

VARIACIONES DE FRECUENCIA.

Según la **UNE-EN 50160** se define la **frecuencia** de la tensión como la tasa de repetición de la componente fundamental de la tensión de alimentación, medida durante un intervalo de tiempo determinado. Cualquier cambio sobre el valor nominal de ésta (50 Hz), sobrepasando ciertos límites constituye una **variación de frecuencia**.

La frecuencia en un sistema trifásico de corriente alterna, está directamente relacionada con el número de revoluciones por minuto del campo giratorio de los alternadores que generan la electricidad, lo cual quiere decir que todos los alternadores conectados a una misma red están girando en sincronismo a la misma velocidad angular eléctrica, de acuerdo con la fórmula:

$$f = \frac{p \cdot n}{60}$$

Siendo:

f = frecuencia

p = número de pares de polos del alternador

n = velocidad de giro en revoluciones por minuto.

VARIACIONES DE FRECUENCIA. LIMITES

Según la **UNE-EN 50160**, la **frecuencia nominal** de la tensión de alimentación, en España y otros muchos países, debe ser de **50 Hz**. En condiciones normales de operación, el valor de la frecuencia fundamental medida en períodos de 10s debe situarse en los intervalos siguientes:

- ✚ **Redes acopladas** por conexión síncrona a un sistema interconectado:
50 Hz \pm 1 % (es decir de 49,5 a 50,5 Hz) durante el 95 % de una semana
50 Hz + 4 % / - 6 % (de 47 a 52 Hz) durante el 100 % de una semana
- ✚ Para **redes sin conexión síncrona** a un sistema interconectado (redes que existen en sistemas aislados de la red general):
50 Hz \pm 2% (de 49 a 51 Hz) durante el 95% de una semana
50Hz \pm 15% (de 42,5 a 57,5 Hz) durante el 100% de una semana

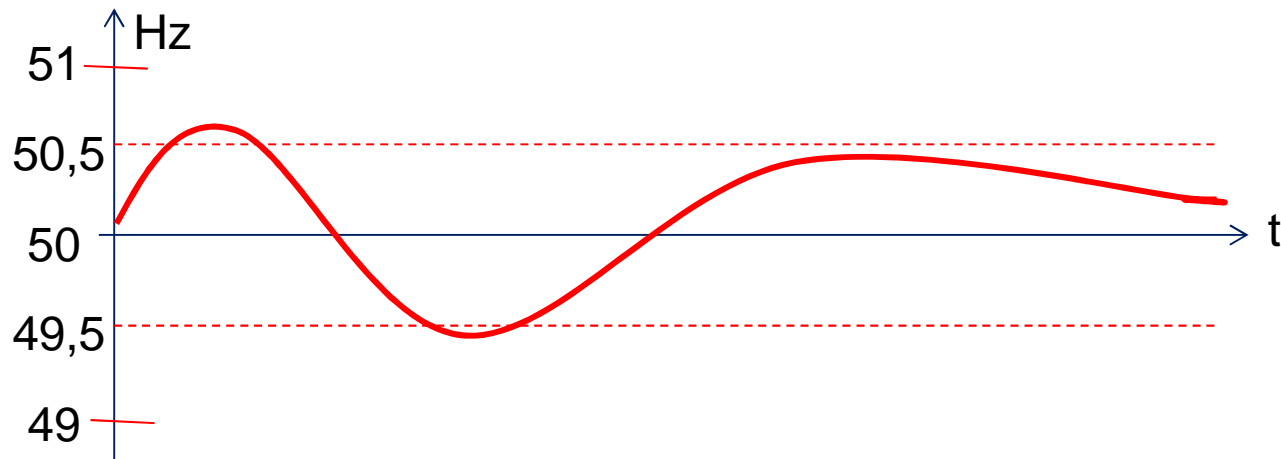
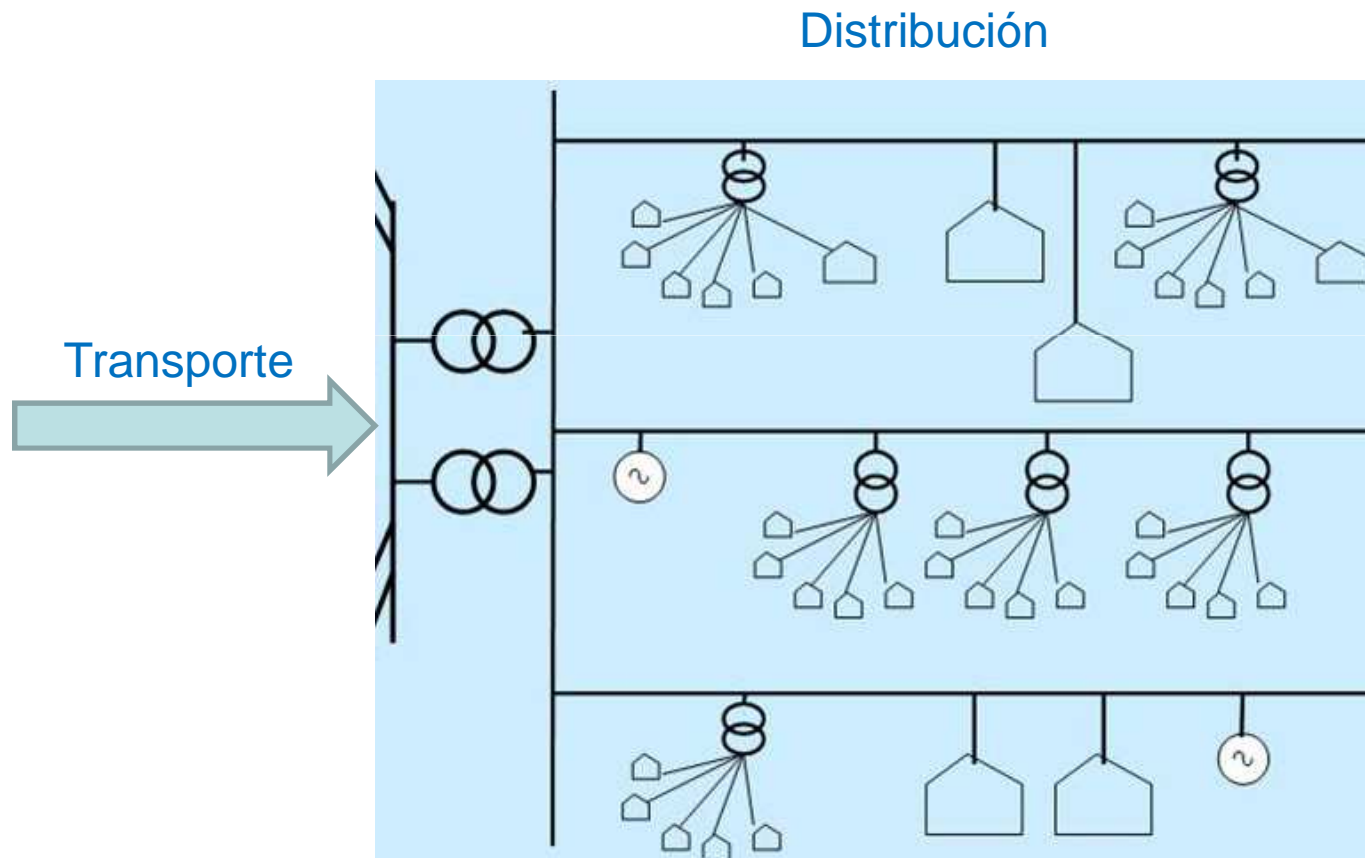


