

Octubre 2019 - ISSN: 1696-8352

TEMA: EVALUACIÓN DE PROYECTO DE COGENERACIÓN CON MCI EN LA UEB LUDEMA.

Autores: MSc. Santo Amable Delgado Fernández.

Ing. Pablo Owell Díaz Borrell.

Universidad de Las Tunas, Cuba.

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Santo Amable Delgado Fernández y Pablo Owell Díaz Borrell (2019): "Evaluación de proyecto de cogeneración con MCI en la UEB LUDEMA", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana (octubre 2019). En línea:

<https://www.eumed.net/rev/oel/2019/10/evaluacion-proyecto-uebludema.html>

RESUMEN

El presente trabajo realiza un estudio para la generación combinada de electricidad y calor en la UEB Muebles LUDEMA, evaluando la factibilidad del diseño de un intercambiador de calor para la obtención de agua caliente y su utilización en el proceso productivo y otros servicios mediante tecnologías de cogeneración, y darle un uso más eficiente al grupo electrógeno, con el aprovechamiento del calor de los gases de escape de la combustión durante el proceso productivo, teniendo en cuenta las características de la cogeneración, se aplica fundamentalmente, en instalaciones de baja capacidad, en este caso 449 kW. Tienen una alta eficiencia, hasta un 40 %. Su costo de inversión es relativamente bajo, requiere poco espacio, instalación sencilla y se ponen en marcha en corto tiempo. La relación calor/electricidad es baja. La energía térmica producida es de bajo potencial (agua caliente o vapor saturado de baja presión), considerando que la energía producida por el sistema de cogeneración se logra con un 66 % más de eficiencia que la producida y distribuida por la red nacional, y la reducción del impacto ambiental en su desempeño.

Palabras claves: Eficiencia energética, generación, tecnologías, factibilidad.

INTRODUCCIÓN

Dentro de los métodos para realizar ahorro de energía, aumentar la renta económica de un sistema y cumplir con bajas emisiones a la atmósfera, se encuentra la cogeneración.

La generación de electricidad adquiere gran relevancia en el contexto de la situación energética actual. Para Cuba a lo largo del territorio nacional sería de vital importancia la posibilidad de generar, de forma descentralizada, una parte apreciable de la demanda eléctrica del país.

El previsible crecimiento en el uso de la cogeneración en el futuro próximo, contribuirá, de forma notable, a un mayor desarrollo económico, equilibrado y en armonía con el imprescindible respeto al medio ambiente.

La factibilidad económica de un proyecto es la principal causa que frena ciertos proyectos, sin embargo, los sistemas de cogeneración son una inversión a mediano y largo plazo con excelentes resultados.

La tecnología necesaria para una cogeneración económica está disponible, es una tecnología suficientemente madura. En las pasadas décadas las barreras han sido fundamentalmente institucionales, los que han sido determinantes en su bajo nivel de aplicación en la actualidad.

Problema de Investigación: El ahorro de energía eléctrica en el proceso de calentamiento de agua. El objetivo de este trabajo sustituir las resistencias eléctricas en el proceso de calentamiento de agua mediante la cogeneración, y como Método, la observación, se emplea para la obtención y valoración de las insuficiencias y además, para evaluar la concordancia de la información obtenida a través de otras técnicas aplicadas.

DESARROLLO

La cogeneración.

Dentro de los métodos para realizar ahorro de energía, aumentar la renta económica de un sistema y cumplir con bajas emisiones a la atmósfera, se encuentra la cogeneración.

