

Eficiencia Energética Eléctrica (EEE)

3° Encuentro: Demandas particulares.

Disertante: Mag. Ing. Gustavo Barbera



Financiado por
la Unión Europea

IITREE-LAT
Instituto de Investigaciones
Tecnológicas para Redes y Equipos
Eléctricos / Laboratorio de Alta Tensión
FACULTAD DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



RED ARGENTINA DE
MUNICIPIOS FRENTE AL
CAMBIO CLIMÁTICO



COPENHAGEN CENTRE
ON ENERGY EFFICIENCY
COPENHAGEN, DENMARK



aecid
Agencia Española
de Cooperación
Internacional
para el Desarrollo



AFD
AGENCE FRANÇAISE
DE DÉVELOPPEMENT



adene
Agência para a Energia

Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

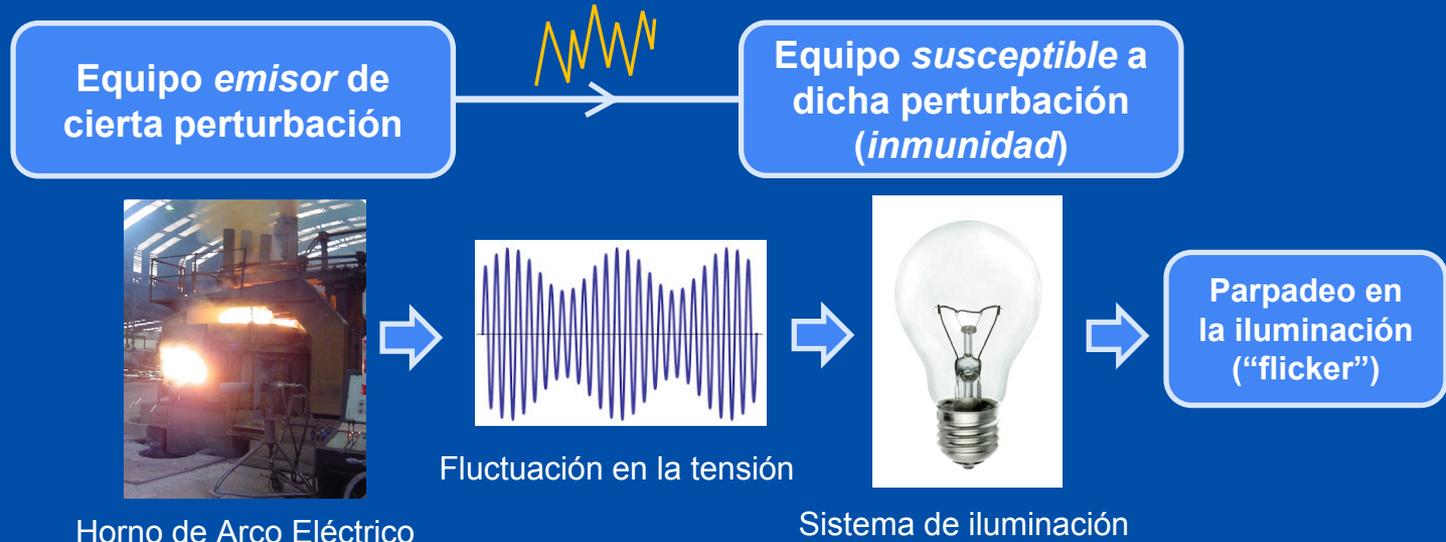
Temario 3º Encuentro:

- **Conceptos de Calidad de Energía / Compatibilidad Electromagnética.**
- **Eficiencia Energética aplicada a los sistemas de iluminación.**
- **Aplicación del caso de Trenque Lauquen en el alumbrado público.**
- **Gestión eficiente del alumbrado público.**
- **Rol de la lámpara en la Compatibilidad Electromagnética.**
- **Otras demandas:**
 - **Hospitales.**
 - **Servicios de agua potable.**
- **Oportunidades de mejora.**

Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Conceptos de Calidad de Energía / Compatibilidad Electromagnética

Compatibilidad Electromagnética: *“Es la habilidad de un equipo o sistema para funcionar satisfactoriamente en su ambiente sin introducir, además, perturbaciones a los demás equipos existentes en tal ambiente”.*

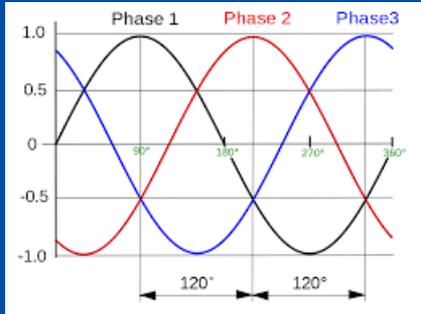


Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

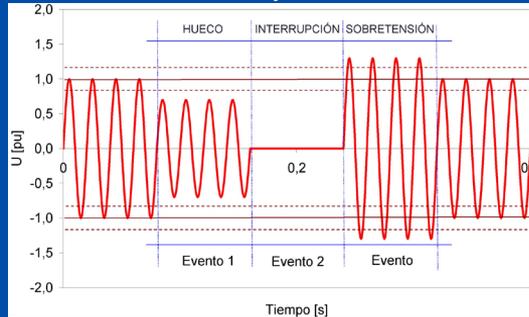
Conceptos de Calidad de Energía / Compatibilidad Electromagnética

