

JORNADA

11 DE DICIEMBRE

# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

CLAVES Y EJEMPLOS DE LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS

**UJI** UNIVERSITAT  
JAUME I  
Cátedra BP de Medio Ambiente  
Industrial



**UJI** UNIVERSITAT  
JAUME I  
Cátedra Reciplasa  
de Gestión de Residuos Urbanos

**RECIPLASA**



JORNADA

11 DE DICIEMBRE

# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

CLAVES Y EJEMPLOS DE LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS



RECIPLASA®

Los residuos urbanos y su valorización

**Fernando Albarrán**, Director Técnico de **Reciplasa**

Combustibles sólidos recuperados, una forma de valorización de los RSU

**Antonio Gallardo**, Catedrático en la **Universitat Jaume I**

Valorización energética de residuos mediante biometanización

**Francisco J. Colomer**, Profesor titular en la **Universitat Jaume I**

Ecocombustibles: potencial del residuo como materia prima para la movilidad

**Mónica Robert**, Jefa del Equipo de Desarrollo de Negocio de **BP Refinería de Castellón**



# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## ÍNDICE

1. Generalidades de la biometanización
2. Características del biogás
3. Procesos bioquímicos
4. Biometanización en reactores
5. Biometanización en vertederos de RSU
6. Usos del biogás

**Francisco J. Colomer Mendoza**

11 de diciembre de 2020





# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 1. Generalidades



Francisco J. Colomer Mendoza

11 de diciembre de 2020

# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## SUSTRATOS ORGÁNICOS BIODEGRADABLES (BIORRESIDUOS) Ley 22/2011

### 1. Generalidades

✓ Residuos de la industria agroalimentaria

✓ Residuos ganaderos

✓ Residuos domiciliarios



Francisco J. Colomer Mendoza

11 de diciembre de 2020





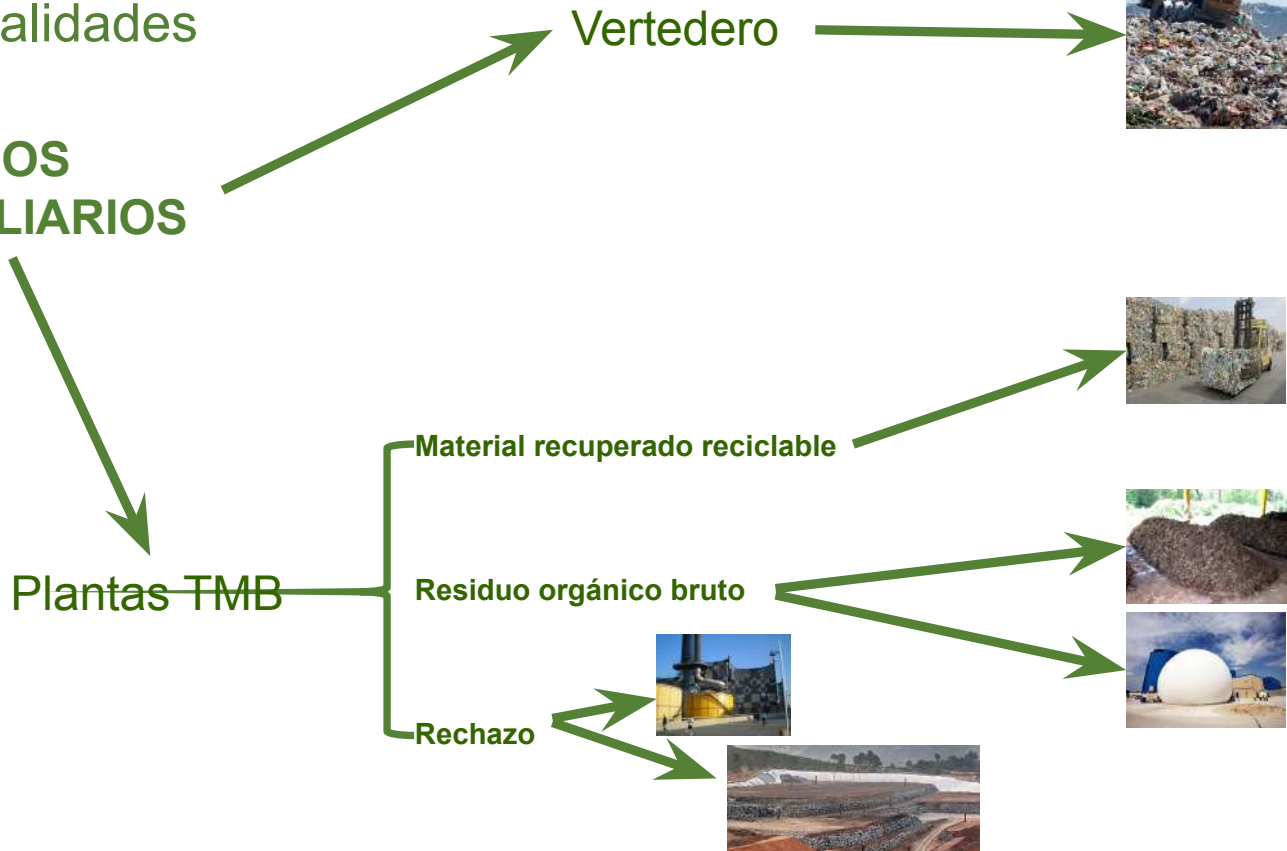
# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## TRATAMIENTO Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DOMICILIARIOS

