

## Producción de energía por combustión de basuras en Bogotá

**ABEL MORALES GILEDE**  
Ingeniero Civil  
Profesor Emérito  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional

Este estudio tiene por objeto hacer un avalúo de la posibilidad de producir energía por medio de la incineración de las basuras provenientes de la ciudad de Bogotá.

El estudio se desarrolló con base en la información existente, elaborada especialmente por EDIS, por contratos realizados por esta entidad con diferentes compañías y con la colaboración del Instituto de Investigaciones Tecnológicas y complementada por los Laboratorios de la Universidad Nacional.

Con base en estos estudios se obtuvo la siguiente información:

Producción total de basuras por zonas.

Características físicas y químicas de las basuras.

Poder calorífico de las basuras.

De acuerdo con la anterior información se procedió a calcular la capacidad de generación eléctrica que se obtendría al quemar estas basuras.

Los promedios de los resultados obtenidos de la revisión de estos estudios fueron los siguientes:

**TABLA I**  
**Producción de basuras en la ciudad de Bogotá, por día**

Procedencia de la basura por zonas	Recolectada		Total
	Tonelada/día		Porcentaje
Residencial	1413	1999	52.3
Zonas marginales	—	128	3.4
Comercial	182	260	6.8
Industrial	111	158	4.1
Mayores productores	52	81	2.1
Plazas de mercado	203	289	7.6
Barrido (vías sin pavimento)	—	100	2.6
Barrido (vías pavimentadas)	362	561	14.7
Podas de parques y avenidas	100	100	2.6
Mixto	85	121	3.2
No clasificada	16	23	0.6
<b>TOTAL....</b>	<b>2524</b>	<b>3820</b>	<b>100.0</b>

Se observa que hay un déficit de recolección el cual se debe subsanar en el futuro, con mayor razón si se tiene en cuenta que la basura se convertirá en una fuente de energía.

Teniendo en cuenta la población establecida de cada una de las zonas estudiadas y el crecimiento de las mismas, se obtuvo un promedio de producción de basuras proyectado a 1981 de 0.93 Kg/habitante/día.

### Características físicas y químicas de las basuras

Para la determinación de estas propiedades, el Departamento Administrativo de Planeación Distrital estudió un sistema de toma de muestras que diera resultados que se ajustaran a un determinado margen de error y tuvieran la validez estadística necesaria para esta clase de estudios. Sobre las muestras obtenidas se hicieron las determinaciones de composición física y química.

1. Las determinaciones de la composición física fueron hechas directamente con obreros de EDIS bajo la dirección de un ingeniero de la dirección técnica.
2. Simultáneamente, en cada uno de los ensayos se seleccionaba la respectiva muestra para enviarla al Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT) en donde se hicieron los correspondientes ensayos químicos.

Los resultados más recientes se indican en los cuadros 2 y 3 y fueron establecidos por el Servicio de Salud de Bogotá y el EDIS.

Para estos cuadros se tomaron tres zonas de la ciudad: el norte, el centro y el sur con un cubrimiento total.

TABLA II  
Propiedades físicas — Contenido en peso

	Norte	Centro	Sur	Prom.
Metales	1.95	1.67	1.88	1.83
Escoria-tierra	1.15	1.98	1.89	1.67
Papel y cartón	22.63	24.81	20.46	22.63
Tapos	2.70	3.57	4.83	3.70
Vidrio y porcelana	5.46	3.84	3.56	4.29
Huesos	0.50	0.91	0.90	0.77
Otros	8.90	9.17	8.80	8.96
Materia orgánica	56.71	54.05	57.68	56.15
	100	100	100	100

### Densidad

Se determinaron tres densidades:

Densidad suelta, medida directamente en los carros recolectores sin compactar.

Densidad compactada, medida de acuerdo con el peso neto transportado en un carro compactador y el volumen de la caja transportadora.

