

Estudio experimental de la gasificación de residuos textiles con diferentes agentes gasificantes

C. Gracia*, G. Zapata, Z. Afailal, G. Gea, J. Arauzo

*Corresponding author

c.gracia@unizar.es

c/ Mariano Esquillor s/n, 50018 Zaragoza, Spain

+34 876 555 483

XIII JORNADA DE JÓVENES INVESTIGADORES DEL I3A



Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón
Universidad Zaragoza



Departamento de Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente
Universidad Zaragoza

Resumen

La gasificación es un proceso termoquímico típicamente realizado a altas temperaturas (800 a 1200 °C) en el que el combustible se transforma en un gas de síntesis que puede ser empleado como combustible o como materia prima para procesos posteriores. El gas obtenido es una mezcla de gases, siendo los principales H₂, CO, CO₂, N₂, CH₄ y C₂H_x. La cantidad de residuos textiles en Europa es de 12,6 millones de toneladas anuales, de los que apenas un 22 % es reciclado o recolectado para una segunda vida. Adicionalmente, se estima que el 70 % de los residuos textiles tienen el potencial de ser reciclados fibra a fibra, sin embargo, esto se realiza con menos del 1 % del residuo textil [1]. Los residuos textiles presentan un gran desafío, si bien parte de ellos puedan ser reciclados para la producción de nuevos tejidos, está lejos de ser una realidad, además de que no es posible realizarlo con la totalidad de estos residuos [2]. Por ello, el objetivo que se persigue en este trabajo es estudiar la composición del gas obtenido al realizar la gasificación de residuos textiles a una temperatura de 900 °C empleando distintos agentes gasificantes, así como el PCI, CGE (Cold Gas Efficiency), H₂/CO, CO/CO₂ y la energía requerida para llevar a cabo el proceso.

Sistema experimental

Tabla 1. Condiciones principales de los experimentos llevados a cabo.

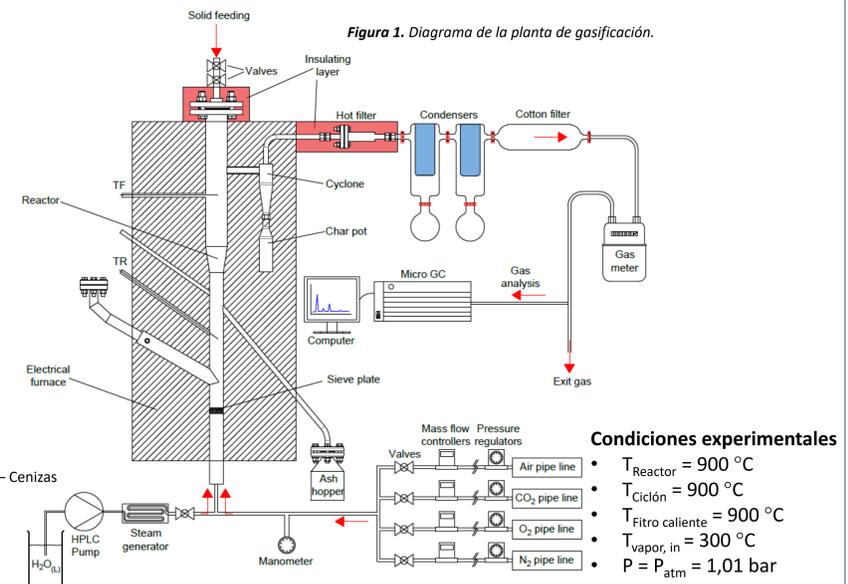
Nº Exp.	Agente gasificante	Caudal [LN/min]	RE	Dilución	S/C
1	Aire	0,31 LN/min	0,2	-	-
2	CO ₂	0,31 LN/min	-	100 % CO ₂	-
3	CO ₂	0,31 LN/min	-	70 % CO ₂	-
4	Aire + vapor	0,5 LN/min	0,2	-	1
5	CO ₂ + vapor	0,31 LN/min	-	35 % CO ₂	1
6	O ₂ + vapor	0,31 LN/min	0,2	-	1
7	O ₂ + vapor	0,51 LN/min	0,2	-	1,5

Se han empleado cuatro agentes gasificantes: Aire, CO₂, O₂, vapor y las mezclas de estos.