### 1. Generalidades

**RESIDUOS DOMICILIARIOS**



**Francisco J. Colomer Mendoza**

11 de diciembre de 2020

# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 2. Características del biogás

CARACTERISTICAS	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> S	OTROS	BIOGAS 60/40
Proporciones % Volumen	55-70	27-44	1	3	100
Valor Calórico MJ/m <sup>3</sup>	35,8	-	10,8	22	21,5
Valor Calórico kcal/m <sup>3</sup>	8600	-	2581	5258	5140
Temp. ignición en °C	650-750	-	-	-	650-750
Densidad relativa	0,55	2,5	0,07	1,2	0,83
Inflamabilidad Vol. en % aire	5-15	-	-	-	6-12

Características del biogás

Francisco J. Colomer Mendoza

11 de diciembre de 2020



# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

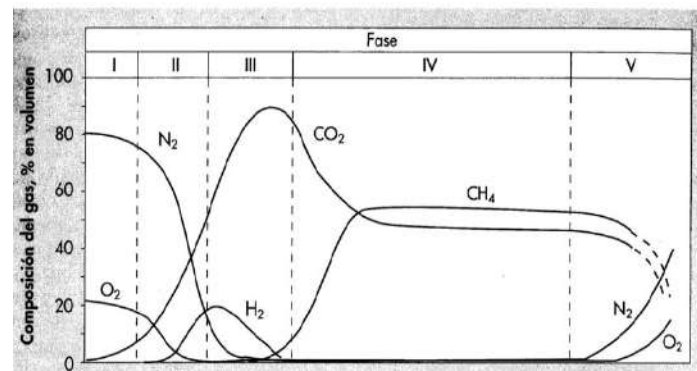
### 3. Procesos bioquímicos

#### I. FASE HIDROLÍTICA, aerobia

Proteínas  
Hidratos de carbono  
Grasas  
Etc.



AMINOÁCIDOS  
ÁCIDOS GRASOS  
VOLÁTILES  
CO<sub>2</sub>  
AGUA  
NITRATOS  
SULFATOS  
GLICEROL  
...OTROS



Francisco J. Colomer Mendoza

11 de diciembre de 2020



# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

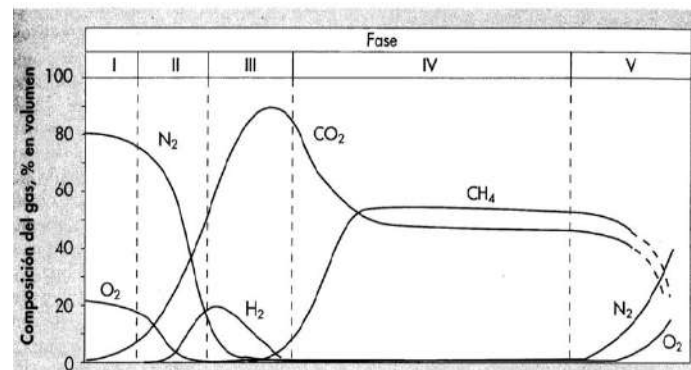
VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 3. Procesos bioquímicos

I. FASE HIDROLÍTICA, aerobia

II. FASE ACIDOGÉNICA



AMINOÁCIDOS  
ÁCIDOS GRASOS  
VOLÁTILES  
 $CO_2$   
AGUA  
NITRATOS  
SULFATOS  
GLICEROL  
...OTROS

ÁCIDOS GRASOS DE CADENA CORTA  
ÁCIDO SUCCÍNICO  
ÁCIDO AMINOVALÉRICO  
 $H_2$   
ÁCIDO FÓRMICO  
ÁCIDO PROPIÓNICO  
ÁCIDO BUTÍRICO  
ÁCIDO LÁCTICO  
ETANOL  
Otros...

