

UNIDAD DE GESTIÓN DEL PROYECTO



Curso de capacitación: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SERVICIOS AUXILIARES

Expositor: Ing. Victor Arroyo – Consultor Nacional Proyecto ZIS

Lima, 08 al 22 de julio de
2021

Operado por:



Punto focal The GEF:



Financiado por:



Implementado por:



Contenido general

Módulo	Descripción	Horas
1	<p>Importancia de los servicios auxiliares de planta, monitoreo y control energéticos, indicadores, estándares mínimos de consumo y cálculos de CO₂eq</p> <p>Eficiencia en compresores de aire y redes de distribución de aire comprimido</p>	3 horas
2	<p>Eficiencia en bombas y ventiladores</p> <p>Eficiencia en chillers y redes de distribución de agua fría</p>	2 horas
3	Eficiencia en calderas de vapor y de aceite térmico	2 horas
4	<p>Eficiencia en redes de distribución de vapor y retorno de condensado</p> <p>Eficiencia en sistema de refrigeración</p>	2 horas
5	<p>Eficiencia en hornos</p> <p>Eficiencia en instalaciones eléctricos</p> <p>Mediciones energéticas</p>	3 horas



MÓDULO 1

1. Importancia de los servicios auxiliares de planta
2. Eficiencia energética y su importancia en la industria
3. Estándares de eficiencia energética
4. Indicadores de eficiencia energética
5. Monitoreo de la energía por objetivos
6. Emisiones de CO₂eq por el consumo de energía

M-1: Importancia de los servicios auxiliares de planta

Los servicios auxiliares son indispensables para el funcionamiento de los equipos y el proceso. No forman parte directa de los mismos, pero sin ellos no se podría llevar a cabo el proceso.

1. Agua de planta
2. Vapor de agua
3. Aire comprimido
4. Combustibles
5. Gases
6. Climatización
7. Fuerza eléctrica
8. Tratamiento de efluentes



M-1: Importancia de los servicios auxiliares de planta

Los SA son claves para mantener operativa una planta.

Una planta puede afectarse por varios factores:

- 1) Paradas por mantenimiento de los SA o cuando estos fallan o disminuyen su prestación.
- 2) Fallos de la corriente eléctrica, equipos, etc.
- 3) Saturación de la capacidad de almacenamiento (insumos, productos), y es necesario para la producción.



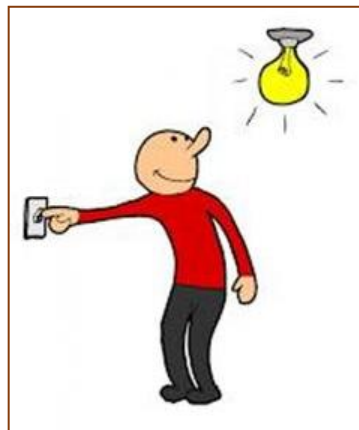
M-1: Eficiencia energética y su importancia en la industria

Cómo se entiende la eficiencia energética (EE)?

La EE implica producir lo mismo con menos consumo de energía ó producir más con la misma energía.

Ello se logra con:

- Buenos hábitos de uso de la energía.
- Buen mantenimiento de los equipos.
- Uso de equipos eficientes.



M-1: Eficiencia energética y su importancia en la industria

La EE es parte de la ERPM:

La EE es parte de la estrategia de Eficiencia de Recursos y Producción Mas Limpia (ERPM)*.

"La ERPM es la aplicación continua de una estrategia ambiental integrada y preventiva hacia procesos, productos y servicios con el fin de aumentar la eficiencia general y reducir los daños y riesgos para las personas y el medio ambiente."



* Conocido en inglés como RECP (Resource Efficiency and Cleaner Production)

M-1: Eficiencia energética y su importancia en la industria

La energía en la estructura de costos:

La estructura de costos del producto en una industria típica se compone de:

- 50% de materiales
- 25% de energía
- 15% de mano de obra
- 10% de gastos generales

Por lo tanto, los conceptos de materiales, energía y mano de obra tienen prioridad para el ahorro.

La energía ha recibido poca atención, pero eso debe cambiar buscando oportunidades de mejora.



M-1: Eficiencia energética y su importancia en la industria

Reducir un 5% el concepto de energía, incrementa las ganancias a 10%!

CONCEPTO	NORMAL (%)	-5% COSTOS
Ingreso	100	100
Costo de materiales	50	50
Costo de energía	20	15
Costo de mano de obra	15	15
Gastos generales	10	10
Excedente neto	5	10



M-1: Eficiencia energética y su importancia en la industria

Oportunidades de aplicar medidas de EE:

Tipos por nivel tecnológico:

- Nivel tecnológico bajo.
- Nivel tecnológico medio.
- Nivel tecnológico alto.

Tipos por nivel de implantación:

- Cambio en prácticas y procedimientos operativos.
- Reparación o reemplazo de componentes de un sistema o equipo.
- Reemplazo de equipo.
- Cambio de tecnología.
- Diseño con enfoque energético.



M-1: Eficiencia energética y su importancia en la industria

Tipos por nivel de inversión:

“Sin costo” o de bajo costo:

- Tienen que ver con procedimientos.
- La mayoría involucra aspectos humanos.
- Sus resultados son inmediatos.
- Se refieren a ajustes menores a equipo.

Ejemplos:

- ✓ Ajuste de exceso de aire y frecuencia de purga en calderas.
- ✓ Cambio de conductas de derroche de energía (apagar lámparas, no emplear aire comprimido para limpieza, etc.)
- ✓ Ajuste de temperatura en sistemas de aire acondicionado



M-1: Eficiencia energética y su importancia en la industria

Tipos por nivel de inversión:

Requieren inversión (moderado, alto, sustancial):

- Cubren desde el cambio de un componente de equipo hasta la modificación total del proceso productivo y de la planta.
- Se requiere información confiable para su planteamiento y para su correcta implementación y operación.
- Implican procedimientos administrativos y recursos desde su concepción.
- Debe realizarse un análisis económico-financiero de ellas.

Ejemplos:

- ✓ Cambio de sistema de control de bombas.
- ✓ Cambio de motor o sistema de control en compresores
- ✓ Cambio de calderas o compresores de aire.
- ✓ Reemplazo de intercambiadores de calor.
- ✓ Integración térmica (Pinch)



M-1: Eficiencia energética y su importancia en la industria

Las medidas / Proyectos de EE deben satisfacer:

- Conservar o mejorar nivel de seguridad de la instalación
- Mantener la capacidad de producción.
- Mantener la calidad del producto o servicio.
- Permitir el control de procesos con igual o mejor característica.



M-1: Eficiencia energética y su importancia en la industria

Características particulares de la EE:

- Involucra aspectos de Producción, Mantenimiento y Servicios Auxiliares.
- Dependen de una cultura energética para ser sustentables.
- Generalmente el retorno de inversión es continuo y uniforme.
- Algunos de ellos son replicables en organizaciones con varias unidades.

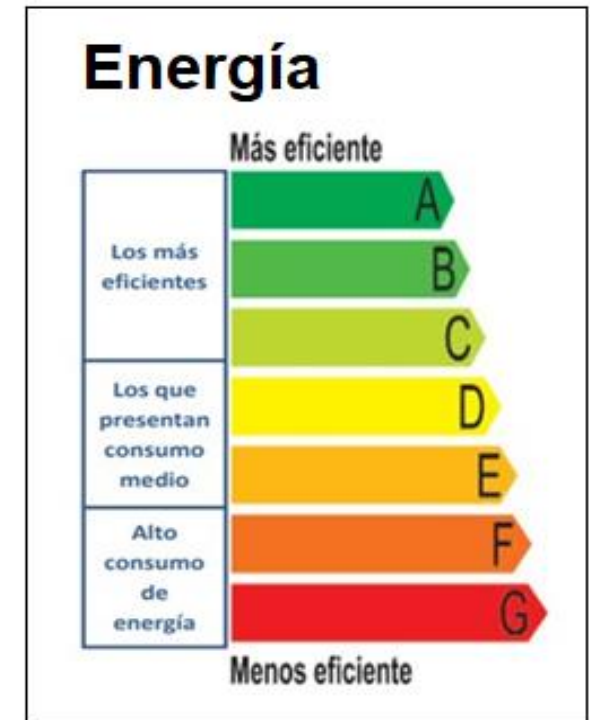


M-1: Estándares de eficiencia energética (SEE)

Los SEE establecen un límite mínimo de desempeño o niveles máximos de consumo que los equipos deben cumplir para poder ser comercializados.