Tabla 2. Análisis inmediato y elemental del residuo textil.

Análisis inmediato (% peso, B.H.)	
Humedad	2,04
Cenizas	10,04
Volátiles	82,49
C _{Fijo}	5,42
Análisis elemental (% peso, B.H.)	
C	54,2
H	4,74
N	2,46
S	0,11
O ^(a)	28,44
PCS (MJ/kg)	19,19
PCI (MJ/kg)	18,15

^(a) Calculado por diferencia (% peso): O = 100 - C - H - N - S - Cenizas



Resultados

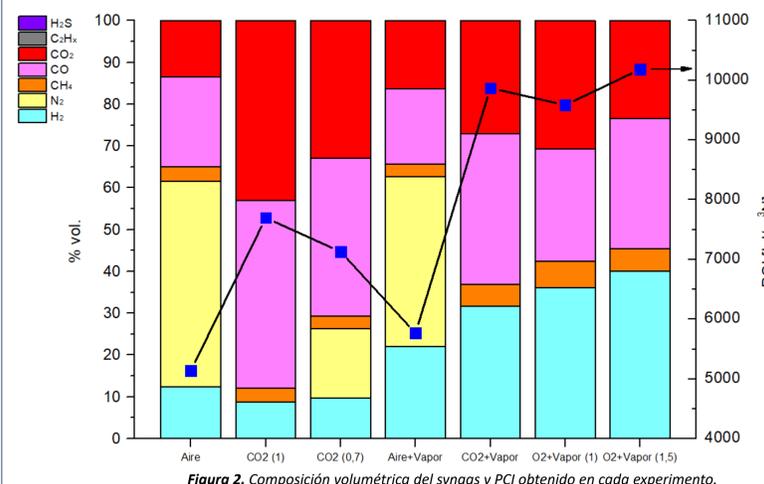


Figura 2. Composición volumétrica del syngas y PCI obtenido en cada experimento.

Figura 2

- Aire (1)**, bajo PCI, muy diluido en N₂. Alto ratio CO/CO₂ y bajo ratio H₂/CO.
- CO₂ (2) y CO₂ (3)** diluido, muy bajos ratios H₂/CO y apenas cambios en los ratios CO/CO₂. Mayor PCI con CO₂ sin diluir.
- Vapor + aire / CO₂ (4, 5)**, mayor concentración de H₂, y mayores PCI y ratios H₂/CO respecto a las gasificaciones sin vapor.
- O₂ y vapor** variando S/C entre 1 y 1,5 (6, 7), mayor cantidad de H₂ y CO y ligera mejor del PCI con S/C = 1,5. Con S/C = 1 se consigue mayor cantidad de CO₂ y CH₄ y mejor ratio H₂/CO.

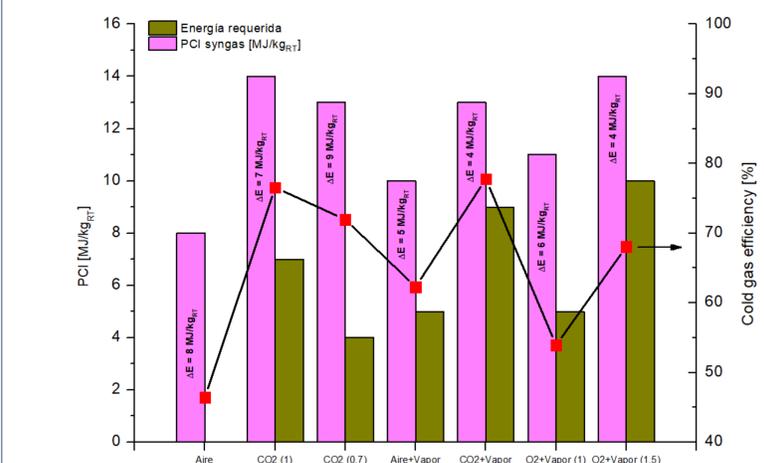


Figura 3. Energía necesaria por kg de residuo textil y CGE para cada gas de síntesis obtenido.

