



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

Informe N°4: Ensayo de un grupo electrógeno

Laboratorio de Máquinas

Profesores

Cristóbal Galleguillos Ketterer

Tomás Herrera Muñoz

Alumno

Héctor Muzio Harris

Resumen

En el presente informe realizado, se pudo obtener información valiosa con respecto al grupo electrógeno de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la PUCV, grupo formado por motor Bedford (GM inglesa) y el alternador AEG.

Se pudo obtener que el valor óptimo de producción de KW/h corresponde a 380 pesos chilenos, 6,6 veces mayor que a la menor tarifa encontrada en CHILQUINTA.

Se demostró que el factor de potencia afecta significativamente en el costo de producción de energía, además que los costos de producción de energía, así como el consumo específico del motor y bornes, van disminuyendo a medida que aumenta la intensidad de corriente.

Índice

Introducción	4
Objetivos	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos:.....	5
Esquema general de la instalación	6
Metodología y procedimientos	7
Reconocimiento de la instalación.....	7
Procedimiento de trabajo.	7
Datos previos.	7
Tabla de valores medidos.....	8
Formulas y ecuaciones empíricas.	8
Desarrollo.....	9
Datos previos.....	9
Tabule todos los datos calculados.	9
¿Existe alguna fórmula que relacione las RPM con la frecuencia, si es así a cuantas RPM funcionó el motor?	10
Identifique las constantes que se presentan en la guía, que valor físico representan.	10
Calcular las potencias eléctricas, los consumos específicos en los bornes del alternador los consumos específicos del motor y los costos del kWh generado.	11
Trazar las curvas de consumo específico del motor y del grupo en función de la carga (corriente).	11
.....	11
Trazar la curva de costo del kWh generado en función de la carga	12
Determinar el punto de funcionamiento óptimo.	13
Comparar y comentar el costo del kWh generado en el punto óptimo con el respecto a la mejor tarifa industrial de CHILQUINTA.	13
Discutir a cuánto podría bajar el costo del kWh generado si se ocupara un grupo electrógeno de la misma potencia, pero última generación.	13
Analizar y discutir valores y curvas obtenidas.	14
Conclusión.....	15
Bibliografía.	16

Introducción

Los grupos electrógeno, están presente en varias industrias, como también en instituciones que no pueden ver interrumpidos sus funcionamientos por un corte de luz, o problemas de suministro eléctrico. Es acá, cuando los grupos electrógenos toman vital importancia, ya que son una alternativa de respaldo que permiten el correcto funcionamiento de estas, si bien los beneficios económicos no son favorables al largo plazo, si pueden suplir necesidades momentáneas hasta que se solucionen los problemas de suministro normal.

En el presente informe se obtendrán datos, que permitirán conocer el comportamiento de estos equipos, así como también, su comparación con la industria eléctrica nacional, y otros equipos más avanzados tecnológicamente, de esta manera se permitirá obtener conclusiones y un mejor entendimiento de los denominados grupos electrógenos.

Objetivos

Objetivo general.

Analizar el comportamiento de un motor de combustión interna en aplicación a un grupo electrógeno.

Objetivos específicos:

- I. Determinar el costo Kwh generado.
- II. Determinar el punto de funcionamiento óptimo ¿A qué RPM?.

Esquema general de la instalación

La obtención de potencia del motor se realiza de acuerdo con el esquema presentado en la siguiente Ilustración 2-1:

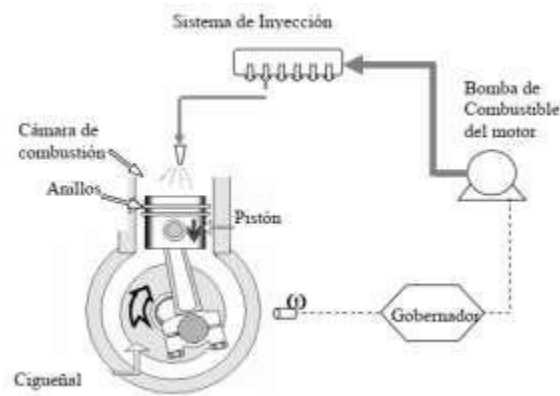


Ilustración 2-1 Detalle de la instalación. Fuente (Giangrandi, 2011)