Francisco J. Colomer Mendoza

11 de diciembre de 2020

# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

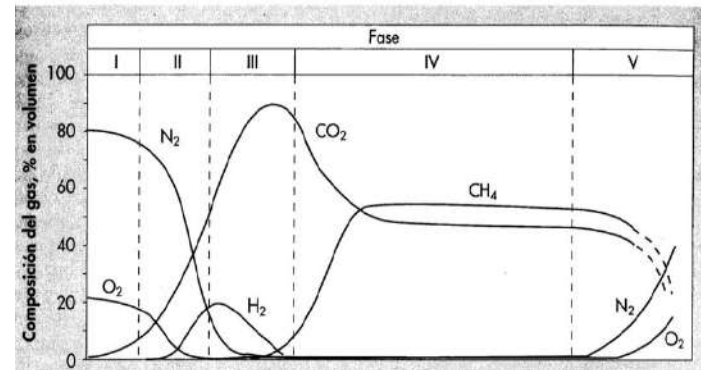
## BIOMETANIZACIÓN

### 3. Procesos bioquímicos

I. FASE HIDROLÍTICA, aerobia

II. FASE ACIDOGÉNICA

III. FASE ACETOGÉNICA



ÁCIDOS GRASOS DE CADENA CORTA

OTROS

ETANOL

ACETATO

$H_2$

Francisco J. Colomer Mendoza

11 de diciembre de 2020

# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

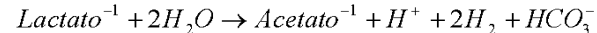
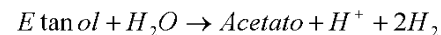
### 3. Procesos bioquímicos

I. FASE HIDROLÍTICA, aerobia

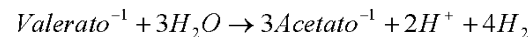
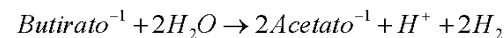
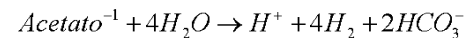
II. FASE ACIDOGENICA

III. FASE ACETOGENICA

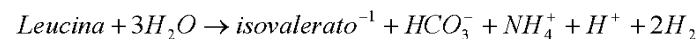
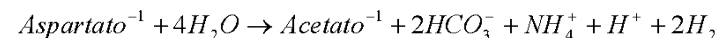
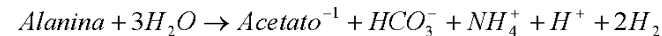
Etanol y láctico:



Ácidos grasos:



Aminoácidos:



Francisco J. Colomer Mendoza

11 de diciembre de 2020





# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 3. Procesos bioquímicos

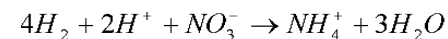
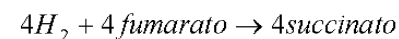
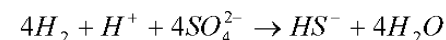
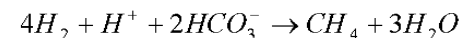
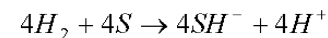
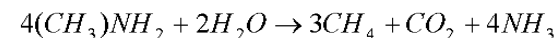
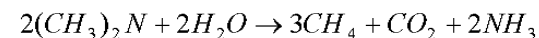
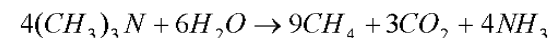
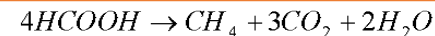
I. FASE HIDROLÍTICA, aerobia