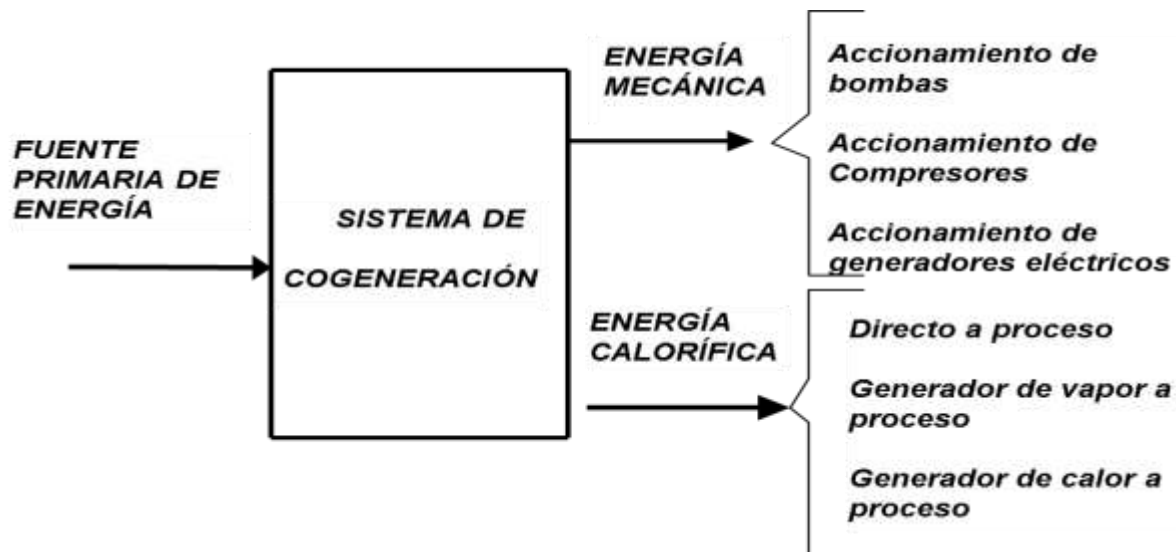
La cogeneración es la producción secuencial de energía eléctrica o mecánica y de energía térmica útil, a partir de la misma fuente primaria. Cuando la energía para producir la electricidad o el trabajo mecánico se extrae de una corriente de energía térmica anterior a un proceso, el esquema se conoce como Sistema o ciclo Superior ("topping cycles"). Inversamente, cuando la electricidad o la energía mecánica se extraen de la corriente térmica proveniente de un proceso, el esquema se conoce como Sistema o ciclo Inferior ("bottoming cycles").

La cogeneración posee varias ventajas importantes con respecto a la producción separada de calor y electricidad. La energía se utiliza más eficientemente, tanto en términos de la Primera Ley de la Termodinámica como de la Segunda Ley. Se obtiene una reducción en el consumo total de energía primaria, con la consiguiente reducción del impacto ambiental. Para la empresa, si bien consumirá entre un 5 y 10 % más de energía primaria, la diferencia entre el precio de la electricidad y el combustible por unidad energética, representará un importante ahorro económico. La cogeneración posibilita, además, flexibilidad en el uso de combustibles, mejora la seguridad del suministro de energía, y favorece el desarrollo de regiones alejadas de las redes de suministro eléctrico.

ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COGENERACIÓN.

Los sistemas de cogeneración se componen principalmente de 4 elementos, los cuales son: la fuente de energía, motor primario, sistema de aprovechamiento de energía mecánica y sistema de aprovechamiento de energía térmica, como se muestra en la siguiente tabla:

Elementos de un sistema de Cogeneración	Fuente de energía	Gas Natural Petróleo Carbón Biomasa, otros
	Motor Primario	Turbina de vapor Turbina de gas Motor de combustión interna
	Sistema de aprovechamiento de energía mecánica	Compresores Bombas Generadores eléctricos
	Sistema de aprovechamiento de energía térmica	Caldera convencional Caldera de recuperación Hornos y secadores Intercambiadores de calor



CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE COGENERACIÓN

De acuerdo al orden o posición relativa de la generación de energía eléctrica y térmica se clasifican en:

- **Sistemas superiores**, en los cuales la energía primaria se emplea para obtener un fluido a alta temperatura, con el que se genera energía mecánica y/o eléctrica, y luego el calor residual se utiliza en un proceso. Estos sistemas son típicos en la industria del papel, petróleo, textil, alimentos, azúcar, etc.
- **Sistemas inferiores**, en los que la energía primaria se convierte en calor de proceso, y a partir del calor residual del mismo es que se produce energía mecánica y/o eléctrica. Este tipo de sistema es utilizado en la industria del cemento, del vidrio, del acero, etc.

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.

La UEB LUDEMA es una unidad que se dedica a la fabricación de muebles y lámparas para el mercado nacional, entre sus principales clientes se encuentran los encargos estatales para obras de la salud y educación, otro cliente potencial es el turismo. Es calificado un centro alto consumidor de energía eléctrica, con los planes de ahorro del país se autorizó el uso del grupo electrógeno en horario pico. Los gases de salida del motor diesel son una fuente de energía disponible que no se está aprovechando, por lo que nuestro trabajo, propone el diseño y valoración económica y medio ambiental de un intercambiador de calor agua-gases, esta agua será utilizada en el proceso para la preparación de colas, pegamentos y para el servicio en la cocina comedor. Este será presentado como trabajo final de la asignatura de cogeneración en la maestría de eficiencia energética.