Figura 3.1.- Variación de frecuencia en un sistema interconectado

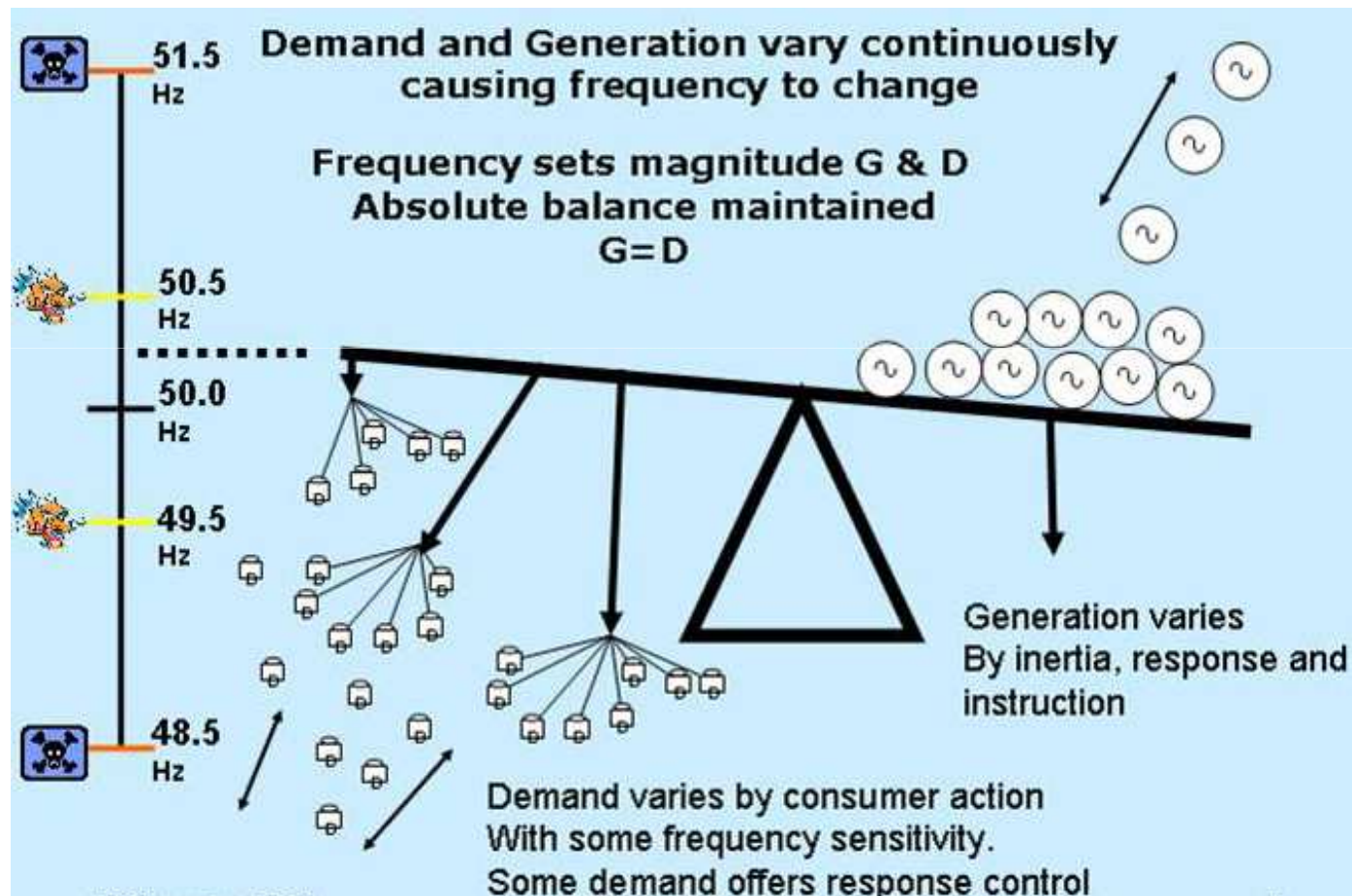
VARIACIONES DE FRECUENCIA. CAUSAS

Existen variaciones de frecuencia **en un sistema eléctrico** cuando se produce una alteración del equilibrio entre carga y generación.



VARIACIONES DE FRECUENCIA. CAUSAS

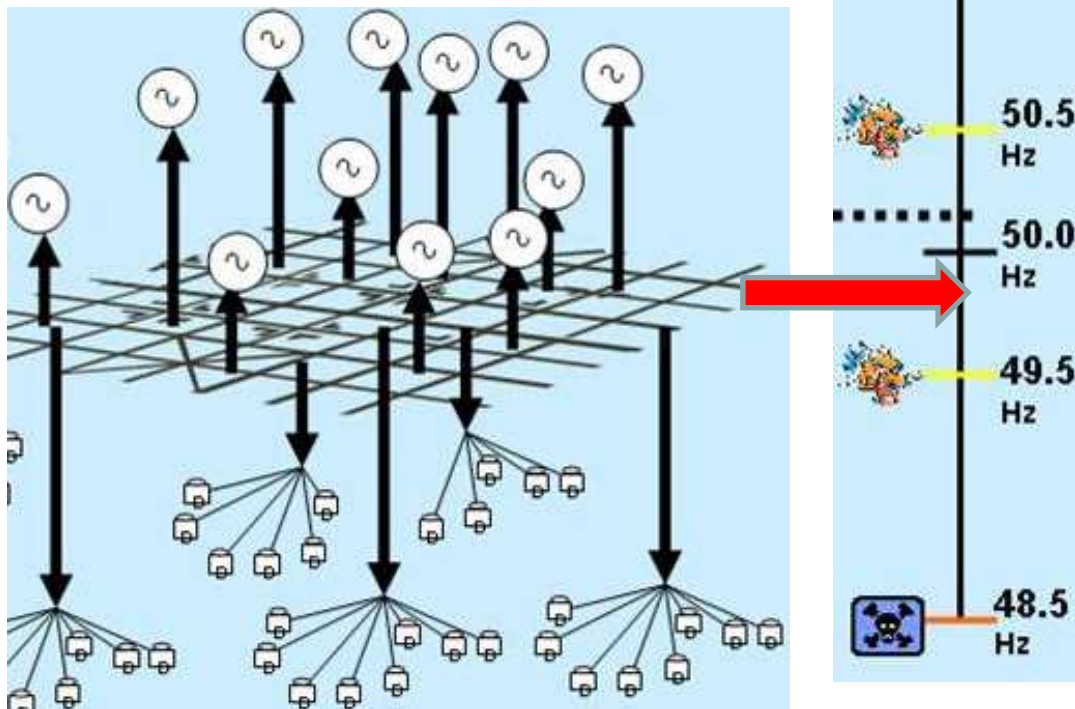
Existen variaciones de frecuencia en un sistema eléctrico cuando se produce una alteración del equilibrio entre carga y generación.



