

Pauta de Solución para Ejemplo del Examen de conocimientos

1^{er} llamado 2017

Sección de alternativas

Alternativas	
Preg.	Respuesta
1	A
2	E
3	C
4	B
5	D
6	D
7	C
8	C
9	A
10	A
11	C
12	A
13	D
14	D
15	D
16	B
17	D
18	D
19	A
20	A

Pauta de Solución para Ejemplo del Examen de conocimientos

1^{er} llamado 2017

Sección de desarrollo

1. Señale 5 beneficios, indirectos y directos, de la eficiencia energética (5 puntos)
 - *Menor consumo de energía.*
 - *Menor consumo de otros recursos ligados al abastecimiento energético.*
 - *Reducción de emisiones debido al menor consumo de combustible en la industria.*
 - *Reducción de los parámetros que se controlan en residuos industriales líquidos debido a recuperación de energía de efluentes.*
 - *El flujo de caja de inversiones en sistemas de mayor eficiencia energética es menos sensible a fluctuaciones en los precios de los combustibles y electricidad.*
 - *Mayor productividad, mejor calidad de los productos o menores pérdidas de producción debido a mejoras operacionales derivadas de la mayor eficiencia energética y un mejor control del consumo de energía en procesos.*
 - *Mejor estética de la infraestructura productiva de la industria.*
 - *Mejor confort ambiental y calidad de vida del personal en su puesto de trabajo.*
 - *Mejoras en los programas de mantenimiento consecuencia de las necesidades de la implementación de un plan de eficiencia energética, por lo tanto, reducción de fallas inesperadas y de los consecuentes costos de producción.*
 - *Reducción de los riesgos de accidentes.*

2. Señale 5 sistemas que conforman parte del sistema de vapor sobre los cuáles deberá controlarse la eficiencia energética (4 puntos)
 - *Sistema de combustión*
 - *Sistema de distribución del vapor*
 - *Aislación del estanque*
 - *Trampas de vapor*
 - *Economizadores*
 - *Intercambiadores de calor*

3. Dependiendo del tipo de aplicación, para el dimensionamiento de un grupo electrógeno, se deben considerar una serie de factores. Nombrar al menos 4 de ellos. (4 puntos)
 - *Potencia del motor,*
 - *Velocidad*
 - *Eficiencia del motor*
 - *Capacidad de sobrecarga del grupo electrógeno*
 - *Utilización de grupos electrógenos en paralelo (en el caso que se requiera)*
 - *Funcionamiento en paralelo con la red eléctrica*

Pauta de Solución para Ejemplo del Examen de conocimientos

1^{er} llamado 2017

4. Señale 7 Equipos utilizados para la recuperación de calor. (5 puntos)

- *Bomba de calor*
- *Enfriador por absorción.*
- *Termocompresores.*
- *Ciclo de rankine orgánico (ORC).*
- *Cogeneración de electricidad*
- *Recuperador de calor por radiación.*
- *Recuperador de calor por convección.*
- *Recuperador de calor por convección y radiación.*
- *Recuperador de calor cerámico.*
- *Intercambiadores de flujo cruzado.*
- *Heat Pipe.*
- *Intercambiador de calor rotativo.*
- *Intercambiador de calor regenerativo.*
- *Intercambiador de calor de coraza y tubos.*
- *Intercambiador de calor espiral.*
- *Intercambiador de calor de placas.*
- *Intercambiador de calor helicoidal.*
- *Economizador.*
- *Calderas de recuperación de calor.*

Pauta de Solución para Ejemplo del Examen de conocimientos

1^{er} llamado 2017

Sección de ejercicios

1. Una empresa utiliza un combustible, cuyas características, obtenidas en un análisis, se presentan en la siguiente tabla. El PCI es de 10.146 Kcal/kg y su densidad 0,849 kg/lt. (6 puntos)

Componente	Símbolo	% peso	Peso molecular g/mol
Carbono	C	85,6%	12
Hidrógeno	H ₂	11,1%	2
Oxígeno	O ₂	1,4%	32
Nitrógeno	N ₂	0,9%	28
Azufre	S	0,6%	32
Agua	H ₂ O	0,4%	18

Dato: El aire contiene 23% en peso de oxígeno

Se solicita calcular

- Las relaciones estequiométricas de los componentes del combustible que participan en la combustión
- El oxígeno total requerido en la combustión de 1kg de combustible
- El oxígeno del aire requerido para la combustión de 1kg de diesel
- La cantidad estequiométrica de aire necesario para quemar 1kg de diesel

Solución:

Se calcula la cantidad de oxígeno necesaria para quemar 1 kg de diesel.