El diagrama del generador se presenta en:

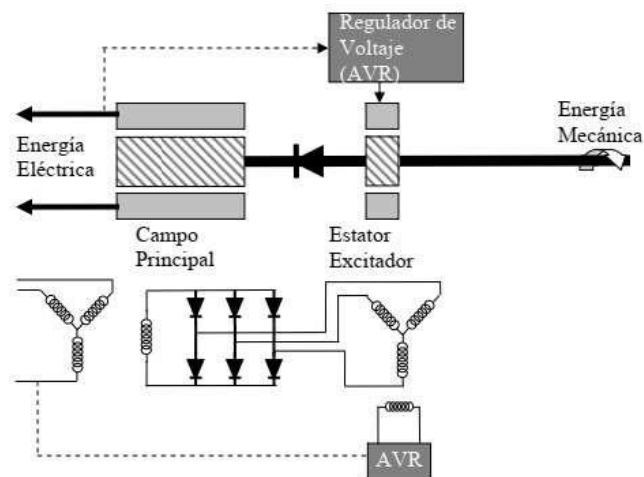


Ilustración 2-2 Esquema de un generador tipo Fuente: (Giangrandi, 2011)

Metodología y procedimientos

Los parámetros para calcular serán los siguientes:

P_{el} = Potencia eléctrica en los bornes del alternador.

b_{el} = Consumo específico en los bornes del alternador.

\dot{Q}_{cb} = Caudal volumétrico de combustible.

C_{kWh} = Costo del kWh generado.

Reconocimiento de la instalación.

Realice un reconocimiento de la instalación, identifique el motor Bedford (GM inglesa) y el alternador AEG.

Identifique las resistencias disipadoras de calor, los bornes para medir la corriente y los dispositivos para medir el voltaje y la frecuencia.

Anote los valores placa de los equipos y regístrelos para integrarlos como anexo a su informe,

Procedimiento de trabajo.

Datos previos.

Previo a realizar el experimento es útil contar con la siguiente información.

- Determinar el volumen de la bureta a ensayar (en este caso 375 cm^3).
- Densidad del combustible Diésel [ρ_c].
- Costo del combustible [c].

Procedimiento de adquisición de datos sugerido.

- Poner en marcha el motor y llevarlo a la velocidad de 52 [Hz].
- Poner la resistencia hidráulica a fondo.
- Conectar la carga.
- Verificar la frecuencia y reajustar alrededor de los 52 [Hz] si está bajo los 48 [Hz]. Continuar con este criterio durante todo el ensayo.
- Tomar la primera serie de valores de acuerdo con la tabla. Los valores de lectura instantánea, tomarlo una vez que se haya consumido la mitad del combustible de la probeta en uso.
- Terminada la medición de tiempo de consumo, rellenar probeta e inmediatamente iniciar la segunda lectura con el incremento de carga que se lograra en forma automática por la disminución de la resistencia por aumento de la temperatura del agua. Consumida la mitad de la probeta leer valores instantáneos.
- Seguir con el procedimiento análogo al descrito hasta que se llegue a plena carga o la ebullición del agua en la resistencia hidráulica muy violenta.

Tabla de valores medidos.

Registre los datos de acuerdo con el siguiente esquema, tabule y grafique (sea coherente con las unidades).

- i. Número de medición.
- ii. Volumen de combustible [V_C].
- iii. Tiempo de medición del consumo de combustible.
- iv. Corrientes.
- v. Voltaje.

Formulas y ecuaciones empíricas.