VARIACIONES DE FRECUENCIA. CAUSAS

Existen variaciones de frecuencia en un sistema eléctrico cuando se produce una alteración del equilibrio entre carga y generación.

Se pueden dar condiciones excepcionales en las que se produzca un desequilibrio importante entre la generación y la carga, dando lugar a una variación de la frecuencia.



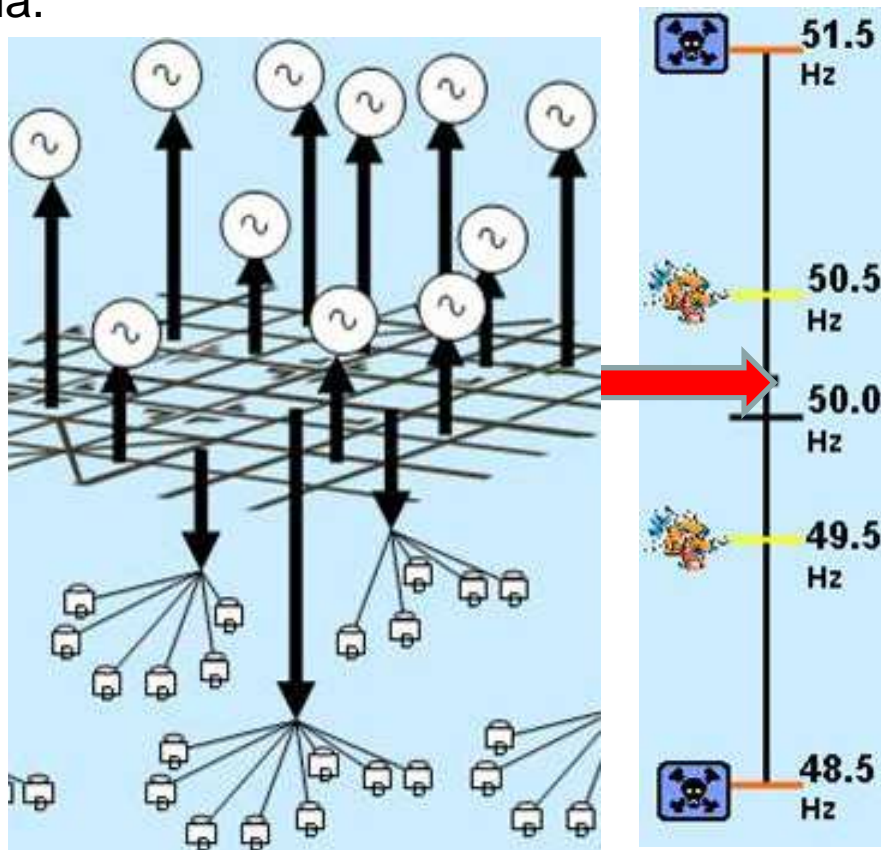
⚠ La carga es superior a la generación:

En este caso, **la frecuencia disminuye**. Su velocidad de caída dependerá de la reserva de energía rodante y de la constante de inercia del conjunto de los generadores conectados a la red.

VARIACIONES DE FRECUENCIA. CAUSAS

Existen variaciones de frecuencia en un sistema eléctrico cuando se produce una alteración del equilibrio entre carga y generación.

Se pueden dar condiciones excepcionales en las que se produzca un desequilibrio importante entre la generación y la carga, dando lugar a una variación de la frecuencia.

