



UNIVERSITAT_{DE}
BARCELONA

(Auto)suficiència energètica d'una petita explotació ramadera

Autor: Arnau Martorell Sala

Tutor: Josep Maria Chimenos Ribera

Curs acadèmic: 2015-16

Màster en Energies Renovables i
Sostenibilitat Energètica



Agraïments

Arribats en aquest punt, en que estàs acabant de redactar el Treball Final i on toca escriure aquesta part, t'adones que s'està acabant una etapa de la vida, bastant intensa i enriquidora per part meva, i també notes un sentiment de felicitat per veure que aconseguiràs allò que fa un temps desitjaves, però tot això no hauria estat possible sense l'ajuda d'algunes persones i aquesta part va dedicada a elles.

En primer lloc, voldria donar les gràcies al tutor que he tingut durant aquest Treball Final de Màster, en Josep Maria Chimenos, que des del primer moment em va animar per realitzar aquest treball i oferir-me la seva experiència en aquest camp.

També vull donar les gràcies a l'Òscar Morales de GasPorc, que m'ha facilitat totes les dades que he necessitat sobre plantes de biogàs i la seva experiència en la instal·lació de moltes altres plantes que hi ha en funcionament al país, ja que sense aquestes dades hagués estat tot una mica més feixuc.

Per últim, donar les gràcies a la família i amics, encara que alguns no hagin acabat d'entendre gaire bé què és el que estava fent, sempre hi han sigut i han tingut un moment per preguntar a veure com m'estava anant tot plegat.



Contingut

Agraïments	3
Llistat de figures	6
Llistat de taules	7
Glossari.....	7
1. Objectius.....	8
2. Antecedents	8
2.1. El procés de digestió anaeròbia	8
2.2. Aprofitament energètic del biogàs.....	8
2.3. L'efluent de la digestió anaeròbia.....	9
2.4. Utilització del digestat.....	10
3. Els purins i la seva problemàtica situació a Catalunya	10
3.1. Problemàtica dels purins.....	11
4 . Descripció del procés	14
4.1. Hidròlisi	15
4.2. Acidogènesi	15
4.3. Acetogènesi.....	16
4.4. Metanogènesi.....	16
4.5. Condicions de funcionament	16
4.5.1. Paràmetres ambientals	16
4.5.2. Paràmetres operacionals	17
5. Instal·lacions.....	18
6. Estudi cas pràctic.....	19
6.1. Descripció de l'explotació porcina	19
6.2. Granja d'estudi	20
6.3. Balanç energètic.....	21
6.4. Instal·lacions.....	24
6.4.1. Dipòsit influent i efluent.....	24
6.4.2. Digestor i gasòmetre	25
6.4.3. Cogenerador.....	26
6.4.4. Tractament del gas.....	26
En la instal·lació de la planta s'inclou un bufador de dessulfuració, que assegura una aportació d'aire controlada per la dessulfuració biològica del gas en el fermentador.	27
6.4.5. Vàlvula de seguretat i torxa	27



6.5. Pressupost	27
6.6. Emissions de CO ₂	28
7. Anàlisi DAFO	29
8. Conclusions.....	30
Referències.....	31
Abstract	33
Annex	34

Llistat de figures

Figura 1: Principals usos del biogàs. Font: Textos científicos.....	9
Figura 2: Mapa de la producció de residus ramaders per comarques espanyoles. Font: Probiogas.....	11
Figura 3: Cicle del nitrogen al sòl. Font: Western Australia, Department of Agriculture and Food.....	12
Figura 4: Mapa de les zones vulnerables a Catalunya. Font: Estudi de la contaminació per nitrats a les aigües subterrànies de Catalunya.....	12
Figura 5: Visualització gràfica de l'evolució de les dades de nitrats a la comarca d'Osona. Font: Grup Defensa del Ter.	13
Figura 6: Procés de digestió anaeròbia. Font: Gujer, W. and Zehnder, A. J. B. 1983.....	15
Figura 7: Esquema general d'una instal·lació de digestió anaeròbia. Font: Producció de biogàs per codigestió anaeròbia.....	18
Figura 8: Característiques productives dels porcs. Font: Manejo y producción porcino.....	20
Figura 9: Visió general de la planta i el balanç d'energia. Font: Pròpia.	22
Figura 10: Consums específics mitjans del sector porcí. Font: lavola	23
Figura 11: Condicions ambientals aconsellables per els porcs segons l'etapa en què es trobin.....	23
Figura 12: Aspecte instal·lació tipus del model UTS Kairos. Font: UTS.	24
Figura 13: Agitador elèctric 18,5 kW UTS. Font: UTS.	26
Figura 14: Model filius 104 de la marca 2G. Font: 2G.....	26

Llistat de taules

Taula 1: Classificació i potencial de producció de metà de diferents substrats. Font: Flotats et al., 2011	9
Taula 2: Dades del valor mitjà de la concentració de nitrats a les comarques en estudi des de l'any 2003 al 2012. Font: Estudi de la contaminació per nitrats a les aigües subterrànies de Catalunya.....	13
Taula 3: Estimació de la producció de biogàs. Font: Pròpia.....	21
Taula 4: Característiques del biogàs obtingut en la digestió anaeròbica. Font: Pròpia.	21
Taula 5: Especificacions del motor de cogeneració escollit. Font: Pròpia	21
Taula 6: Balanç energètic de la planta de biogàs. Font: Pròpia.	22
Taula 7: Consum energètic de la granja. Font: Pròpia.	23
Taula 8: Característiques del dipòsit de digestat. Font: Pròpia.	25
Taula 9: Paràmetres de la planta. Font: Pròpia.....	25
Taula 10: Característiques del digestor anaeròbic. Font: Pròpia.	25

Glossari

kWh_e : kilowatt hora elèctric

kWh_{th} : kilowatt hora tèrmic

1. Objectius

El present estudi té com a objectiu l'anàlisi de la viabilitat d'una instal·lació de codigestió anaeròbia de la barreja de purins de porc i els residus de la indústria dels suc de fruita per cobrir les demandes energètiques de la pròpia granja. Es tracta de proposar una solució sostenible a la problemàtica situació de les dejeccions ramaderes del sector porcí a Catalunya, que és el més important dins del sector ramader i que causa grans problemes a les zones amb més presència d'aquesta activitat, com poden ser les comarques d'Osona, Segarra, les Garrigues, etc.