Figura 3

- Energéticamente:** Aire (1) y CO₂ (3) mejores agentes gasificantes en cuanto a balance energético 8 y 9 MJ/kg_{RT} respectivamente.
- Las gasificaciones con vapor proporcionan un gas con un alto valor energético, sin embargo, se necesita mucha energía para llevarlas a cabo. Solo interesarían si se necesitara un gas con alta densidad energética y un ratio H₂/CO elevado.
- CGE** cercanos al 80 % solo en los syngas en los que se ha empleado CO₂ como agente gasificante. CO₂+vapor (5) con un 78 % y CO₂ sin diluir (2) con 77 %.

Tabla 3. Resultados de las distribuciones de productos.

	Aire	CO ₂ (SR=1)	CO ₂ (SR=0,7)	Aire+vapor	CO ₂ +vapor	O ₂ +vapor (S/C=1)	O ₂ +vapor (S/C=1,5)
Distribución de productos (g_{PRODUCTO}/g_{RT} + g_{AG})							
Líquido (wt.%)	11,25	5,73	5,70	18,92	14,85	16,68	14,63
Char (wt.%)	9,41	5,25	10,09	6,56	9,27	6,67	5,20
Gas (wt.%)	73,05	93,20	94,18	62,74	66,38	55,95	52,84
Total (wt.%)	93,70	104,18	109,96	88,22	90,50	79,30	72,66
Rend. Líquido (g_{PRODUCTO}/g_{RT})	14,66	17,52	13,32	34,67	32,78	24,31	22,28
Rend. Sólido (g_{PRODUCTO}/g_{RT})	12,26	16,06	23,60	12,02	20,44	8,90	6,78

Tabla 4. Resultados energéticos del syngas obtenido.

	Aire	CO ₂ (SR=1)	CO ₂ (SR=0,7)	Aire+vapor	CO ₂ +vapor	O ₂ +vapor (S/C=1)	O ₂ +vapor (S/C=1,5)
Calidad del gas y energía							
H₂/CO	0,58	0,19	0,26	1,23	0,88	1,35	1,29
CO/CO₂	1,64	1,05	1,15	1,11	1,37	0,88	1,34
m³N_{syngas}/kg_{RT}	1,64	1,81	1,84	1,96	1,43	1,02	1,21
PCI (MJ/m³N)	5,14	7,70	7,13	5,77	9,87	9,59	10,18
PCI (MJ/kg)	8,42	13,89	13,06	11,31	14,12	9,78	12,35
CGE (%)	46	77	72	62	78	54	68

Conclusiones

- Si el syngas quiere ser empleado como materia prima para otro proceso posterior como Fischer-Tropsch, se buscará un alto ratio H₂/CO (2 a 2,5), con lo que aún estando lejos la mejor opción sería O₂+vapor con S/C de 1.
- Si el syngas se quiere emplear como combustible directamente, los agentes gasificantes que ofrecen el mejor valor en relación al PCI por kg/RT respecto a la energía que ha costado realizar la gasificación son **aire y CO₂ diluido**.
- Si se desea obtener un gas con un alto valor energético el agente gasificante con mayor PCI por m³N de syngas es **O₂ + vapor** en cualquier relación S/C y con **CO₂ + vapor**.
- El agente gasificante que permite obtener un mayor valor de CGE (próximo al 80 %) es **CO₂**, concretamente CO₂ sin diluir o con vapor y una relación S/C = 1.
- Para el uso del syngas como combustible en motores o procesos posteriores como Fischer-Tropsch se requeriría una etapa posterior de eliminación de alquitranes. Sin un tratamiento únicamente podría emplearse como combustible en calderas.

[1]. Ahrenfeldt J, Knoef H, GasNet (2005) Handbook biomass gasification BTG Biomass Technology Group Enschede, Netherlands.

[2]. European Parliamentary Research Service. The waste framework directive: Towards a more sustainable use of natural resources (europa.eu). Mayo, 2024.