Calidad de Energía: “Es el estudio de las desviaciones que una señal de tensión (o corriente) presenta con respecto a su forma de onda ideal”. Algunos ejemplos:

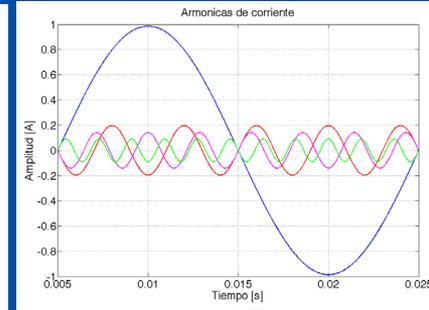
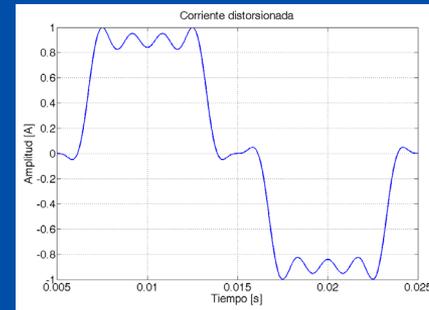
Sistema trifásico ideal



Eventos



Perturbaciones de estado estacionario (p. e. armónicas)



- Sinusoides.
- Frecuencia: 50 Hz.
- $U_{\text{nom-fase}}: 220 V_{\text{ef}}$
- Desfasadas 120° .

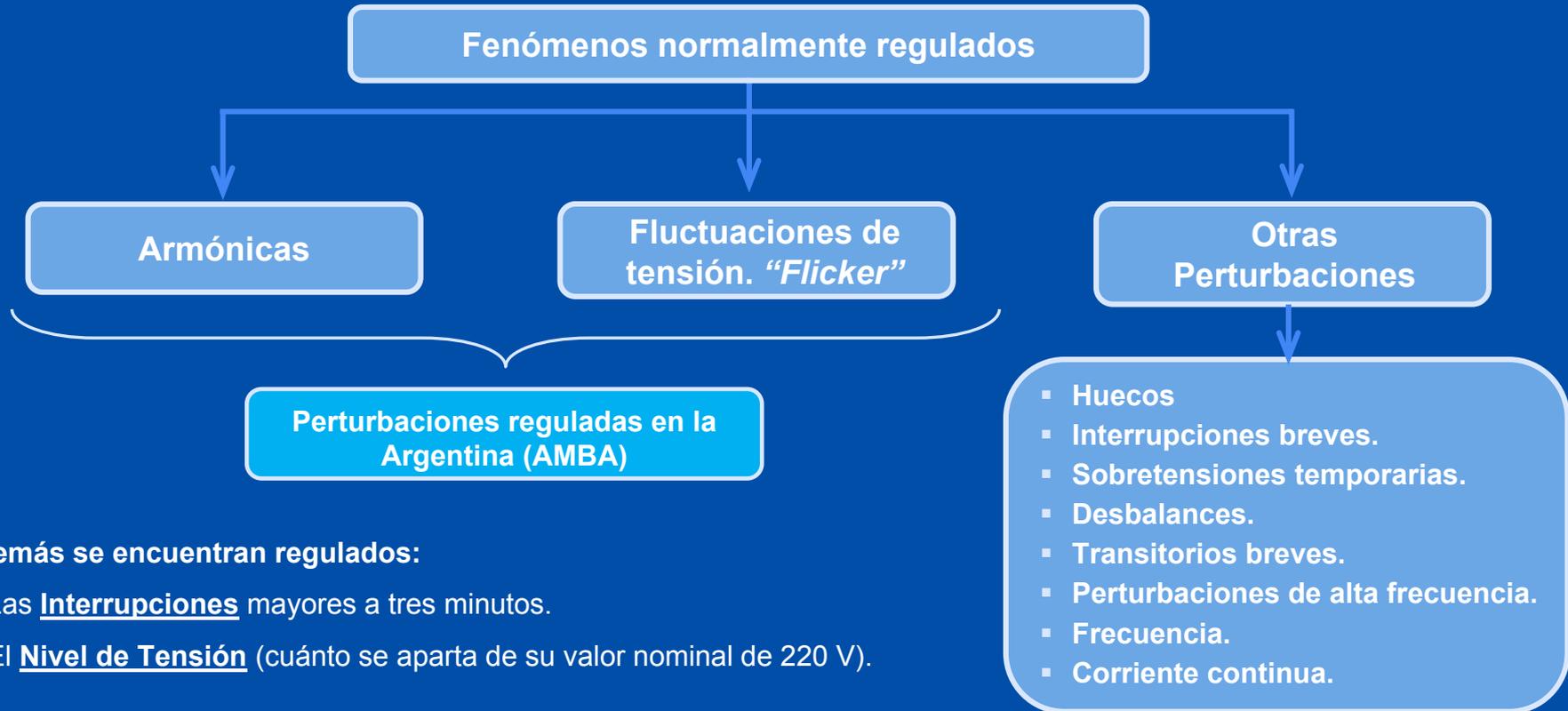
- Huecos.
- Interrupciones breves.
- Sobretensiones.