En el Perú existe el D.S. N° 009-2017-EM: Reglamento Técnico sobre el etiquetado de eficiencia energética (EEE) para equipos energéticos.

- Es obligatorio, da rangos de eficiencia energética para la clasificación de los equipos.
- Brinda al consumidor información útil que le permite elegir mejor al decidir su compra.
- Busca disminuir el consumo de energía y las emisiones de CO₂.



M-1: Estándares de eficiencia energética (SEE)

El Reglamento Técnico está enfocado a los siguientes equipos:

- ✓ Lámparas de uso doméstico y usos similares.
- ✓ Balastos para lámparas fluorescentes de uso doméstico y similares.
- ✓ Aparatos de refrigeración de uso doméstico.
- ✓ Calderas.
- ✓ Motores eléctricos trifásicos asíncronos o de inducción c/rotor jaula de ardilla.
- ✓ Lavadoras de uso doméstico.
- ✓ Secadoras de tambor de uso doméstico.
- ✓ Aparatos de aire acondicionado.
- ✓ Calentadores de agua de uso doméstico.



M-1: Estándares de eficiencia energética (SEE)





ENERGIA	CALDERA
Tipo de caldera	XYZ
Fabricante	XYZ
Modelo	XYZ
Tipo de combustible	XYZ
Más eficiente (Menor consumo)	
	
	
	
Menos eficiente (Mayor consumo)	
Consumo a máxima carga GJ/h	XYZ
Emisión de CO ₂ kg/h	XYZ
Eficiencia térmica a máxima carga %	XY,Z
Potencia kW	XY,Z
Presión de vapor MPa	XY,Z
Compare este producto con otros de similares características	Entidad Certificadora
Los resultados se obtienen aplicando los métodos de ensayo descritos en las Normas Técnicas Peruanas e Internacionales correspondientes	
Esta etiqueta no debe retirarse del artefacto hasta que esta haya sido adquirido por el consumidor final	

Tabla 1 - Características de las calderas a las cuales se aplica el reglamento

Potencia	De 98 a 11 772 kW (10 a 1 200 BHP)
Presión Manométrica	<ul style="list-style-type: none"> Hasta 2 069 kPA (300 psig) para las calderas de tubos de humo. Hasta 3 103 kPA (450 psig) para las calderas de tubos de agua.
Temperatura	De saturación

Tabla II.1 – Clasificación de eficiencia energética y rangos de eficiencia térmica para las calderas industriales

Clase de eficiencia energética	Eficiencia térmica de la caldera η
A	Mayor de 82 %
B	80 % < η ≤ 82 %
C	78 % < η ≤ 80 %

Nota: La eficiencia térmica está en base al PCS del combustible

M-1: Estándares de eficiencia energética (SEE)

MOTORES



AMBITO DE APLICACIÓN:

- CA trifásica, 60 Hz, tensión hasta 600 V.
- Una sola velocidad nominal.
- Potencias nominales de 0,75 kW hasta 375 kW en de 2, 4 y 6 polos.
- Para funcionamiento continuo, S1 (continuo) o S3 con tiempo operación >80%.
- Tipo totalmente cerrado con ventilación externa o abierta, acoplada o solidaria al propio eje de accionamiento del motor.

Clase de eficiencia energética	Designación IEC 60034-2-1
A	IE3 (Eficiencia Premium).
B	IE2 (Alta Eficiencia).
C	IE1 (Eficiencia Estándar).

Figura I.1 – Diseño de la etiqueta de eficiencia energética para los motores eléctricos asíncronos o de inducción con rotor de jaula de ardilla

M-1: Estándares de eficiencia energética (SEE)

MOTORES



Tabla III.2.- Valores de eficiencia nominal y mínima a plena carga para motores Energy Efficient tipo abierto

HP	kW	2 Polos		4 Polos		6 Polos		8 Polos	
		Eficiencia nominal	Eficiencia mínima	Eficiencia nominal	Eficiencia mínima	Eficiencia nominal	Eficiencia mínima	Eficiencia nominal	Eficiencia mínima
50	37,30	92.4	91.0	93.0	91.7	93.0	91.7	91.7	90.2

Tabla III.3.- Valores de eficiencia nominal y mínima a plena carga para motores Energy Efficient tipo cerrado

50	37,30	92,4	91,0	93,0	91,7	93,0	91,7	91,7	90,2
----	-------	------	------	------	------	------	------	------	------

Tabla III.4.- Valores de eficiencia nominal y mínima a plena carga para motores Premium Efficiency tipo abierto con tensión nominal 600 V o menos

HP	kW	2 Polos		4 Polos		6 Polos	
		Eficiencia nominal	Eficiencia mínima	Eficiencia nominal	Eficiencia mínima	Eficiencia nominal	Eficiencia mínima
50	37,30	93,0	91,7	94,5	93,6	94,1	93,0

Tabla III.5.- Valores de eficiencia nominal a plena carga para Motores Premium Efficiency tipo cerrado con tensión nominal 600 V o menos

50	37,30	93,0	91,7	94,5	93,6	94,1	93,0
----	-------	------	------	------	------	------	------

M-1: Indicadores de eficiencia energética (IEE)

Los IEE (KPI) son valores cuantitativos que pretenden medir y aportar información sobre el desempeño energético de una planta.

- Permiten identificar dónde se puede reducir el consumo de energía y por ende las emisiones de CO₂.
- Contar con información de las tendencias del consumo histórico.
- Pueden ser empleados para proyectar la demanda futura de energía.
- Se debe reunir datos y desarrollar IEE sólo cuando sean aprovechados amplia y eficientemente (se requiere instalar medidores y asignar personal).



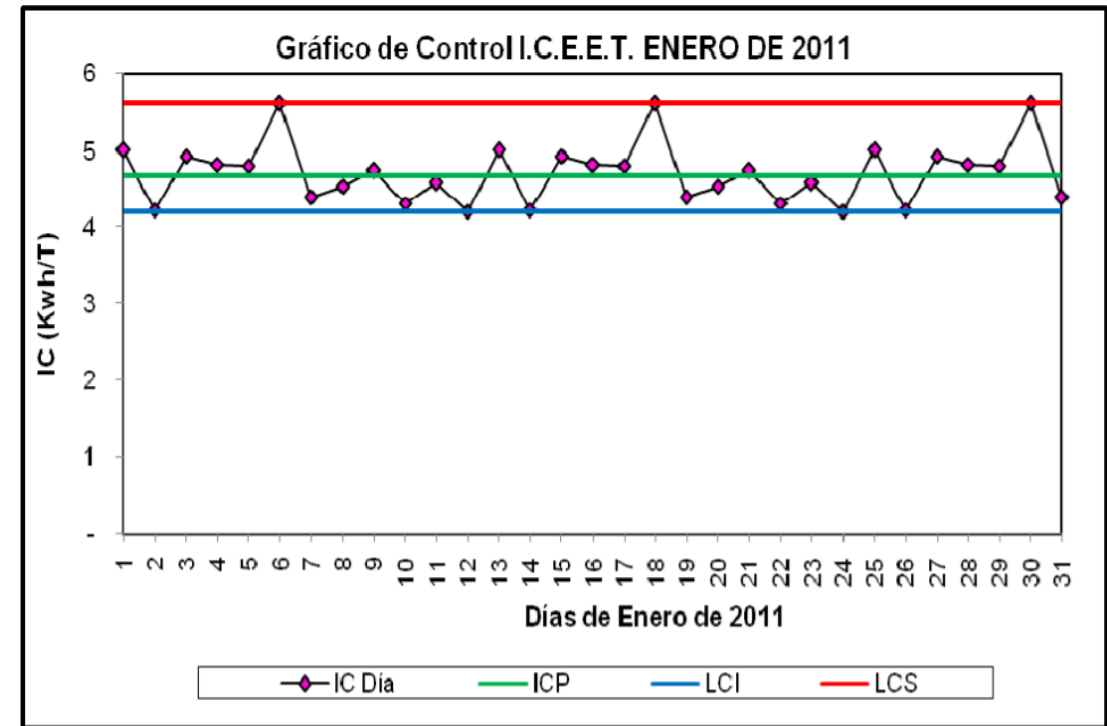
M-1: Indicadores de eficiencia energética (IEE)

Ejemplos de IEE por fuentes de energía:

- Consumo total/cantidad producto fabricado.
- Consumo eléctrico/cantidad producto fabricado.
- Consumo de energía térmica/cantidad de producto fabricado.

