguientes sistemas de detección:

- **Detectores gases tóxicos, peligrosos y contaminación: Seguridad en hogar y edificios inteligentes.**

Usados en todo tipo de edificios, en **hogar solo se suelen instalar los de gas (butano, propano, etc.)**, en **edificios inteligentes y aparcamientos** se suelen instalar además **detectores de CO (monóxido de carbono / gases automóbiles tóxicos)**, **CO2 (dioxido de carbono / calidad de aire en lugares públicos)** y de contaminación o **calidad del aire** en lugares de **pública concurrencia** o **estaciones de medida en zonas urbanas**.



Sensor de calidad de aire



Panel de exposición de datos



Detector de gas y de CO



Sensor de gas y unidad ensamblada con alarma



Unidad de detección y alarma de CO



Sensor de CO (monóxido de carbono)

Sensores

- **Sensores de diferentes tipos para domótica e inmótica**

Usados para aplicaciones específicas, podemos destacar los siguientes sistemas de detección:

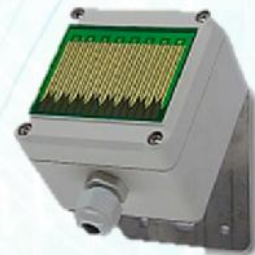
- **Detectores de inundación, lluvia y meteorológicos: Usados en hogar y edificios inteligentes.**

Los de **inundación** se usan en hogar para prevenir daños mayores y cortar el suministro, en cambio en edificios se suelen usar en sótanos y garajes para avisar y poner en marcha bombas de evacuación de agua.

Los sensores de **lluvia** pueden tener diversa utilidad, como bajar persianas, recoger o tender toldos, etc. Sobre todo se usan en hogar.

Los meteorológicos se usan en hogar y en edificios para actuar sobre toldos, persianas, ahorro energético, etc. También pueden formar parte de redes de recogida de datos distribuidas por la geografía de una zona geográfica.

Velocidad y dirección del aire



Detector de lluvia



Pluviómetro

Sistema de corte de agua vivienda accionado al detectarse inundación (No es un sensor, es un actuador)



Sensor de inundación (detalle de sonda)

Sensores

- **Sensores de diferentes tipos para domótica e inmótica**

Usados para todo tipo de aplicaciones, casi siempre está presentes, tanto en hogar como en edificios inteligentes.

- **De accionamiento manual: Pulsadores, interruptores, teclados, potenciómetros, etc.**

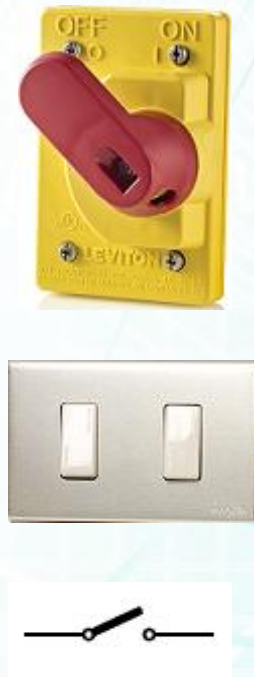
Están presentes para **poner en marcha sistemas, seleccionar opciones, ajustar parámetros, etc**, se trata de los **pulsadores, interruptores, conmutadores, potenciómetros, teclados numéricos y alfanuméricos, etc.** También son parte relevante en un sistema de control.

Sus mecanismos **suelen ser bastante simples** y se suelen reducir a **conduce/no conduce, activo/no activo, diferentes posiciones** o casos más complejos como los **teclados de múltiples teclas, codificadores binarios, de posición, potenciómetros, etc.**

Pulsadores



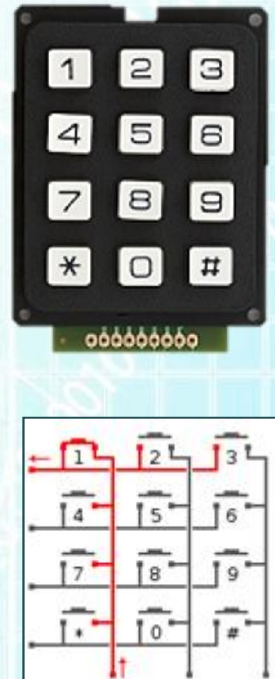
Interruptores



Conmutadores



Teclados



Potenciómetros



Potenciómetro



Sensores

- **Sensores de diferentes tipos para domótica e inmótica**

Usados para aplicaciones específicas, podemos destacar los siguientes sistemas de detección:

- **Sensores y contadores (de fluidos, electricidad, etc.)**

Sobre todo en edificios inteligentes, puede ser necesario **contar consumos de gas, de agua, de electricidad**, detectar **si funciona un ventilador o una bomba** (flujo de aire o de líquido), etc. Para realizar estas medidas existen **sensores específicos** entre los cuales mencionaremos los siguientes:

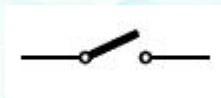
- **Contadores de electricidad, agua u otros líquidos:**
 - **Consumo** de agua, **control de fugas** y combinados con sensores de temperatura, **medida de energía usada en calefacción o aire acondicionado** (¿?). Suelen funcionar **moviendo una ruedecita (tipo noria) que genera pulsos** en función de la **cantidad de líquido que circula**, también hay basados en efecto **Venturi y presión diferencial, ultrasonidos**, etc.
 - **Consumo electricidad, genera pulsos por wh** consumido.



100 pulsos -> 1kWh



1 pulso -> 1 litro



Contadores agua y electricidad con salida de pulsos

- **Detectores de fluido (circula/no circula):** Sirven para saber **si está en funcionamiento un ventilador, una bomba, etc.** **No miden caudal**, solo si hay circulación de fluido.