La possible solució és proposar una avaluació de reaprofitament de residus de diferents activitats per a l'obtenció d'energia, els de la pròpia granja i els de la indústria dels suc de fruita, i aconseguir millorar la sostenibilitat energètica d'aquest sector, que ja de per si és bastant insostenible.

És una possible solució als problemes generats per l'ús de recursos fòssils energètics en aquesta activitat ramadera que està molt estesa pel territori. En cas que es posessin en funcionament plantes d'aquest tipus en més granges, s'aconseguiria reduir la demanda d'energia per part dels ramaders.

2. Antecedents

2.1. El procés de digestió anaeròbia

La digestió anaeròbia és un procés biològic en absència d'oxigen, a partir del qual, la matèria orgànica es degrada i se n'obtenen dos productes diferents: un gas combustible (biogàs) i un residu (digestat). Aquest procés es dona de forma natural en diverses situacions, com per exemple al fons de les llacunes i dels aiguamolls, en la descomposició de la matèria orgànica dels abocadors, en el sistema digestiu dels remugants, etc.

El combustible que s'obté és en forma de gas (tal com ho és el gas natural), el qual s'anomena biogàs perquè s'ha obtingut a partir d'un procés biològic. Està format principalment per metà (50-80%), diòxid de carboni (20-50%), altres que poden ser hidrogen, aigua o amoníac (1-5%) i àcid sulfhídric (<4000 ppm), els percentatges varien depenen dels residus o subproductes orgànics que s'hagin utilitzat durant el procés i les condicions del mateix. Per poder-lo utilitzar ha de passar per un procés que en redueixi el contingut en àcid sulfhídric per evitar la corrosió dels materials de la instal·lació.

El residu orgànic obtingut està bastant degradat (digestat/estabilitzat), i es pot utilitzar com a biofertilitzant del sòl en els camps de conreu (evitant la utilització de fertilitzants químics) o com a acondicionador degut a l'augment relatiu de riquesa de nitrogen, fòsfor, potassi i altres components minerals que experimenten els residus metanogènics (alt contingut en metà) com a conseqüència de la mineralització provocada pel procés de la digestió anaeròbia.

2.2. Aprofitament energètic del biogàs

El biogàs és una font d'energia renovable, ja que el metà s'ha obtingut a partir de la digestió de matèria orgànica. Aquest procés en molts casos usa residus orgànics que anirien a l'abocador, o a algun altre tractament finalista sense aprofitament energètic, i per tant, també és una

forma sostenible de gestionar aquests residus, que en cas de no fer-ho serien desaprofitats i es perdria el seu contingut energètic.

El biogàs obtingut, en principi, es pot utilitzar en un motor de combustió interna que estigui preparat per funcionar a partir de gas natural. Se'n pot obtenir energia tèrmica (calor), o energia tèrmica i elèctrica mitjançant la tecnologia de cogeneració, i se li poden donar diferents usos segons les necessitats que es vulguin cobrir (Figura 1):

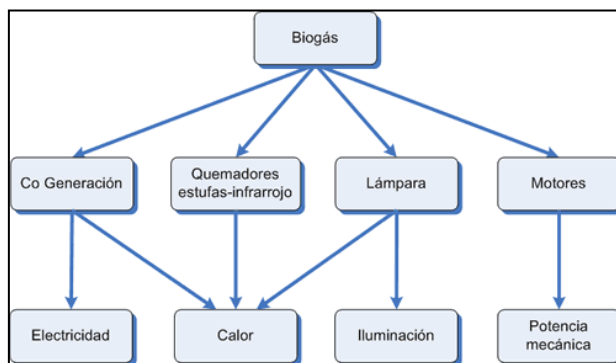


Figura 1: Principals usos del biogàs. Font: Textos científics.

El rang més baix de poder calorífic del biogàs va de 17.900 a 28.650 kJ/m³ en funció del % de CH₄ (50-80%). Es pot aproximar el poder calorífic a partir de la següent expressió:

$$\text{Poder calorífic del biogàs (kJ/m}^3\text{)} = \frac{35800}{100} \cdot \% \text{ CH}_4$$

Els substrats que es poden utilitzar per la producció de biogàs són molts diversos i cal saber la seva composició per quantificar la quantitat de biogàs que es podrà produir, seguidament es mostra una classificació dels diferents substrats útils per l'obtenció de biogàs:

Taula 1: Classificació i potencial de producció de metà de diferents substrats. Font: Flotats et al., 2011

Codi CER	Codi de subgrup	Descripció del residu	m ³ CH ₄ /t residu		GI (%)
			Mín.	Màx.	
020101	020101-1	Fangs d'escombrador	28,00	51,06	29,17
	020101-2	Tèxtils vegetals	39,16	65,87	25,43
	020101-3	Fangs de depuradora de la indústria alimentària	14,30	44,82	51,63
	020101-4	Pinyolada o sansa	5,36	29,10	68,87
020102	020102-1	Residus de conill	5,38	14,84	46,78
	020102-2	Sang	38,93	100,00	43,95
	020102-3	Tèxtils animals aviram	65,00	300,00	64,38
	020102-4	Tèxtils animals no aviram	76,44	244,55	52,37
	020102-5	Residus de peix	69,45	204,34	49,27
	020102-6	Sèu i greix	447,20	562,00	11,38
	020102-7	Tèxtils animals	65,00	300,00	64,38
	020102-8	Intestins i continguts	31,20	53,04	25,93
020103	020103-1	Rapa	32,00	40,01	11,11
	020103-2	Capes sobrants de la ceba	38,85	70,56	28,98
	020103-3	Residus de fruites	59,35	84,34	17,40
	020103-4	Residus de cereals	47,54	62,54	13,63
	020103-5	Bolets	18,65	29,23	22,08
020106	020106-1	Gallinassa	18,20	93,60	67,44
	020106-2	Fems	69,71	124,38	28,16
	020106-3	Purins	2,90	26,00	79,94

CER: Catàleg Europeu de Residus

GI: Grau d'Incertesa

2.3. L'efluent de la digestió anaeròbia

Com ja s'ha comentat anteriorment, a part del biogàs s'obté un altre producte en la digestió anaeròbia, que és l'efluent, que es tracta d'una mescla de sòlids no digerits en un medi aquós.