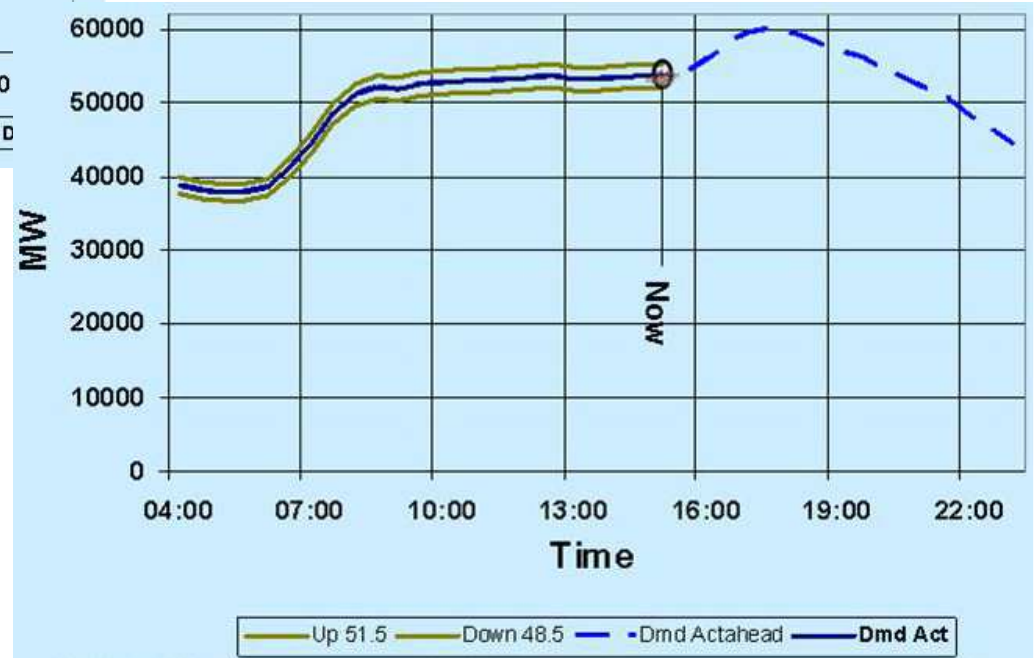


⚠ La carga es inferior a la generación:

En este caso, **la frecuencia aumenta**. El equilibrio se restablece actuando sobre los sistemas de regulación de los alternadores para disminuir su capacidad de generación. El equilibrio se alcanza de forma mucho más sencilla que en el caso anterior.

VARIACIONES DE FRECUENCIA. CAUSAS

Existen variaciones de frecuencia en un sistema eléctrico cuando se produce una alteración del equilibrio entre carga y generación.



VARIACIONES DE FRECUENCIA. DEPENDENCIA

La relación entre la variación de carga y la variación de frecuencia depende del número de generadores conectados a la red. Es más desfavorable en sistemas aislados, que en grandes redes interconectadas.

Así, en el sistema interconectado europeo en el que se encuentra integrada la red española, se obtienen valores del orden 12.000 MW/Hz, es decir, hace falta un cambio de carga de 1.200 MW para que se produzca una variación de frecuencia de 0,1 Hz. En un sistema aislado de 120 MVA, este valor sería del orden de 60 MW/Hz.

VARIACIONES DE FRECUENCIA. MEDIDA

Según la IEC 61000-4-30 (Clase A), la medida de frecuencia se obtiene cada 10s, como relación entre los ciclos enteros contados en un intervalo de 10s, y la duración total. Los ciclos no completos se descartan. Hay que minimizar los efectos de múltiples pasos por cero de la señal, mediante los filtros adecuados.

La exactitud en la medida para equipos de clase A debe ser $\pm 0,01$ Hz.

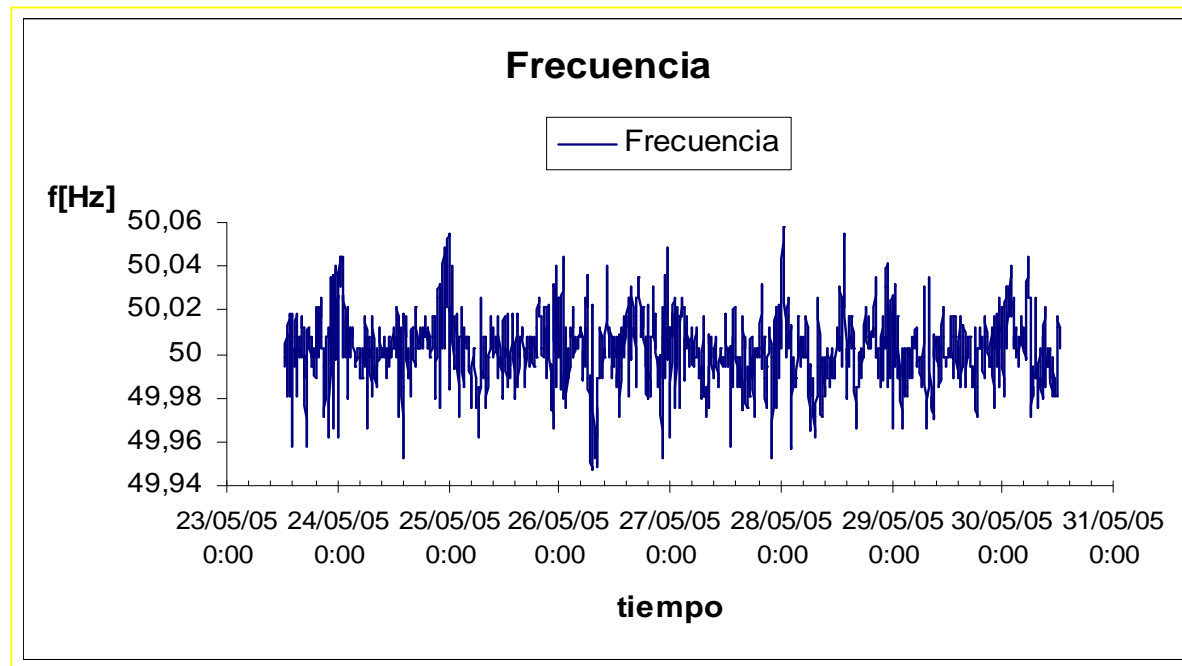


Figura 3.2. Representación gráfica de la medida de frecuencia en una industria de elaboración de forjados para la construcción