II. FASE ACIDOGENICA

III. FASE ACETOGENICA

IV. FASE METANOGENICA

Metanogénesis a partir de otros substratos



Francisco J. Colomer Mendoza

11 de diciembre de 2020

# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 4. En reactores

Parámetros a controlar

- ❖ tipo de sustrato (nutrientes disponibles)
- ❖ temperatura del sustrato; la carga volumétrica
- ❖ tiempo de retención hidráulico
- ❖ nivel de acidez (pH)



**Francisco J. Colomer Mendoza**

11 de diciembre de 2020

# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 4. En reactores

ESPECIE	PESO VIVO	kg ESTIERCOL/día	L/kg.S.V.	%CH <sub>4</sub>
Cerdos	50	4,5 - 6	340 - 550	65 - 70
Vacunos	400	25 -40	90 - 310	65
Equinos	450	12 - 16	200 - 300	65
Ovinos	45	2,5	90 - 310	63
Aves	1.5	0,06	310 - 620	60
Caprinos	40	1,5	110 - 290	-

BACTERIAS	RANGO DE TEMPERATURAS
Psicrofílicas	menos de 20°C
Mesofílicas	entre 20°C y 40°C
Termofílicas	más de 40°C

MATERIA PRIMA	T.R.H.
Estiércol vacuno líquido	20 - 30 días
Estiércol porcino líquido	15 - 25 días
Estiércol aviar líquido	20 - 40 días

Francisco J. Colomer Mendoza

11 de diciembre de 2020



# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 4. En reactores

Parámetros a controlar

- relación Carbono/Nitrógeno
- concentración del sustrato
- el agregado de inoculantes
- grado de mezclado
- presencia de compuestos inhibidores del proceso

**Francisco J. Colomer Mendoza**

11 de diciembre de 2020



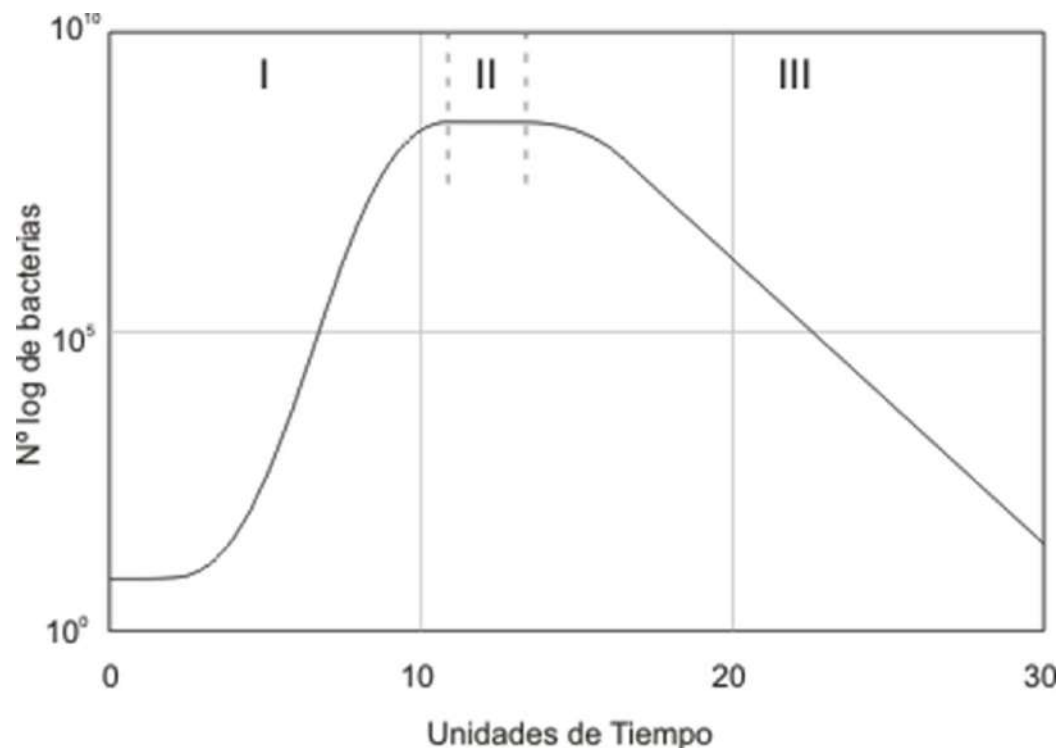
# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 4. En reactores