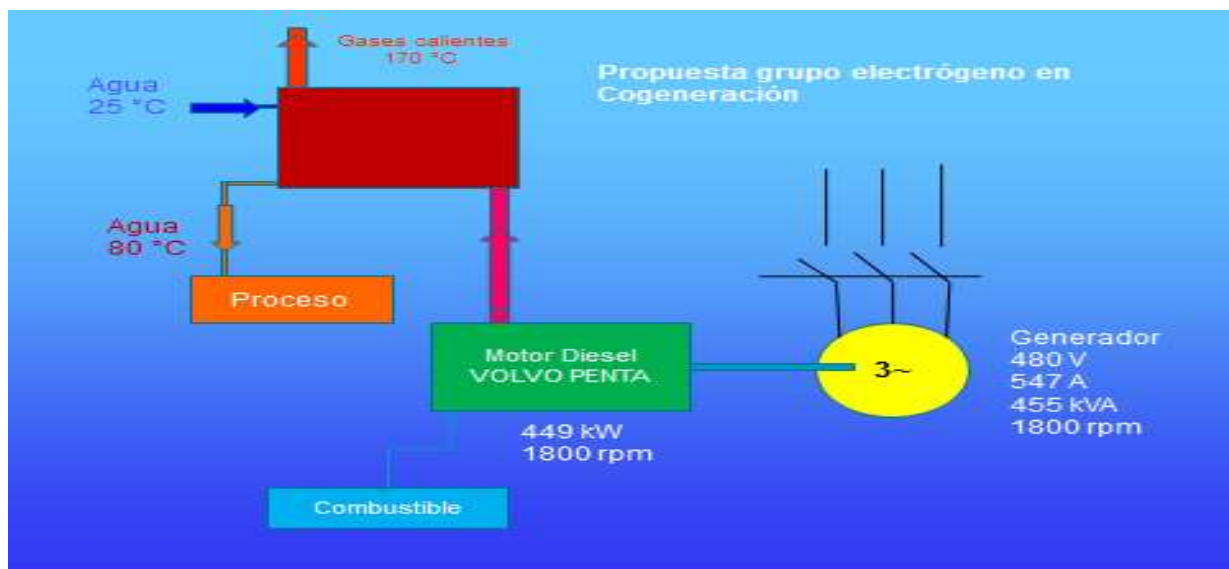
CARACTERIZACIÓN DEL GRUPO ELECTROGENO.

Motor diesel VOLVO PENTA

- Potencia 449 kW
- .rpm 1800

Generador trifásico

- Voltaje 480 V.
- Corriente 547 A
- Potencia 455 kVA



El siguiente cálculo se realiza basado en la experiencia obtenida en el cálculo de intercambiadores tubulares existentes. Ahora solo se conocen las condiciones del proceso.

- Presión de salida de los gases de escape..... 18.12 lb/plg² (1.25 bar)
- Gasto..... 9872 lb/h
- Temperatura de los gases de escape..... 250 °C
- Temperatura del agua de entrada.....27 °C
- Temperatura del agua de entrada.....80 °C
- Caída de presión 2 lb/plg² (0.1378 bar)
- Caída de presión permisible del agua 10 lb/plg² (0.6894 bar)

- DI =Intercambiador 1-2 de 23¼ plg.
- Nt =364 tubos de ¾plg. , 16 BWG y 8'0''de largo arreglado en paso triangular de 15/16plg.
- El haz de tubos está arreglado en 8 pasos y los deflectores espaciados 12 plg.
Se requiere un intercambiador capaz de proveer las óptimas velocidades de los fluidos, tanto en la carcasa como en los tubos.

Cuando no hay intercambiador disponible y solo se conoce las condiciones del proceso, los cálculos pueden hacerse de una manera ordenada, suponiendo la existencia de uno y probándolo para un factor de obstrucción y caída de presión adecuada.

La transferencia de calor de gas a líquido se usa para la recuperación de calor de desperdicio de los gases de la combustión a presión cerca de la atmosférica.

Los gases que deben de enfriarse o calentarse a presiones moderadas usualmente se hacen circular por la coraza de los intercambiadores, para tener bajo control la corrosión que resulte por el uso del agua, que es el caso nos ocupa.