El digestat o residu de la digestió anaeròbia és una suspensió de color gris fosc, sense olors ofensius, formada per una mescla de sòlids de tamany i consistència variable, els quals es troben en suspensió o dispersos en medi aquós, formats bàsicament per compostos ja estabilitzats difícilment digeribles i alguns compostos orgànics simples fàcilment assimilables pels vegetals.

L'augment relatiu de riquesa de nitrogen, fòsfor, potassi i altres components minerals que experimenten els residus metanogènics (alt contingut en metà) com a conseqüència de la mineralització provocada pel procés de la digestió anaeròbia, causa una disminució del contingut de matèria orgànica a l'efluent (oscil·la entre el 26% i el 77 % segons el contingut de compostos cel·lulòsics, hemicel·lulòsics i hidrosolubles). És important tenir en compte aquesta dada quan s'utilitza el fertilitzant en forma sòlida o semi-sòlida, com és aquest cas en el que s'obté el purí digerit, i és apte com a adob.

2.4. Utilització del digestat

Els digestats poden utilitzar-se de forma integral, és a dir, tal i com surten del digestor, o bé poden sotmetre's a un fraccionament previ per processos de concentració per decantació/sedimentació, centrifugació o assecatge; que separin amb més o menys precisió la part sòlida de la líquida (Danès, R. et al., 1995).

En el cas més específic dels fems líquids (residu ramader en forma líquida) que, són els que més problemes plantegen en quant a contaminació, la principal alternativa per a la utilització de l'efluent és el seu ús com a fertilitzant agrícola; és una de les alternatives més interessants perquè s'inscriu amb facilitat a la pràctica de la ramaderia intensiva i no suposa cap mena de professionalització del ramader.

3. Els purins i la seva problemàtica situació a Catalunya

En aquest treball, ens centrarem en l'obtenció de biogàs a partir dels purins degut a l'elevada quantitat que se'n generen a Catalunya per part del sector porcí, i la seva actual gestió que fa insostenible aquesta activitat econòmica.

Els purins són un producte semi sòlid o líquid constituït per una barreja de dejeccions sòlides (excrements), líquides (orina), restes de jaç, restes de producte d'alimentació dels animals i aigua en quantitats variables (generalment superior al 85% en pes). La principal característica és el seu baix nivell de matèria seca, la qual oscil·la entre un 2 i un 15%. Els purins representen un elevat volum, tenen un contingut alt de nitrogen i fòsfor i la seva composició heterogènia i variable depèn en gran mesura del sistema de maneig de les explotacions, alimentació, estat fisiològic, època de l'any i sistema d'emmagatzematge. Els factors més condicionants de la composició dels purins són l'alimentació i les condicions de maneig de l'explotació ramadera.

El nombre d'explotacions ramaderes del sector porcí a Catalunya a l'any 2012 era de 6.113, de les quals 4.367 dedicades a l'engreix i 1.746 dedicades a la reproducció, mentre que el nombre de caps de bestiar porcí s'aproxima en més de 6.84 milions (INFORMES PIMEC, 2014). Això suposa una generació de més de 15 milions de m³ de purins anuals a Catalunya, i un excedent de més de 650.000 m³ de purins, ja que la llei permet abocar entre 40.000 i 60.000 litres de purins per hectàrea de conreu (depenent de la seva situació geogràfica i de la vulnerabilitat per contaminació de les aigües subterrànies).

En concret, a Catalunya existeixen 6 plantes de tractament integral de purins mitjançant assecatge tèrmic (que actualment es troben parades), que havien de servir per tractar aquests excedents que no poden ser abocats al sòl. Aquestes plantes es van construir fa més de 12 anys, en àrees on l'elevada quantitat de bestiar feia difícil la gestió dels purins porcins, com una solució en aquell moment per tal de donar temps a què es desenvolupessin altres tecnologies. A aquestes plantes se'ls va garantir un preu especial de l'energia que produïen per a un període de 15 anys, però amb efectes del 13 de juliol de 2013 en l'Ordre ministerial on s'especifica que aquestes plantes, que rebien una retribució per la seva vida útil regulatòria d'aproximadament el 7% de la inversió en una planta tipus, eficient i ben gestionada, passaran a cobrar molt menys del que s'havia promès en un primer moment, fet que fa impossible la viabilitat d'aquestes plantes i dificulta encara més la gestió dels purins en aquestes zones d'alta intensitat ramadera.

En el següent mapa (Figura 2), es poden veure quines són les comarques que tenen més quantitat de residus de procedència ramadera, on es pot comprovar que bastantes comarques catalanes tenen valors elevats:

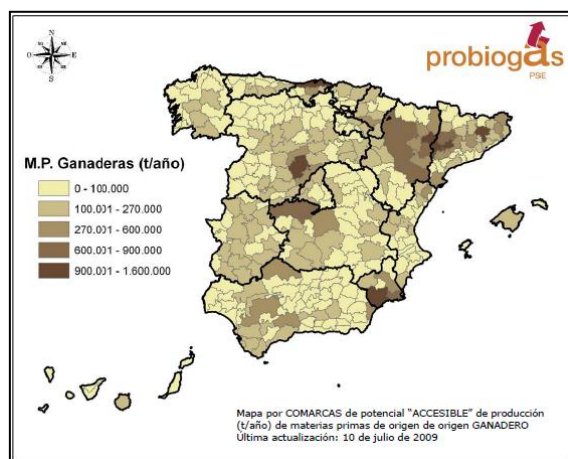


Figura 2: Mapa de la producció de residus ramaders per comarques espanyoles. Font: Probiogas