- Los componentes que tienen reacciones de combustión son C, H₂ y S:

$C + O_2 \rightarrow CO_2$	$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$	$S + O_2 \rightarrow SO_2$
$12 \left[\frac{g}{mol} \right] + 32 \left[\frac{g}{mol} \right] \rightarrow 44 \left[\frac{g}{mol} \right]$	$4 \left[\frac{g}{mol} \right] + 32 \left[\frac{g}{mol} \right] \rightarrow 36 \left[\frac{g}{mol} \right]$	$32 \left[\frac{g}{mol} \right] + 32 \left[\frac{g}{mol} \right] \rightarrow 64 \left[\frac{g}{mol} \right]$
Dividiendo por 12 [g/mol]:	Dividiendo por 4 [g/mol]:	Dividiendo por 32 [g/mol]:
$1 + 32/12 \rightarrow 44/12$	$1 + 32/4 \rightarrow 36/4$	$1 + 32/32 \rightarrow 64/32$
$1 + 2,67 \rightarrow 3,67$	$1 + 8 \rightarrow 9$	$1 + 1 \rightarrow 2$
Incorporando el porcentaje en peso de C del Diesel en la ecuación:	Incorporando el porcentaje en peso de H ₂ del Diesel en la ecuación:	Incorporando el porcentaje en peso de S del Diesel en la ecuación:

Pauta de Solución para Ejemplo del Examen de conocimientos

1^{er} llamado 2017

$0,856C + 2,67 * 0,856$ $\rightarrow 3,67 * 0,856 CO_2$	$0,111 + 8 * 0,111 O_2$ $\rightarrow 9 * 0,111 H_2O$	$0,006 S + 0,006 O_2$ $\rightarrow 0,006 * 2 SO_2$
$0,856 C + 2,285 O_2 \rightarrow 3,141 CO_2$	$0,1011 H_2 + 0,888 O_2$ $\rightarrow 0,999 H_2O$	$0,006 S + 0,006 O_2$ $\rightarrow 0,012 SO_2$

(2 puntos)

ii. Luego, el oxígeno total requerido para quemar 1 kg de Diesel es:

$$2,285 + 0,888 + 0,006 = 3,179 \left[\frac{kg_{O_2}}{kg_{Diesel}} \right]$$

(1 punto)

iii. Sin embargo, 1 kg de este Diesel ya contiene 0,014 kg de oxígeno, por lo tanto la cantidad de oxígeno en el aire requerido para la combustión de 1kg de Diesel es de:

$$3,179 - 0,014 = 3,165 \left[\frac{kg_{O_2}}{kg_{Diesel}} \right]$$

(1 punto)

iv. El aire contiene 23% en peso de oxígeno, por lo tanto, el aire requerido para la combustión estequiométrica de 1 kg de Diesel es:

$$(A/C)_{st} = \frac{3,165 \left[\frac{kg_{O_2}}{kg_{Diesel}} \right]}{0,23 \left[\frac{kg_{O_2}}{kg_{aire}} \right]} = 13,76 \left[\frac{kg_{aire_seco}}{kg_{Diesel}} \right]$$

(2 puntos)

2. Un consultor promueve una serie de mejoras en la gestión de carga y descarga de una cámara frigorífica para mejorar la eficiencia del sistema de refrigeración. El consultor mide las temperaturas antes de los cambios, resultando las siguientes: (6 puntos)

- Temperatura de succión: 3,5°C
- Temperatura de condensación: 47,3°C

Al realizar los cambios el consultor vuelve a medir las temperaturas, resultando las siguientes:

Pauta de Solución para Ejemplo del Examen de conocimientos

1^{er} llamado 2017

- Temperatura de succión: 4,1°C
- Temperatura de condensación: 42,6°C

Si el tiempo de operación es de 1240 horas por año, el coeficiente de actividad de 0,35 y el calor entregado en el evaporador es de 1232 kW. Se solicita:

- Calcular el COP antes y después de la medida
- Calcular la variación del COP
- Potencia requerida por el compresor antes y después de la medida
- Ahorro anual de energía

Solución:

COP antes de la medida:

$$COP = c \cdot \frac{T_E}{T_C - T_E} = 0,35 \cdot \frac{276,5}{320,3 - 276,5} = 2,20$$

COP Después de la medida:

$$COP = c \cdot \frac{T_E}{T_C - T_E} = 0,35 \cdot \frac{277,1}{315,6 - 277,1} = 2,51$$

(2 puntos)

Variación del COP

$$\frac{2,51 - 2,2}{2,2} = 0,14 = 14\%$$

(1 punto)

Potencia requerida antes

$$COP = \frac{Calor_{evaporador} [kW]}{Potencia_{compresor} [kW]} = \frac{1232}{Potencia_{compresor} [kW]} = 2,2$$

$$Potencia_{compresor} [kW] = \frac{1232}{2,2} = 560 [kW]$$

Potencia requerida después

$$Potencia_{compresor} [kW] = \frac{1232}{2,51} = 490,8 [kW]$$

(1,5 puntos)

Ahorro anual de energía

Pauta de Solución para Ejemplo del Examen de conocimientos

1^{er} llamado 2017

$$(560 - 490,8) * 1240 = 85.808 \left[\frac{kWh}{año} \right]$$

(1,5 puntos)

3. Un motor de inducción 4-polos, 230V, trifásico, 50 Hz, funciona a 1440[RPM], factor de potencia 0,88 en atraso y entrega 10.817[KW]. Las pérdidas en el estator son de 1060[W] y las pérdidas de fricción y roce son 375[W]. Calcular:

- (a) Deslizamiento
- (b) Pérdidas I^2R rotor
- (c) Corriente de línea
- (d) Eficiencia

Datos de entrada:

Nº de polos:	4
Tensión de entrada:	230 V
Factor de potencia:	0,88
Potencia entregada:	10817 KW
Perdidas en el estator:	1060 W
Perdidas fricción y roce:	375 W
Velocidad actual:	1440 RPM
Frecuencia red:	50 Hz

Otros datos:

$$\text{Velocidad sincrónica (Ns)} = \frac{120 \cdot \text{frecuencia de la red}}{\text{número de polos}} = \frac{120 \cdot 50}{4} = 1500[\text{RPM}]$$

Solución:

$$\text{a) Deslizamiento}(s) = \frac{N_s - N_m}{N_s} = 0,04 \text{ pu}$$

(1,5 puntos)

$$\text{b) Pérdidas } I^2R \text{ rotor} = \frac{(\text{Potencia salida motor} + \text{Perd. Fricción y roc}) \cdot s}{1-s} = \frac{(10.817 + 375) \cdot 0,04}{1-0,04} = 466,33 \text{ W}$$

(1,5 puntos)

$$\text{c) } I_L = \frac{P_{\text{entmotor}}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = \frac{\left[\frac{\text{Perd } I^2R \text{ rotor}}{s} + \text{Perd. estator} \right]}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = \frac{\left[\frac{466,33}{0,04} + 1060 \right]}{1,732 \cdot 230 \cdot (0,88)} = 36,3 \text{ A}$$

(1,5 puntos)

Pauta de Solución para Ejemplo del Examen de conocimientos

1^{er} llamado 2017

$$\begin{aligned} \text{d) Eficiencia[\%]} &= \frac{\text{Pot.encia salida motor}}{\text{Pot.encia ent rada motor}} \cdot 100 = \frac{10.817}{10.817+1.060+376+466} * 100 \\ &= \frac{10.817}{12.718} \cdot 100 = 85\% \end{aligned}$$

(1,5 puntos)

4. Dos áreas principales de una planta industrial tienen los siguientes sistemas de iluminación:

Área A: 50 x 400W luminarias alta presión de sodio.

Área B: 35 x 400W luminarias de vapor de mercurio.

En la zona A y zona B, la luminancia medida durante las horas del día (12 horas) sin luz artificial resultó ser adecuada.

En la zona B se observó que 8 de las luminarias de vapor de mercurio son redundantes.

Horario funcionamiento planta: 24 horas al día, 365 días al año.

Costos energéticos: \$31/ KWh.

Calcule la energía anual ahorrada y su costo relacionado al aplicar dos medidas:

a) apagar las luces innecesarias durante el día y

b) desconectar las luminarias redundantes.

c) Total

Nota: no considerar el consumo de los ballasts.

Datos de entrada:

Número de luminarias alta presión de sodio:	50	-
Potencia luminarias alta presión de sodio:	400	W
Número luminarias vapor de mercurio:	35	-
Potencia luminarias vapor de mercurio:	400	W
Horas luz natural:	12	h/día
Días operación al año:	365	d/año
Horas de encendido inicial:	24	h/día
Costo energía:	31	\$/KWh
Luminarias redundantes área B:	8	-

Solución:

Área A: Ahorro de Energía.

Pauta de Solución para Ejemplo del Examen de conocimientos

1^{er} llamado 2017

La energía anual ahorrada por apagar luminarias de alta presión de sodio 50 x 400W durante las 12 horas de iluminación natural es:

$$= \frac{50 \cdot 400 \cdot \frac{12\text{h}}{\text{día}} \cdot \frac{365\text{d}}{\text{año}}}{1000} = 87.600\text{KWh}$$

El costo de la energía anual ahorrada es: $87.600[\text{KWh}] \cdot 31\left[\frac{\$}{\text{KWh}}\right] = \$2.715.600$

(2 puntos)

Área B: Ahorro de Energía

El ahorro anual de energía por apagar luminarias de vapor de mercurio 27 x 400W durante las 12 horas de iluminación natural es:

$$= \frac{35 \cdot 400 \cdot \frac{12\text{h}}{\text{día}} \cdot \frac{365\text{d}}{\text{año}}}{1000} = 61.320 \text{ KWh}$$

La energía anual ahorrada por desconectar 8 luminarias de vapor de mercurio 400W redundantes, es:

$$= \frac{8 \cdot 400 \cdot \frac{12\text{h}}{\text{día}} \cdot \frac{365\text{d}}{\text{año}}}{1000} = 14016\text{KWh}$$

Total energía anual ahorrada área B, es:

$$(14.016 + 61.320)[\text{KWh}] = 75.336[\text{KWh}]$$

Costo de la energía anual ahorrada es:

$$75.336[\text{KWh}] \cdot 31\left[\frac{\$}{\text{KWh}}\right] = \$2.335.416$$

(3 puntos)

Costo total energía anual ahorrada por aplicar estas dos medidas en área A y B:

$$(\$2.715.600 + \$2.335.416) = \$5.051.016$$

(1 punto)