Señal con armónicas

Fundamental + armónicas

Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Conceptos de Calidad de Energía / Compatibilidad Electromagnética



Además se encuentran regulados:

- Las **Interrupciones** mayores a tres minutos.
- El **Nivel de Tensión** (cuánto se aparta de su valor nominal de 220 V).

Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Conceptos de Calidad de Energía / Compatibilidad Electromagnética

Control de la emisión de perturbaciones, tanto de las cargas individuales, como de las instalaciones. Caso particular de las armónicas:

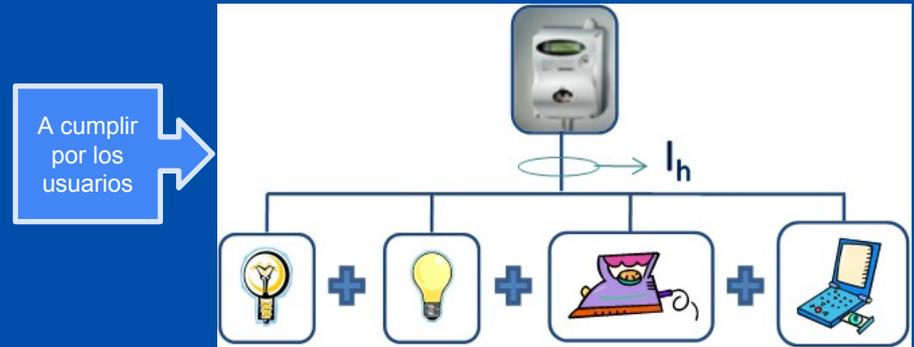
Normativa a nivel de aparatos



Se ensayan lámparas (y otras cargas) a efectos de evaluar la emisión de armónicas

Se emplea la Norma IEC 61000-3-2. Indica los valores máximos permitidos para cada armónica en particular

Normativa a nivel de Usuarios



Se puede penalizar a aquellos usuarios que excedan los límites establecidos

En el AMBA se emplea la Res. ENRE 99/1997

Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Eficiencia Energética aplicada a los sistemas de iluminación

- En términos generales, la iluminación constituye uno de los usos más importantes de la energía eléctrica.
- En consecuencia, es menester emplear sistemas de iluminación eficientes.

Particularmente en su
empleo en el ámbito
residencial



EE

Incandescentes



Fluorescentes
Compactas



LEDs



Ahorro de $\approx 40-50\%$

Ahorro de $\approx 80-90\%$

Evolución Tecnológica

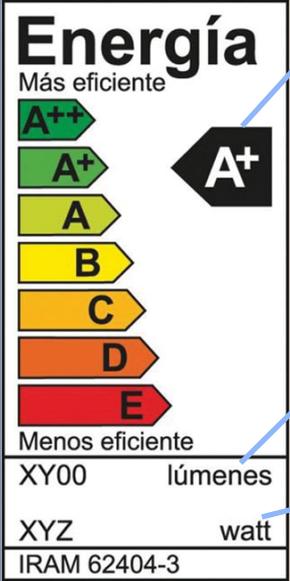
Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Eficiencia Energética aplicada a los sistemas de iluminación

Importancia del etiquetado de las lámparas:

- Informan y orientan al consumidor a la compra de productos energéticamente eficientes. Reducen la facturación mensual.
- Desplazan del mercado a los productos ineficientes.
- Estimulan a los fabricantes a diseñar productos de mayor eficiencia.
- Mejoran la competitividad de los mercados.
- Reducen los requerimientos de inversión en redes, contribuyen al ahorro de combustible para generación, por consiguiente al ahorro de emisiones de CO₂.

Norma IRAM 62404-3:
 Etiquetado de eficiencia energética de lámparas eléctricas para iluminación general. Parte 3 - Lámparas LED.



Clase de eficiencia energética a la que pertenece la lámpara, determinada por un rango de letras, comprendido entre la A++ (más eficiente) y la E (menos eficiente).

$$Eficacia = \frac{\text{Flujo Luminoso}}{\text{Potencia Eléctrica}} \left[\frac{\text{lm}}{\text{W}} \right]$$

Flujo Luminoso: Cantidad de luz que emite la lámpara en todas las direcciones [lúmenes]

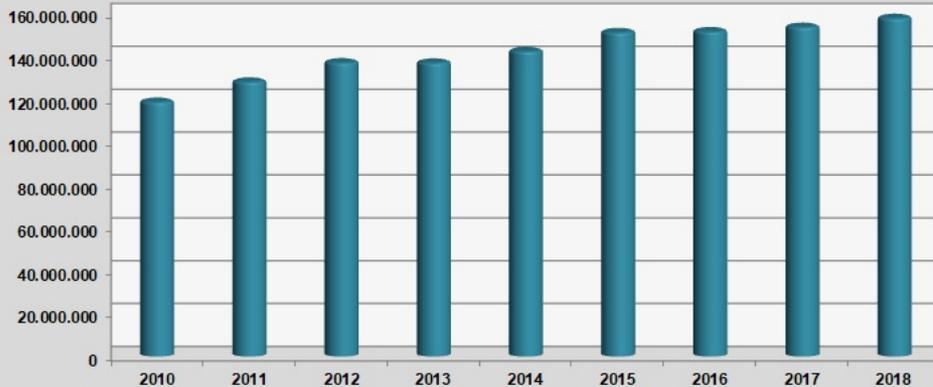
Potencia eléctrica que consume la lámpara [W]

Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Aplicación del caso de Trenque Lauquen en el Alumbrado público

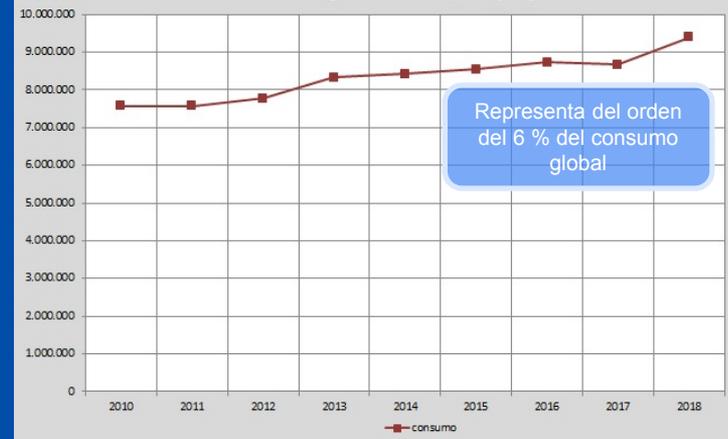
Consumo global de energía en la ciudad
2010-2018

Consumo de energía total por año [kWh]



Consumo del alumbrado público
2010-2018

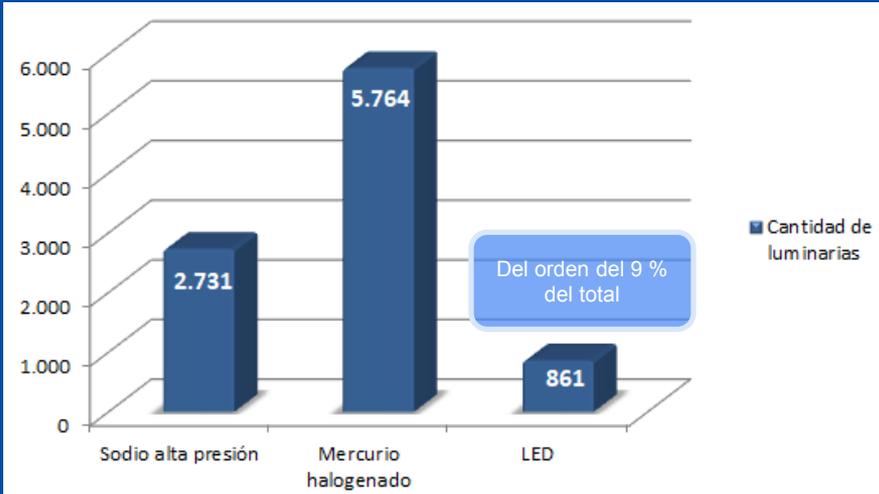
Consumo de energía en el alumbrado público [kWh]



Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

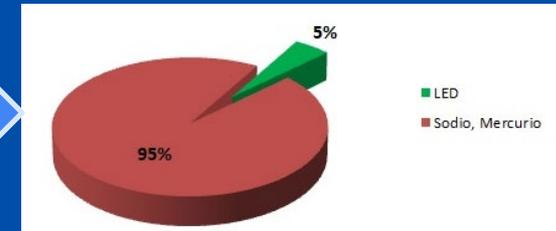
Aplicación del caso de Trenque Lauquen en el Alumbrado público

Parque de luminarias (a Diciembre de 2018)



Tecnología	Ubicación	Potencia unitaria [W]	Cantidad	Potencia total [W]
Sodio Alta Presión	General	250	2.649	662.250
Mercurio Halogenado	Peatonal	100	5.430	543.000
Mercurio Halogenado	General	250	334	83.500
Sodio Alta Presión	General	70	82	5.740
LED	General	110	278	30.580
LED	Peatonal	54	569	30.726
LED	General	132	14	1.848
Cantidad total de luminarias instaladas			9.356	
Potencia instalada con luminarias LED [W]				63.154
Potencia instalada con luminarias tradicionales [W]				1.294.490

Porcentaje de potencia instalada según tecnología



Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Aplicación del caso de Trenque Lauquen en el Alumbrado público

Equivalencias sugeridas para el recambio de lámparas de alumbrado público

Escenario con 5 % de penetración de tecnología LED, vs. escenario con el 100 % de luminarias LED

Sodium Light Bulb Wattage	LED Equivalent Wattage
250 Watt	100 Watt
150 Watt	60 Watt
70 Watt	30 Watt

Metal Halide Light Bulb Wattage	LED Equivalent Wattage
400 Watt	200 Watt
250 Watt	100 Watt
150 Watt	80 Watt
100 Watt	30 Watt