VARIACIONES DE FRECUENCIA. EFECTOS

Los principales efectos de las variaciones de frecuencia son:

- + Variación de velocidad de las máquinas rotativas.
- + Los motores transmiten más o menos potencia mecánica.
- + Los relojes eléctricos sincronizados con la red, atrasan o adelantan.
- + Los filtros de armónicos sufren un efecto “desintonizador”.
- + Los equipos electrónicos que utilizan la frecuencia como referencia de tiempo se ven alterados.
- + Las turbinas de las centrales eléctricas se encuentran sometidas a fuertes vibraciones, (resonancias mecánicas), que suponen un severo esfuerzo de fatiga en los alabes.
- + Posibles problemas en el funcionamiento de instalaciones de autogeneración.

VARIACIONES DE FRECUENCIA. MÉTODOS DE PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN

■ La necesidad de equilibrar la potencia entregada a la turbina, por el agua en turbinas hidráulicas y por el vapor en las térmicas, con la demanda eléctrica incluyendo las pérdidas hace **indispensable regular permanentemente la admisión de la turbina.**

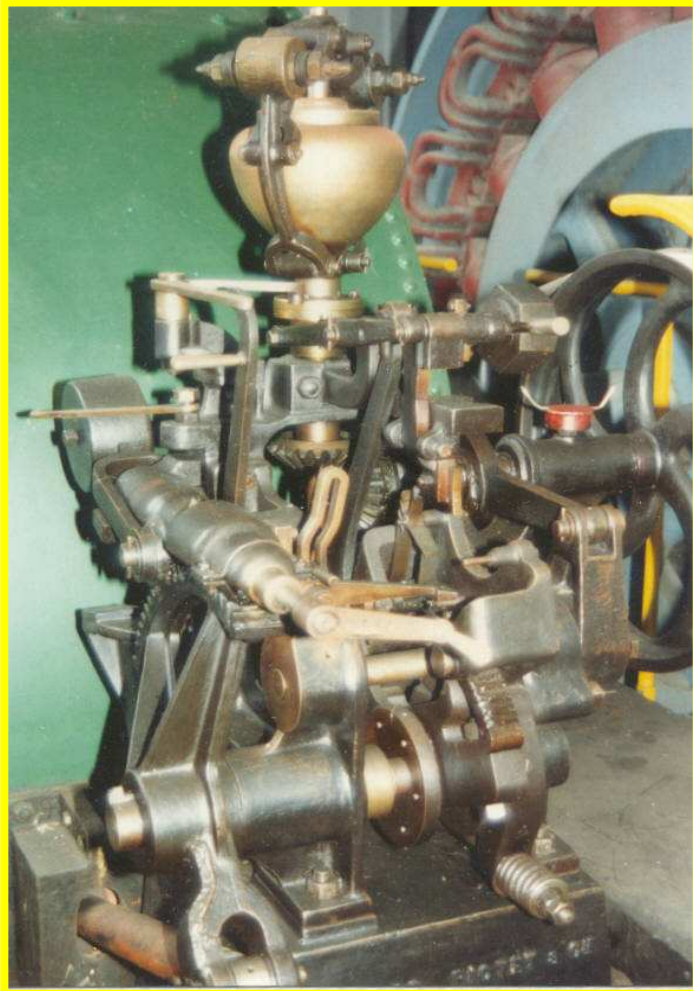
$$\sum P_{generada} = \sum P_{carga} + \sum P_{pérdidas}$$

■ Todo cambio de carga afecta inicialmente a la energía cinética, provocando que la velocidad de las máquinas y con ello la frecuencia en la red disminuya en el caso que la carga crezca y viceversa.

■ Para un correcto funcionamiento de las máquinas eléctricas, es necesario que funcionen lo más cercano a la frecuencia nominal. De no ser así, **podría ocurrir que las centrales dejaran de operar en márgenes aceptables**, por la menor velocidad de las bombas, ventiladores y otros elementos eléctricos, reduciéndose la potencia que entregan lo que provocaría que fuera necesario desconectar consumos con el fin de recuperar los niveles de frecuencia aceptables.

VARIACIONES DE FRECUENCIA. MÉTODOS DE PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN

. Regulador de velocidad de la turbina.