Con la Ayuda de una hoja de Excel se realizaron los cálculos para el diseño del intercambiador necesario, arrojando los siguientes resultados.

t1	27
t2	80
tp	53,5
T1	250
T2	170
Tp	210

w	4399,383	(2m³/h)
cp	1	
Q	233167,299	

A	37,5659473
Ar	1319,472
Udr	1,28116976

Q	233167,299
Cp	0,51
W	5714,88478

at	114,66
Gt	28534,0706

Ud	45
ΔT	137,93065
Nt	420
D	0,75
μ	0,9
k	0,41
jH	70
DI	0,0695
DE	0,0833

12

Re	23778,3921
hi	412,94964
hio	344,537815
ΔP	4,26000357
as1	6,1

f	0,0029
L	12
S	0,77
Nt	420
DE	0,06
μs	1

f	0,0024
N	8
Ds	1,27

Gs1	135103,659
Re1	8106,21955
as2	6,1
Gs2	135103,659
Re2	8106,21955
ho	87,5
ΔP	0,18455537
Uc	69,7787503
Rd	0,00789121

Explicando los resultados de la tabla anterior tenemos, que la cantidad de calor necesaria para calentar un flujo de agua de 2 m³/h. es de 233167.299 BTU/h. El diámetro interior de la coraza del intercambiador es de 23¼ plg. Para un haz de tubo de 420, deflectores 8, y pasos 2. El coeficiente Rd=0.00789821 resultado óptimo para el uso de la tarea dada.

Análisis Técnico – Económico.

El periodo autorizado para el funcionamiento del grupo electrógeno es corto, aproximadamente, de 36 horas al mes. El tiempo promedio del uso de las resistencias eléctricas utilizadas para la preparación de los pegamentos y el agua para la cocina comedor es de 90 horas mensual. Las mayores necesidades del comedor son en el almuerzo, fuera del horario pico, la comida es en pico eléctrico pero la demanda de agua caliente es poca. En la preparación los pegamentos es más factible porque el tiempo mescla es relativamente corto y solo es necesario una preparación por turno de trabajo.

La lista de los materiales para su construcción es la siguiente.

- Intercambiador (u)1
- Tuberías acero galvanicas (m).....60
- Accesorios para tuberías (u).....20
- Aislamiento térmico (Kg)..... 100
- Kid de accesorios para fijar aislamiento térmico (u).....1
- Motobomba (uno).....1
- Kid de accesorios eléctricos (u).....1
- Tanque colector de agua caliente.....1

Resumen de indicadores de factibilidad del proyecto.

Relación Beneficio/Costo, 4.44 veces

Valor Actual Neto (VAN), 3.090.000 CUC.

Periodo de recuperación de la inversión (PRI) 3.68 años.

Reducción del aporte Efecto Invernadero

Considerando que si la energía producida por el sistema de cogeneración se logra con 66% más que la producida y distribuida por Sistema Electro energético Nacional luego para producir 5.027.260 kWh se dejan de consumir 913.77 ton de fuel oil.

En el caso del consumo de combustible se reduce el aporte al Efecto Invernadero en $V_{gde}=V_{RO2}*AC=1.60m^3n/kg*913770kg/año.$

$V_{gde}=2805ton/años$

Conclusiones

1. La factibilidad del proyecto desde el punto de vista medio ambiental es positiva, puesto de que reduciría la contaminación térmica del medio.
2. Desde el punto de vista económico no es factible, debido al alto costo de los materiales, comparándolo con el tiempo de explotación del grupo electrógeno en cogeneración.

Bibliografía

1- Borroto Nordelo, A. E. (2005). Ahorro de Energía en Sistemas de Vapor. Cienfuegos: Editorial Universidad de Cienfuegos.

2-- Borroto Nordelo, A. E. (2010).Combustión y generación de vapor.La Habana: Editorial

2-Calvo Ramos, D. (2010). Evaluación del generador de vapor del Combinado Cárnico Álvaro Barba Machado con diferentes combustibles.Tesis presentada en opción de graduación de Ingeniero Químico, Universidad de Camagüey, Cuba: 63.

3-Oliva Ruiz, L. O. (2012). Indicaciones metodológicas para el cálculo de los rendimientos de los generadores de vapor. Santiago: Editorial Universidad de Oriente.

4- Borroto, A. Temas de Cogeneración y Generación descentralizada. Editorial Félix Varela. 2009.

5- Fundamentos de Conservación Energética en la industria. Tomo I: Fundamentos y ahorro en operaciones. Edición Revolucionaria. Editorial científica.

ANEXO 1. Ficha técnica del generador de vapor:

SOLICITUD

De inspección técnica para la instalación de calderas de vapor

El solicitante: Empresa de Productos Lácteos "Mácticos 28 de Septiembre".

Con el N.º Del BEEUP 110.0.1610 y el N.º Del DPA 10 / 05, Solicita que se realice un
para la instalación de la caldera de vapor (nueva o de uso) con el número de serie 1946
empresa Productos Lácteos

Esta caldera de vapor del tipo: Tiro tubular, debe de estar instalada en el mes de Febrero de
la sala de caldera de la empresa (o establecimiento) Pasteurizadora calle Circunvala
número _____ entre _____ y _____ ciudad o pueblo: Tunas Municipio: Las Tunas.