Detector flujo aire

Detector flujo líquido por palanca

Sensores de fluido

- **Medidores de corriente eléctrica:** Si es necesario **medir la corriente eléctrica** que circula por un circuito con intensidades elevadas, se usan **transformadores de corriente, que sin abrir el circuito** nos dan una **señal útil** para conectar al sistema de control.



Medidor corriente eléctrica

Sensores

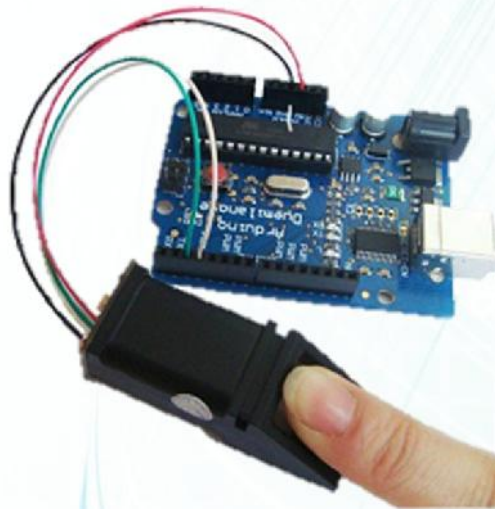
- **Sensores de diferentes tipos para domótica e inmótica**

Usados para aplicaciones específicas, podemos destacar los siguientes sistemas de detección:

- **Biométricos, de identificación, otros...**

Biométricos: Sistemas de medida de **parámetros biológicos**, aunque existen **de iris, palma de mano, etc.** el más usado actualmente es el de **huella digital**. Es un sensor complejo que analiza la huella y entrega al sistema de control unos datos que la codifican, **más que un sensor se puede considerar un sistema compacto.**

De identificación: Sistemas de **identificación de objetos con datos** como **tarjetas magnéticas, tarjetas chip, etiquetas RFID, etc.** (buscar en Internet). Equipos que **'leen' objetos pequeños y fáciles de llevar** con un **identificador único** y en la mayoría de los casos con **más información**. Se **comunican con el sistema de control para pasarle los datos leídos.**



Detector de huella digital



Lectores tarjeta magnética y chip



Lector RFID y tarjeta RFID



Etiquetas RFID (tag)



Existen multitud de sensores y sistemas de medición conectables a control que no se han mencionado en este capítulo. Para casi todas las necesidades de medición o de lectura de información existen sensores más o menos complejos que son capaces de convertir los datos deseados en información que pueda recibir el sistema de control. Plantear en clase posibles casos de sensores no mencionados.

Sensores

Adaptación de señales, acondicionamiento de niveles

Cuando hablamos de que los **sensores 'entregan' una información**, debemos de tener en cuenta que esa información tiene que tener el **mismo formato que la que precisa el sistema de control** para poder **'entenderse'**.

¿ Qué formatos 'entienden' los sistemas de control ?

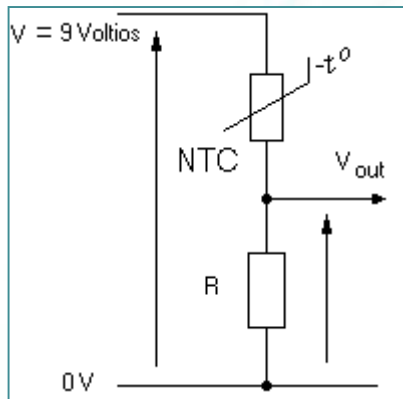
- **Contacto libre de potencial:** Equiparable a **un interruptor**, el **sensor abre o cierra un 'relé'** para indicar al **control 'activo/no activo'**, por ejemplo, un **detector de inundación cierra un interruptor** que comunica el control que **hay inundación, no se entrega tensión**, se cierra un circuito interno. **El sistema de control está preparado para este tipo de entrada.**
- **Entradas digitales tensión:** Entradas con **un nivel para indicar '0' y otro para el '1'**, admiten cierto **margen de tensión** y pueden ser de muy diferentes valores y tipos de tensión. Por ejemplo: **24Vcc para '1', 24 Vca para '1', 5Vcc para '1', 10Vcc para '1', 230Vcc para '1'**, etc.
- **Analógica 0-5V:** La **tensión** que entrega el sensor al sistema de control tiene un **nivel entre 0 y 5V**, con una **relación directa y generalmente lineal** entre el **parámetro medido y el nivel de tensión** ofrecido. Por ejemplo, un **sensor de humedad** relativa con **salida 0-5V** y medida de **0% a 100%** de humedad que **entregue 2,8V** estará indicando una **humedad relativa del 56%**. **Realizar regla de tres simple.**
- **Analógica 0-10V:** La **tensión** que entrega el sensor al sistema de control tiene un **nivel entre 0 y 10V**, con una **relación directa y generalmente lineal** entre el **parámetro medido y el nivel de tensión** ofrecido. Por ejemplo, un **sensor de temperatura** con **salida 0-10V** y medida de **-30°C a 70°C** de temperatura que **entregue 5,2V** estará indicando una **temperatura de 22°**. **Margen medida 100° (-30 a 70), 1V -> 10°C.**
- **Bucle corriente 0-20mA:** La **intensidad** que entrega el sensor al sistema de control tiene un **margen entre 0 y 20mA**, con una **relación directa y generalmente lineal** entre el **parámetro medido y el nivel de corriente** ofrecido. Por ejemplo, un **sensor de nivel de CO** con **salida 0-20 mA** y medida de **0 a 100ppm** de CO que **entregue 6 mA** estará indicando una cantidad de **nivel de CO de 30 ppm**.
- **Bucle corriente 4-20mA:** La **intensidad** que entrega el sensor al sistema de control tiene un **margen entre 4 y 20mA**, con una **relación directa y generalmente lineal** entre el **parámetro medido y el nivel de corriente** ofrecido. Por ejemplo, un **sensor de caudal** con **salida 4-20 mA** y medida de **0 a 10 litros/sg** de agua que **entregue 12 mA** estará indicando un caudal de **5 litros/sg. ¡ Ojo: 4mA es el 0 !**
- **Específicos para sondas concretas:** Entrada para **sonda temperatura Pt100**, para **modelo concreto de fabricante, etc.** Menos flexibles.
- **Protocolo comunicaciones específico:** El valor se transmite **por vías especiales con protocolo especial.** (**Ver STH11**)