Hasta hace poco tiempo, las variaciones de velocidad angular de la turbina eran controladas la mayoría de las veces utilizando como dispositivo sensible un **regulador centrífugo de Watt**. En este tipo de regulador, dos pesos se mueven radialmente alejándose del eje cuando su velocidad de rotación aumenta y así actúan moviendo un manguito sobre un vástago central.

El movimiento de este manguito se transmite, mediante un mecanismo de palanca, al pistón de una válvula piloto y mediante dicho mecanismo se hace funcionar el servomotor.

VARIACIONES DE FRECUENCIA. MÉTODOS DE PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN

. Regulador de velocidad de la turbina.

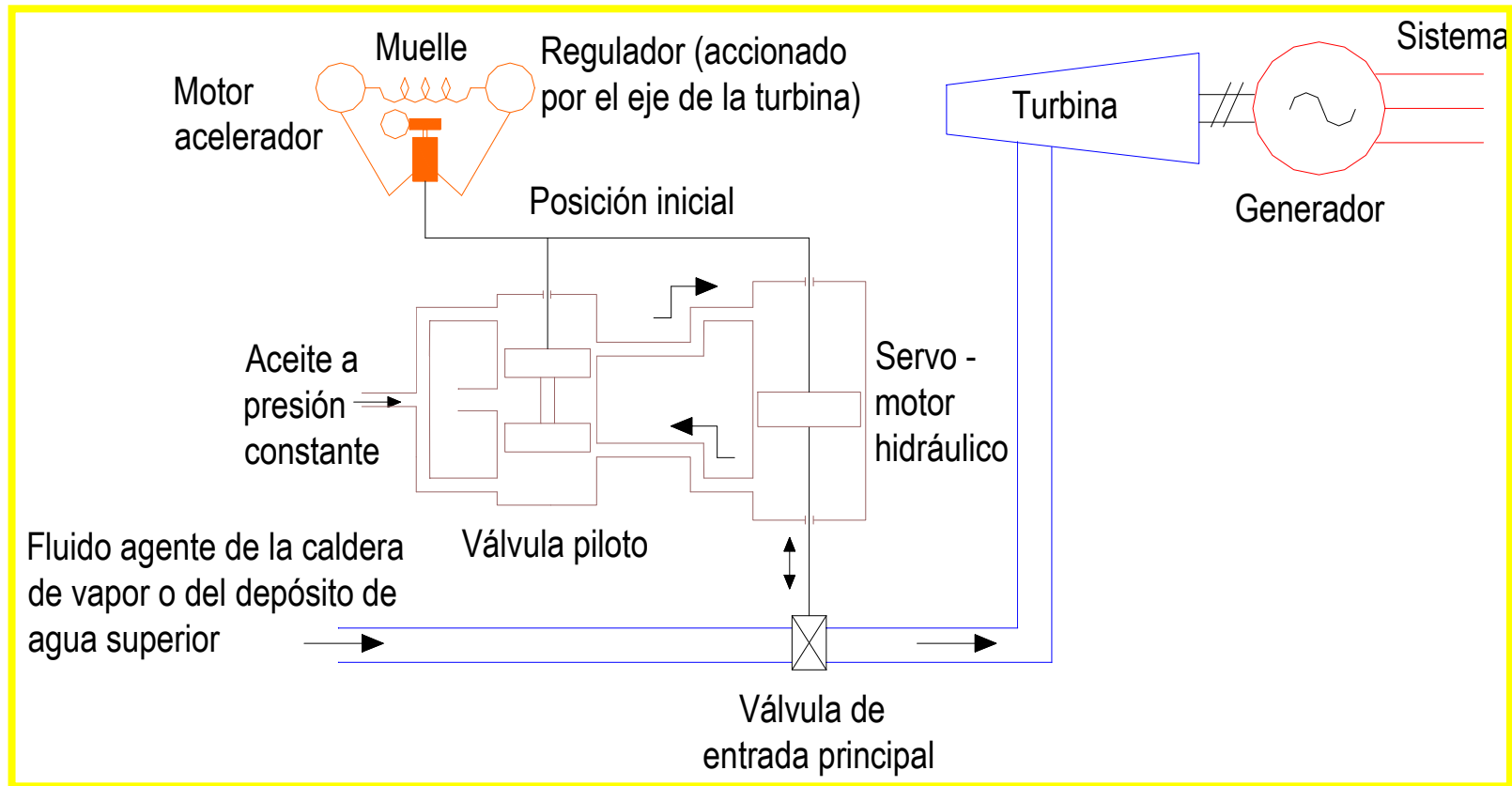


Figura 3.3. Sistema de control empleando el regulador de Watt como dispositivo sensible y un servo sistema hidráulico para hacer funcionar la válvula de alimentación principal. Los mecanismos del motor acelerador determinan el ajuste inicial de la posición del regulador.

VARIACIONES DE FRECUENCIA. MÉTODOS DE PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN

. Regulador de velocidad de la turbina.