Tecnología	Ubicación	Potencia unitaria [W]	Cantidad	Potencia total [W]	Equivalencia LED [W]	Cantidad	Potencia Total [W]
Sodio Alta Presión	General	250	2.649	662.250	100	2.649	264.900
Mercurio Halogenado	<i>Peatonal</i>	100	5.430	543.000	30	5.430	162.900
Mercurio Halogenado	General	250	334	83.500	100	334	33.400
Sodio Alta Presión	General	70	82	5.740	30	82	2.460
LED	General	110	278	30.580	<i>Sin cambios</i>	<i>Sin cambios</i>	30.580
LED	<i>Peatonal</i>	54	569	30.726	<i>Sin cambios</i>	<i>Sin cambios</i>	30.726
LED	General	132	14	1.848	<i>Sin cambios</i>	<i>Sin cambios</i>	1.848

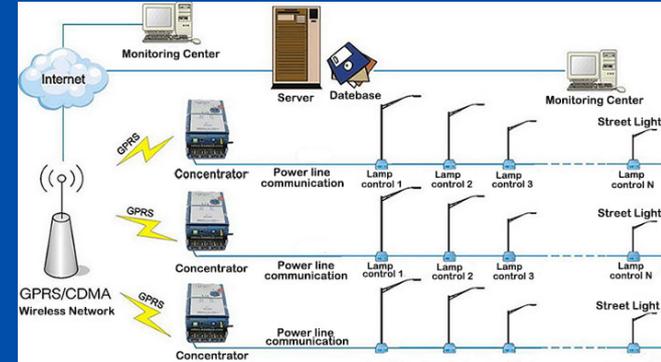
Consumo total con un 5% LED	1.357.644	Consumo total con 100% LED	526.814
-----------------------------	-----------	----------------------------	---------

Ahorro energético	61,20%
-------------------	---------------

Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Gestión eficiente del alumbrado público

- A fin de incrementar la eficiencia de los sistemas de Alumbrado Público, luego de la incorporación de la tecnología LED, el próximo paso fue la implementación de la “telegestión” del servicio.
- Este sistema, de manera remota, permite:
 - Encender y apagar las luminarias \Rightarrow Mayor control.
 - Detectar fallas en forma automática \Rightarrow Notable reducción en el número de reclamos y los tiempos de respuesta.
 - Conocer en forma global el estado del parque \Rightarrow Sensible mejora en los programas de mantenimiento, al contar con mayor previsibilidad. Optimización de los recursos.
 - Detectar eventos de tensión en la alimentación \Rightarrow Sencilla identificación de eventuales daños en el parque.
 - Contar con registros de energía en cada luminaria \Rightarrow Adecuada gestión del consumo.



Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Gestión eficiente del alumbrado público

- La principal ventaja, en términos de Eficiencia Energética, es la posibilidad de “*dimerización*”, puesto que ésta presenta importantes ahorros en el consumo.
- En horas en que, tanto el tránsito como la seguridad lo permiten, el sistema es capaz de reducir la intensidad de la iluminación y, consecuentemente, el consumo energético.

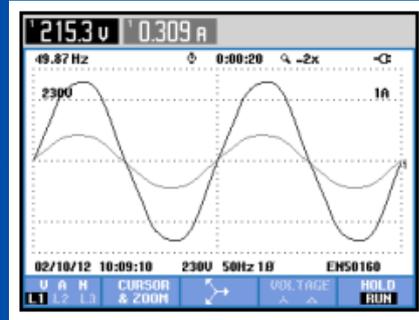


Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

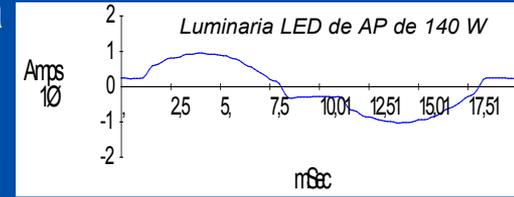
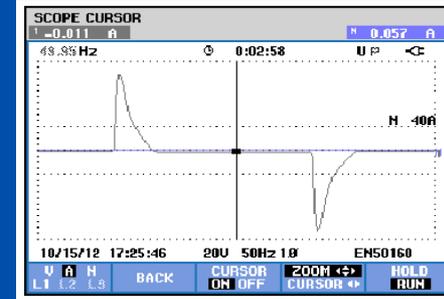
Rol de la lámpara en la Compatibilidad Electromagnética

La lámpara como equipo “emisor de perturbaciones”:

Lámpara incandescente



Lámpara LED



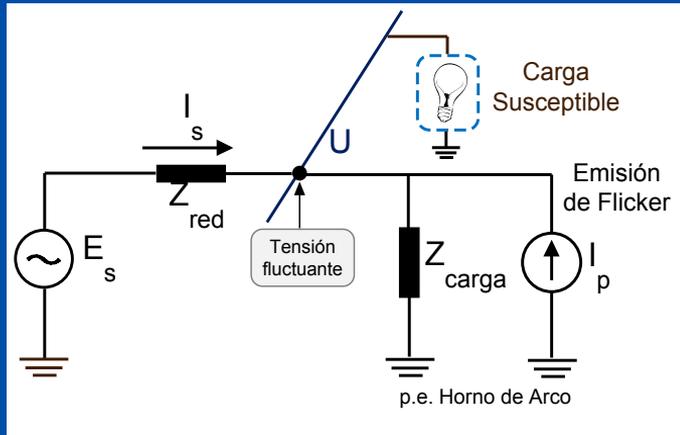
- No emite ningún tipo de perturbaciones hacia la red de la cual se encuentra alimentada.
- Su factor de potencia ($\cos\phi$) es la unidad, con lo cual tampoco consume energía reactiva de la red.
- Resulta ser una “carga ideal” al evaluarla en términos de emisión de perturbaciones.