Sensores

Adaptación de señales, acondicionamiento de niveles

En muchos casos, **los cambios eléctricos que producen los sensores**, es decir, los parámetros entregados **no son adecuados para el sistema de control**, en **nivel, linealidad, etc.** Para solucionar este problema, es muchas ocasiones, es necesario incorporar algún **circuito electrónico extra que realice labores de adaptación de los parámetros que tenemos a los niveles deseados.**

Ejemplo 1: Tenemos un **sensor NTC que produce cambios de resistencia al cambiar la temperatura**, ¿Cómo hacemos para que esos **cambios pasen a ser unos cambios de tensión** para un sistema de control con entradas analógicas?. Necesitamos un sencillo circuito.

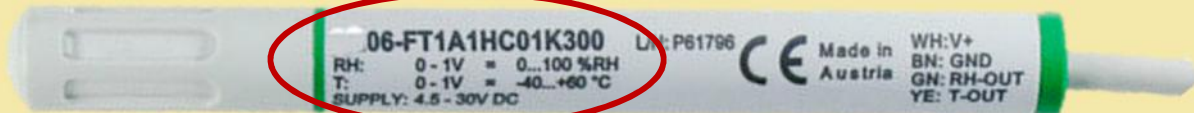


En este caso, podemos ver, que cuando **la resistencia NTC cambie** de valor por cambios de temperatura, la **salida de tensión V_{out} también cambiará**. El sistema de control tendrá que **calcular la temperatura existente en función de la hoja de características de la NTC.**

En algunos casos y para **facilitar la labor** de los técnicos, existen **circuitos que realizan la adaptación de señal y la 'linealización'**, de forma que entregan una **señal fácil de interpretar**:

- Una **sonda de temperatura** que mide de 0° a 50°C y entrega una tensión de **salida de 0-10V** de forma proporcional.
 - $0\text{V}=0^{\circ}\text{C}$, $1\text{V}=5^{\circ}\text{C}$, $2\text{V}=10^{\circ}\text{C}$, $10\text{V}=50^{\circ}$, $3.52\text{V}=17,6^{\circ}$ (**regla de tres simple**).

Estas sondas son más caras al incorporar la electrónica que realiza la conversión.



En esta imagen podemos ver **un pequeño circuito** de un **sistema de adaptación de señal** basado en un **chip especializado**, con este circuito, el sensor nos entrega una salida de tensión proporcional más fácil de manejar, se puede ver su descripción en: <http://www.ti.com/product/pga309>

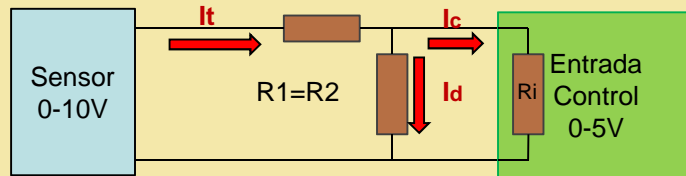
Estos **circuitos** se pueden **montar en el sensor**, en una **caja externa** y en algunos casos, **en el sistema de control, aunque esto implica que esa entrada solo servirá para un tipo de sensor concreto.**



Sensores

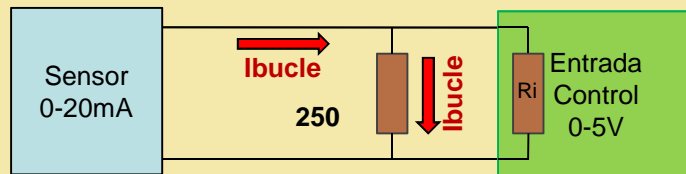
Conexión entre sensores y sistemas de control

Es muy importante, antes de realizar el conexionado, **cerciorarse de que el conexionado es compatible**, en algunos casos se pueden **'adaptar' salidas de forma sencilla**, pero en estos casos es **importante verificar el circuito resultante**:



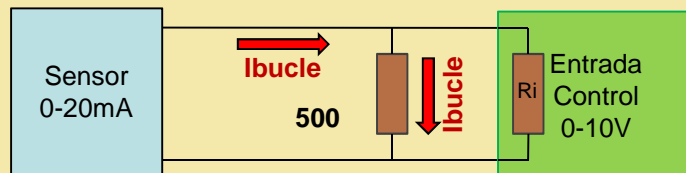
En este caso hemos hecho un **divisor de tensión** con dos resistencias iguales para **pasar 0-10V a 0-5V**, pero es importante tener en cuenta que **la intensidad I_t que requiere el circuito no debe ser mayor que la que es capaz de entregar el sensor** y que la **R_i del sistema de control** (intensidad consumida por la entrada), **no hace que se 'distorsione' el valor de la medida**.

Realizar un ejercicio con diferentes valores para verificarlo.



En este caso provocamos que el **bucle de corriente** pase por una **resistencia de 250**, si hay 0 mA habría 0V y con 20 mA tendríamos 5V ($20\text{mA} \times 250 = 5\text{V}$).

