

¿Qué es Cogeneración?

Segunda Parte: Ventajas y Limitaciones

Por Oscar Aguilar

En esta segunda sección se resaltan los beneficios de los esquemas de cogeneración frente al uso de métodos convencionales de producción de energía y se describen las circunstancias que desfavorecen o limitan su implementación.

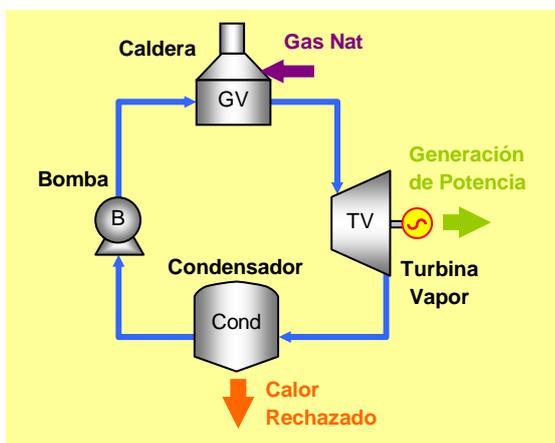
En la primera parte de este artículo se explicó que, desde un punto de vista técnico, cogeneración se define como un modo de operación mediante el cual una planta o sistema produce potencia y calor aprovechable a partir de una fuente común de energía.

Ahora bien, ¿cuáles son las implicaciones de operar una planta bajo este tipo de esquemas? El presente artículo aborda precisamente las ventajas, así como los factores que limitan los beneficios, de la cogeneración. Para ello es necesario examinar, en primer lugar, las características de los sistemas tradicionales de generación de energía.

Métodos convencionales de generación de potencia y calor

Un esquema convencional de generación de energía es aquel en el que, tanto la potencia, como el calor requeridos por un proceso, son producidos por sistemas independientes. Un ejemplo común son los complejos industriales en los que una serie de calderas satisfacen las demandas de vapor, mientras que toda la electricidad es suministrada (a través de la red pública) por una central generadora externa (e.g. Fig. 3a). Como puede observarse, la alta eficiencia de la caldera (alrededor de 90% neto) se ve aminorada por la de la planta de potencia, la cual típicamente alcanza tan sólo 40-50% (dependiendo de su configuración).

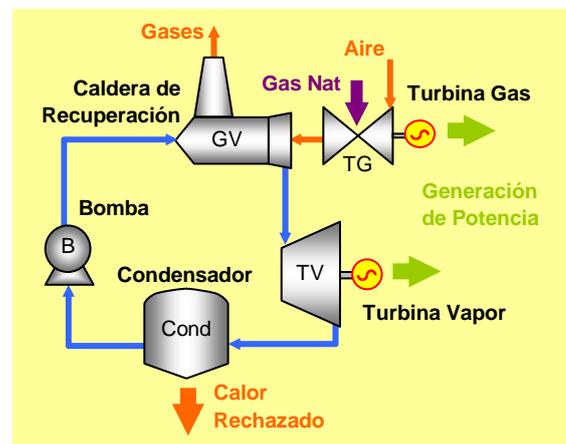
Fig. 1: Esquema convencional de producción de potencia en configuración de ciclo Rankine.



De hecho, la eficiencia de una central termoeléctrica, sin importar su tamaño o el tipo de tecnología, está

limitada por la Segunda Ley de la Termodinámica, la cual establece que la energía térmica no puede ser transferida, en su totalidad, como trabajo. Esto quiere decir que en todo sistema donde únicamente se produce potencia a partir de procesos térmicos, se rechaza una gran cantidad de calor al medio ambiente sin que sea aprovechado por otro proceso.

Fig. 2: Esquema convencional de producción de potencia en configuración de ciclo combinado



Por ejemplo, en una planta de potencia configurada como ciclo Rankine (Fig. 1) se cuenta con calderas que generan vapor dentro de una o varias turbinas para producir electricidad. Luego de ello, el vapor pasa por un condensador de donde se dirige a una bomba para reiniciar el ciclo. Este tipo de esquemas logran, en el mejor de los casos, alrededor de un 47% de eficiencia neta¹, aunque normalmente sólo alcanzan 35-40%.