Corriente media:

$$I_m = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} [A]$$

Tensión media:

$$V_m = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} [V]$$

Potencia eléctrica:

$$P_{el} = \cos \varphi * V_m * I_m [W]$$

Consumo específico en bornes alternador:

$$b_{el} = \rho_c * \frac{\dot{Q}_{cb}}{P_{el}} \left[\frac{kg}{kWh} \right]$$

Costo del Kwh
generado:

$$C_{kWh} = \frac{\dot{Q}_{cb} * c}{P_{el}} \left[\frac{\$}{kWh} \right]$$

Desarrollo

Datos previos

Datos obtenidos en laboratorio

I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]	V1 [V]	V2 [V]	V3 [V]	f [Hz]	Vol [cm ³]	t [s]
26	26	27	404	404	404	51,5	375	150
28	29	29	402	402	402	51	375	146
39	39	37	400	400	400	50,5	375	132
42,5	42,6	40,9	400	400	400	50	375	125
46,4	46,5	44,6	399,9	399,9	399,9	50	375	120

Tabla 1

Densidad kg/lit o gr/cm ³
0,85

Tabla 2

costo combustible Diésel (Chile 5 oct 2020) [\$clp/L]
495,4

Tabla 3

cos(ϕ)
0,8

Tabla 4

Tabule todos los datos calculados.

Medicion	Corriente media I _m [A]	Tension Media V _m [V]	Potencia eléctrica P _{el} [W]
1	26,333	404	8510,933
2	28,667	402	9219,200
3	38,333	400	12266,667
4	42,000	400	13440,000
5	45,833	400	14663,000

Tabla 5

Medición	b _{el} [Kg/kwh]	Q _{cb} [cm3/s]	Costo C _{kwh} [\$/KWh]
1	0,89884384	2,5	523,8673393
2	0,852523976	2,568493151	496,8710327
3	0,7086833	2,840909091	413,0373024
4	0,683035714	3	398,0892857
5	0,652151674	3,125	380,0893405

Tabla 6

Medición	RPM	Consumo específico motor (gr/kwh)	m punto combustible motor (gr/h)
1	1545,000	898,844	7650,000
2	1530,000	852,524	7859,589
3	1515,000	708,683	8693,182
4	1500,000	683,036	9180,000
5	1500,000	652,152	9562,500

Tabla 7

¿Existe alguna fórmula que relacione las RPM con la frecuencia, si es así a cuantas RPM funcionó el motor?

Sí existe una fórmula que puede relacionar en este caso la frecuencia del motor con su velocidad angular, la cual es

$$n[rpm] = \frac{60 \cdot f[Hz]}{P.P}$$

En donde P.P, corresponde a pares de polos, siendo el caso del equipo de la escuela 2 P.P (4 polos)

Con esta fórmula se realizaron los cálculos en las diferentes mediciones del laboratorio, obteniendo

Medición	RPM
1	1545
2	1530
3	1515
4	1500
5	1500

Tabla 8

Identifique las constantes que se presentan en la guía, que valor físico representan.

Por una parte, tenemos el factor de potencia $\cos(\phi) = 0,8$, el cual representa indicador de la eficiencia del uso de energía, pues tiene menos energía reactiva circulando por el circuito. Un factor de potencia bajo indica la baja eficiencia energética, y un factor más cercano al valor 1 indica un mejor desempeño. [referencia 1]

Densidad: La densidad es una característica de los materiales, corresponde a la masa por unidad de volumen de un cuerpo, los combustibles poseen una variada lista de densidades, siendo la del Petróleo Diesel igual a $0,85 \left[\frac{gr}{cm^3} \right]$. [referencia 2]

Calcular las potencias eléctricas, los consumos específicos en los bornes del alternador los consumos específicos del motor y los costos del kWh generado.

Medicion	Potencia eléctrica P_{el} [W]	Consumo específico motor (gr/kwh)	b_{el} [Kg/kwh]	Costo C_{kwh} [\$/KWh]
1	8510,933	898,844	0,899	523,867
2	9219,200	852,524	0,853	496,871
3	12266,667	708,683	0,709	413,037
4	13440,000	683,036	0,683	398,089
5	14663,000	652,152	0,652	380,089

Tabla 9

Trazar las curvas de consumo específico del motor y del grupo en función de la carga (corriente).