El regulador de velocidad de la turbina está compuesto por los siguientes dispositivos:

- + Un sistema de medida que detecta las variaciones de velocidad (tacómetro).
- + Un servomecanismo capaz de transformar la señal del sistema de medida en la acción de variar la admisión de la turbina.
- + Órganos de regulación: válvulas, alabes, deflectores son los encargados de realizar la regulación propiamente dicha
- + Un dispositivo de amortiguación que reduzca las oscilaciones del conjunto.

VARIACIONES DE FRECUENCIA. MÉTODOS DE PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN

. Despacho de maniobras antiguo.



Hasta hace pocos años, todo el control de frecuencia y tensión de una central de producción de energía eléctrica se supervisaba desde el despacho de maniobras que se encontraba situado en el propio edificio de la central y que disponía, como se puede ver en la figura, de un gran número de elementos y medidores analógicos.

VARIACIONES DE FRECUENCIA. MÉTODOS DE PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN

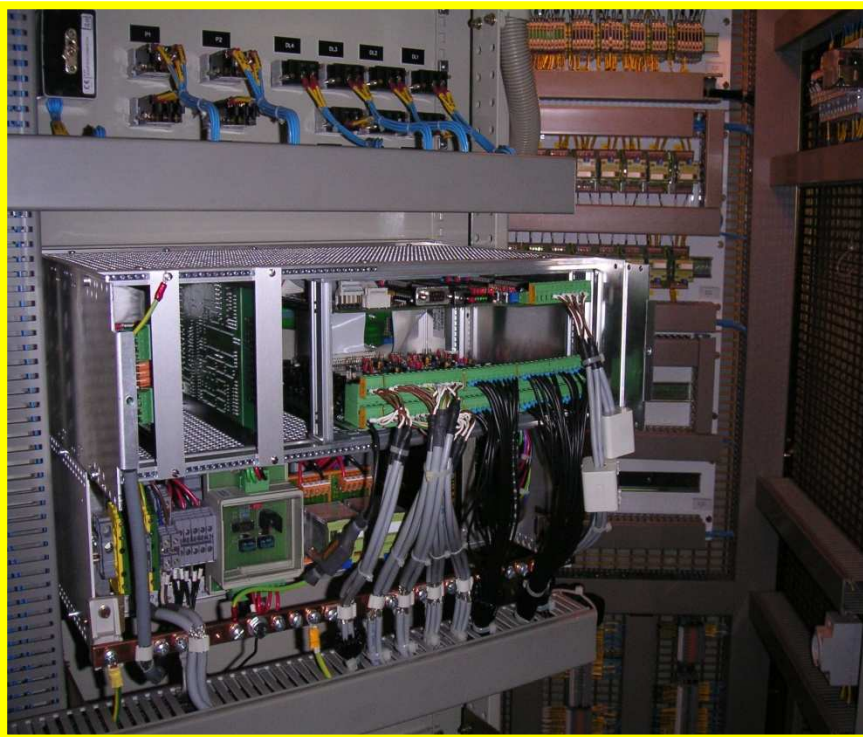
. Despacho de maniobras moderno.



En la actualidad, gracias a la evolución experimentada por los semiconductores de potencia y los computadores, PLCs, etc, la gran mayoría de las centrales de producción de energía eléctrica se encuentran **teleoperadas** (controladas a distancia), así en la mayoría de los casos ya no disponen de despacho de maniobras propio y desde los despachos de maniobras modernos, ver figura, se pueden controlar un buen número de centrales.

VARIACIONES DE FRECUENCIA. MÉTODOS DE PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN

. Armario con las tarjetas de control.



Las excitatrices que suministraban la corriente continua necesaria para realizar la excitación del devanado inductor del alternador, fueron sustituidas en gran parte por convertidores con semiconductores de potencia del tipo de: **tiristores**, **IGBTs**, **IGCTs**, etc, los cuales permiten poder realizar un control de la excitación más preciso.

Todas las señales de control se canalizan a las correspondientes tarjetas situadas en armarios apropiados (ver figura).

VARIACIONES DE FRECUENCIA

Métodos de prevención y corrección en redes de distribución.

- Así pues, existen distintos mecanismos de regulación unos **manuales y otros automáticos** y estos mecanismos pueden estar limitados a un determinado generador, es decir, a la central eléctrica o instalados para regular los sistemas interconectados, obviamente a mayor nivel de complejidad de las redes más complejos y sofisticados serán estos mecanismos.
- Como método de prevención ante variaciones transitorias de frecuencia que pudieran afectar gravemente a las cargas conectadas a una red de distribución eléctrica, **se recomienda disponer de un sistema de deslastre por frecuencia**, es decir, que parte de la carga o de la generación se desconecte bien de forma automática o manual tan pronto como sea posible, evitando apagones prolongados.