Realizar un ejercicio con diferentes valores para verificarlo.

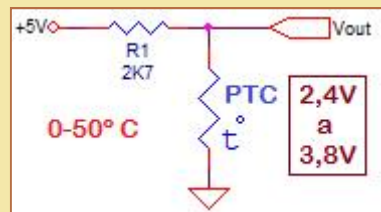


En este caso provocamos que el **bucle de corriente** pase por una **resistencia de 500**, si hay 0 mA habría 0V y con 20 mA tendríamos 10V ($20\text{mA} \times 500 = 10\text{V}$).

Realizar un ejercicio con diferentes valores para verificarlo.

✓ **Si el bucle de corriente es 4-20 mA, las tensiones obtenidas no serán 0-5V o 0-10V, sino la parte proporcional.**

Pueden existir **sensores que no entreguen valores 'tipo'**, en estos casos o se hace la **adaptación con una electrónica externa o mediante software en el sistema de control** que calculará los valores según datos del fabricante.



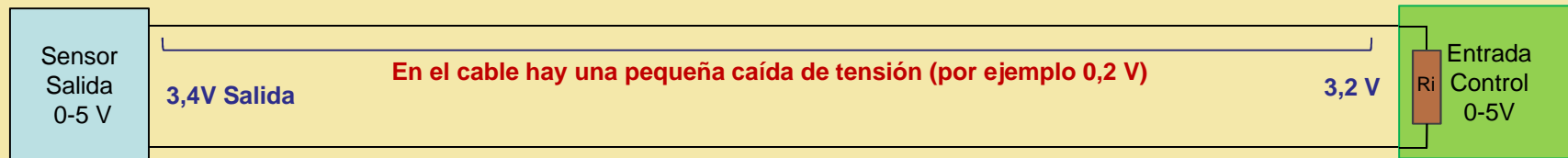
En este caso tenemos un **sensor de temperatura PTC** que varía de resistencia con la temperatura, como podemos observar, una vez en marcha nos **entrega entre 2,4V y 3,8V de 0 a 50° Celsius**. Si conectamos la **salida Vout a una entrada analógica 0-5V el rango válido no admite una conversión directa**, sino que habrá que **hacer unos cálculos para determinar la temperatura** en función de las **características del fabricante de la PTC**. **Esta 'conversión' se realizará en el sistema de control**.

Cada caso requiere atención para garantizar un correcto acoplamiento de señales.

Sensores

Bucles de corriente ¿por qué se usan? (0-20 mA y 4-20 mA)

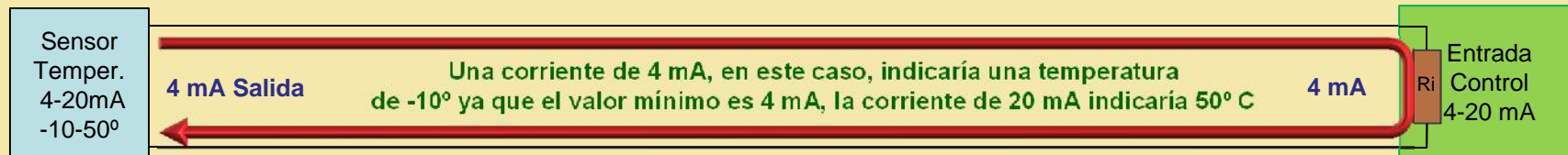
Cuando se **conectan un sensor y un sistema de control con una longitud de cable importante**, se pueden producir **caídas de tensión en el cable** que **cambian la medida**, tal y como vemos en la figura, produciéndose un **error**.



Si el **sensor controla la corriente que circula** en vez de la tensión de salida, **se crea un bucle (lazo) de corriente** que dependerá del parámetro medido y al cual **no afectará la longitud del cable**, ya que **el sensor compensará la resistencia añadida** del conductor. Podemos ver en la figura que **la corriente de salida del sensor es igual a la de entrada del sistema de control**.



Existe **otra modalidad de bucle de corriente, la salida 4-20 mA**, donde **el valor mínimo es 4 mA** y el máximo 20 mA. En los **sistemas anteriores, 0V o 0 mA equivalen al valor mínimo del sensor** y si el sensor está averiado o la conexión se interrumpe **podemos 'recibir' un valor 0 que es erróneo**. Con el **bucle 4-20 mA**, en **caso de rotura del conductor recibiríamos 0 mA** y sabríamos que **es un error**, ya que el **valor mínimo es 4 mA**.



En este bucle (4 – 20 mA), una corriente de 0 mA en la entrada de control indicaría un error del sensor.

Actuadores

Los **actuadores son los dispositivos** que permiten al **sistema de control 'actuar' sobre el 'mundo real'** para realizar las **acciones deseadas**, existen multitud de sistemas actuadores aunque el mando y control de los mismos es más fácil, en general, que el manejo de sensores.

Un **porcentaje muy elevado de actuadores solo tienen dos estados**: marcha y paro, abrir/cerrar, etc., estos actuadores se manejan mediante **señales digitales 0/1**.



Motor eléctrico on/off



Ventilación on/off



Iluminación on/off



Calefacción A.A. on/off



Barrera acceso

Otros **actuadores requieren valores analógicos** (grado de apertura de una trampilla, velocidad de rotación de un motor, etc.), en este caso se suelen usar **señales de mando del tipo que hemos visto tales como 0-5V, 0-10V, 0-20 mA y 4-20 mA**.