Ejemplos de IEE por línea de producción, instalación o máquina:

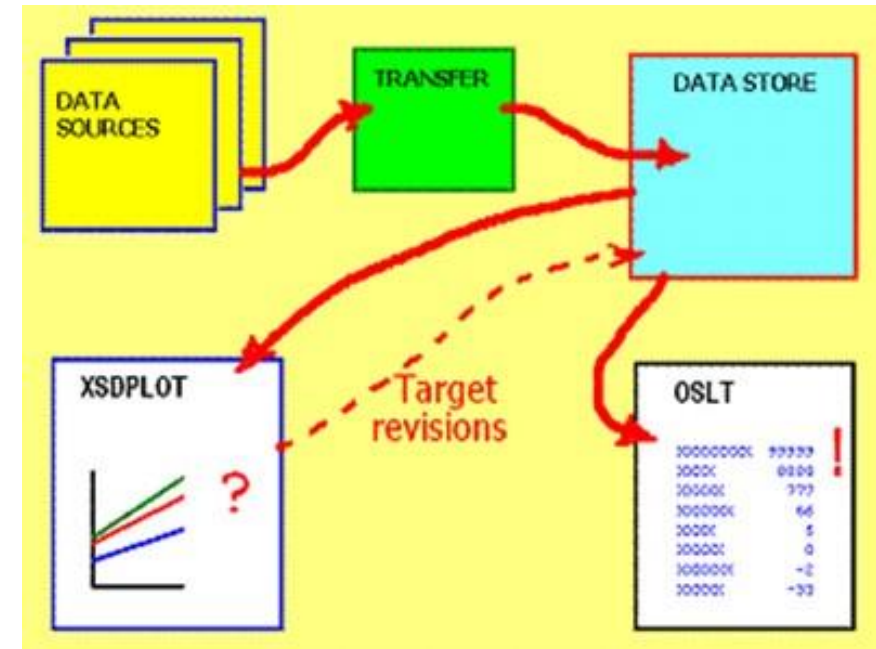
- Consumo de la línea de quesos/cantidad producto fabricado.
- Consumo de la empaquetadora/cantidad producto fabricado.
- Consumo del proceso de



M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Qué es el Monitoreo por Objetivos (MO)?

- El monitoreo es la recopilación regular de información de consumo de energía, para determinar cuándo y por qué se está desviando de un patrón establecido, y como base para tomar acciones cuando sea necesario.
- La fijación de objetivos es la identificación del nivel de consumo de energía deseable como un objetivo de gestión a trabajar.



M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Beneficios del MO:

La relación del consumo de energía con los IEE permite determinar:

- Si el consumo actual es mejor o peor que antes.
 - Áreas específicas de derroche de energía.
 - Tendencias en el consumo que reflejan patrones estacionales y operativos.
 - Cuánto podría variar el consumo a futuro si cambia algún aspecto del proceso.
 - Comparación con otras plantas de similares características.
- ómo desarrollar objetivos de desempeño para una gestión energética




M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Beneficios del MO:

Pero además:

- ✓ Mejor costeo del producto.
- ✓ Mejor determinación del presupuesto.
- ✓ Mejor mantenimiento preventivo.
- ✓ Mejor calidad del producto.
- ✓ Reducción de los residuos.



De acuerdo a resultados prácticos en la empresa ARIS, se ha logrado entre 2 a 5% de ahorro de energía. En 50 empresas de UK ahorros entre 5 a 15%.

M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Qué se monitorea?

Energéticos:

- Combustible
- Electricidad
- Vapor
- Agua
- Aire

Producción:

- Continua
- Lotes



M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Etapas del MO:

- 1) Identificación de los principales consumidores de energía (Pareto).
- 2) Instalación de medidores de consumo de energía.
- 3) Instalación de un sistema de adquisición de datos.
- 4) Monitoreo, análisis y correlación de datos.
- 5) Fijación de objetivos.
- 6) Emisión de reportes (diario, semanal ó mensual).
- 7) Toma de acciones (mejoras).



M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Los medidores son una parte clave del MO:

- Medidores de energía eléctrica.
- Medidores de flujo tipo vortex.
- Medidores de flujo electromagnéticos.

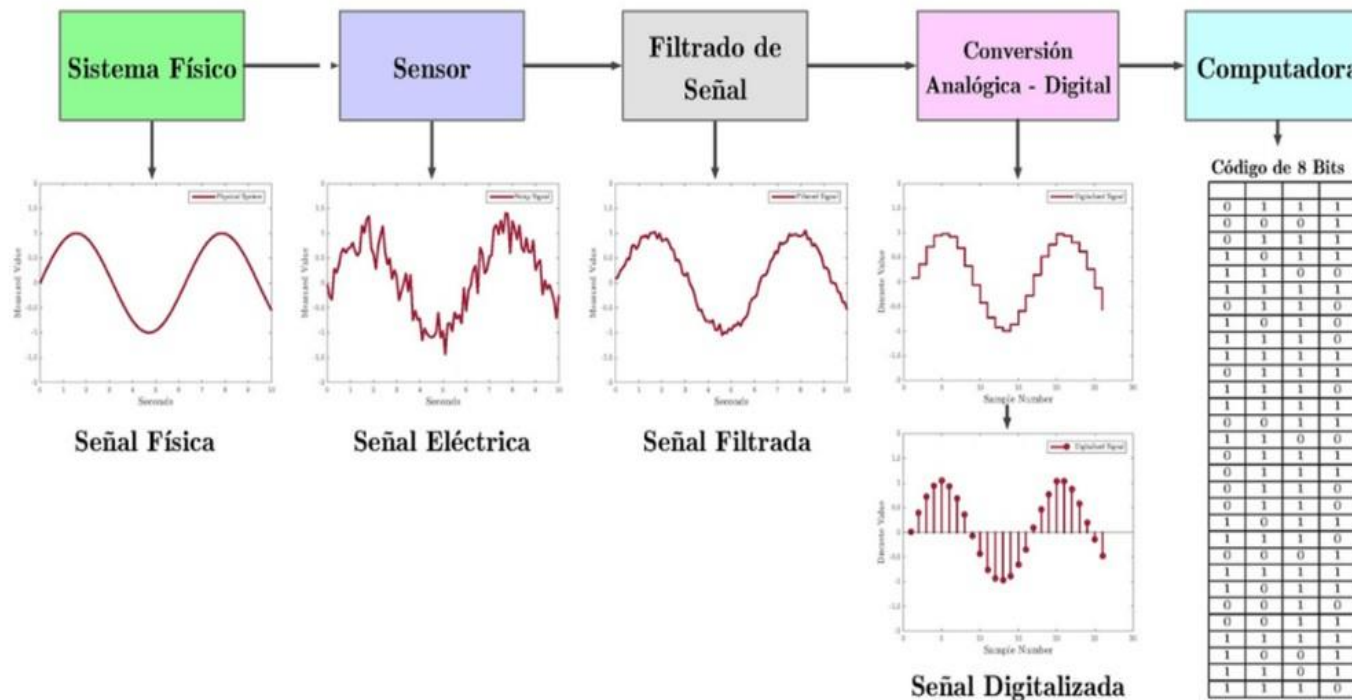


M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Sistema de adquisición de datos:

- Puede ser manual (formato, data logger) ó automático.
- El sistema automático tiene resultados más precisos, pero mayor costo.