Parámetros a controlar



**Francisco J. Colomer Mendoza**

11 de diciembre de 2020

# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 4. En reactores

Parámetros a controlar

INHIBIDORES	CONCENTRACIÓN INHIBIDORA
SO <sub>4</sub>	5.000 ppm
NaCl	40.000 ppm
Nitrato (según contenido de Nitrógeno)	0,05 mg/ml
Cu	100 mg/l
Cr	200 mg/l
Ni	200-500 mg/l
CN	25 mg/l
ABS (Detergente sintético)	20-40 mg/l
Na	3.500-5.500 mg/l
K	2.500-4.500 mg/l
Ca	2.500-4.500 mg/l
Mg	1.000-1.500 mg/l

Francisco J. Colomer Mendoza

11 de diciembre de 2020

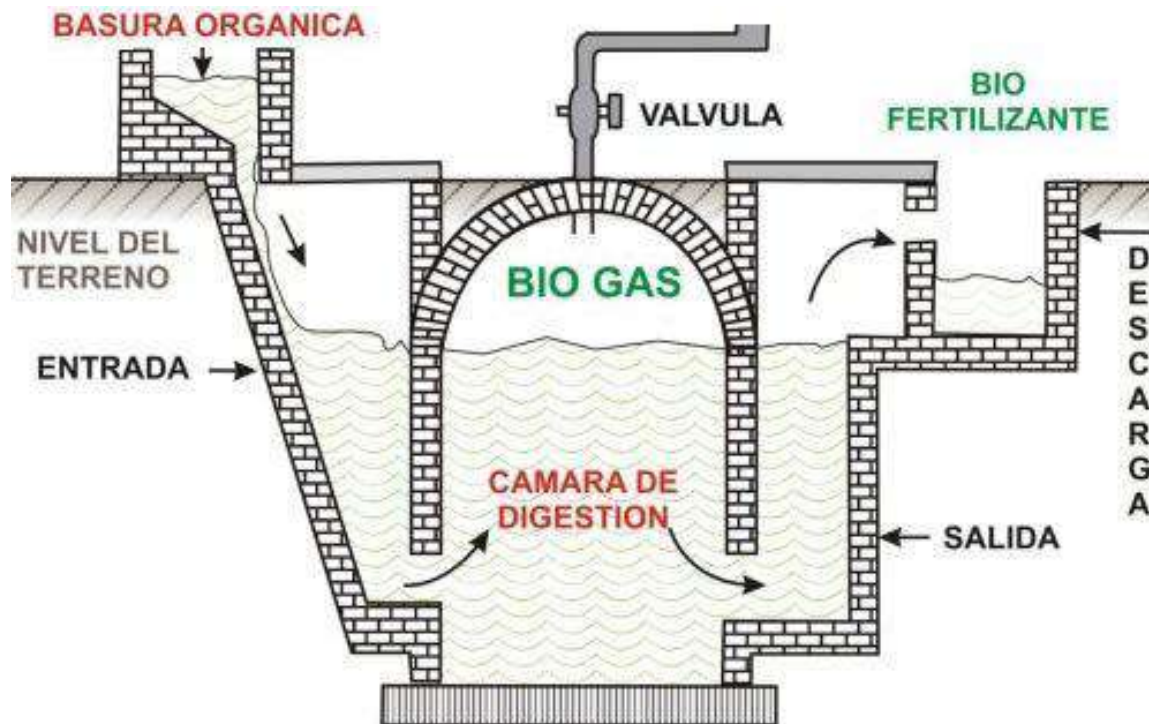


# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 4. En reactores



Francisco J. Colomer Mendoza

11 de diciembre de 2020

# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 4. En reactores



**Francisco J. Colomer Mendoza**

11 de diciembre de 2020





# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

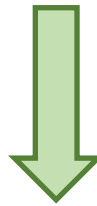
VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 4. En reactores

