

Titulo del Artículo: CALENTAMIENTO DEL FANGO EN UN DIGESTOR ANAEROBIO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ENERGIA SOLAR

Autor: DAVID GARCIA CORCHERO

El objetivo de la presente investigación consiste en estudiar el aprovechamiento solar para el calentamiento de los fangos en los digestores anaerobios mediante agua caliente circulando en el interior de un serpentín que rodea la superficie de dicho digestor, como alternativa a los métodos convencionales del calentamiento de fangos como la resistencia eléctrica o el intercambiador de calor mediante la energía obtenida por el gas metano producido en la digestión anaerobia.

Se utilizaron 3 digestores, dos de los cuales se calentaron con agua caliente en el interior de un serpentín procedente de un sistema de calentamiento de agua con colectores solares planos (uno aislado mediante una capa de fibra de vidrio y poliuretano y otro sin aislar). El tercer digestor no tenía calentamiento exterior con el objetivo de observar su comportamiento y comparar su evolución con el resto de los digestores.

METODOLOGIA

Para el desarrollo de la investigación ha sido necesario la instalación a escala real de prototipo de dos circuitos: un circuito constituido por placa solar e intercambiador-acumulador y un circuito constituido por un serpentín instalado en la superficie del digestor de forma que pudiera mantener una temperatura en su interior de $32^{\circ}\text{C} \pm 1$.

El Circuito nº1 primario lo constituye el colector solar y el depósito intercambiador-acumulador de calor de 80 l unidos mediante un circuito de cobre de diámetro 15 mm aislado mediante polietileno expandido de diámetro 22 mm y espesor 9 mm.

El circuito nº2 secundario consiste en un circuito de PPR (polipropileno) de 20 mm que saliendo del depósito intercambiador traslada el agua caliente hasta un serpentín que rodea dos de los digestores en estudio.

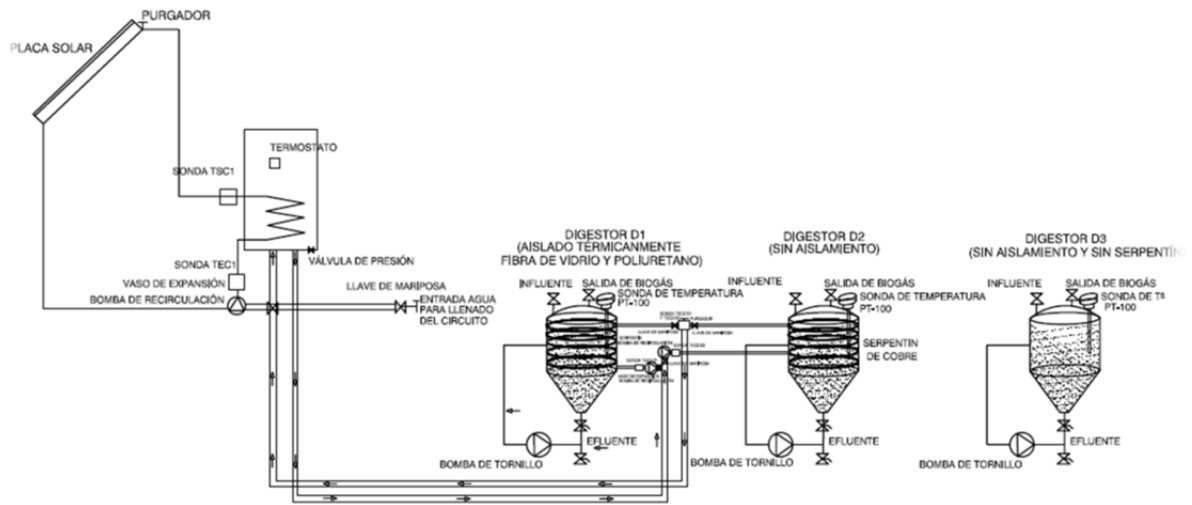
Las horas de radiación en las que era posible obtener una mayor radiación fue de 4 horas. Correspondiendo entre las 10 y las 14:00 pm. Fuera de esa franja horaria, no era posible obtener radiación debido a las sombras que se producían debido a los muros cercanos a la posición del colector.

Para la medición de la temperatura se utilizaron 3 datalogger con sondas de inmersión para medición de temperatura del agua en el interior de ambos circuitos y en el interior de cada uno de los digestores. 1 Datalogger para medición de Temperatura exterior, termómetros de mercurio y 3 sondas Pt-100.



Colector de placa plana

En el siguiente esquema se puede ver el conjunto de la instalación:



A continuación se muestra una fotografía de los digestores utilizados en la investigación.



El desarrollo de la investigación se operaron con 3 digestores anaerobios alimentados con lodos de depuradora en régimen continuo y mezcla completa, bajo condiciones mesofílicas (31-33º), con una capacidad de 130 l con 100 litros de volumen útil.