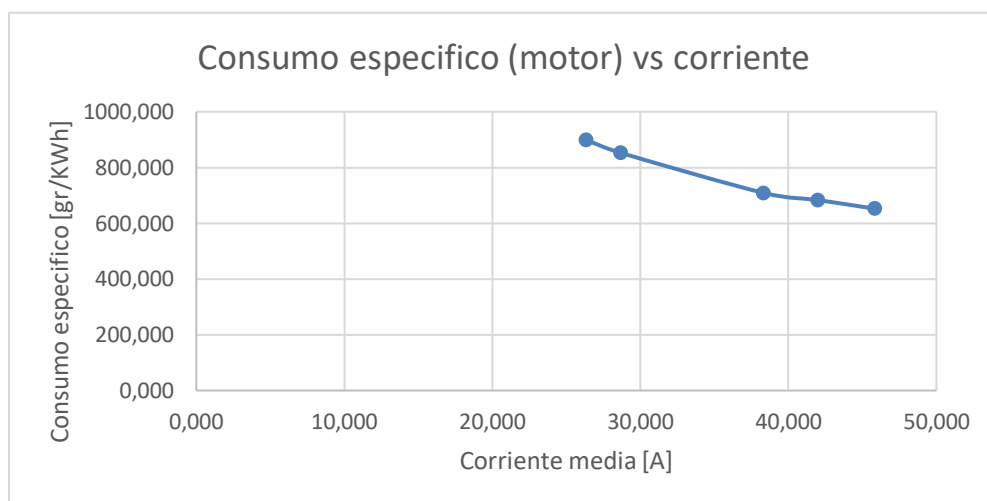


Gráfico 1

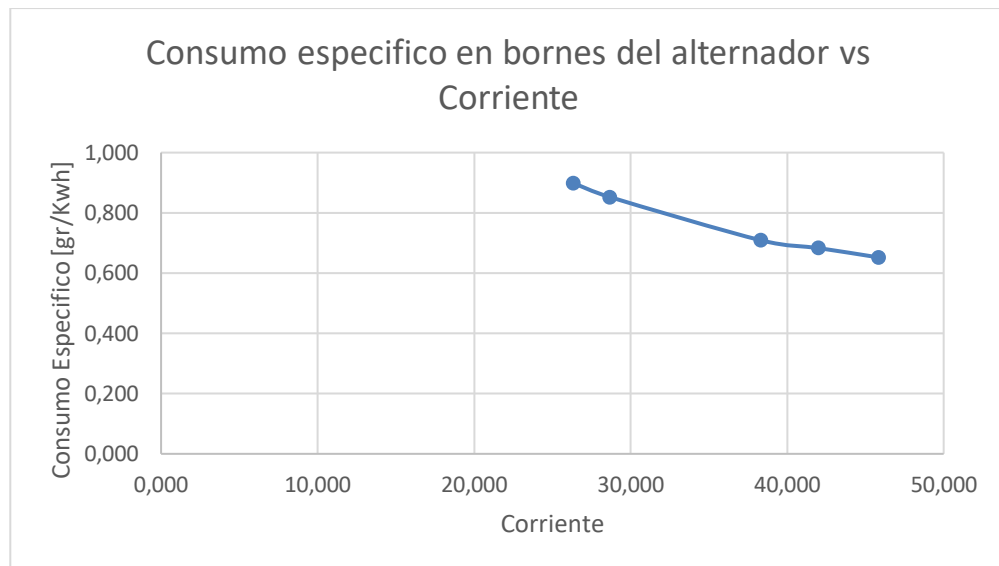


Gráfico 2

Trazar la curva de costo del kWh generado en función de la carga

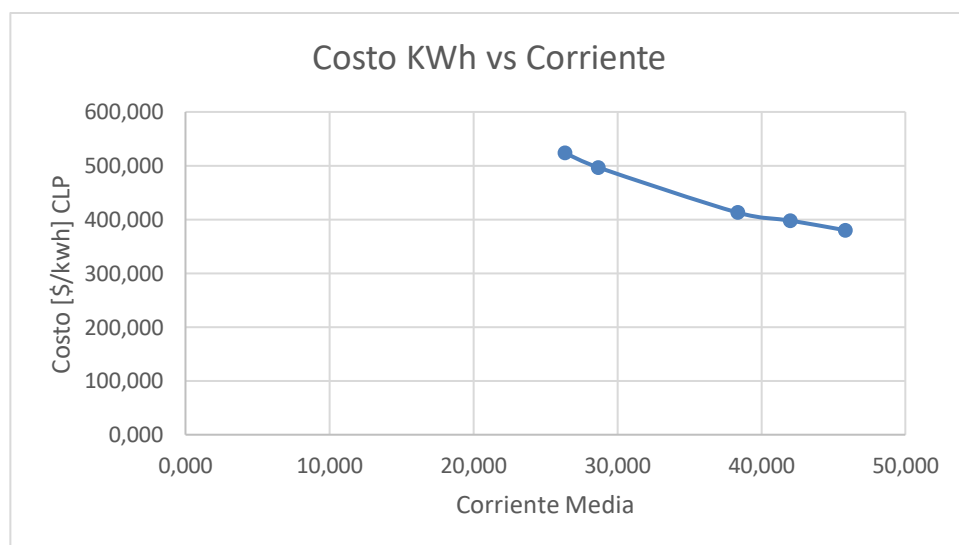


Gráfico 3

Determinar el punto de funcionamiento óptimo.

El punto de funcionamiento óptimo será cuando el costo por KWh sea menor, en este caso fue en la última medición obtenida (5) a 1500 RPM, y en donde sus valores corresponden a:

Medicion	Potencia eléctrica P_{el} [W]	Consumo específico motor (gr/kwh)	b_{el} [Kg/kwh]	Costo C_{kwh} [\$/KWh]
5	14663	652,152	0,652	380,089

Tabla 10

Comparar y comentar el costo del kWh generado en el punto óptimo con el respecto a la mejor tarifa industrial de CHILQUINTA.

El precio más económico que se encontró en la pagina oficial de CHILQUINTA, correspondía a las Tarifas AT41, AT42 Y AT43, para el sector SIC 2 Área 6, cuyo valor KWh correspondía a 57,295 pesos chilenos (CLP). Por otro lado, el costo del punto óptimo de funcionamiento (medición 5) del Grupo Electrónico de la escuela, correspondía a $380 \left[\frac{CLP}{Kwh} \right]$, basándonos en el valor de del combustible Diésel de $495,4 \left[\frac{CLP}{L} \right]$. El valor del costo de KWh obtenido en el ensayo es aproximadamente 660% mayor a el costo extraído desde CHILQUINTA. De esta manera podemos apreciar la gran diferencia de precios, claramente debido a que los grupos electrógenos tienen un alto costo de producción de energía, y no es comparable con las tecnologías ocupadas por grandes centrales de producción de energía nacionales, en donde su mercado es la producción en masa de energía con tecnologías de punta que permiten disminuir los costos. Importante destacar también que estos grupos electrógenos, tienen gran impacto en la función de ser un respaldo para los sistemas de abastecimiento energético comunes, como es en el caso de hospitales en donde la necesidad energética es imprescindible, y el costo de la obtención de esta pasa a segundo plano.

Discutir a cuánto podría bajar el costo del kWh generado si se ocupara un grupo electrógeno de la misma potencia, pero última generación.