TABLA IV  
Densidad de la basura residencial Kg/m<sup>3</sup>

Basura	Norte		Centro		Sur		Promedios					
Basura	Máx.	Med.	Mín.	Máx.	Med.	Mín.	Máx.	Med.	Mín.			
Suelta	310	248	176	329	239	197	313	238	205	317	241	192
Descompacta	325	294	216	351	310	259	371	330	290	349	312	220
Compacta	676	613	449	731	645	522	772	686	403	727	648	458

TABLA III Composición Química en %

	%			
	Norte	Centro	Sur	Prom.
Residuos (cenizas más inerte)	24.37	27.00	28.60	26.66
Volátiles	—	—	—	—
Carbono	42.03	40.59	39.66	40.76
Nitrógeno	1.58	1.60	1.58	1.59
Relación C/N	26.60	25.37	25.10	25.69
Humedad	74.97	78.98	68.82	72.25
Poder calorífico (cal/gr)	34.42	34.74	32.45	34.20
Potasio	1.76	1.57	1.55	1.63

Densidad descompactada, medida en el botadero una vez descargada por el vehículo conociendo el peso y el volumen respectivo.

Los datos promedios de estas mediciones los de la Tabla IV.

### Poder calorífico de las basuras

Para el cálculo del poder calorífico se considera que el contenido actual de la humedad se distribuye entre los materiales absorbentes en proporción a su presencia y por peso.

De acuerdo con la anterior consideración se obtuvo el siguiente cuadro para esta determinación, considerando que la humedad promedia de la basura es del 50%.

TABLA V

Constituyente	Porcentaje en peso	Componente que contiene humedad	Poder calorífico seco	% en peso contribuye al P.C.I.	Poder calorífico neto Kcal/Kg.
Metales	1.00	—	—	—	—
Vidrios	4.3	—	—	—	—
Tierra, ceniza, escorias	1.7	1.7	4.000	0.725	29.00
Materiales de demolición	0.9	—	—	—	—
Huesos	0.8	—	3.500	0.8	28.0
Papel y cartón	22.6	22.6	4.550	9.64	438.68
Plásticos	5.0	—	7.000	5.00	350.00
Madera	1.3	1.3	6.000	0.554	33.275
Llanta o caucho	1.7	1.7	63.50	0.725	46.052
Tapos, textiles	3.7	3.7	4.100	1.578	64.716
Materia orgánica	52.4	52.4	4.800	22.354	1072.998
Hojas, hierbas y podos	3.8	3.8	4.200	1.621	68.086
Humedad estimada	100%	87.2	583	42.993	2130.80
				50	291.5
				P.C.I.	1839.307

Kcal/Kg.

TABLA VI

Año	1975	1978	1982	1986	1990
Población	3.457.287	4.063.594	5.078.355	6.407.603	8.172.514

La Compañía Kennedy and Daukin en un estudio ordenado por la EDIS en 1971 obtuvo como P.C.I. 1932 Kcal/Kg. con la estimación de que este valor aumentaría en 1979, a 1962 Kcal/Kg. Lo anterior muestra que el valor establecido está dentro de límites comparables. Para la auto-combustión de la basura, ésta debe tener un P.C.I. de no menos de 1000 Kcal/Kg.

#### Aumento de población

De acuerdo con los datos suministrados por el EDIS, el crecimiento totalizado de la población en Bogotá se observa en la Tabla VI.

#### Cálculo de la capacidad posible de una central térmica quemando basuras

La cantidad de energía que se puede generar estará dada por la expresión:

$$E_{rec} = \frac{M \times PCI \times \eta_t}{860} \text{ Kw}$$

En donde:

- $E_{rec}$  = energía recuperada  
 $M$  = flujo de masa de basuras Kgs/hora  
 $PCI$  = poder calorífico inferior en Kcal/Kg.  
 $\eta_t$  = eficiencia total de la planta  
 $860$  = factor de conversión Kcal/Kw-hora

Veamos cuáles son los valores de los términos de la fórmula.

