

## IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA MICROGENERACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA EMPLEANDO GAS POBRE EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE ENCENDIDO POR CHISPA.

Edwin Daniel Negrete Gomez <sup>1</sup>, edwinnegrette95@gmail.com

Cristian Felipe Zubiria Díaz<sup>1</sup>, cfzubiria@hotmail.es\_

Rafael David Gómez Vásquez<sup>2</sup>, rafael.gomezv@upb.edu.co\_

<sup>1</sup>Estudiante Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana Montería

<sup>2</sup>Docente Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana Montería

### 1. INTRODUCCIÓN.

La falta de energía más limpia y renovable actualmente, hace que se fomente la investigación de alternativas que puedan seguir el ritmo de las sociedades modernas. De la exploración de generación de energía eléctrica más amigable con el medio ambiente, surge la biomasa como una posible fuente de recursos, así como sus transformaciones en energéticos de mayor calidad, uno de estos es el gas pobre para el funcionamiento de un motor de combustión interna proveniente de la gasificación de biomasa. Esta investigación se centra en la metodología de uso de gas pobre proveniente de la gasificación de biomasa para emplearse en un motor comercial de generación de potencia eléctrica descentralizada a baja escala en el cual se busca la modificación de un motogenerador, creando un dispositivo para la regulación de entrada de combustible (gas pobre) y así permitir el óptimo funcionamiento y desempeño del mismo, evaluar su confiabilidad para usarla conjuntamente con combustibles alternativos. Los resultados de este proyecto permitirán implementarlo en micro generación para lograr las condiciones mínimas requeridas para obtener un proceso de combustión óptimo.

### 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.

**La biomasa no se considera fuente despachable para la generación de potencia (UPME).**

Las energías alternativas provienen de recursos que están relacionados con los ciclos naturales del planeta, haciendo posible que se disponga del recurso de manera permanente.

Cada una de las energías implica diferentes tipos de tecnologías con las cuales se obtiene energía en forma de electricidad, fuerza motriz, calor o combustibles. En este caso la cantidad de productos obtenidos para ser transformados en combustible útil para el hombre. (Biomasa=Gas) el cual se usara para la obtención de gas pobre como fuente de energía que permite el funcionamiento de un motor de combustión interna de encendido por chispa.

También se considera la inestabilidad de disponibilidades por las estacionalidades de los cultivos en el caso de biomasa residuales

**Los costos de generación de potencia a baja escala no son competitivos con las fuentes convencionales.**

Hay dos tipos de costos de energía eléctrica que hay que tener en cuenta cuando se hacen análisis financieros y económicos, ambos se encuentran relacionados, pero, tienen diferentes implicaciones.

**Costo de inversión**, llamado costo de capital, el cual representa la cantidad de dinero que hay que invertir para construir una planta de generación, este se representa normalmente en valor absoluto (pesos) para así conocer el monto total de la

construcción. Y en valor específico (peso/kilowatts), por unidad de capacidad de generación.

**Costo de generación**, en Peso/kilowatts (\$/kWh), indica el costo real para producir una unidad de energía de electricidad, normalmente esta unidad es el kWh. Esto incluye todos los costos que conllevan la generación de energía, tanto fija como variable, entre ellos están: costos de inversión equivalente, de operación, mantenimiento, combustibles si así lo requiere el proceso.

Por otro lado, vale la pena resaltar dificultades técnicas que se puedan presentar para la operación de estos sistemas como por ejemplo el bajo contenido energético a partir de los gases pobres que conllevan a una baja calidad de energía térmica.