Mando de válvula



Paso de aire (ajustable)



Control motor (VF) 4-20mA



Dimmer iluminación



Compuerta aire

Otra forma de controlar actuadores es mediante **P.W.M.** (modulación de anchura de impulsos), que está tomando auge con **la iluminación LED**, para **controlar niveles de luz o mezcla de colores**.

Aparte de estos tipos de formas de controlar actuadores, **existen equipos que se comandan mediante órdenes y protocolos específicos** por **puertos serie**, conexiones de **red de datos** o mediante **buses especiales**, a estos no nos referiremos en este capítulo.

Actuadores

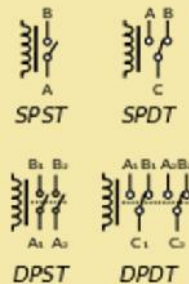
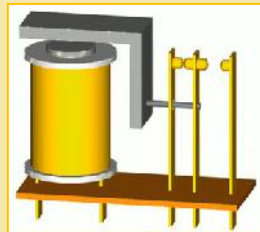
Actuadores 0/1 – marcha/paro – todo/nada

Son **los más comunes en los sistemas de control**, en muchos casos, los sistemas de control llevan incorporado un dispositivo que permite este mando de equipos externos con órdenes marcha/paro.

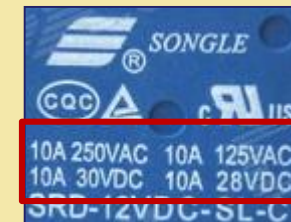
Los **elementos más comunes** para realizar este mando son los **relés y los contactores**. Estos dispositivos **se gobiernan desde el control con tensiones y corrientes pequeñas propias de la electrónica** y permiten el **mando de tensiones diferentes (CC y AC) con intensidades superiores**.

Relé

Es un componente con un **electroimán que al aplicarle corriente produce un movimiento mecánico que cierra circuitos** a los que podemos **conectar equipos externos**. En las siguientes figuras vemos su composición, funcionamiento y características:

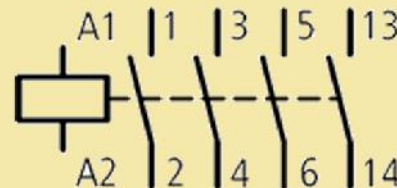
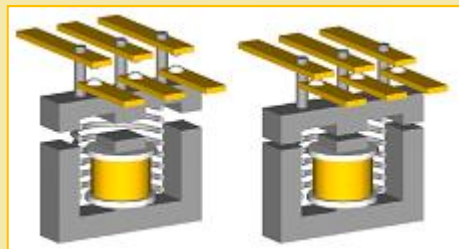


Es importante asegurarse de que los **parámetros de los contactos del relé no se excedan**, en el caso de la imagen, podemos ver que la **corriente máxima admitida** es de **10 Amp** para diferentes tensiones. En algunos casos los relés están incluidos en el sistema de control y habrá que **ver características de las salidas con relé**.
¿Qué hacer si necesitamos gobernar más corriente?



Contactador

En caso de **precisar corrientes mayores y mandos de más potencia recurriremos a los 'contactores'**, se basan en el mismo principio de los relés aunque soportan corrientes superiores por sus características constructivas.



AC 3: I _e = 45A MAX.	
AC3kW RATINGS	
220V	11 kW
380/415V	22 kW
500V	30 kW
660V	22 kW

Tanto en el caso del relé como en el del contactor, es **importantísimo respetar las características** del mismo:

- **Tensión de la bobina y consumo de la misma:** Es la tensión y corriente que tenemos que suministrar para activar el mecanismo
- **Intensidad y tensión máxima de los contactos de salida,** pueden existir diferentes valores para C.C. y para C.A. (cargas reactivas **¿?**).

Actuadores

Actuadores 0/1 – marcha/paro – todo/nada



En caso de **sistemas domóticos** (persianas, luces, sirena, etc.), **suele bastar con pequeños relés:**

- Control **iluminación** de jardín, habitaciones, etc.
- Abrir o cerrar **electroválvulas** de riego, agua, gas, etc.
- **Motores** de persianas, toldos, bombas de agua, etc.
- **Calefacción, aire acondicionado, etc.**
- Sirena **alarma** (luz y sonora).
- Monitorización **video**.

En el caso de **inmótica** se suele trabajar con **potencias más elevadas** y es común **necesitar contactores**, en estos casos se puede usar el pequeño relé de un sistema de control para **activar el contactor** que sea preciso por la potencia del equipo a controlar.

- Resistencias **calefactoras**.
- **Bombas de agua** caliente o fría para calefacción.
- Sistemas de **iluminación** de planta, garaje, aparcamientos, farolas, etc.
- **Compresores, ventiladores, enfriadoras, unidades de azotea, etc** (sistemas de clima).
- **Gestión de energía**, ahorro energético.
- **Controles de accesos** peatonales y de vehículos.
- **Alarmas** sonoras y luminosas, etc.
- Gestión de **agua caliente sanitaria** (ACS) en hoteles, hospitales, etc.



Actuadores

Actuadores con niveles intermedios y ajustables

A veces es necesario que se activen **sistemas con valores diferentes a todo/nada**, por ejemplo, un motor con **diferentes velocidades**, **iluminación ajustable en intensidad**, etc. Para ello, precisamos actuadores que respondan a salidas típicas de control con valores variables. Como vimos anteriormente las **salidas con valores ajustables más usadas son 0-10V, 0-5V, 0-20mA y 4-20mA**.

Por ejemplo, un **actuador para controlar el nivel de iluminación (dimmer) de unas lámparas fluorescente se puede controlar con tensión 0-10V**, correspondiendo **0V a apagado, 10V para que estén totalmente encendidos y los valores intermedios para niveles de luz intermedios**.