- Debido a los equipos auxiliares que la lámpara posee, la forma de onda de la corriente es particularmente distorsionada (contiene armónicas).
- Si bien los límites existentes en Normas internacionales para este tipo de cargas son laxos, en ciertos casos son excedidos.
- En cuanto a su impacto en la red: Las potencias en juego son pequeñas, pero se trata de una carga muy masiva...

Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Rol de la lámpara en la Compatibilidad Electromagnética

La lámpara como equipo “susceptible a perturbaciones”:



- La lámpara incandescente cuenta con una conexión directa a la tensión de suministro.
- En consecuencia, **es muy susceptible (reducida *inmunidad*) a las fluctuaciones en la tensión.**



- En el caso del LED, la alimentación de la lámpara se encuentra “desacoplada” de la tensión de suministro (rectificación de la señal).
- Por lo tanto, **posee una susceptibilidad muy inferior a las fluctuaciones de tensión.**

Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Otras demandas – Hospitales

- En esta aplicación prevalecen la *seguridad eléctrica* para con los pacientes y la *confiabilidad* del sistema eléctrico, y no así la eficiencia energética.
- La Norma “AEA 7-710: 2008 – Locales para usos Médicos y salas Externas a los mismos” trata:
 - Las posibilidades de riesgos para las personas (pacientes), que pueden ocasionar las corrientes eléctricas al pasar por el organismo.
 - Los peligros que puede ocasionar un incendio o una falta imprevista en el suministro normal de energía eléctrica.
- Se aplica en hospitales, clínicas, policlínicas, sanatorios, salas de primeros auxilios y todo otro edificio utilizado para la medicina humana y dental, así como de otras instalaciones edilicias con una finalidad equivalente.
- Divide a las salas en distintos grupos: Salas del Grupo 0, Grupo 1, Grupo 2a y Grupo 2b, conforme a la complejidad y naturalmente los requerimientos eléctricos.

Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Otras demandas – Hospitales

Definición de las Salas de los diferentes Grupos:

Salas del Grupo 0

- No se emplean aparatos o dispositivos electromédicos, o durante el examen o el tratamiento, los pacientes no entran en contacto con equipos electromédicos.
- Se utilizan equipos electromédicos que están permitidos para su aplicación al paciente.
- Se operan equipos electromédicos que se alimentan exclusivamente de fuentes de energía eléctrica instaladas en los mismos.
- *Ej.: Consultorios.*

Salas del Grupo 1

- Para uso médico, donde se utilizan equipos electromédicos conectados a la red, con los cuales los pacientes entran en contacto durante el tratamiento.
- Los tratamientos pueden interrumpirse y repetirse sin implicar riesgos para el paciente.
- Puede aceptarse la desconexión automática del suministro de energía, sin que por ello existan riesgos.
- *Ej.: Salas de Ecografía.*

Salas del Grupo 2

Estas son salas para uso médico, donde se utilizan equipos electromédicos conectados a la red, que sirven para intervenciones quirúrgicas o para mediciones corpóreas de interés vital.

Grupo 2a

- Los equipos deben seguir operando ante una falla eléctrica en el suministro de la red, ya que los tratamientos no pueden interrumpirse.
- **El paciente no corre el riesgo de microshock.**
- *Ej.: Operaciones de cirugía menor.*

Grupo 2b

- Los equipos deben seguir operando ante una falla eléctrica en el suministro de la red, ya que los tratamientos no pueden interrumpirse.
- **El paciente corre el riesgo de microshock.**
- *Ej.: Operaciones de órganos de todo tipo.*

Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Otras demandas – Hospitales

Definición de las instalaciones eléctricas de emergencia:

A través de Grupo Electrónico

La red de energía eléctrica de emergencia deberá poder alimentar por un tiempo mínimo de 24 Hs., a los equipos esenciales necesarios, los equipos médico-técnicos y los equipos imprescindibles para el mantenimiento del servicio del hospital.

Equipos médico-técnicos: las luminarias empleadas en campos de operación, heladeras de medicamentos, equipos de laboratorios; etc.



A través de UPS

Deberán suministrar energía eléctrica durante un tiempo preestablecido a determinados equipos médico-técnicos, en el caso en que se produzca en forma simultánea, un corte de la red normal y la falta de la alimentación de energía de emergencia (p.e. durante el período de arranque del grupo generador).