Por su parte, las plantas diseñadas bajo un Ciclo Combinado (Fig. 2) emplean una o varias turbinas de gas las cuales generan parte de la potencia así como gases calientes para producir vapor que, a su vez, es utilizado dentro de un ciclo Rankine secundario. Bajo esta configuración una planta de potencia puede alcanzar hasta un 60% de eficiencia neta aunque normalmente sólo alcanzan 45-55%.

¹ Todas las eficiencias incluyen consumos auxiliares y se basan en el poder calorífico neto del combustible

Esquemas de Cogeneración

Tal como se mencionó inicialmente, los esquemas de cogeneración también producen potencia. Sin embargo, a diferencia de las plantas convencionales, los sistemas que operan en modo de cogeneración entregan el calor rechazado por los ciclos de potencia a procesos externos, los cuales lo utilizan de manera directa (e.g. como vapor o gases de calentamiento). Con ello, en vez de expulsar calor al medio ambiente, la energía térmica que resulta de la generación de electricidad es aprovechada como un producto útil, logrando eficiencias netas combinadas² de alrededor de 70-90%.

La Fig. 3 muestra dos sistemas entregando la misma cantidad de potencia y calor útil, uno empleando un método convencional (caldera + ciclo combinado) y otro operando en modo de cogeneración. En ambos casos se han utilizado valores de eficiencia típicos en instalaciones reales. Como puede apreciarse, la eficiencia combinada para el sistema convencional es de 63% neto. Ello significa que para entregar 100 MW de vapor y 116 MW de electricidad se requieren un total de 343 MW de gas natural.

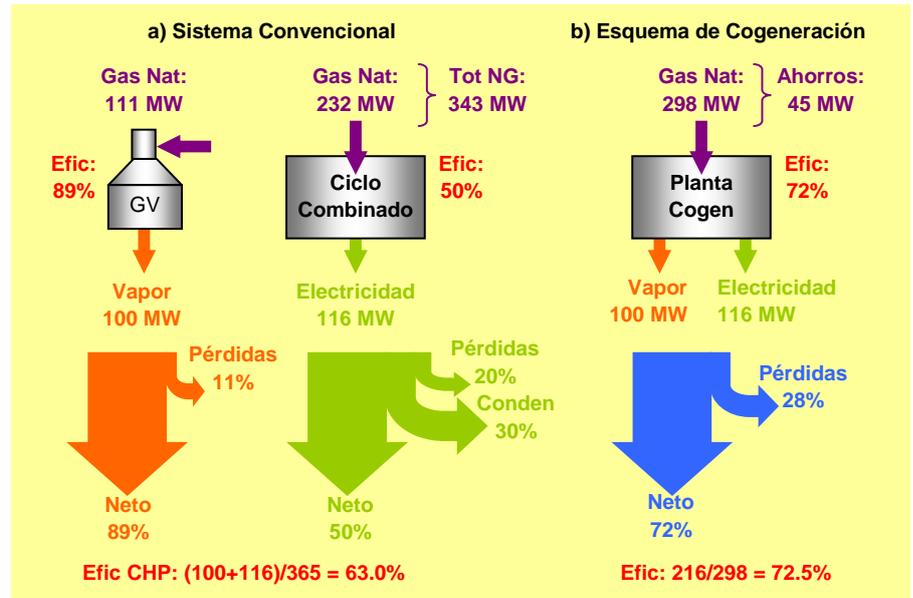
En contraste, el esquema de cogeneración suministra las mismas cantidades de calor y potencia, pero consume 298 MW de combustible, alcanzando una eficiencia neta combinada de 72%. Esto quiere decir que es posible ahorrar 45 MW de gas natural, equivalente a un 13%. En el mejor de los casos (si la eficiencia de la planta de potencia fuera de tan solo 35% y la del esquema de cogeneración, de 90%) tales ahorros podrían llegar hasta un 46%. Así, los sistemas operando en modo de cogeneración cuentan con una clara ventaja frente a los métodos convencionales para reducir el consumo de energía, así como las emisiones de gases a la atmósfera.