Dimmer iluminación fluorescente controlado por salida 0-10V



Paso de aire ajustable
4-20 mA - HVAC



Válvulas para **control de paso de agua caliente** controladas por tensión 0-10V. Permite **ajuste de paso de fluido variable**.



Ventilador velocidad ajustable 0-10V (HVAC)

Otros elementos

Aparte de los sensores y actuadores, existen **otros elementos importantes** que forman parte de los **sistemas de control**, a continuación vamos a describir los más importantes.

Interfaces

Se podrían describir como los **elementos que permiten a los usuarios entregar y recibir información del sistema de control**, es decir que hacen de **'enlace' entre el usuario y el sistema** para: **informar, configurar, establecer parámetros, dar avisos, etc.**

Existen muy simples y más complejos, normalmente dependiendo de la complejidad de la instalación.



Sencillo **interfaz para control climatización**, podemos ver **estado del sistema** y **ajustar valores** del mismo (**botonera**).



En **sistemas más complejos**, los interfaces tienen que cubrir diversas necesidades y se recurre frecuentemente a **pantallas táctiles especializadas**.



Con el crecimiento de las **plataformas móviles**, cada vez se desarrollan más **interfaces mediante 'apps'** en dispositivos **tablet o smartphone**.

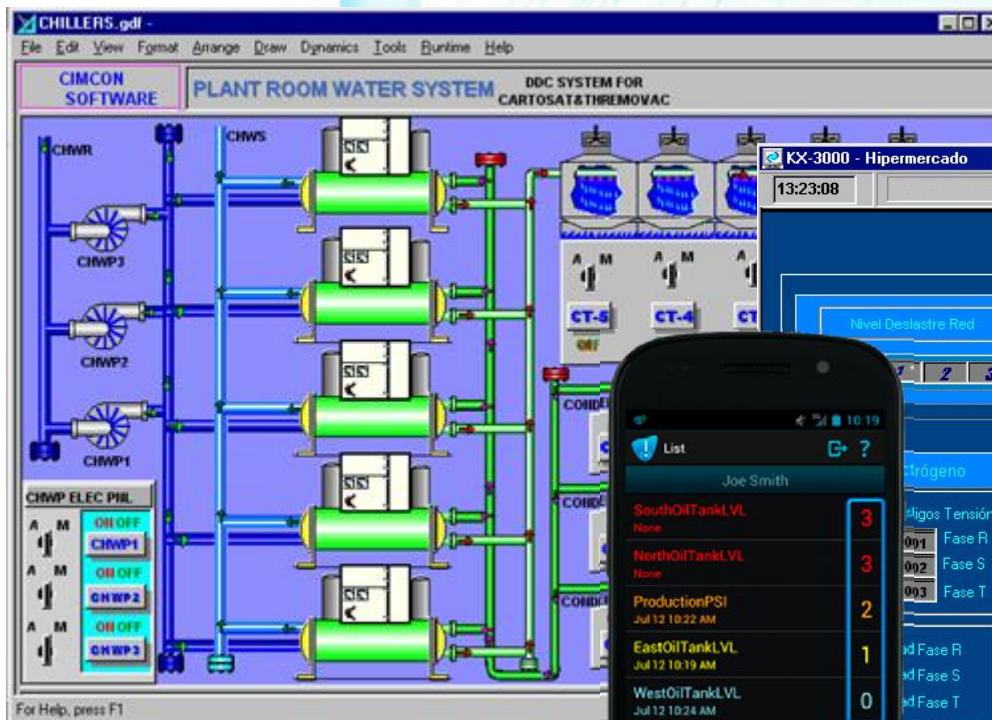
Para sistemas más complejos, a veces se precisan otros interfaces

Otros elementos

Interfaces

En instalaciones de *inmótica* o '*Smartcities*' es común que sea necesario la *monitorización y control de cientos o miles de puntos*, en estos casos, se suele recurrir a *programas más potentes para implementar el interfaz (HMI), 'SCADAS'* (Supervisory Control And Data Acquisition).

Suelen estar *instalados en ordenadores dedicados* y bajo la *supervisión de responsables de mantenimiento / control*.



En *estos programas*, el usuario se desplaza por *diferentes pantallas* para poder acceder a *todos los componentes de la instalación*.



También se usan *dispositivos móviles*, pero su uso suele estar limitado a *avisos de alarmas técnicas o configuración de parámetros*.

This screenshot shows a 'Control de Potencia RED' (Power Control) interface. It features several monitoring panels:

- 'Nivel Desastre Red' (Red Disaster Level) with a progress bar.
- 'Tensión de RED' (RED Voltage) showing XE006.
- 'Tensión de GRUPO' (Group Voltage) showing XE005.
- 'Cos φ' (Power Factor) with a progress bar.
- 'Período Llano' (Flat Period) showing XE007.
- 'Período Punta' (Peak Period) showing XE009.
- 'Período Carga' (Load Period) with a progress bar.
- 'Intensidades' (Intensities) for three phases (R, S, T) with progress bars.
- 'Nivel de Carga (%)' (Load Level) for three phases with progress bars.

A navigation menu is open, listing various control areas like 'Estaciones Remotas', 'Puntos de Control', 'Pantallas de Alumbrado', etc. The interface also shows a clock (13:23:08), date (Viernes 26/03/2004), and a 'K-tan' logo.