Sistema Digital de Adquisición de Datos



M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Procesamiento de datos para obtener información útil:

Usualmente en las plantas los datos de consumo de energía y producción se presentan como:

Tabla 1.
Tiempo

Week	Production (tonnes)	Energy kWh	Specific Energy (kWh/Tonne)
1	150	140726	938
2	80	103223	1290
3	60	90764	1513
4	50	87567	1751
5	170	146600	862
6	180	154773	860
7	120	121575	1013
8	40	81436	2036
9	110	115586	1051
10	90	105909	1177
28	150	132000	880
29	80	99267	1241
30	90	94468	1050
31	180	140188	779
32	70	91262	1304
33	50	78248	1565
34	155	128005	826
35	167	131003	784
36	120	109192	910

Fig. 1. Energía vs. Producción

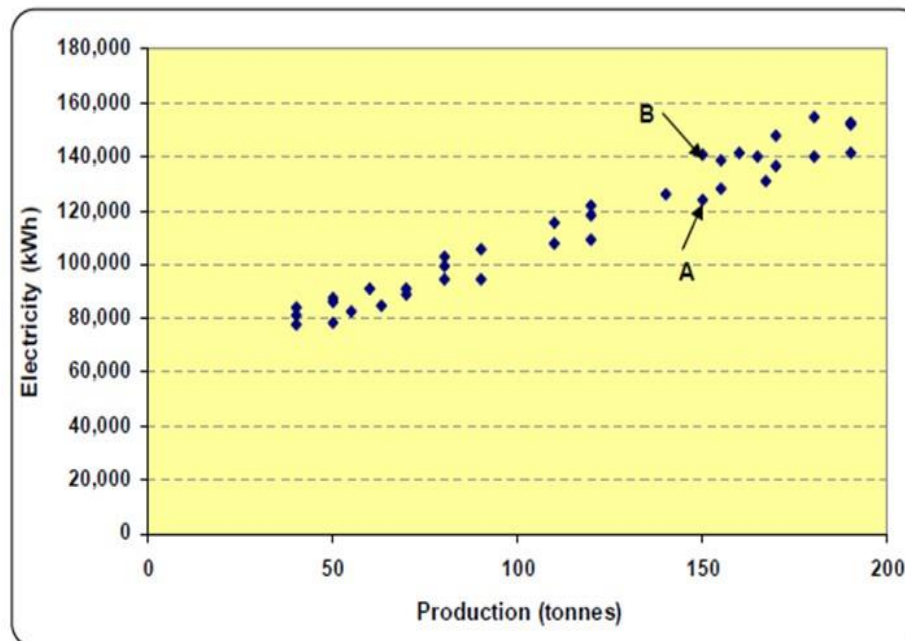
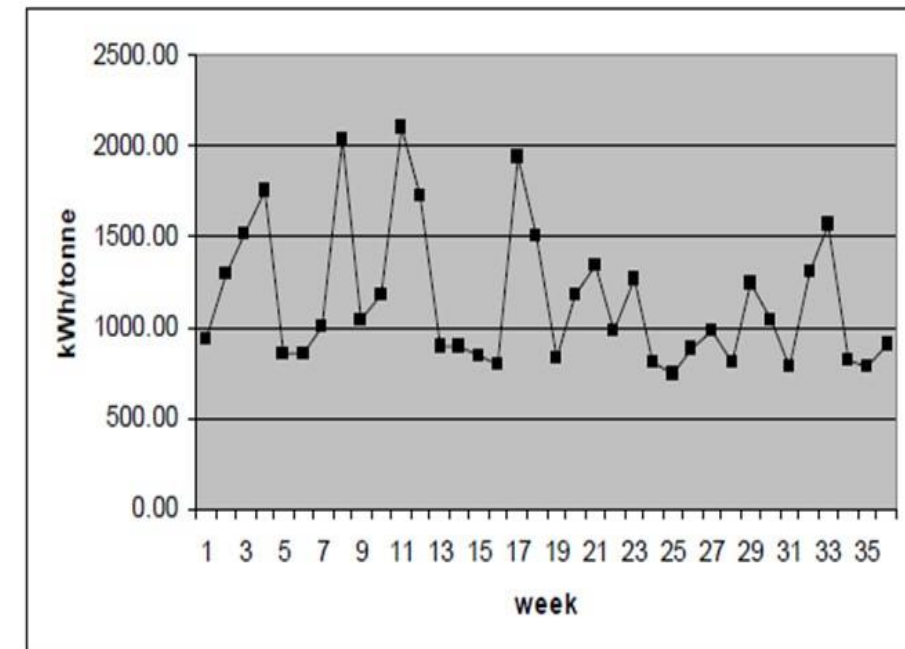


Fig. 2. Energía/producción vs. week



M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Pero dicha forma de presentar la información no responde a preguntas como:

- Cuántas medidas de ahorro se han introducido?
- Cuándo tuvieron efecto?
- Cuanta energía ahorro cada medida?
- Todas las medidas de ahorro todavía trabajan?
- Se pueden obtener ahorros adicionales?

Por tanto se requiere aplicar otra forma de manejar la información.



M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

El análisis CUSUM (CUmulative SUM of differences):

Es una técnica para determinar si un nivel de consumo medido varía significativamente del nivel esperado.

Parte de la premisa que el ploteo de la energía vs. la producción es una línea recta:

$$Y = m.X + C$$

Donde:

C = es el consumo de energía sin carga o con cero producción.

m = pendiente.

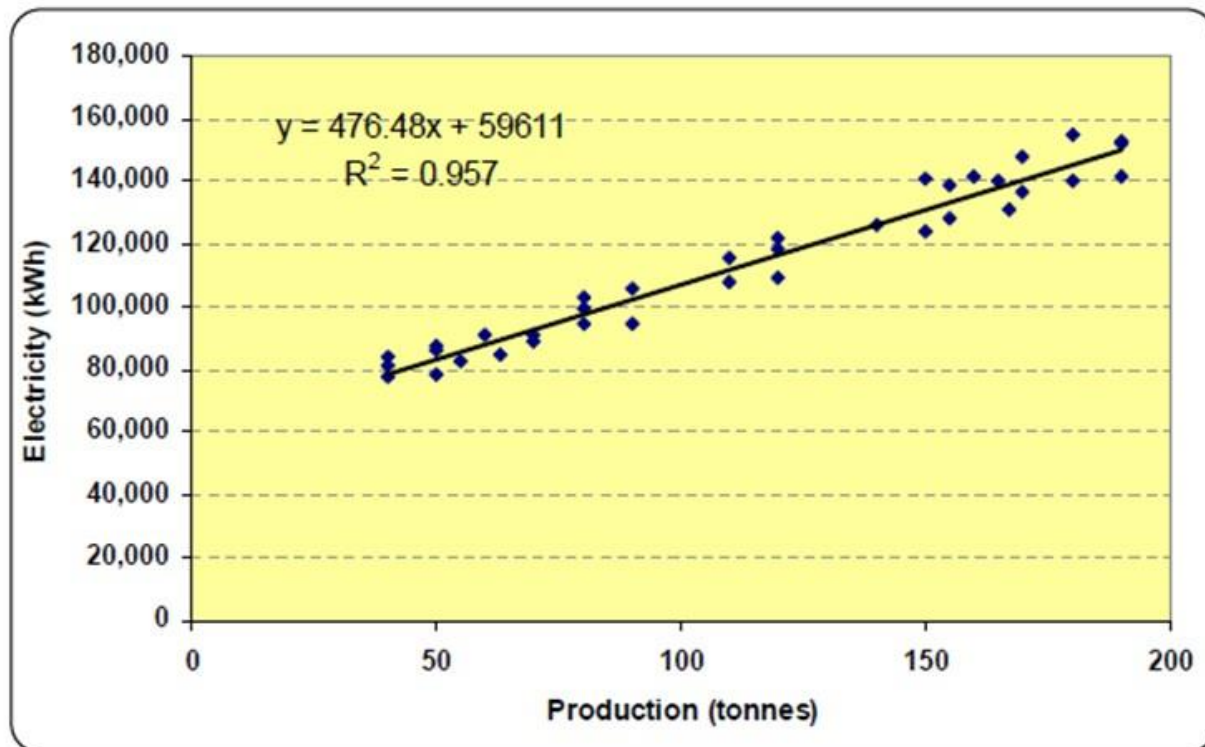


M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

El análisis CUSUM:

Paso 1: Ploteo de la energía vs. Producción (Fig. 1.)