3.1. Problemàtica dels purins

La presència natural de nitrats, NO_3^- , (forma estable de les estructures del nitrogen, i tot i la seva baixa reactivitat química, pot ésser reduït per acció microbiològica) a l'aigua superficial o subterrània és conseqüència del cicle natural del nitrogen (Figura 3), però en algunes zones hi ha hagut una alteració d'aquest cicle, i el nitrat ha passat a ser el principal contaminant de les aigües, concretament a les zones amb alta activitat agrícola i on s'usen els purins per fertilitzar el sòl. Aquests usos, sumats a la presència natural del nitrogen creen un excés de concentració de nitrats al sòl que no poden ser utilitzats per les plantes per a la síntesis de proteïnes vegetals. Per tant, aquest excés de nitrats pot arribar a les aigües superficials així com infiltrar-se a través del sòl i arribar als aqüífers subterranis.

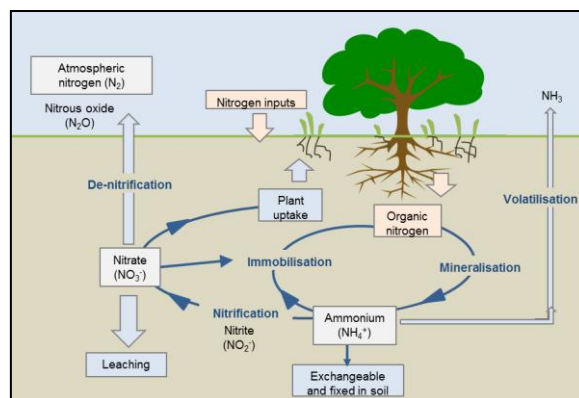


Figura 3: Cicle del nitrogen al sòl. Font: Western Australia, Department of Agriculture and Food.

L'Organització Mundial de la Salut (OMS) assenyalava com a valor màxim orientatiu per als nitrats en l'aigua de consum humà el límit de 50 mg/l, amb l'objectiu de prevenir el principal problema tòxic dels nitrats, que és principalment, la metahemoglobinèmia (increment de metahemoglobina a la sang; una hemoglobina modificada incapaç de fixar l'oxigen i que provoca limitacions del seu transport als teixits).

Els efectes de la contaminació a les aigües subterrànies són difícilment reversibles i per això són un medi especialment vulnerable i objecte d'especial protecció. És per aquest motiu que es designen les zones vulnerables, que són àrees en què l'escolament i la infiltració de les aigües que s'hi produeix provoquen o poden provocar la contaminació per nitrats, amb la finalitat de prevenir i reduir la contaminació de les aigües per nitrats. el decret 136/2009 regula els procediments per garantir la correcta gestió de les dejeccions ramaderes i dels fertilitzants nitrogenats en l'àmbit de Catalunya. Al territori català, les zones vulnerables queden repartides en 12 Àrees diferents al llarg del territori (Figura 4).

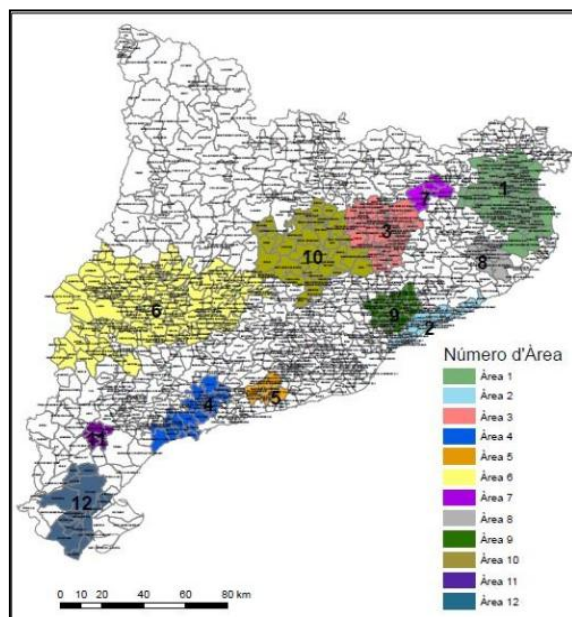


Figura 4: Mapa de les zones vulnerables a Catalunya. Font: Estudi de la contaminació per nitrats a les aigües subterrànies de Catalunya.

Però la situació a Catalunya, tal i com ho afirma l'Agència Catalana de l'Aigua en el seu estudi "Evolució i estat de les aigües subterrànies de Catalunya a conseqüència de la contaminació per nitrats", està lluny dels objectius de protecció de les aigües subterrànies, ja que la presència de compostos nitrogenats i especialment de nitrats és el principal problema de contaminació difusa a les aigües subterrànies de Catalunya. La principal font de nitrogen d'origen agrari són les dejeccions ramaderes i els fertilitzants minerals i les repercussions d'aquesta contaminació a Catalunya es produeixen en l'àmbit de la captació d'aigua destinada a l'abastament públic. Els resultats obtinguts en l'"Estudi de la contaminació per nitrats a les aigües subterrànies de Catalunya", s'ha observat que la concentració mitjana de nitrats a les aigües subterrànies és més elevada que el que permet la llei en la majoria de comarques estudiades (Taula 2).

Taula 2: Dades del valor mitjà de la concentració de nitrats a les comarques en estudi des de l'any 2003 al 2012.

Font: Estudi de la contaminació per nitrats a les aigües subterrànies de Catalunya.