### 3. OBJETIVOS.

#### OBJETIVO GENERAL

Implementar un prototipo para la microgeneración de potencia eléctrica empleando gas pobre en motores de combustión interna de encendido por chispa.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Caracterizar fuentes de energía térmica a las distintas mezclas de gas pobre proveniente de la gasificación de diversas biomasa.
- Modelar termodinámicamente un ciclo Otto a micro-escala cero-dimensional que permita evaluarlo teóricamente.
- Acoplar y poner a punto de grupo electrógeno comercial de 1kW empleando gas pobre de gasificación de biomasa

### 4. REFERENTE TEÓRICO.

#### Principio de funcionamiento de motores de combustión interna.

El principio de funcionamiento de motores de combustión interna es el quemado de mezcla comprimida de aire y combustible dentro de un

cilindro, con el fin de incrementar la presión y generar con suficiente potencia el movimiento lineal alternativo del pistón. Teniendo el movimiento lineal del pistón entre el punto muerto superior (PMS) y el punto muerto inferior (PMI).

Para aumentar el rendimiento del motor es frecuente recurrir a la compresión mecánica del aire o de la mezcla antes de su entrada al cilindro (turbo compresores-supercargadores). De esta forma la energía producida en cada explosión es mayor, aunque también son mayores las sollicitaciones mecánicas. Es posible aumentar todavía más el rendimiento refrigerando el aire o la mezcla antes de su paso al cilindro (intercooler)

A medida que aumenta el tamaño del motor se trabaja con menores revoluciones. Así los motores pequeños van a 1500 rpm, los de velocidades de motor intermedias de 1000 a 750 rpm y grandes por debajo de las 500-400 rpm teniendo mayor eficiencia a menor rpm porque hay menor consumo de combustible.

#### Microgeneración

La producción simultánea de electricidad y calor útil a partir de un combustible, habitualmente gas natural.

La microgeneración (cogeneración a pequeña escala) cubre total o parcialmente las necesidades térmicas y de calefacción. Los equipos de microgeneración son máquinas de combustión interna (motor) cuyo eje se encuentra conectado a un generador para la producción de electricidad. El calor de refrigeración de la máquina térmica se utiliza en los servicios de calefacción y producción de agua caliente sanitaria (ACS). De esta forma, generan electricidad y calor simultáneamente a partir de un único combustible, habitualmente gas natural.

A diferencia de los equipos convencionales, los sistemas de microgeneración producen electricidad permitiendo además el aprovechamiento del calor residual del proceso. Se trata de una generación económica y descentralizada de electricidad.

La microgeneración (cogeneración a pequeña escala) cubre total o parcialmente las necesidades térmicas de los edificios para ACS y calefacción. La elevada eficiencia de este sistema le permite en muchos casos ser una alternativa, total o parcial, a la instalación de paneles solares.

### Principio de generación de gasificación.

En la gasificación de biomasa o materia orgánica se transforma en gas combustible después de diferentes procesos de purificación del mismo. Las principales aplicaciones sobre el principio de la gasificación se basan en la utilización de energía térmica que genera el propio proceso y el gas producido por la generación de calor, en este caso se aprovecha la energía térmica generada durante la gasificación de la biomasa y obtenida por la combustión del gas.

### Principio de funcionamiento de motores a gas.

Algunos autores (Profesor. F. Payri, 2011), los motores a gas, su principio de funcionamiento está dado por el ciclo Otto el cual es un motor dado por las cuatro fases de operación que son admisión, compresión, expansión y escape. Cuando un motor de ciclo Otto va a utilizar gas natural, no precisa ninguna transformación mecánica sustancial. Tan solo debe equiparse del sistema de almacenamiento, carburación y avance del encendido, electroválvulas, así como añadirle un convertidor catalítico, si así se desea en el montaje.

### Modelamiento teórico (ley de liberación de calor)

Los autores (Taylor, 1985) y (Boles, 2011) describen las formulaciones que se emplearan en un modelo termodinámico cero dimensional.

La ecuación que muestra el fluido encerrado en el cilindro se comporta como un gas ideal y se ha despreciado la contribución energética de los flujos entrantes y salientes del sistema.