La caldera de vapor tiene los siguientes datos técnicos:

- 1- Nombre del fabricante y dirección: STANDARDKESSELSA SKG
- 2- País de fabricación: Alemania-España
- 3- Año de fabricación: 1992
- 4- Presión de trabajo máxima permisible: 13 Kg/Cm²
- 5- Presión de trabajo: 2 Kg/Cm²
- 6- Temperatura de vapor saturado: 115 °C
- 7- Temperatura del vapor sobrecalentado: _____ °C
- 8- Producción máxima de vapor: 4 T/HM²/H
- 9- Superficie de calentamiento de la caldera: 67 M²
- 10- Superficie de calentamiento del sobrecalentador: _____ M²
- 11- Superficie de calentamiento del economizador: _____ M²
- 12- Superficie de calentamiento de las paredes de agua: _____ M²
- 13- Volumen de agua total de la caldera: 5 M³
- 14- Volumen de agua de la caldera a su nivel normal de trabajo: 3.6 M³
- 15- Tipo de hogar: Tubo de fuego Liso Ondulado
- 16- Consumo de combustible: 262-309 kg/h
- 17- Tipo de combustible: Fuel-oil
- 18- Tipo de tratamiento de agua: Ciclo-Sodio No externo e interno
- 19- Capacidad del tratamiento: 6.3 M³/H
- 20- Esta concebido el mantenimiento. ¿Quién lo realiza? Mixta u otra Empresa ALASTOR, Las Tunas

ANEXO 2 Certificado o Declaración de Conformidad del combustible.



Laboratorio Central.
Unidad de Negocios Refinería de Petróleo "Camilo Cienfuegos"
Finca Carolina, Apartado Postal 239, 55 100 Cienfuegos, CUBA.
Empresa Mixta Cuyunpetrol, SA.

Teléfono: 34 3215

DECLARACION DE CONFORMIDAD

NUMERO DE REGISTRO:	11960	Número consecutivo	46
TIPO DE PRODUCTO:	PETROLEO COMBUSTIBLE 460 CST		
ORIGEN:	TK-1032		
FECHA:	24/05/2015		

DETERMINACION	UNIDAD	METODO	VALOR ESPECIFICADO	RESULTADO
DENSIDAD A 15 °C	g/cm ³	ASTM D 1298	0.9959 máx	0.9640
GRAVEDAD °API	° API	ASTM D 1298	10.5 mín	15.2
AGUA POR DESTILACION	% v/v	ASTM D 95	0.50 máx	0.10
AZUFRE TOTAL	% m/m	ASTM D 4294	3.0 máx	1.992
CENIZAS	% m/m	ASTM D 482	0.05 máx	0.039
SEDIMENTOS POR EXTRACCION	% m/m	ASTM D 473	0.10 máx	0.01
CARBÓN CONRADSON / MICRO	% m/m	ASTM D 4530	15.0 máx	10.423
TEMPERATURA DE FLUIDEZ	°C	ASTM D 97	+ 16 máx	3
TEMPERATURA DE INFLAMACION	°C	ASTM D 93	62 mín	84.0
VISCOSIDAD A 50 °C	mm ² /s	ASTM D 445, D 88	450 máx	450.0
SODIO	ppm	ASTM D 5853, D1318	40 máx	5
VANADIO	ppm	ASTM D1548, D5963	150 máx	116
ALUMINIO + SILICIO	ppm	ISO 10478	80 máx	<15
SEDIMENTO TOTAL ENVEJECIDO (1)	% m/m	ISO 10307-2	Reportar	---
ASFALTENOS	% m/m	IP 143	8 máx	5.01
VALOR CALORICO NETO	Kcal/Kg	ASTM D 240, D4868	9500 mín	9700.35

INFORMACION ADICIONAL

Este producto está conforme con las especificaciones de Calidad del Catálogo de Especificaciones OC-GC/C 0614 Rev. 02 (emisión 14 de febrero 2014)

(1) El ensayo no se reporta por no contar con el Equipamiento adecuado y reactivos para el desarrollo de los Métodos de ensayo.

Ing. Liliana Gómez Marceyda

CONFECCIONADO, INSPECTOR DE CALIDAD

NOMBRE Y FIRMA



Nota Aclaratoria: Este Documento será reproducido solo por el grupo de Control de la Calidad y Despacho Central de la Refinería de Petróleo "Camilo Cienfuegos"