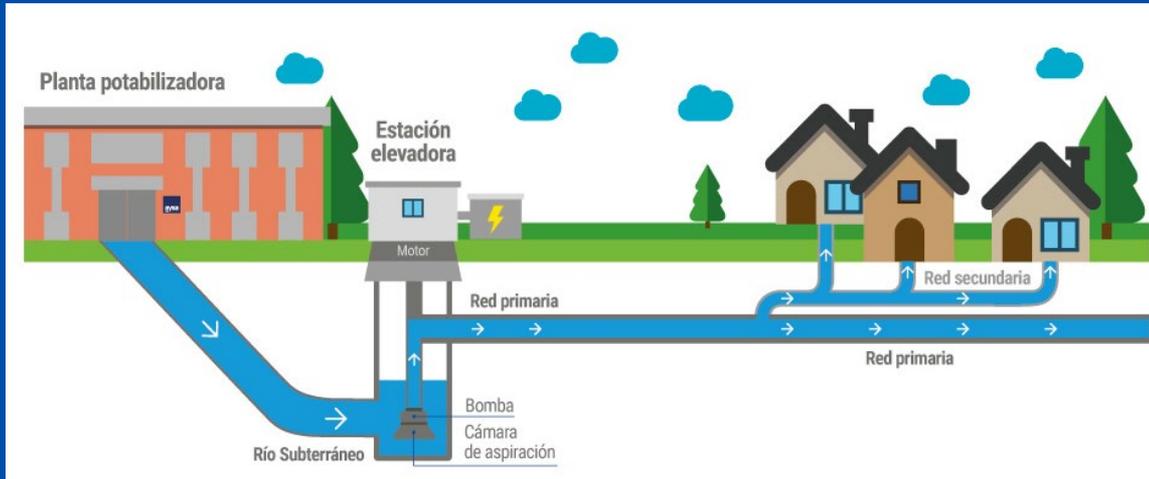
Se deberán utilizar las UPS “On-line”; esto es, con tiempo de interrupción 0 s.



En la Norma se particulariza, para cada uno de los Grupos de Salas, cómo debe implementarse la instalación (Nº de tomacorrientes de cada tipo; etc.)

Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Otras demandas – Servicios de agua potable



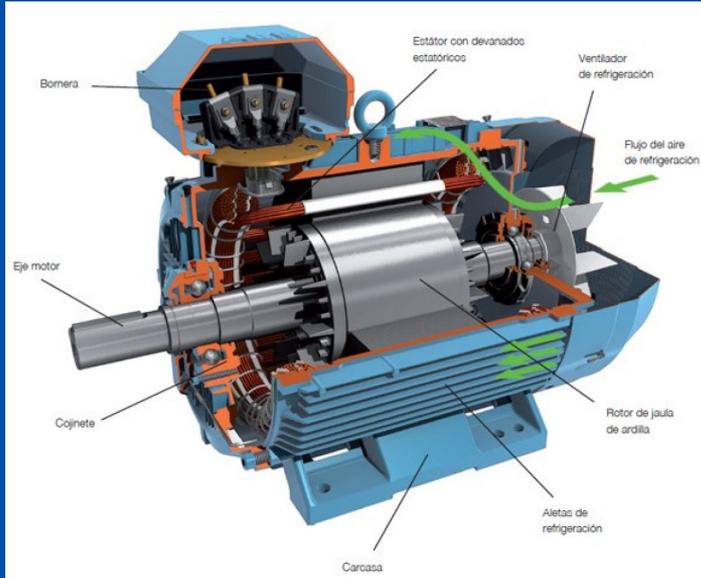
Las cargas más relevantes del sistema son los motores

Del orden del 8 % de la generación global de energía es empleada para: *captar, potabilizar y distribuir* agua a los usuarios

Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Otras demandas – Servicios de agua potable (carga más relevante, motores)

Pérdidas presentes en un motor de inducción:



Pérdidas por Efecto Joule en devanados de estator y rotor ($I^2 \cdot R$)

Pérdidas por Histéresis y por Corrientes Parásitas en el núcleo magnético

Pérdidas por rodamientos y ventilación

Requerimientos para un motor de elevada eficiencia

Emplear conductores de cobre de calidad apropiada y mayor sección

Emplear hierro de buena calidad en láminas de menor espesor

Emplear rodamientos de mejor calidad y sistema de ventilación más eficiente

Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

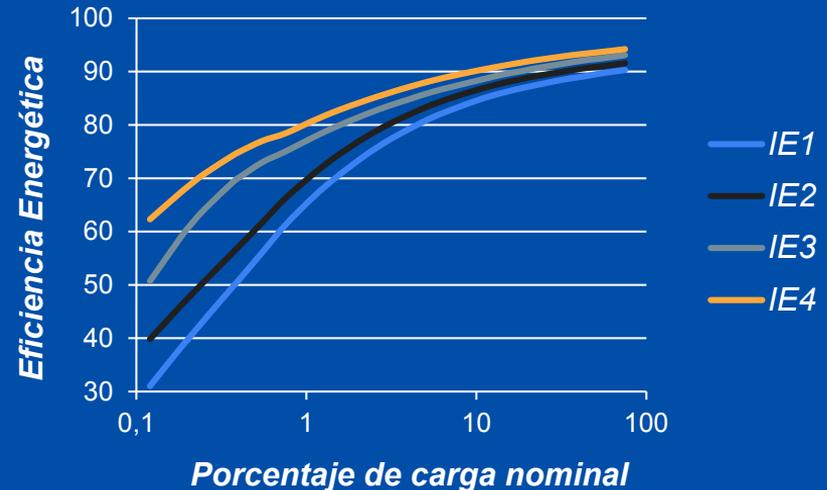
Otras demandas – Servicios de agua potable (carga más relevante, motores)

- Norma IEC 60034-30-1: “Rotating electrical machines – Efficiency classes of line operated AC motors (IE code)”. 2014
- Especifica “Clases” de eficiencia para motores cuya Potencia Nominal se encuentre entre 0,12 kW y 1000 kW; y su Tensión Nominal, entre 50 V y 1 kV.
- Las Clases son las siguientes:
 - IE1.
 - IE2.
 - IE3.
 - IE4.
 - (Indica que la Clase IE5 se incluirá en una futura edición de la Norma).