Comarca	Nitrats (mg/l)									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Alt Penedès	19,5	44,5	25,0	52,6	22,4	27,7	34,1	51,8	66,3	65,5
Baix Camp	53,1	57,2	47,4	49,3	57,1	47,3	52,7	47,9	43,0	37,9
Baix Empordà	34,0	41,9	36,2	27,4	21,4	22,3	20,7	26,6	22,8	25,0
Baix Penedès	61,9	49,6	42,9	30,8	32,6	33,1	34,7	35,7	50,1	39,5
Garrotxa	28,4	32,5	41,1	29,3	28,4	28,5	25,6	26,2	23,5	
Maresme	89,9	97,5	106,4	129,5	136,5	84,9	102,5	106,7	103,8	176,3
Osona	80,4	73,9	94,7	59,3	57,4	73,5	84,4	84,4	84,7	75,6
Pla de l'Estany	46,4	56,5	42,5	53,2	44,0	37,4	44,5	44,6	42,7	44,7
Segarra	59,1	72,0	59,5	62,3	51,6	52,6	62,3	80,8	63,8	57,8
Segrià	76,8	64,9	41,9	59,2	47,1	36,0	77,7	46,1	40,2	49,5
Tarragonès	36,8	32,7	35,3	38,2	40,6	48,4	49,8	47,7	49,6	57,4
Urgell	50,9	81,7	68,1	67,8	74,3	53,3	76,4	80,5	72,9	57,4

Les comarques amb aigües subterrànies més contaminades per nitrats actualment són el Maresme (176,3 mg/l), Osona (75,6 mg/l) i la Segarra (57,8 mg/l), totes amb un nivell mitjà de nitrats superior al límit màxim segons la legislació vigent (50 mg/l).

S'extreuen les mateixes conclusions de l'estudi del Grup de Defensa del Ter (GDT), que inclou la comparativa dels resultats de l'anàlisi de l'aigua de les fonts i alguns pous de la comarca d'Osona des de l'any 1999 (moment en que es va posar en funcionament la primera planta de tractament de purins), fins a l'any 2014 (en que s'han tancat totes les plantes existents per la retirada de les primes). En la visualització gràfica (Figura 5), es pot comprovar com la concentració de nitrats a les fonts d'Osona ha augmentat i s'ha estès en una àrea més gran de la comarca, afectant més fonts i pous durant el període de 1999 a 2014.

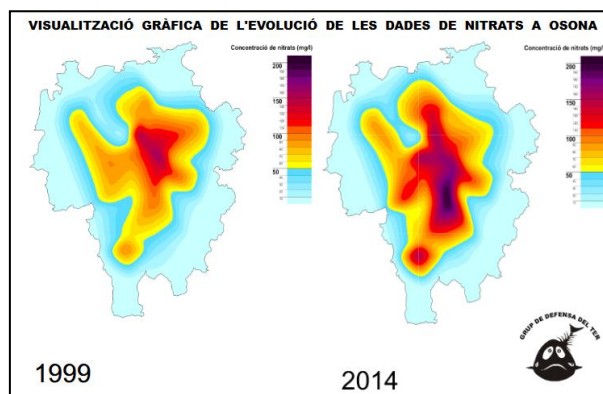


Figura 5: Visualització gràfica de l'evolució de les dades de nitrats a la comarca d'Osona. Font: Grup Defensa del Ter.

Tots aquests estudis, demostren que el model centralitzat de tractament de purins que existia fins que es van eliminar les primes que rebien les suposades plantes de tractament de purins no ha servit per reduir la contaminació als aqüífers de les comarques més ramaderes de Catalunya, sinó que en molts casos ha servit per augmentar la concentració de nitrats. L'objectiu original d'aquestes plantes promogudes per l'administració era solucionar la problemàtica dels excedents de purins i la contaminació que provoquen en les aigües subterrànies, però simplement eren simples plantes de cogeneració que feien electricitat cremant gas d'Algèria, sense utilitzar energies renovables, amb aquest procés es generava calor per assecat el purí (la part líquida passa a l'atmosfera i la part sòlida es porta a compostar o abocador).

Es pot afirmar que les suposades plantes de "tractament de purins" han estat un fracàs a tres nivells diferents, per a l'Administració (perquè no han servit per gestionar correctament el desastre de la contaminació de les aigües subterrànies), pels pagesos (perquè no ha estat una fórmula viable ni sostenible de gestió dels purins), i per la ciutadania (perquè hem subvencionat les plantes amb els nostres diners i encara tenim els pous més contaminats del que ja estaven anteriorment).

És per aquest motiu que s'ha de trobar una solució eficaç i sostenible per solucionar aquesta problemàtica actual degut a la alta generació diària d'aquests residus. Potser una solució és el tractament en plantes més petites i properes a les explotacions ramaderes, aconseguint l'autosuficiència energètica de les mateixes granges per fer el procés mediambientalment i econòmicament viable.

4. Descripció del procés

La digestió anaeròbica de la matèria orgànica es caracteritza per l'existència de quatre etapes diferenciades, que són: la hidròlisi, l'acidogènesi, l'acetogènesi i la metanogènesi (Figura 6). Aquestes quatre etapes es poden encabir en dos fases principals segons les seves condicions de pH i la presència d'oxigen. La primera fase la componen la hidròlisi i l'acidogènesi, mentre que la segona fase l'acetogènesi i la metanogènesi.

En les reaccions que tenen lloc s'alliberen compostos i energia que serveixen als microorganismes per créixer. Els propis microorganismes fan possible aquestes reaccions, que utilitzen per al seu propi benefici, alimentació i creixement. Els microorganismes anaerobis utilitzen poca energia de tota la que tenen disponible; la seva velocitat de creixement és lenta i necessiten poc material orgànic per a construir la seva massa cel·lular, fet que provoca una gran acumulació d'energia disponible en forma de metà. Però el desavantatge de les reaccions anaeròbies és que són molt lentes i requereixen un temps de procés elevat i un gran volum dels digestors. Per compensar-ho s'intenta obtenir una alta concentració de microorganismes per reduir el temps i volum necessaris perquè es produeixi el procés de descomposició.

La digestió anaeròbia es pot produir en digestors amb diferents configuracions segons el nombre d'etapes. El sistema més simple és el d'una sola etapa en el que tots els anteriors processos es produeixen simultàniament en un sol reactor. El sistema de dos o múltiples etapes consistirà en separar els diferents processos, de manera que la hidròlisi, l'acidogènesi,

l'acetogènesi i la metanogènesi es produiran en diferents reactors en funció del número de reactors de què es disposi (Bouallagui et al., 2005).