En este caso se realizó el ejercicio supuesto, con la consigna de que el grupo electrógeno pasaba de tener un factor de potencia de 0.8 a un factor de potencia de 0.9, generando un cambio en los costos asociados a la producción de un KWh. Los datos expuestos en la siguiente tablan muestran los costos (CLP) de producción de kwh con los distintos factores, y una diferencia entre ellos para conocer el cambio económico en cada medición.

Medición	Costo con grupo electrógeno más moderno F.P= (0,9)	Escuela F.P =0,8	Diferencia de precios F.P 0,8 vs 0,9
1	465,660	523,867	58,207
2	441,663	496,871	55,208
3	367,144	413,037	45,893
4	353,857	398,089	44,232
5	337,857	380,089	42,232

Tabla 11

Analizar y discutir valores y curvas obtenidas.

Como se mencionó anteriormente, es difícil que un grupo electrógeno compita peso a peso, con los costos que proporciona el mercado eléctrico hoy en día, ya que su función no va por ese camino, sino como un grupo de apoyo para empresas y establecimientos, y en donde son imprescindibles para el continuo funcionamiento de estos lugares.

En el caso de las curvas graficadas, es interesante percatarse que todas poseen el mismo comportamiento, pero en otra escala de magnitudes, ya que como se mostro con anterioridad, tanto el consumo específico como el costo dependen de los mismos factores, a diferencia de una constante que es la encargada de cambiar su magnitud, que para un gráfico es la densidad del combustible y para el otro, el precio de este. Ellos son los encargados de que, si bien estas curvas tengan el mismo comportamiento, sus magnitudes son diferentes.

También llama profundamente la atención que, a medida que aumenta la intensidad de corriente, se vuelve más barato la producción del kw/h, como también van disminuyendo los consumos específicos del motor. De la mano a esto va que, el punto óptimo de funcionamiento del motor corresponde a l ultimo punto medido (intensidad de corriente mayor).

El Factor de potencia, no es un elemento que pueda pasar desapercibido, ya que al cumplir la función de un “rendimiento”, nos permite conocer y diferenciar las características del generador. Como es en el caso expuesto en donde un mayor factor de potencia permitía la generación de kw/h de manera mucho más económica.

Conclusión

Gracias a los datos extraídos del equipamiento ensayado, se pudieron dilucidar diferentes inquietudes con respecto a los grupos electrógenos. La importancia del factor de potencia que condiciona la ganancia económica de forma muy significativa, así como también, pone en contraste las nuevas tecnologías que permiten obtener factores de potencias en un valor del orden de 0,95.

también se esclareció al sector industrial que están dirigidos estos equipos, así como también su contraposición en frente a las grandes industrias, de ventas eléctricas masivas.

Tecnología que no está exenta de polémica, ya que la contaminación de los espacios en los que se encuentra genera la necesidad de buenas ventilaciones o elementos necesarios para poder mitigar los gases de escape, sumado al ruido que también generan estos equipos. En un mundo que va evolucionando necesariamente a sistemas mas “verdes”, los grupos electrógenos siguen teniendo participación como elementos que pueden suplir las fallas ocasionadas por estas nuevas tecnologías, ya que es un sistema que lleva muchos años perfeccionándose y adaptándose a los nuevos tiempos y necesidades.

Bibliografía.

- Referencia 1: Grupel, Factor de Potencia, extraído de <https://grupel.eu/es/grupel-es/factor-de-potencia/>
- Referencia 2: Global Petrol Price, Chile Precios del diesel, 05-oct-2020, encontrar en https://es.globalpetrolprices.com/Chile/diesel_prices/
- Giangrandi, L. (2011). *Aspectos tecnico economicos para evaluacion de proyectos de cogeneración en base a grupos generadores diesel*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Chilquinta, TARIFAS DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE CHILQUINTA ENERGÍA S.A, extraído el 9/10/2020, encontrar en <https://www.chilquinta.cl/storage/pdf/bbaa54b4e76bcbb661705b794f809214.pdf>
- Todos los gráficos y tablas corresponden a elaboración propia.