Estas hipótesis, aunque conducen a algunos errores que se comentan posteriormente, se asume

en la mayoría de los modelos termodinámicos de combustión.

$$m_{Cv} \frac{dT}{dt} = \frac{dQ_R}{dt} + \sum_w \frac{dQ_w}{dt} - \frac{dV}{dt} \quad \text{Ec. 1}$$

Considerando la ecuación de estado de los gases ideal ( $Pv=mR_gT$ ) y que  $R_g$  permanece constante, se cumple que:

$$\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T} \quad \text{Ec. 2}$$

La expresión anterior puede ser utilizada para eliminar T en la primera ecuación, quedando la siguiente ecuación

$$\frac{dQ_R}{dt} = \frac{\gamma}{\gamma-1} p \frac{dV}{dt} + \frac{1}{\gamma-1} V \frac{dp}{dt} \sum_w \frac{dQ_w}{dt} \quad \text{Ec. 3}$$

Es precisamente la incógnita de la ecuación anterior la que establece el tipo de modelo termodinámico a emplear, predictivo o de diagnóstico. Como se ha comentado anteriormente, los modelos predictivos tratan de evaluar las prestaciones del motor a partir de su configuración geométrica, de las condiciones de funcionamiento y de la evolución instantánea de presión. El uso de este tipo de modelos es interesante para realizar estudios paramétricos más amplios que los que pueden plantearse de forma experimental, por lo que es habituales su empleo en procesos de diseño.

La combustión Diésel está compuesta por una primera etapa durante la cual se quema el combustible inyectado durante el tiempo de retraso (fase de combustión premezclada, cuya ley de liberación de calor viene dada por  $FQL_p$ ) seguida una etapa más lenta controlada por los fenómenos de mezcla (fase de combustión por difusión, cuya ley de liberación de calor esta impuesta por  $FQL_d$ ).

$$FQL(a) = 1 - \exp\left[-C_1 \left(\frac{a-a_0}{\Delta a_c}\right)^{C_2}\right] \quad \text{Ec. 4}$$

$$FQL(a) = \beta FQL_p + (1 - \beta) FQL_d \quad \text{Ec. 5}$$

Donde  $a_0$  es el ángulo de inicio de la combustión,  $\Delta a_c$  la duración de la combustión y  $\beta$  la fracción de combustible quemado en la fase de combustión mezclada (en MEC), las constantes  $C_1$  a  $C_4$ . Siendo  $C_1$  el grado de completitud del proceso y  $C_2$  el parámetro de forma que permite ajustar la velocidad del proceso de combustión, son parámetros de ajuste que depende tanto del tipo de motor como de las condiciones operativas (dosado relativo, régimen de giro, etc.), y su determinación se realiza de forma empírica, se muestra la fracción de calor liberado correspondiente a una ley de Wiebe y de Watson, indicando el efecto que tiene una variación en los parámetros de ajustes sobre la forma de dichas funciones.

Frente a otras técnicas de diagnóstico que tratan de analizar anomalías en el proceso de combustión a través de la medida, por ejemplo, de vibraciones del bloque del motor o de fluctuaciones de la velocidad angular, los modelos de diagnósticos más usados son los que utilizan la evolución de la presión instantánea en el interior del cilindro obtenida de forma experimental para calcular la ley de liberación de calor.

La ecuación ha estado sujeta en los últimos años a un desarrollo notable que ha permitido obtener una mayor precisión en su carácter tanto predictivo como de diagnóstico. Estos nuevos desarrollos incorporan una mayor complejidad debida, por ejemplo, al empleo de submodelos sofisticados tanto de transmisión a las paredes como de deformaciones para el cálculo del volumen instantáneo; a una determinación más precisas de las propiedades termodinámicas instantáneas, teniendo en cuenta su dependencia con las condiciones termodinámicas y de composición, y a la consideración de los flujos másicos entrantes y salientes del sistema (ver Figura 5).