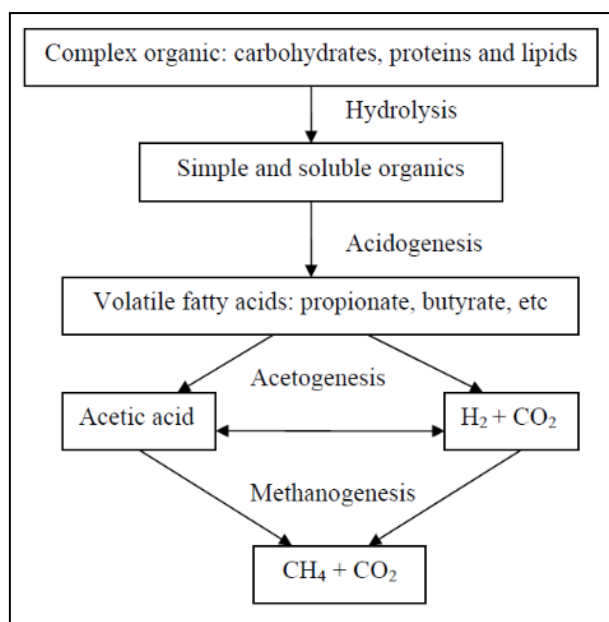


Figura 6: Procés de digestió anaeròbia. Font: Gujer, W. and Zehnder, A. J. B. 1983.

4.1. Hidròlisi

El primer pas necessari perquè la població microbiana pugui utilitzar els biopolímers complexos és la hidròlisi, perquè els bacteris, generalment, no són capaços de digerir la matèria orgànica particulada; el substrat ha de ser dividit en polímers o monòmers solubles. Durant aquesta etapa, els bacteris fermentadors, converteixen els compostos solubles de matèria orgànica complexa i altres compostos d'alt pes molecular com ara proteïnes, lípids, àcids nucleics i polisacàrids en aminoàcids, sucres i àcids grassos. Els productes que s'obtenen al final del procés d'hydròlisi dependran del tipus de compostos que hagin estat hidrolitzats, així com els enzims que hi prenen part. D'aquesta manera, la matèria polimèrica complexa es converteix en monòmers per l'acció d'enzims hidrolítics secretats pels bacteris, com ara lipases, proteases, cel·lulases o altres. També, durant aquesta etapa, lípids, proteïnes, àcids nucleics i polisacàrids són hidrolitzats a àcids grassos, aminoàcids, purines i pirimidines, i monosacàrids, respectivament. Els enzims implicats són lipases, que degraden els greixos, proteases, que degraden les proteïnes, i cel·lulases, que degraden la cel·lulosa.

4.2. Acidogènesi

En aquesta etapa, els productes obtinguts en la hidròlisi -aminoàcids, àcids grassos i sucres- són els substrats per dur a terme la fermentació. Es converteixen a àcids grassos volàtils, alcohols, diòxid de carboni i hidrogen per l'acció de diferents bacteris acidogènics. Els principals àcids que es formen en aquesta etapa són l'àcid acètic, l'àcid propiònic, l'àcid butíric i l'etanol. Els precursors del metà com són l'hidrogen i l'acetat passen a l'etapa final, la metanogènesi, mentre que els altres productes, els de degradació intermèdia, es sotmeten a una altra etapa, l'acetogènesi.

4.3. Acetogènesi

L'acetogènesi és el procés a través del qual bacteris anaeròbics produeixen acetat a partir de diverses fonts d'energia, els compostos intermedis (àcids orgànics, alcohols,...) són consumits pels bacteris acetogènics i transformats a àcid acètic, diòxid de carboni i hidrogen. Aquest darrer és metabolitzat pels bacteris homoacetogènics, per generar més àcid acètic.

Les diferents espècies de bacteris que s'encarreguen de realitzar aquest procés es coneixen com acetògens, concretament són anomenats organismes acetògens productors obligats d'hidrogen (OHPA).

4.4. Metanogènesi

La producció del gas metà en la digestió anaeròbia es produeix quan els materials han estat completament degradats en dos productes; hidrogen i acetat, així com altres productes finals que no participen en la producció de metà. Existeixen dos substrats dels quals es forma metà, i per tant, dos tipus de metanogènesi (també dos grups de bacteris metanogènics). Són la metanogènesi acetoclàstica i la hidrogenotròfica: els bacteris acetoclàstics, degraden l'àcid acètic (actua com a donador d'electrons) per formar diòxid de carboni i metà. L'altre precursor per el metà, és l'hidrogen, que es degrada per l'acció dels bacteris hidrogenotròfics; els consumidors que utilitzen l'hidrogen com a donador d'electrons i el diòxid de carboni com a acceptor d'electrons per produir metà.

Pràcticament el 70% del metà produït en un digestor s'origina a partir d'àcid acètic a partir de la reacció anterior, degut a que l'hidrogen és el limitant en el digestor, i significa que l'acetat és el principal precursor per la producció de metà.

4.5. Condicions de funcionament

El funcionament d'un digestor anaerobi està condicionat a una sèries de paràmetres que es poden classificar en dos grups diferents: paràmetres ambientals i paràmetres operacionals. Seguidament es detallaran quins són aquests paràmetres i se'n farà una breu descripció de cadascun d'ells.

4.5.1. Paràmetres ambientals

Temperatura: és un paràmetre ambiental i operacional. En el cas de paràmetre ambiental, té una importància rellevant en el procés, especialment en els bacteris metanogènics, ja que aquests són sensibles a canvis de temperatura, de manera que una disminució de pocs graus respecte la temperatura habitual de treball, interromp la producció de metà, però sense afectar la producció d'àcids grassos volàtils (AGV), fet que pot provocar una acumulació dels mateixos al reactor i desestabilitzar el procés de digestió.

pH i alcalinitat: els diferents microorganismes presenten màxima activitat en un rang de pH segons la fase del procés en la que es trobin: es considera que l'òptim per la hidròlisi i l'acidogènesi són pH inferiors a 7, mentre que per la l'acetogènesi i la metanogènesi es necessiten pH superiors a 7 (7,2-7,8).