Paso 2: Mediante Excel determinar la línea de tendencia.



La pendiente **476.48** representa el consumo incremental de energía por tonelada de producción.

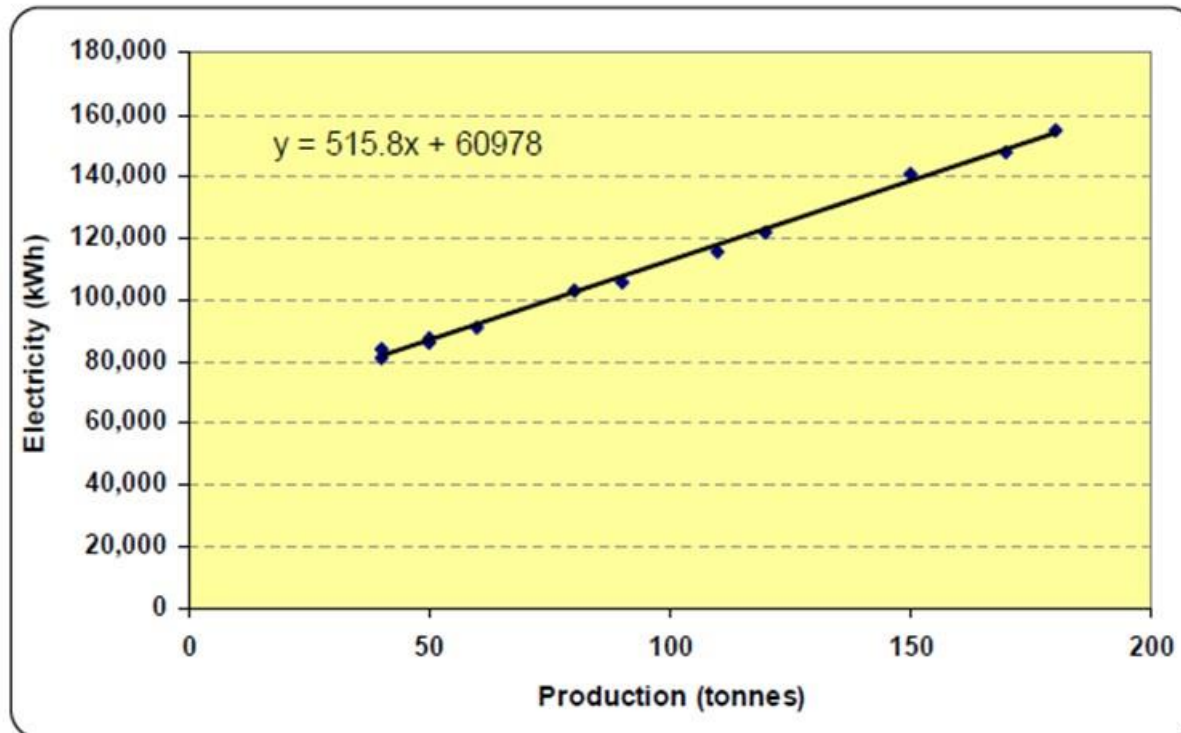
El intercepto con el eje Y, **59611**, representa el consumo de energía “sin producción” o con carga base.

M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Paso 3: Determinación de una línea base

Un criterio puede ser tomar la data de un periodo de la planta con buena performance (buen funcionamiento, no mejoras, producción estable, etc.).

Si los 11 primeros datos de la Tabla 1 representa la línea base,



Línea base:

Pendiente: 515.8

Intercepto Y: 60978.

En comparación con la base de datos total, los valores son mayores, alguna mejora posterior ocurrió.

M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Paso 4: Análisis CUSUM de datos.

Calcula la diferencia entre el consumo actual y el esperado bajo un patrón establecido (modelo de performance energético).

Measured Data				Baseline		
Week	Production (T)	Specific Energy (kWh/T)	Total Energy (kWh)	Predicted Energy (kWh)	Difference (kWh)	CUSUM (kWh)
1	150	938	140726	138020	2706	2706
2	80	1290	103223	102250	973	3679
3	60	1513	90764	92030	-1266	2413
4	50	1751	87567	86920	647	3060
5	170	862	146600	148240	-1640	1420
6	180	860	154773	153350	1423	2843
7	120	1013	121575	122690	-1115	1728
8	40	2036	81436	81810	-374	1354
9	110	1051	115586	117580	-1994	-640
10	90	1177	105909	107360	-1451	-2091
28	190	803	152506	158460	-5954	-120894
29	80	1241	99267	102250	-2983	-123877
30	90	1050	94468	107360	-12892	-136769
31	180	779	140188	153350	-13162	-149931
32	70	1304	91262	97140	-5878	-155809
33	50	1565	78248	86920	-8672	-164481
34	155	826	128005	140575	-12570	-177051
35	167	784	131003	146707	-15704	-192755
36	120	910	109192	122690	-13498	-206253

Grafico CUSUM

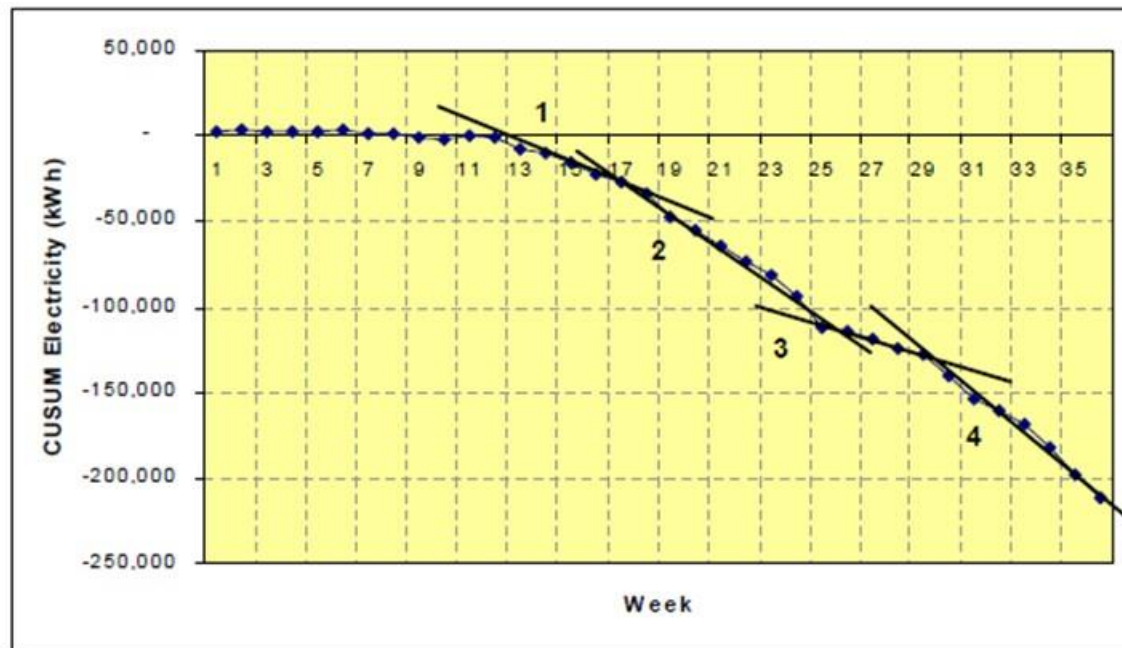


M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Paso 5: Interpretar el gráfico CUSUM.