Existen también 'Scadas' a los que se accede por Internet, pero son más comunes en 'domótica'

Otros elementos

Infraestructura

La constituyen todos los **elementos que dan soporte a la instalación y permiten su despliegue:**

- **Cableado de comunicaciones** (bus de datos).
- **Cableado de alimentación.**
- **Canalizaciones.**
- **Cuadros y armarios eléctricos.**
- **Fuentes de alimentación equipos.**
- **S.A.I. si son necesarios.**
- **Protecciones eléctricas.**
- **Equipos de soporte.**
- **Protocolo de comunicaciones. (*)**
- **Sistemas de enlace y pasarelas. (*)**
- **Etc.**



Protocolo de comunicaciones

Es el conjunto de **reglas, símbolos y organización de las comunicaciones en el sistemas de control.** Existen diferentes protocolos de comunicaciones, **los más importantes en la actualidad son: KNX, LonWorks y BacNet.** Estos tres protocolos son **'abiertos'**, es decir, cualquier fabricante puede usarlo en sus productos **sin tener que pagar por su uso.**

Existen multitud de protocolos propietarios (de fabricantes específicos) y **otros más antiguos** que no vamos a mencionar por su **tendencia a desaparecer por el avance de los anteriores.**

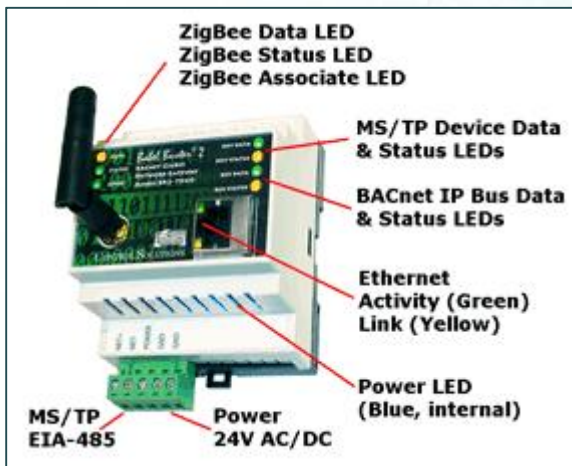
Otros elementos

Pasarelas y sistemas de enlace

Son los **elementos que permiten la comunicación en el sistema de control al cambiar de medio**:

¿Qué quiere decir esto?, mejor veamos ejemplos...

- Un **sistema de control en una vivienda mediante KNX** va a ser **monitorizado y controlado desde Internet** por su propietario:
 - El **bus KNX** está en la vivienda y **no tiene nada que ver con Internet**.
 - Disponemos de conexión a **Internet mediante ADSL o fibra óptica**.
 - **Se instalará una 'pasarela' KNX<-> Ethernet** con un **software que permita el acceso al 'bus'/instalación desde Internet**.
- Un **sistema 'inmóvil' BACNet de un edificio** se quiere **enlazar con otro edificio que también usa BACNet** para integrarlo:
 - La **distancia existente no permite un enlace cableado**
 - Los **dos edificios pertenecen al mismo propietario que desea un control unificado**.
 - Instalaremos **dos pasarelas BAC<->WiFi** (una en cada edificio), que permitan la **unión de las dos redes BACNet**.
- En un **supermercado con un sistema de control instalado** se desea **monitorizar todas las islas de congelados y cámaras frigoríficas** sin tener que realizar una infraestructura de cableado que sería muy costosa por la obra civil necesaria.
 - El **control existente está monitorizado por un PC conectado a un bus LonWorks y a una red de datos ethernet**.
 - Instalaremos en las **islas de congelados y cámaras frigoríficas sensores con memoria con comunicaciones ZigBee**.
 - Instalaremos una **pasarela ZigBee<->Ethernet** que permita al **PC comunicarse y leer los datos de la red de sensores ZigBee**.



Pasarelas ejemplos

ZigBee <-> BACnet 485, BACNet <-> Wifi y KNX <-> Ethernet



Sistema de control

Definición

“Un sistema de control es el conjunto de dispositivos físicos capaces de recibir información de su entorno, procesarla, registrarla y actuar sobre dicho entorno en función de los datos almacenados o peticiones del usuario”.

Una instalación de control es el **‘sistema nervioso’** de la vivienda, edificio, entorno de uso y:

- ✓ Es capaz de **detectar un cambio en las instalaciones controladas**.
- ✓ Puede **reaccionar a la detección de sucesos**.
- ✓ **Almacena los eventos** a lo largo de la vida de la instalación.

Detección de Alarmas:

- de protecciones eléctricas.
- de incendios.
- de potencia.
- de accesos, etc.
- de inundación.
- etc.



Control de señales:

- de temperatura.
- de presión.
- de humedad,
- de nivel de líquidos,
- presencia,
- etc.



Encendido y apagado de circuitos:

- de alumbrado.
- de aire acondicionado.
- de extractores,
- sistemas multimedia,
- riego,
- etc.



Regulación:

- de iluminación
- de climatización.
- de sistemas ACS,
- de la calidad del aire,
- ventilación,
- etc.



**Sistema
de
Control**

Sistema de control

Tipos de sistemas de control

En función de su arquitectura y también en relación con su tamaño que podemos dividirlos en:

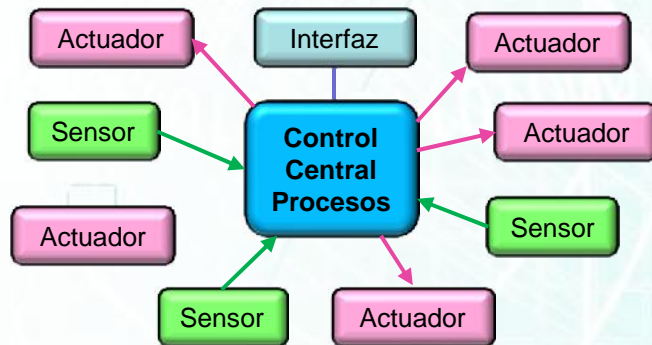
✓ **Sistemas Centralizados:**

- Un **único módulo de control recibe todas las señales, las procesa, toma decisiones y controla todas las salidas y periféricos**. Usado en **pequeñas instalaciones para un control limitado y en hogar**.