Flujo de masa:

Este valor sale de la siguiente relación:

$$M = \frac{PPC \times M_a}{24}$$

En donde:

- $M_a$  = número de habitantes  
 $P.P.C.$  = Producción per cápita de basuras Kg/hab.-día

Tomando 1982

- $PPC$  = 0.93 Kg/habitante-día  
 $M_a$  = 5.000.000 habitantes

O sea:

$$M = \frac{0,93 \text{ Kg/hab.-día} \times 5.000.000 \text{ habitantes}}{24 \text{ horas/día}}$$

$$= 193.750 \text{ Kgs/hora}$$

Este flujo tiene ciertas variaciones sobre todo estacionales, y también debido a deficiencias de recolección pero al establecerse una central para quemar estas basuras se tendrá que asegurar la completa recolección y además proveer a la planta con un almacenamiento discreto para prever las variaciones diarias.

#### Poder calorífico inferior

Ya se estableció su valor de 1840 Kcal/Kg. Este

valor depende de las condiciones climatológicas y por consiguiente la central generadora debe estar provista de equipos auxiliares de combustión para el caso de que el valor baje del límite inferior, aunque esta ocurrencia no se ve muy posible.

Eficiencia total de la planta

La eficiencia total de una central térmica se expresa por:

$$\eta_t = \eta_c \times \eta_{tu} \times \eta_g$$

En donde:

- $\eta_c$  = eficiencia de la caldera  
 $\eta_{tu}$  = eficiencia de la turbina  
 $\eta_g$  = eficiencia del generador

Para este caso, la eficiencia de la caldera merece una consideración especial. De acuerdo con datos experimentales obtenidos de instalaciones en funcionamiento, una caldera de este tipo inicia su operación con eficiencias del orden de 60 a 70% para un combustible de poder calorífico inferior, superior a 1500 Kcal/Kg.; pero en el curso de la operación de la caldera y debido a la heterogeneidad del material quemado se aíslan parcialmente los tubos y el rendimiento baja en un 20 a 30%. Debido a esto se tomó un rendimiento para la caldera de 40%.

Para  $\eta_{tu}$  se tomó 75% y para  $\eta_g$  95%.

Según lo anterior

$$= 0,4 \times 0,75 \times 0,95 = 0,285$$

Se tomó como rendimiento total 28%.

De acuerdo con lo anterior la capacidad de la planta será de

$$E_r = \frac{193750 \text{ Kg/hora} \times 1840 \text{ Kcal/Kg} \times 0,28}{860 \text{ Kcal/Kw-hora}}$$