Ventajas Económicas de los Esquemas de Cogeneración

Ya se ha ilustrado cómo operar en modo de cogeneración reduce el consumo neto de combustible cuando se toma en cuenta las calderas (dentro de la misma planta de procesos), junto con la central (externa) de potencia. Sin embargo, aún no se han examinado los beneficios económicos directos que puede lograr un complejo industrial al suplir sus demandas de energía a través de un esquema de cogeneración.

En la Fig. 4 se comparan los costos de operación de una planta que requiere 100 MW de vapor de baja

Fig. 3: En este caso sólo una fracción del combustible co-genera potencia y vapor, ya que parte de los gases calientes se rechazan directamente a los alrededores



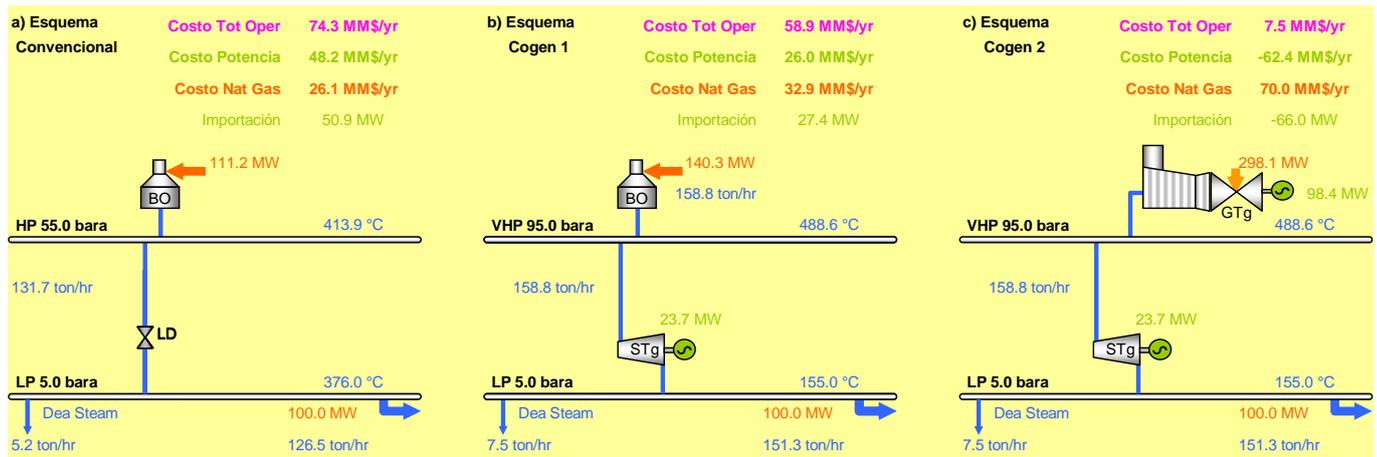
presión, así como 50 MW de potencia. Para este ejemplo se ha asumido un costo de combustible de 8.0 \$US/MMBtu y una tarifa eléctrica promedio de 110.0 \$US/MWh (importación y exportación). En el primer caso (Fig. 4a), se ha adoptado un sistema convencional en el que se importa toda la potencia y sólo se produce dentro de la planta vapor en una caldera de alta eficiencia (90%). Ello implica un costo total de 74.3 MM\$US/año (electricidad y combustible, respectivamente: 48.2+26.1 MM\$US/año).

En el segundo caso (Fig. 4b), la presión en la caldera es más alta y se ha instalado una turbina para co-generar potencia antes de entregar el vapor a la planta de procesos. Con este esquema de cogeneración se logra disminuir la importación de electricidad de 50.9 MW (incluyendo auxiliares) a 27.4 MW. A pesar de que con ello se incrementó el consumo de combustible de 111.2 MW a 140.3 MW, el costo total neto se redujo a 58.9 MM\$US/año (electricidad y combustible, respectivamente: 26.0+32.9 MM\$US/año), es decir, 21% menos respecto al sistema convencional, equivalente a 15.4 MM\$US/año en ahorros.