✓ **Sistemas Distribuidos:**

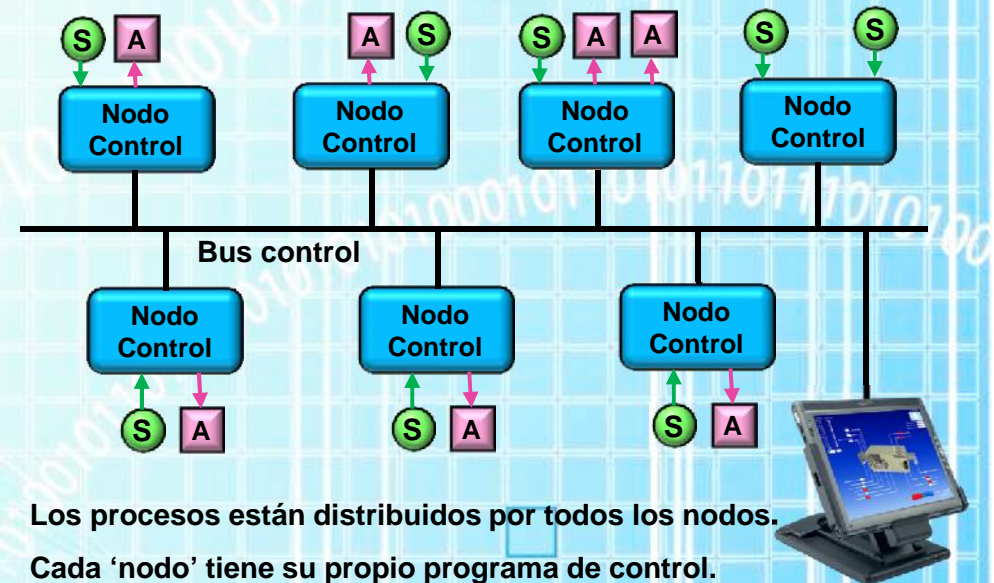
- Existen **muchos módulos de control con tareas concretas** que **comunicados entre sí forman** una red que se comporta como **una sola entidad**. Es **la tendencia actual para grandes instalaciones y para hogar digital**.

Control Centralizado frente a Control Distribuido



El control central de procesos recibe datos, toma todas las decisiones y ordena las acciones correspondientes.

Si el sistema central falla, el sistema deja de funcionar.



Los procesos están distribuidos por todos los nodos.

Cada 'nodo' tiene su propio programa de control.

Si un 'nodo' falla el sistema no cae.

Los nodos se comunican entre si por el 'bus'.

Software

Tipos de software usados en control control

Podemos distinguir, de forma genérica tres tipos de software usados en sistemas de control:

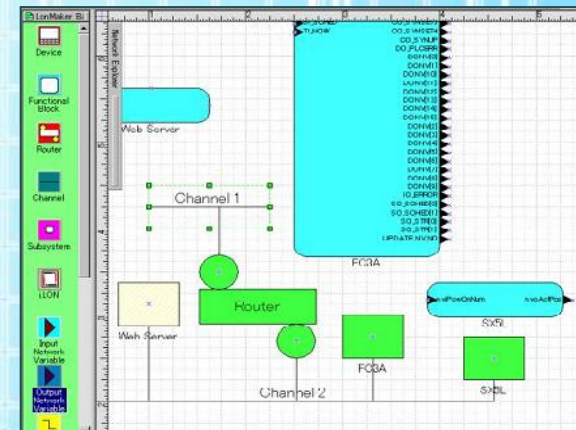
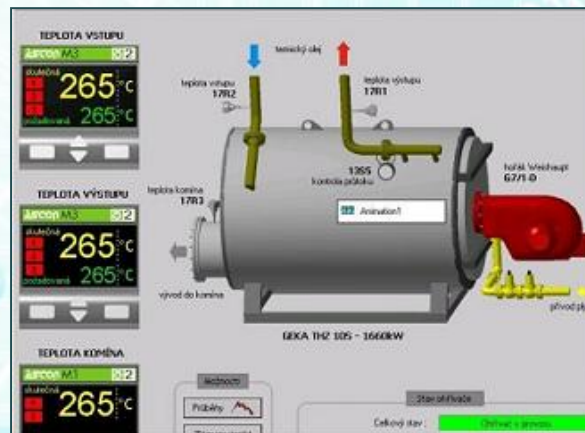
- ✓ **Software de Usuario:**
 - Debe de ser **lo más fácil de usar posible, evitando tecnicismos no necesarios.**
 - Va destinado al **uso cotidiano del sistema (usuario vivienda, operario de mantenimiento edificio, etc.)**
 - **SCADA, interfaz HMI, etc.**

- ✓ **Software de implantación / configuración:**
 - **Usado por los técnicos en la instalación y puesta en marcha del sistema.**
 - Se usa para **definir la instalación, configurarla y ponerla en uso.**
 - Requiere **conocimientos técnicos de los equipos instalados y de los protocolos empleados.**

- ✓ **Software de desarrollo:**
 - Creado por los **técnicos que desarrollan el producto (fabricante).**
 - Permite **cambiar la programación interna de los sistemas de control.**
 - Requiere **conocimientos profundos del sistema y de programación.**
 - **Usado por los técnicos de implantación en pocas ocasiones.**



Software de interfaz usuario – Hogar y edificio inteligente (pantalla de calderas)



Software tecnico de un sistema Lonworks