Eficiencia

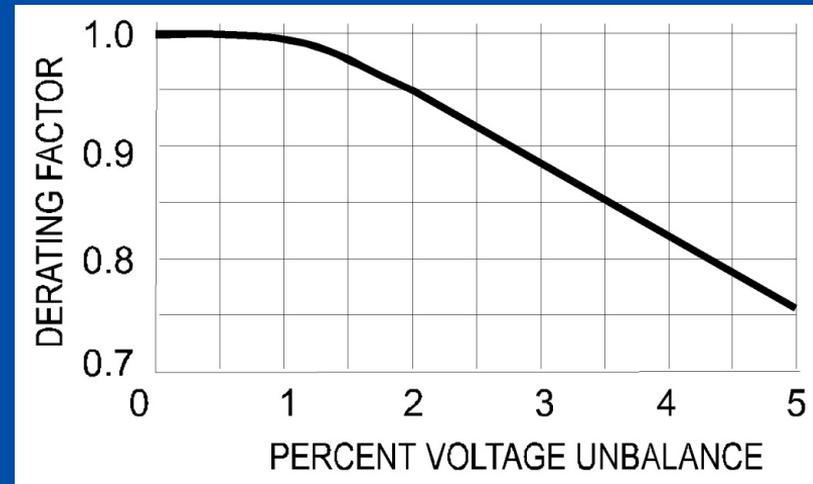
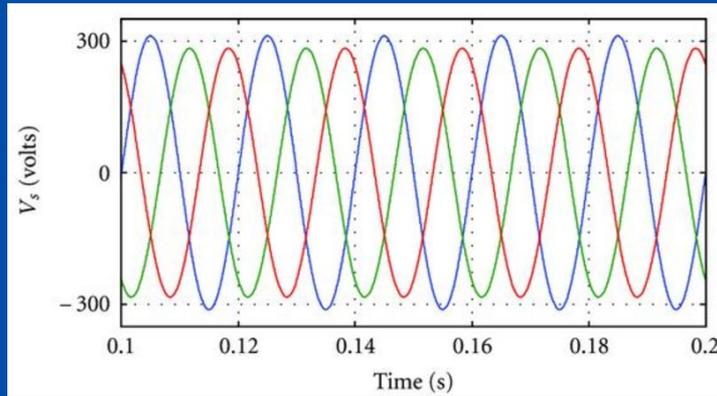
Al emplear motores de elevada EE, el costo de instalación aumenta, pero disminuye sensiblemente el costo de operación



Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Otras demandas – Servicios de agua potable (carga más relevante, motores)

- La Norma NEMA MG 1:2009 indica la disminución del desempeño (“Derrating Factor”) de un motor trifásico al ser alimentado con una tensión que contenga desbalance:



$$K = 100 \cdot \frac{\text{Max}(|U_1 - U_{Prom}|, |U_2 - U_{Prom}|, |U_3 - U_{Prom}|)}{U_{Prom}}$$

La presencia de desbalance en la tensión disminuye el desempeño del motor

Eficiencia Energética Eléctrica (EEE) – Demandas Particulares

Aspectos técnicos que impactan en la EEE:

- Factor de potencia: pérdidas, penalización económica.
- Armónicos: sección de los conductores, desempeño de equipos, vida útil, pérdidas, penalización económica.
- Desbalance de tensión: sistemas trifásicos, desempeño de equipos.
- Nivel de tensión: intensidad lumínica, desempeño de equipos.

SGE en un edificio:

- **Identificar cargas y porcentajes de participación en el consumo energético anual de la instalación.**
- **Determinar como se distribuyen las cargas.**
- **Establecer la línea base para definir si se aplica un Sistema de Gestión de la Energía.**
- **Definir las recomendaciones aplicables a cada tipo de carga para disminuir el consumo energético y costos asociados al uso de energía eléctrica.**
- **Contratar la potencia que resulte aplicable a la instalación (Evitar penalidades).**
- **Optimizar las inversiones a partir de los recursos disponibles para aplicar medidas de EEE.**
- **Realizar un seguimiento periódico para establecer nuevas mejoras.**

¡Gracias!

gbarbera@iitree-unlp.org.ar



Financiado por
la Unión Europea

IITREE-LAT
Instituto de Investigaciones
Tecnológicas para Redes y Equipos
Eléctricos / Laboratorio de Alta Tensión
FACULTAD DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



RED ARGENTINA DE
MUNICIPIOS FRENTE AL
CAMBIO CLIMÁTICO



COPENHAGEN CENTRE
ON ENERGY EFFICIENCY
COPENHAGEN, DENMARK



aacid
Agencia Argentina
de Cooperación
Internacional
para el Desarrollo



AFD
AGENCE FRANÇAISE
DE DÉVELOPPEMENT



Agência para a Energia