Factors inhibidors/estimuladors: els cations de metalls alcalins i alcalinoterris (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) en concentracions baixes tenen efectes estimuladors, ben al contrari que en concentracions altes on poden ser altament inhibidors.

En el cas de cations de metalls pesats (Fe, Co, Mo i Ni) cal una concentració baixa per promoure el creixement dels bacteris metanogènics. L'addició de sulfurs fa que aquests metalls pesats precipitin (excepte en el cas del crom, que forma una sal soluble) i es pugui controlar la inhibició que podrien provocar.

Altres compostos que poden actuar com a inhibidors són els compostos orgànics, els dissolvents, els antibiòtics, els pesticides, els detergents i el nitrogen amoníacal (N-NH_3), que a baixes concentracions inhibeixen l'activitat metanògena.

Els àcids grassos volàtils (AGV) també poden tenir efectes tòxics, però no és degut a l'acidesa pròpia, sinó que n'és responsable la forma no ionitzada. A un pH baix, els AGV poc dissociats tenen un efecte tòxic important, mentre que a un pH neutre, la seva toxicitat és feble.

Nutrients: cal que el substrat a digerir en la digestió anaeròbia contingui tots els elements necessaris pel creixement dels microorganismes, especialment carboni, nitrogen i fòsfor. La relació òptima entre C/N/P és 150/5/1. En el cas que hi hagi excés de nitrogen, aquest es pot acumular en forma d'amoníac, que pot assolir nivells tòxics i inhibidors pels bacteris.

Potencial redox: ha de ser suficientment baix per poder assegurar el desenvolupament de poblacions metanogèniques estrictes. En cultius purs els bacteris metanogènics requereixen potencials d'oxidació-reducció compresos entre -300 mV i -330 mV.

4.5.2. Paràmetres operacionals

Temperatura: la digestió anaeròbia es pot produir en tres rangs de temperatura:

- Psicròfila (temperatura inferior a 20°C)
- Mesòfila (entorn de 35°C)
- Termòfila (entorn de 55°C)

Com més alta és la temperatura, més gran és la velocitat de creixement dels microorganismes i del procés, però també s'agreugen els problemes de control i d'estabilitat (més problemes d'inhibició per amoníac). Es sol treballar en el rang mesòfil, però si el nitrogen amoniacal no és limitant, pot ser recomanable treballar en el rang termòfil, ja que en aquest rang es millora la higienització del residu.

Agitació: cal mantenir un grau d'agitació moderat (ha de ser suficient per mantenir les partícules en suspensió, però no prou violent com per trencar els agregats de bacteris).

Temps de retenció: és el temps que el material a digerir es troba dins del digestor i sotmès a l'activitat bacteriana. El temps de retenció hidràulic (TRH) és el quocient entre el volum del digestor i el cabal de tractament:

$$\text{TRH} = V_{\text{reactor}} / Q_{\text{alimentació}}$$

El temps de retenció cel·lular (TRC) és el temps mitjà en què els microorganismes són al reactor, en un reactor completament mesclat, els dos temps coincideixen:

$$\text{TRC} = V_{\text{reactor}} \cdot C_{\text{bio,reactor}} / (Q_{\text{purga}} \cdot C_{\text{bio,purga}})$$

Si el reactor té un sistema de retenció de sòlids, el TRC és més alt que el TRH i el TRH pot baixar per sota del valor del reactor completament mesclat per a una mateixa eficiència.

5. Instal·lacions

Les instal·lacions bàsiques d'una planta de digestió anaeròbia es mostren a la Figura 7, que està formada de forma general per 8 unitats bàsiques i per tres circuits diferenciats (matèria orgànica, gas i calefacció digestor):

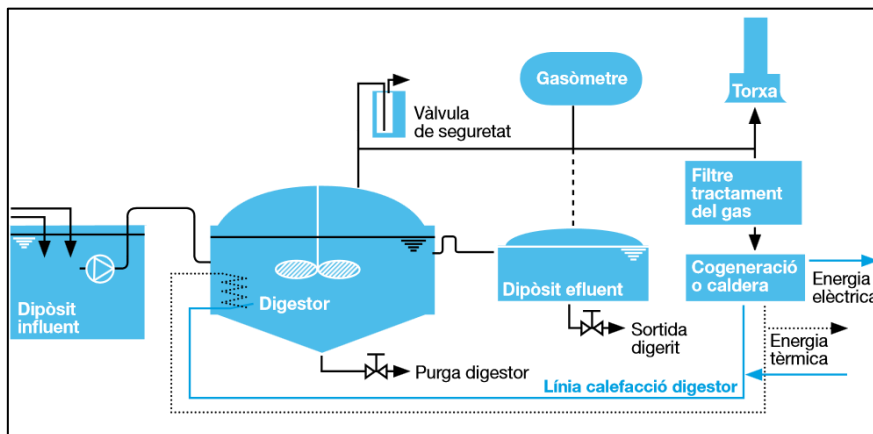


Figura 7: Esquema general d'una instal·lació de digestió anaeròbia. Font: Producció de biogàs per codigestió anaeròbia.

- 1- Dipòsit influent: on s'emmagatzema la matèria abans de digerir-la al digestor.
- 2- Digestor: part més important de la planta i on es produeix la digestió anaeròbia.
- 3- Dipòsit efluent: on s'acumula el digestat abans del seu possible ús com a biofertilitzant pel sòl.
- 4- Caldera o cogenerador: unitat que permet aprofitar el poder energètic del biogàs, mitjançant la obtenció d'electricitat o calor i electricitat.
- 5- Filtre tractament de gas: el biogàs que surt del digestor està saturat d'humitat i conté concentracions apreciables de sulfur d'hidrogen (H_2S), cal un tractament previ abans del seu ús a la caldera.
- 6- Torxa: unitat per cremar excedents de biogàs en moments de baix consum.
- 7- Gasòmetre: volum d'acumulació de gas que serveix per a cobrir el possible desfasament entre producció i consum.
- 8- Vàlvula de seguretat: ha de permetre obrir el circuit de forma automàtica quan s'arriba a una pressió de consigna degut a una acumulació de biogàs.