Los digestores están contruídos de acero inoxidable de 100 l de capacidad útil. Uno de los digestores se ha recubierto con aislamiento de fibra de vidrio de 5 cm de espesor y poliuretano de 1cm de espesor, en cuyo interior se encuentra el serpentín de cobre que rodea el digestor. El segundo digestor no tiene aislamiento, por lo que el serpentín está en contacto con el acero inoxidable y el ambiente. Un tercer digestor no tiene calentamiento por serpentín, se encuentra a temperatura ambiente.

En la parte inferior de cada uno de los tres digestores de forma cónica, se conectó una manguera flexible por la que se recircula el lodo mediante una bomba peristáltica de 0,25 Kw, controlada con un panel de control de 0-50 rpm. De dicha bomba parte otra tubería hacia la parte superior del digestor llevando el lodo hacia dicha zona para facilitar la mezcla del sistema.

La medición del PH se realizó con un pHmetro, marca CRISON modelo 507

RESULTADOS

El desarrollo de la experimentación tuvo lugar desde el día 5 de septiembre al 25, realizándose ensayos de choque desde el 1 de agosto, obteniéndose los siguientes resultados:

Día (Mes de septiembre)	Franja horaria sólo Circuito nº2	ΔT (Incremento de temperatura) D1	Energía consumida D1(Kcal)	ΔT (Incremento de temperatura) D2	Energía consumida D2 (Kcal)
5	19:15- 21:45	32.9º- 33.2º	47.41	31.2º-31.6º	191.97
6	15:15-16:45	32.3º-33º	76.74	31.6º-31.8º	112.46
7	15:15-20:30	32.2º-33.4º	144.00	31.8º-32.6º	438.13
8	15:15-17:00	32.1º-33º	98.44	31.4º-31.9º	173.11
9	15:15-19:30	32º-32.8º	98.75	31.4º-32º	337.88
10	15:45-17:45	32.5º-33º	58.2	31.7-32º	143.57
11	14:45-16:30	31.4º-32.3º	96.46	31º-31.7º	172.01
12	16:15-17:00	31.8º-32º	22.67	31.6º-31.7º	55.73
14	14:45-16:00	32º-32.5º	55.91	31-31.2	125.26
18	17:00-19:30	29.2º-29.5º	29.75	27.3º-27.6º	104.62
19	17:00-20:15	29.2º-29.4º	32.99	27.3-27.5	142.90
20	14:15-19:15	29.8-31.1	154.13	28.7-29.5	360.56
21	14:15-19:15	30.1-31.5	162.99	29.1-29.9	346.45
24	14:15-19:15	30.5-31.5	134.35	29.6-30.2	375.82
25	14:15-19:15	31.1-32	124.98	30.2-30.7	369.84

Las pérdidas de calor a través de las paredes, fondo y cubierta de un digestor, se han calculado mediante la expresión:

$q=K*S*\Delta T$ donde:

q: pérdidas de calor (kcal)

K: coeficiente global de transmisión de calor (Kcal/hm²Cº)

S: área de la sección transversal a través de la cual se produce la pérdida de calor (m²)

ΔT: diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del digestor (ºC)

Día (Mes de septiembre)	Franja horaria sólo Circuito C2	η(rendimiento serpentín) %
5	19:15- 21:45	85.60
6	15:15-16:45	87.74
7	15:15-20:30	90.82
8	15:15-17:00	85.24
9	15:15-19:30	89.38
10	15:45-17:45	87.13
11	14:45-16:30	85.59
12	16:15-17:00	82.88
14	14:45-16:00	82.77
18	17:00-19:30	84.41
19	17:00-20:15	84.10
20	14:15-19:15	91.73
21	14:15-19:15	82.77
24	14:15-19:15	92.22
25	14:15-19:15	91.86

Una vez obtenidos los valores anteriores a escala de laboratorio se realizaron los cálculos para la obtención de la superficie de colectores solares necesaria para el mantenimiento de la temperatura a 32ºC en un digestor de una depuradora a escala real. Se obtuvieron resultados en tres ciudades españolas con temperaturas medias, altas y bajas eligiendo a Madrid, Málaga y Ávila para comparar sus resultados. Se eligió para ello una planta depuradora real con un digestor de 17 m³ y 8m de altura.

El máximo espesor de aislamiento se obtuvo calculando la curva de gasto para el aislamiento de menor precio entre diferentes valores de conductividad térmica λ , obteniendo el punto de equilibrio entre espesor del aislante térmico y superficie colectora.

De esta forma la superficie de colectores para cada una de las ciudades fue de 116.1 m² para Madrid con poliestireno expandido como material aislante de $\lambda=0.043$ Kcal/m²K, con un espesor máximo de 52 cm, 76,7 m² para Málaga con poliestireno expandido como material aislante de $\lambda=0.043$ Kcal/m²K, con un espesor máximo de 41 cm y 151.3 m² para Avila con poliestireno expandido como material aislante de $\lambda=0.043$ Kcal/m²K, con espesor máximo de 61 cm. La fracción solar o porcentaje cubierto por la energía solar fue de 75% para Madrid, 79% para Málaga y 71% para Avila.