Usos del digestato

DIGESTATO + RESIDUOS DE PODA Y SIEGA



FERTILIZANTE ORGÁNICO

**Francisco J. Colomer Mendoza**

11 de diciembre de 2020





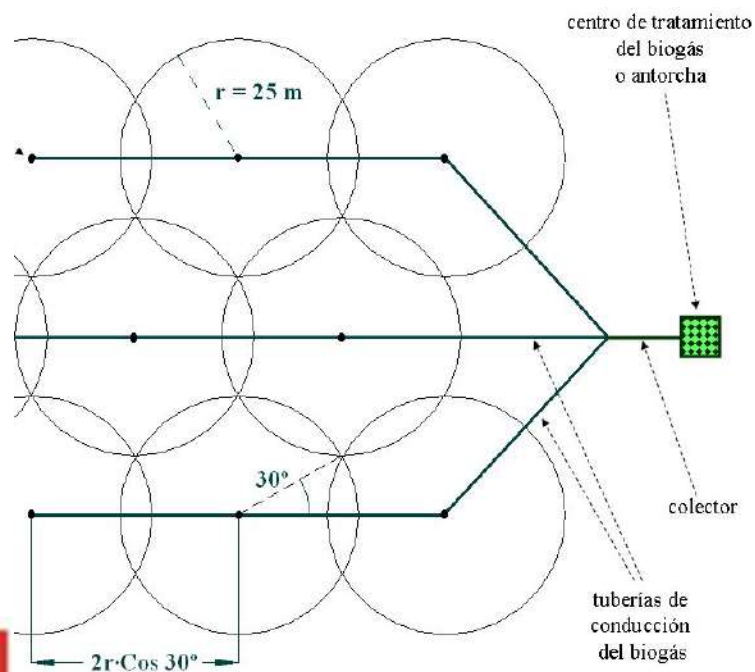
# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 5. En vertederos de RSU

Criterios de diseño/explotación: Control de gases



Francisco J. Colomer Mendoza

11 de diciembre de 2020



# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 5. En vertederos de RSU

Criterios de diseño/explotación: Control de gases



Francisco J. Colomer Mendoza

11 de diciembre de 2020



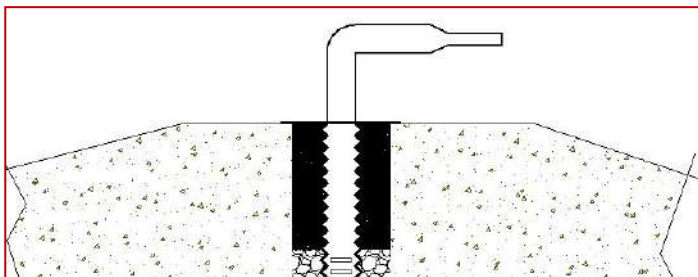
# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 5. En vertederos de RSU

Criterios de diseño/explotación: Control de gases



Francisco J. Colomer Mendoza

11 de diciembre de 2020



# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 6. Usos del biogás

Aparato	Consumo	Rendimiento (%)
Quemador de cocina	300 – 600 L/h	50 - 60
Lámpara (60 W)	120 – 170 L/h	30 - 50
Heladera de 100 L	30 – 75 L/h	20 - 30
Motor a gas	0,5 m <sup>3</sup> /kWh	25 - 30
Quemador de 10 kW	2 m <sup>3</sup> /h	80 - 90
Cogenerador	1 kW eléctrico 0,5 m <sup>3</sup> /kWh 2 kW térmico	Hasta 90
Infrarrojo de 200 W	30 L/h	95 - 99

**Francisco J. Colomer Mendoza**

11 de diciembre de 2020

# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 6. Usos del biogás

#### CONTROL DE GASES

a) Se eleva la succión → Compensa pérdidas carga  
Máquina soplante

b) Enfriamiento → Optimiza el proceso  
Eliminar condensados

c) Eliminación  $H_2S$  → Evita corrosiones  
Lavados químicos ( $NaOH$ ,  $FeCl_3$ ), adición de  
óxidos metálicos, o tratamientos biológicos

d) Absorción → Elimina  $CO_2$   
Torre de absorción con aminas

e) Secado → Eliminar agua y aminas  
Intercambiador

f) Odorización → Elemento de seguridad  
THT: Tetrahydrotiofeno dosificado a 25 mg **THT**/m<sup>3</sup> gas