- Los puntos críticos son los cambios en la pendiente de la línea.
- Los cambios de pendiente ocurrieron en las semanas 12, 18, 25 y 30.

Grafico CUSUM



El términos del proceso analizado, el gráfico indica:

- Hubo 2 medidas para reducir el consumo: en semana 12 y en la 18.
- La 1° medida ahorró 36800 kWh y la 2° ahorró 73500 kWh hasta que se perdió en la semana 25.
- La 2° medida se restauró en la semana 30.
- Al final del período la medidas combinadas habían ahorrado 201 300 kWh

M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Fijación de objetivos:

El objetivo preliminar basado en la performance pasada de la planta es fácilmente alcanzable y tiene que resetearse:

- Definir como objetivo la mejor performance histórica.
- Definir un objetivo para lograr ahorros específicos y cuantificables.
- Definir un objetivo arbitrario porcentual sobre el rendimiento actual.

Si

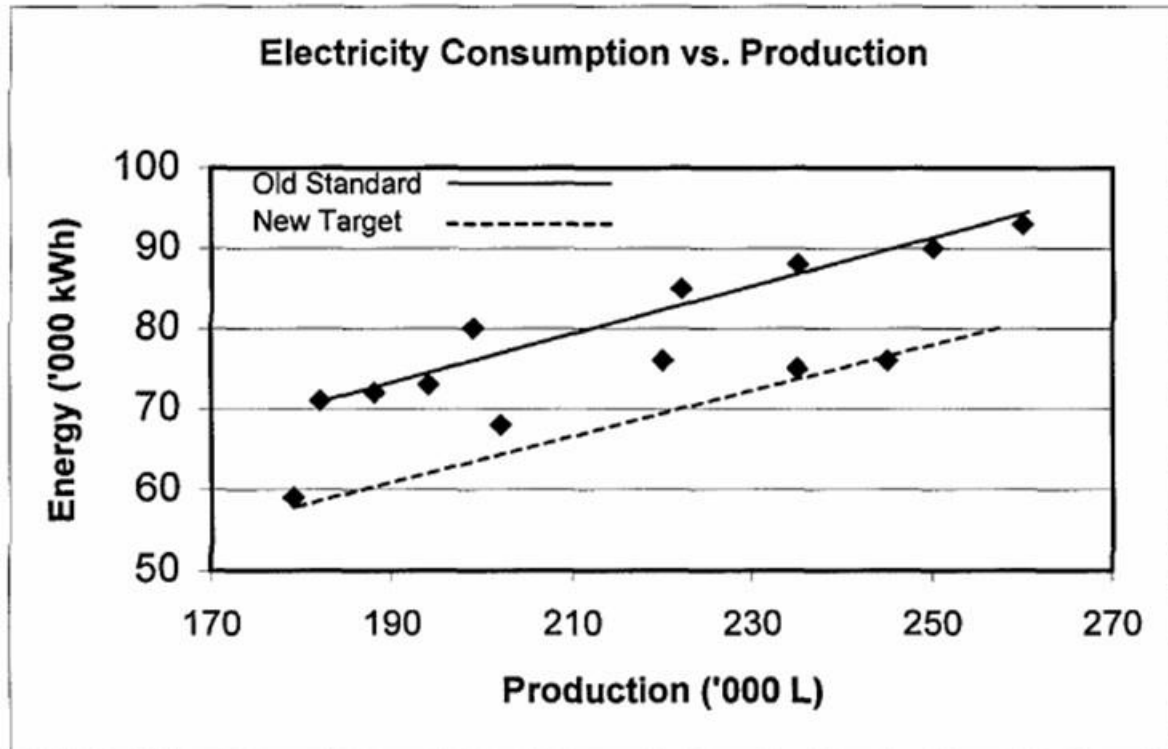
se elige bien será alcanzable; pero si es excesivo no se alcanzará.



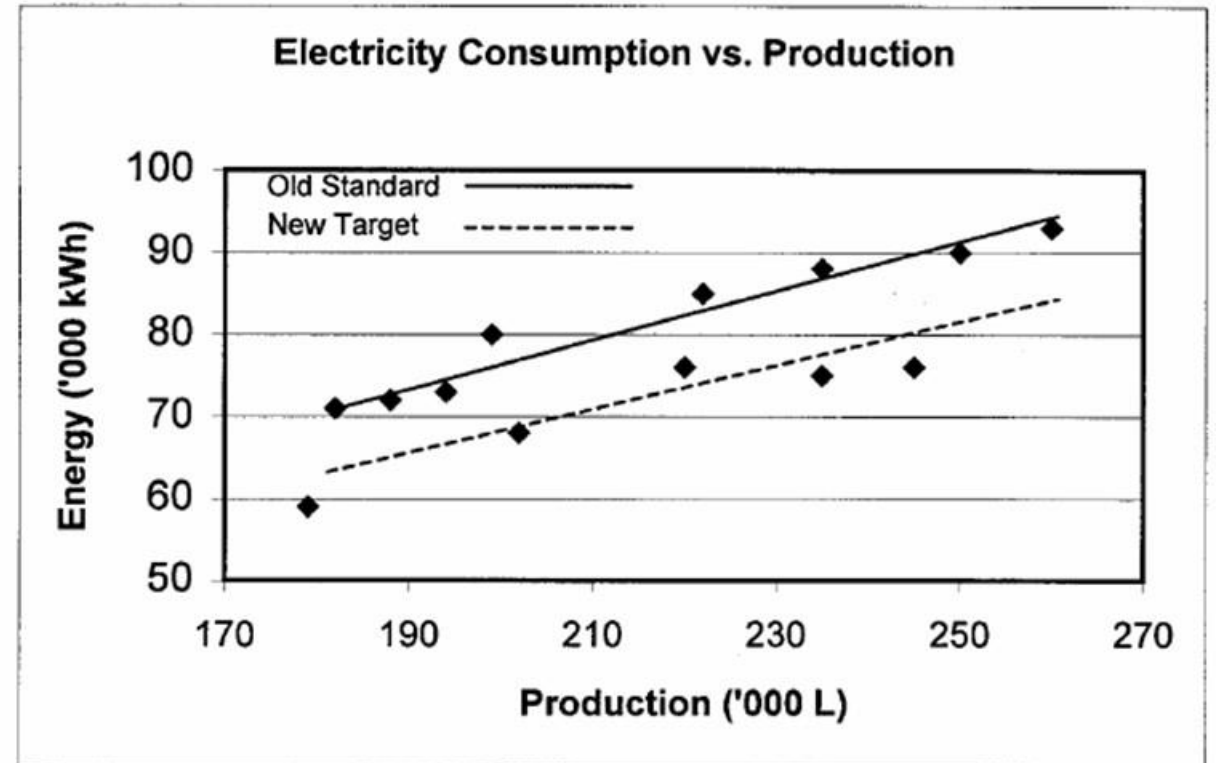
M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Fijación de objetivos:

Fijación de objetivos – Mejor performance histórica



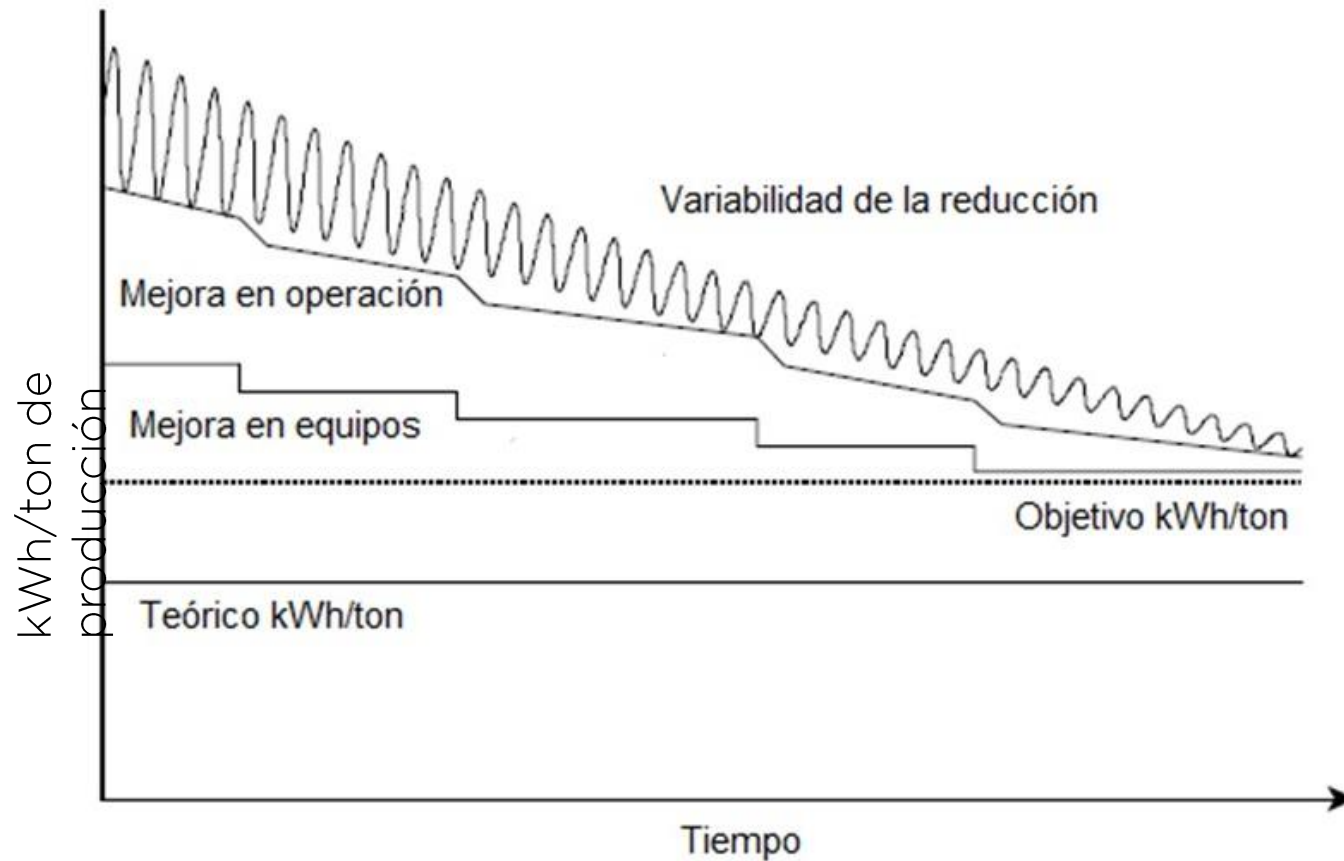
Fijación de objetivos – Reducción arbitraria de 10%



M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Fijación de objetivos:

Reducción del consumo de energía



M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Generación de reportes:

El reporte dentro del MO tiene las siguientes funciones:

- Crear motivación para acciones de ahorro de energía.
- Reportar periódicamente la performance.
- Monitorear los ahorros de energía.
- **Monitorear los costos asociados a la energía.**



M-1: Monitoreo por objetivos (Monitoring&Targeting)

Generación de reportes:

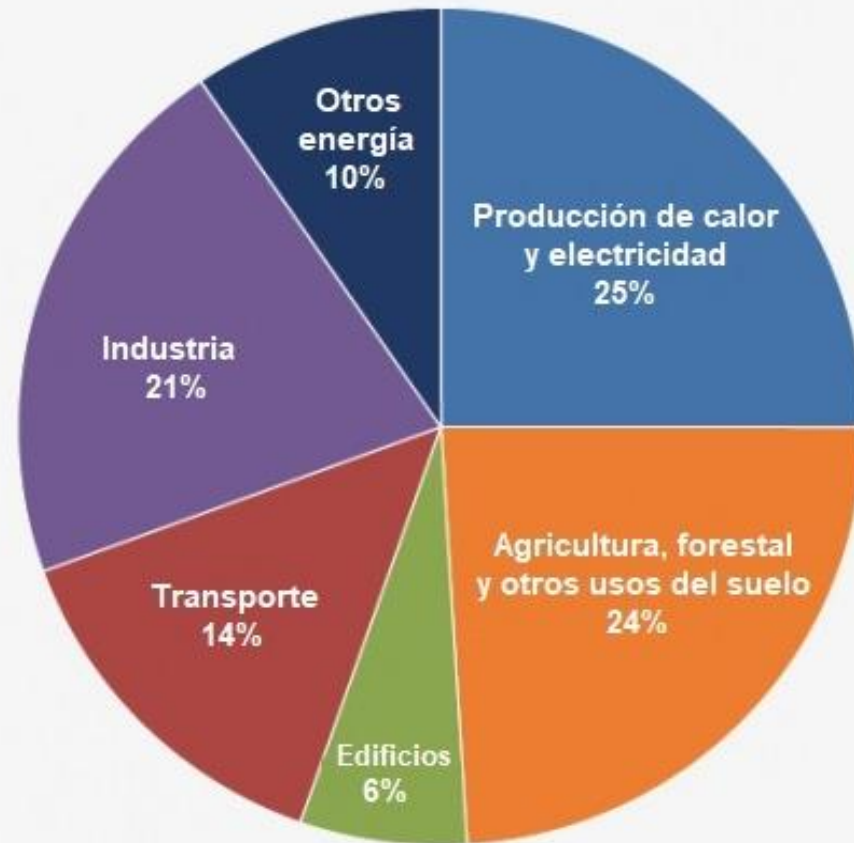
<u>Area de uso</u>	<u>Actual (kWh)</u>	<u>Objetivo (kWh)</u>	<u>Variación (%)</u>
Oficina	32000	28000	14.2%
Sala calderas	79000	71000	11.2%
Proceso -1	134000	120000	11.7%
Proceso -2	160000	170000	-5.8%

<u>Area de uso</u>	<u>Acción</u>	<u>Operador</u>
Oficina 1	Apagar las luces en la noche.	SD
Proceso -1 2 3	Apagar ventilador al terminar la producción. Apagar Bomba #3 en intermedio.	JR GH



M-1: Emisiones de CO2 por el consumo de energía

Emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI)
por sectores económicos
(49 Gt CO2 eq - 2010)



Fuente: IPCC. 2014

CO2 eq incluye: CO2, CH4, N2O, halocarbonos y SF6.

Producción de calor y electricidad: Quema de carbón, gas natural y petróleo para generar electricidad y calor.

Industria: Quema de combustibles fósiles en las plantas para obtener energía. También emisiones de procesos y de la gestión de residuos.