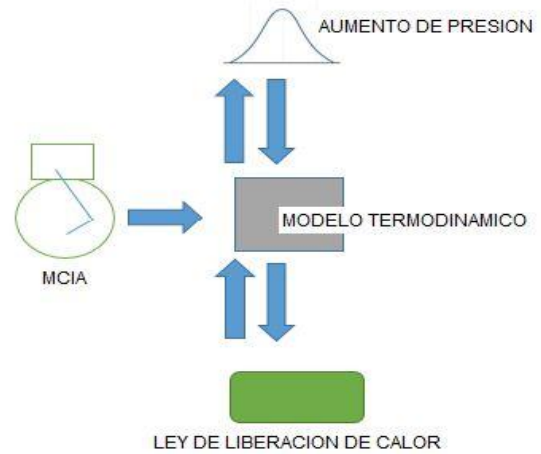


Figura 5. Esquema de modelo de combustión predictivo.

## 5. METODOLOGÍA.

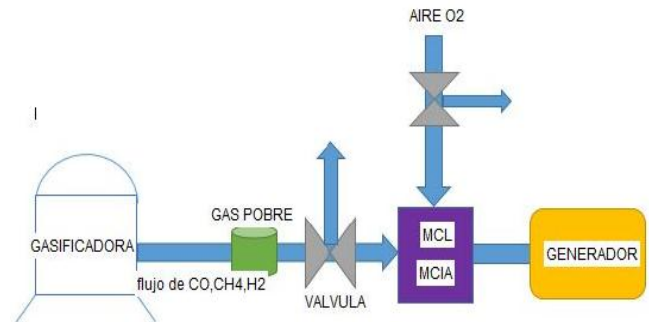


Figura 6. Esquema de proceso a implementar.

La energía térmica o energía calorífica es la manifestación de la energía en forma de calor. En todos los materiales los átomos que forman sus moléculas están en continuo movimiento ya sea trasladándose o vibrando. Este movimiento implica que los átomos tengan una determinada energía cinética a la que nosotros llamamos calor.

Si se aumenta temperatura a un elemento aumenta su energía térmica; pero no siempre que se aumenta la energía térmica de un cuerpo aumenta su temperatura ya que en los cambios de fase la temperatura se mantiene.

En la gasificación de la biomasa produciendo gas pobre y por medio de un análisis termodinámico

(estequiometría) buscar la mejor relación de aire combustible para el desarrollo del prototipo y las modificaciones del motogenerador que nos permita la generación de electricidad a partir de gas pobre. La siguiente relación es para estimar el cálculo de la composición de gas pobre en motores a gas.

En el libro (Desideri U, 2013) cuál es la composición que tiene y el grado de oxígeno que se necesita para la combustión a partir de la siguiente ecuación.

$$AFR_{stec} = 0.3 * \left[ \frac{p * 8}{3 * 0.233} + (8 * q - r) * \frac{1}{0.233} \right]$$

Ec. 6

Dónde:

Letra	Elemento (Símbolo)
p	Carbono ( C )
q	Hidrogeno ( H )
r	Oxígeno ( O )

## 6. RESULTADOS ESPERADOS

Dispositivo funcional para micro-generación de potencia eléctrica empleando gas pobre en motores de combustión interna de encendido por chispa. Se empleará una simplificación tecnología a partir de equipos comerciales integrados que permita el fácil acceso a la micro-generación empleando residuos de biomasa

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Boles, Y. A. (2011). *Therndynamics*. New York: McGraw-Hill.

Desideri U, F. F. (2013). Biomass combustion and chemical looping for carbon capture and storage. *Technologies for Converting Biomass to Useful Energy*, 129-167.

Profesor. F. Payri, J. M. (2011). *Motores de combustion interna alternativos*. Valencia .

Taylor, C. (1985). Internal Combustion engine in theory and practice.: *Thermodynamics, fluid flow performance*.