$$E_r = 116.070 \text{ Kw.}$$

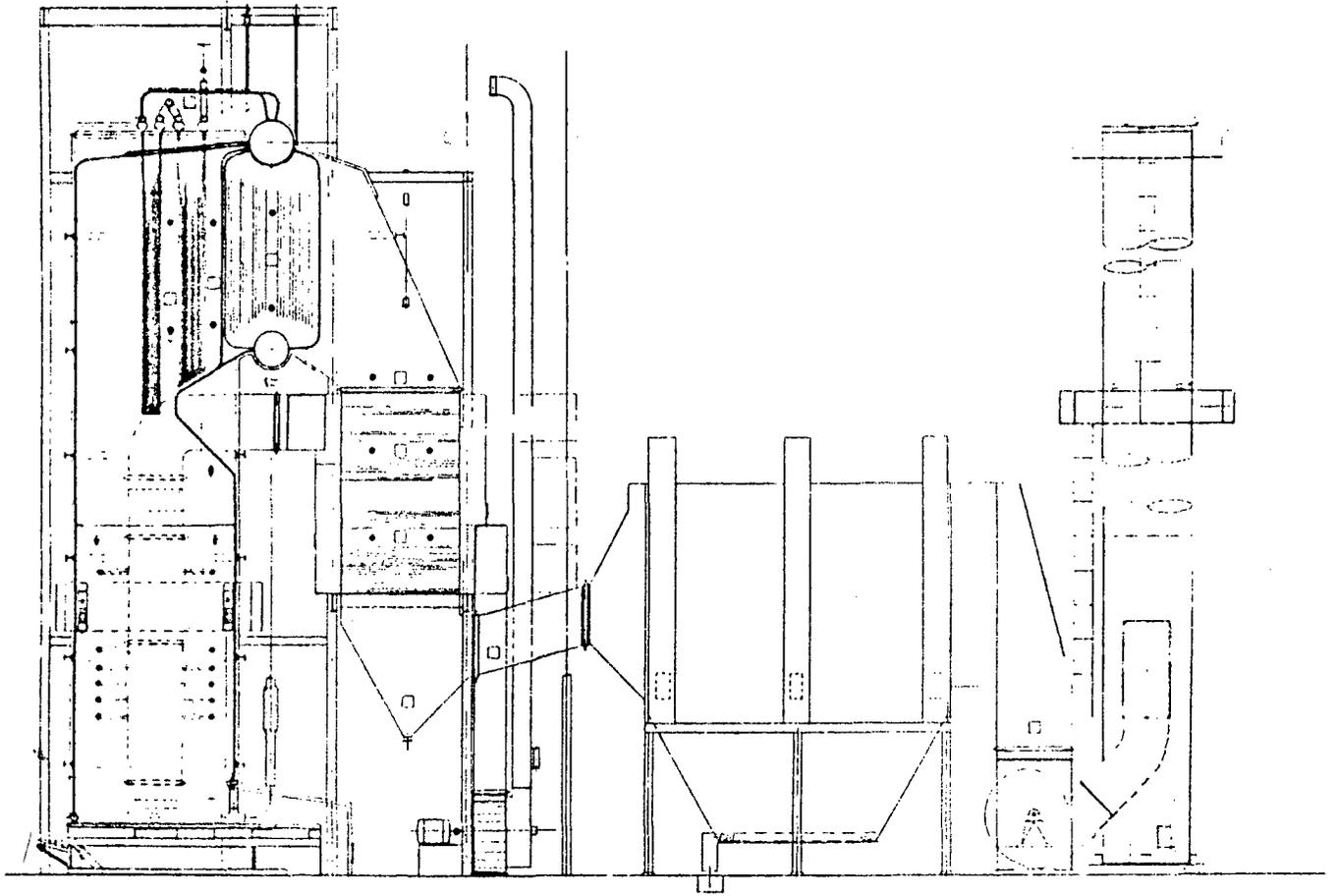
Para atender a esta producción de energía se ha pensado instalar tres unidades independientes de una capacidad de 50 MW cada una, quedando un pequeño margen disponible para emplearlo al incrementarse la producción de basuras.

Como se puede ver por las informaciones anteriores, es posible producir una cantidad apreciable de energía al quemar las basuras provenientes de la ciudad y además, se puede considerar las ventajas adicionales:

Se soluciona el problema de los sitios de almacenamiento final de las basuras, el cual ya está presente y se agravará con el tiempo.

Se obtiene una economía apreciable de combustibles convencionales; las basuras quemadas equivalen aproximadamente a 1000 toneladas diarias de carbón.

Los materiales no combustibles, entre ellos los



metales, son una fuente valiosa de reaprovechamiento instalando plantas de reciclaje. Para tener una orientación de la magnitud de esta recuperación, se muestran en la siguiente tabla los resultados obtenidos con los metales en las plantas de recuperación instaladas en Francia, durante el año de 1981.

TABLA VII

Materiales	Recuperación
Ferrosos	El 35% de la producción de hierro
Plomo	El 57% del consumo
Cobre	El 27% del consumo
Aluminio	El 28% del consumo
Zinc	El 30% del consumo

Los datos anteriores se refieren a producción y consumo en la nación y el contenido de metales en las basuras es del 5 al 8%. La basura muestra tiene un promedio de contenido de metales de 1.83%. El peso de basuras tratadas en Francia fue 15 veces superior a las de Bogotá.

El estudio anterior fue el tema de un proyecto en la Universidad Nacional, el cual sirve como iniciación de otros proyectos sobre el mismo tema, todos tendientes a dejar completamente definida la posibilidad de instalar una planta de estas características en la ciudad de Bogotá.

En la figura se muestra una caldera diseñada para emplear basuras como combustible.