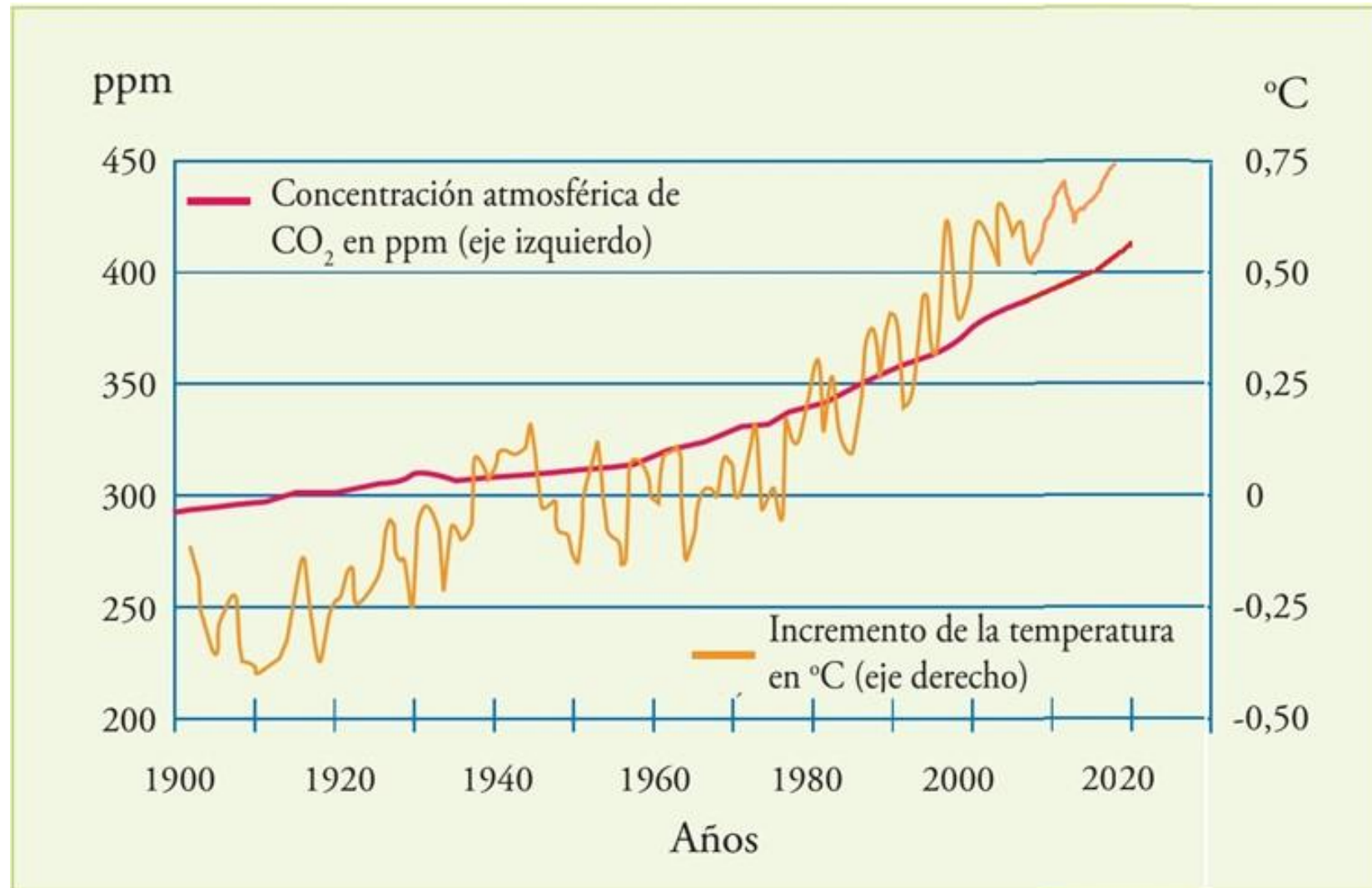
Agricultura: Emisiones de la agricultura (cultivos y ganado) y de la deforestación.

Transporte: Quema de combustibles fósiles para el transporte por vía férrea, terrestre, aérea y marítima.

Edificios: Generación de energía in situ y quema de combustibles para calefacción o cocinar.

Otros energía: Extracción de combustibles, refinación, procesamiento y transporte.

M-1: Emisiones de CO₂ por el consumo de energía



Fuentes: Redibujando de gráficos de la NOAA y NASA. 2018



M-1: Emisiones de CO2 por el consumo de energía

La electricidad de la red del SEIN es generada en centrales eléctricas que usan energías fósiles (Gas natural, Diésel B5 y PI) y renovables.

Producción de electricidad del SEIN por tipo de generación - 2018

Tipo	Energía (GW.h)	Participación (%)
HIDROELÉCTRICA	29 357,9	57,77
TERMOELÉCTRICA	19 220,0	37,82
SOLAR	745,2	1,47
EÓLICO	1 493,6	2,94
Total	50 816,8	100,00



Emisión de CO2



M-1: Emisiones de CO2 por el consumo de energía

Las industrias del Callao consumen principalmente Gas natural, GLP y Diésel B5, así como electricidad.

Consumo combustibles industrias del Callao - Año 2019

Combustible	Consumo (TJ)
DB5	689,0
GLP	145,5
PI	4,8
Gas natural	9.220,1
TOTAL	10.059,4

Consumo electricidad industrias del Callao - Año 2019:

359 546 MWh



M-1: Emisiones de CO₂ por el consumo de energía

Las emisiones de CO₂ eq por el consumo de energía se calcula así:

$$\text{Emisiones} = \sum_a (\text{Consumo} \times EF_a \times GWP_a)$$

Emisiones : Emisiones de CO₂e

Consumo : Consumo de electricidad desde el SEIN (KWh)

EF_a : Factor de emisión (Kg_{GEI}/KWh) calculado para el SEIN

GWP_a : Potencial de calentamiento global, para cada uno de los GEI

a : GEI (CO₂, CH₄ y N₂O)

M-1: Emisiones de CO2 por el consumo de energía

ELECTRICIDAD

EMISION DE CO2eq DE LAS INDUSTRIAS DEL CALLAO - 2019				
Consumo (MWh)	Emisión CO2 (t)	Emisión CH4 (t)	Emisión N2O (t)	Emisión CO2eq (t)
359.546,1	60.436	2	0,2	60.558

toneladas

Factores de emisión por consumo de energía eléctrica del SEIN

Año	EF _{CO2} [tCO ₂ /MWh]	EF _{CH4} [tCH ₄ /MWh]	EF _{N2O} [tN ₂ O/MWh]
2018	0,168088403	0,000005552	0,000000660

Fuente: MINAM

Nota: 0.168 tCO₂/MWh = 46667 kgCO₂/T

Potencial de Calentamiento Global

Nombre	Fórmula	PCA-100 años
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano - fósil	CH ₄	30
Óxido nitroso	N ₂ O	265

Fuente: AR5 - IPCC



M-1: Emisiones de CO2 por el consumo de energía

Emisión de CO2eq de las industrias del Callao por consumo de combustibles en el 2019

Combustible	Consumo (TJ)	Emisión CO2 (kg)	Emisión CH4 (kg)	Emisión N2O (kg)	Emisión CO2eq (kg)	%
DB5	689,0	51.054.138	2.067	413	51.225.697	8,9
GLP	145,5	9.181.311	146	15	9.189.532	1,6
PI	4,8	368.393	14	3	369.578	0,1
Gas natural	9.220,1	517.492.101	9.220	922	518.013.039	89,5
TOTAL	10.059,4	578.095.942,9	11.446,9	1.352,8	578.797.845,5	100,0
					578.798	toneladas

Factores de emisión			
Combustible	FE _{combustible,CO2} [kgCO ₂ /TJ]	FE _{combustible,CH4} [kgCH ₄ /TJ]	FE _{combustible,N2O} [kgN ₂ O/TJ]
Diesel B5	74.100	3,00	0,60
GLP	63.100	1,00	0,10
Residual 6	77.400	3,00	0,60
Gas natural	56.126	1,00	0,10

Fuente. MINAM



M-1: Emisiones de CO2 por el consumo de energía

Consumo de energía y emisiones de CO2eq de las industrias del Callao – 2019

Energético	Consumo	Emisiones CO2eq	%
Combustibles	10 059 TJ/año	578 798 t/año	90,5
Electricidad	359 546 MWh/año	60 558 t/año	9,5
Total		639 356 t/año	100



Muchas gracias.

**Unidad de Gestión del
Proyecto**



Zonas Industriales Sostenibles