En el tercer caso (Fig. 4c), se ha substituido la caldera por una turbina de gas con un recuperador de calor, de modo que se co-genera potencia en las dos turbinas antes de entregar vapor a la planta de procesos. En este segundo esquema de cogeneración se produce más potencia de la que requiere el complejo, con lo cual se exportan 66.0 MW de electricidad en vez de importar 50.9 MW y 27.4 MW como en los casos anteriores. A pesar de que se incrementó el consumo de combustible a 298.1 MW, el costo total neto disminuyó a 7.5 MM\$US/año (electricidad y combustible, respectivamente: - (62.5)+70.0 MM\$US/año), es decir, ahorros de 66.8 MM\$US/año respecto al sistema convencional, equivalentes a una reducción de casi 90%.

² La eficiencia combinada o CHP (por sus siglas en inglés: "Combined Heat and Power"), se calcula como la suma de la potencia y el calor útil, dividida entre el consumo de combustible

Fig. 4: Comparación económica de diferentes métodos para satisfacer 50MW de potencia y 100MW de calor útil (vapor) en una planta de proceso. a) Método convencional, b) cogeneración con turbina de vapor, c) cogeneración con turbina de gas y vapor.



Limitantes para Operar en Cogeneración

Luego de las cifras anteriores, resulta natural cuestionarse por qué no todos los complejos industriales han adoptado esquemas de cogeneración. Desafortunadamente para las plantas independientes, en muchos casos existen diversas circunstancias que limitan o incluso eliminan el atractivo económico de operar en cogeneración. Entre estos factores destacan:

1. Combustible subsidiado o a precios preferenciales para centrales generadoras. Ello permite ofrecer tarifas eléctricas por debajo de los costos de producción de una planta independiente (aún generando en modo de cogeneración). En estos casos se pierde todo incentivo para producir potencia por parte de los usuarios.
2. Contratos que restringen o impiden la exportación de potencia. Para muchos sitios industriales, operar en modo de cogeneración implica producir mayor electricidad de la que requieren los procesos. Si el contrato con la compañía centralizada de generación impide exportar electricidad o no se paga la exportación a un precio razonable, entonces se vuelve más atractivo instalar un ciclo combinado o importar toda la potencia.
3. Flexibilidad y operabilidad de la planta. Operar en modo de cogeneración implica que la producción de potencia y calor están acopladas, de manera que no se puede variar una sin afectar a la otra. En muchas industrias esto no es aceptable y es necesario utilizar calderas o turbinas de condensación (i.e. dejar de co-generar) a fin de sortear las variaciones de las demandas de proceso.
4. Confiabilidad de la planta. De manera similar, cuando una unidad dentro de un esquema de cogeneración falla o debe salir de operación para mantenimiento, entonces se compromete tanto la producción de potencia como la de calor, por lo que de nuevo, en muchas ocasiones, hay que dejar de operar la planta en modo de cogeneración para asegurar un nivel mínimo de confiabilidad.

5. Costos de inversión. Los equipos utilizados en esquemas de cogeneración, especialmente las turbinas de gas y los recuperadores de calor, son significativamente más costosos en comparación con una caldera. En ciertas instancias (sobre todo si no existen condiciones idóneas) no es posible justificar el capital necesario para operar en modo de cogeneración.

Conclusiones

Operar una planta bajo un esquema de cogeneración ofrece un método más eficiente y con menos impacto ambiental para producir potencia y calor útil, ya que el consumo de combustible es menor y se emiten menos gases a la atmósfera, en comparación con el uso de sistemas convencionales. Asimismo, los complejos industriales pueden disminuir enormemente sus costos si operan en modo de cogeneración. No obstante, factores externos, especialmente tarifas y contratos para favorecer a compañías centralizadas de electricidad, inhiben e impiden que la cogeneración se vuelva atractiva desde un punto de vista económico. En ese sentido, es necesario contar con un marco legal que permita competir a plantas independientes, con el fin de promover métodos más eficientes de generación de energía.

Oscar Aguilar, Ingeniero Mecánico Electricista egresado del Tecnológico de Monterrey (ITESM) Campus Estado de México. Trabajó en la gerencia de procesos térmicos del Instituto de Investigaciones Eléctricas en Cuernavaca, México. Realizó estudios de doctorado en la facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Manchester, Inglaterra, en el área de diseño y optimización de plantas de potencia y vapor. Ha sido profesor en la división de Ingeniería del ITESM Cuernavaca y Estado de México. Actualmente labora como consultor para la compañía Shell Global Solutions US. Email: oscar_aguila@yahoo.com