Francisco J. Colomer Mendoza

11 de diciembre de 2020

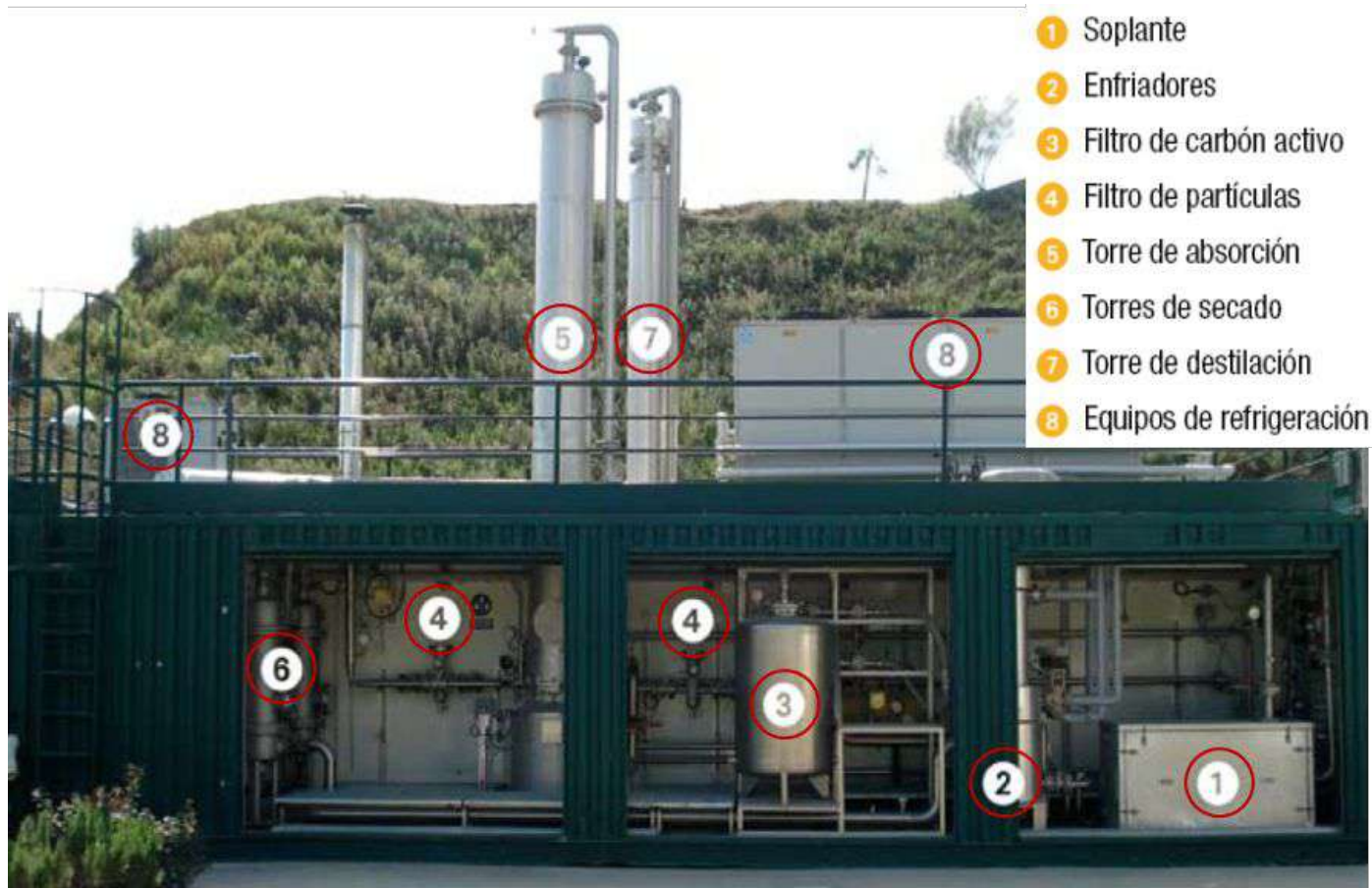


# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 6. Usos del biogás



Francisco J. Colomer Mendoza

11 de diciembre de 2020



# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE BIOMETANIZACIÓN

## BIOMETANIZACIÓN

### 6. Usos del biogás



**Francisco J. Colomer Mendoza**

11 de diciembre de 2020



¡Muchas gracias por vuestra atención!

**JORNADA**

11 DE DICIEMBRE

# LOS RESIDUOS COMO FUENTE DE ENERGÍA

CLAVES Y EJEMPLOS DE LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA  
DE RESIDUOS

 UNIVERSITAT  
JAUME I  
Càtedra BP de Medio Ambiente  
Industrial



 UNIVERSITAT  
JAUME I  
Càtedra Reciplasa  
de Gestión de Residuos Urbanos

**RECIPLASA®**