La superficie de serpentín fue de 173.49 m², 2510 m de longitud y 47 espiras con una separación entre espiras de 0.176 m, siendo el diámetro del tubo de 0.022 m.

La rentabilidad de la inversión (TIR) para cada una de los casos climáticos planteados fueron de 15 % para Madrid, 16% para Málaga y 14% para Avila con un tiempo de retorno de la inversión de 13, 12 y 14 años, respectivamente.

CONCLUSIONES

1.- Para garantizar el ahorro energético es necesario aislar el digestor.

Según los resultados obtenidos existe una diferencia de consumos energéticos entre los digestores D1 y D2 debido al aislamiento, llegando a triplicar el gasto energético del digestor D2 (sin aislamiento térmico) respecto al digestor D1 (aislado térmicamente). Por lo que según los resultados obtenidos, se hace necesario el aislamiento de los digestores para mejor aprovechamiento energético. Un mayor aislamiento reducirá las pérdidas del digestor y por tanto, una reducción de la superficie de colectores solares. El rendimiento de la transferencia de calor del serpentín ha estado comprendido entre el 83% y 92%.

2.- La experiencia piloto, nos ha permitido establecer unos ratios para el cálculo de la superficie colectora y de serpentín en digestores cilíndricos.

Respecto a la superficie de colectores solares y superficie de serpentín se ha ampliado la instalación a una depuradora a escala real y se ha calculado la superficie de paneles solares necesarios para poder mantener en el interior de un digestor a una temperatura de 32°C con dimensiones de 17 m de diámetro y 8 metros de altura, calculando la curva de gasto para el aislamiento de menor precio entre diferentes valores de conductividad térmica λ , obteniendo el punto de equilibrio entre espesor del aislante térmico y superficie colectora.

Se ha estudiado la rentabilidad de la instalación en cada una de las ciudades mediante el cálculo del período de retorno de la inversión y la tasa de rentabilidad interna (TIR) obteniendo buenos resultados.

3. La aplicación de la energía solar térmica al calentamiento de fangos mediante serpentín para el mantenimiento del digestor de condiciones mesofílicas a $T=32^{\circ}\text{C}$ parece una solución interesante según los resultados obtenidos, como apoyo a los métodos convencionales del calentamiento de fangos como es el caso de la resistencia eléctrica o intercambiador de calor situado en el exterior del digestor.

4. Se ha desarrollado un procedimiento para el diseño de instalaciones solares para combatir las pérdidas de calor en los digestores de EDAR con aprovechamiento energético del gas del digestor para usos de alta calidad energética como la producción de electricidad o el secado de lodos con la energía residual del motogenerador, obteniendo un mejor aprovechamiento energético del sistema.

BIBLIOGRAFIA

- DUFFIE, J.A Y BECKMAN, W.A. 1980. Solar Engineering of Thermal Processes. Editorial John Wiley & Sons,
- Ministerio de Economía. IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura. Instalaciones de Energía Solar Térmica. 2002.
- MAHMOOD, A, 2006. Tesis doctoral " *Investigación sobre Desmineralización por radiación solar*". Escuela Superior de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.
- HERNÁNDEZ LEHMANN, A. 2015. *Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales*. Garceta Grupo Editorial.
- CENSOLAR (Centro de Estudios de Energía Solar). 2007. Curso de Proyectista-Instalador de Energía Solar (Fototérmica y Fotovoltaica). Sevilla.
- METCALF & EDDY. 1996. *Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. Mc Graw Hill Interamericana de España. 3ª Ed. Madrid.
- INSTITUTO DIDACTIA. 2012. Curso " *Aplicaciones de Energía Solar en el Tratamiento de Aguas Residuales*" Almería.
- PERRY, ROBERT. 2001. *Manual del Ingeniero Químico*. Editorial Mc Graw Hill Interamericana 7ª Edición.

RETEMA

Revista Técnica de Medio Ambiente

Para: David García Corchero

Empresa: Hydroconsult

Teléfono:

Fax:

De: Agustín Casillas

Empresa: RETEMA, Revista Técnica de Medio Ambiente

Teléfono: 91 471 34 05

Fax: 91 471 38 98

Fecha: 29/10/2015

Total de Páginas: 1

Comentarios:

Por el presente escrito, certifico que el artículo titulado: "Calentamiento del Fango en un Digerstor Anaeróbico Mediante la Aplicación de Energía Solar", cuyo autor es David García Corchero, lo hemos recibido y será publicado en el nº 188 (Enero-Febrero 2016) de nuestra revista RETEMA Medio Ambiente.

Firmado:

Agustín Casillas
Director



EDITA: C. M. PUBLICACIONES
C/ Jacinto Verdaguer, 25, 2ºB-Esc. Izda.
28019 MADRID

Tel.: 91/4713405 - Fax: 91/4713898

E-mail: info@retema.es

Web: www.retema.es