6. Estudi cas pràctic

L'objectiu del projecte és dissenyar a petita escala una planta de tractament de purins dins d'una explotació porcina a la localitat d'Alguaire, de la comarca del Segrià. El digestor anaeròbic serà l'encarregat de digerir els purins juntament amb els residus provinents de la indústria dels sucres de fruita, concretament de l'empresa Indulleida, S.A. Es realitzarà un tractament individualitzat en el que el granger controlarà el funcionament de la instal·lació quan hagi rebut la formació corresponent.

El biogàs, que és un dels productes que s'obtenen en el procés de digestió anaeròbia, servirà de combustible per a la pròpia planta i s'aprofitarà fent-ne un ús elèctric i tèrmic dins de la granja per cobrir les demandes energètiques. El disseny va destinat a una explotació mitjana de cicle tancat.

6.1. Descripció de l'explotació porcina

En una explotació porcina, els animals (caps de bestiar) són porcs, i dins d'una mateixa explotació hi poden haver diferents tipus d'animals, ja que es poden tenir porcs per engreixar-los (i posteriorment destinar-los a la indústria càrnia) o es poden tenir moltes femelles reproductores amb garrins. A una granja de porcs hi pot haver-hi fins a 6 tipus d'animals:

- Femelles reproductores que estan gestant (femelles gestants).
- Femelles reproductores que han parit i estan alletant els garrins (femelles lactants).
- Garrins que alleten de la truja.
- Porcs que s'han separat de la truja (deslletament) i s'estan engreixant (animals d'engreix).
- Mascles reproductors.
- Mascles i femelles que no han arribat a la maduresa sexual però seran utilitzats per ser reproductors (mascles i femelles de reposició).

Els tipus d'animals que abunden més a les granges són els quatre primers, cada tipus d'animal requereix una alimentació determinada i això també tindrà efecte en la composició dels purins.

Segons els tipus d'animals que hi ha, es poden diferenciar quatre tipus d'explotacions:

- Cicle tancat: femelles, porcs de deslletament i d'engreix.
- Cicle obert: femelles i garrins fins a 15 kg (no hi ha engreix).
- Granges de producció de garrins.
- Granges d'engreix.

L'evacuació dels purins en qualsevol tipus d'aquestes naus esmentades anteriorment és mecànica i comandada mitjançant un temporitzador, cada certes hores unes pales recorren la fossa localitzada sota l'engraellat del sòl de les naus i acompanyen els purins cap a la capçalera, des d'on, per gravetat, arriben a la fossa de recepció.

La principal demanda d'energia tèrmica és per la calefacció de les naus de parts i les naus de transició (veure Figura 11), en el cas de les granges de cicle tancat. D'altra banda, les naus dedicades a l'engreix no requereixen d'energia tèrmica, només d'elèctrica per l'enllumenat i la ventilació.

La demanda energètica de la nau està determinada per la temperatura exterior, per renovacions d'aire i quantitat i pes dels animals allotjats. Així, la instal·lació de la planta de biogàs dins de la mateixa explotació aconseguirà cobrir aquesta demanda energètica.

6.2. Granja d'estudi

Es considera que a la granja d'estudi, que és de cicle tancat, hi ha:

- 1000 porcs d'engreix
- 250 truges
- 600 garrins de deslletament

La producció diària estimada de purins és d'uns 10 m³ (considerant que cada porc genera uns 5,5 L de purí diaris), i que hi ha uns 1850 porcs simultàniament a la granja. A partir de les dades de la Figura 8, extreta del document "Manejo y producción del porcino", es fa una estimació de quina serà la rotació anual de nous garrins tenint en compte que hi ha 250 truges en edat reproductiva que poden parir unes dues vegades anuals amb una mitjana d'aproximadament 11 cries per part i les corresponents taxes de supervivència, aproximadament es criaran uns 5000 garrins nous cada any.

Característica productiva	Registro habitual
Primera cubrición fértil (meses)	7-8
Duración del ciclo sexual (días)	21 ± 3
Duración de la gestación (días)	114 ± 2
Prolificidad (nº de lechones/parto)	10-13 (<9 - >15)
Peso lechón al nacimiento (kg)	1,2-1,4 (<1,0 - >2,0)
Duración de la lactación (días)	21-42
Mortalidad lechones en lactación (%)	10-15 (<5 - >20)
Peso del lechón al destete (kg)	5-8
Intervalo destete-celo (días)	3-5 (2 - 9)
Partos/cerda/año	2,0-2,5
Vida útil de las madres (años)	2-3
Reposición anual (%)	40-50 (30 - >55)
Peso vivo salida destete-transición (kg)	18-22 (<15 - >30)
Mortalidad en destete-transición (%)	3-10
Peso vivo al matadero (kg)	100-105 (<80 - >140)
Mortalidad en crecimiento y cebo (%)	1-8
Cerdos vendidos cerda/año	20-26 (<18 - >28)

Figura 8: Característiques productives dels porcs. Font: Manejo y producción porcino.

La codigestió es realitzarà fent servir els residus de la indústria dels sucres de fruita que seran 3 tones diàries, d'una barreja de diferents fruites. Així, el total de residus a codigir i les seves característiques pel que fa al potencial d'obtenció a biogàs estan especificades a la Taula 3:

Taula 3: Estimació de la producció de biogàs. Font: Pròpia.

Producció de biogàs				
Descripció	Unitats	Purí de porc	Orujo de frutas	Total
Quantitat total per any	t/a	3650,00	1095,00	4745,0
Quantitat per dia	t/d	10,00	3,00	13,0
Contingut en matèria seca	%	3,50	35,00	10,8
ST-Cantidad de materia seca	kg TS/d	350,00	1050,00	1400,0
STV-Contingut orgànic de matèria seca %	%	85,00	86,00	85,8
STV-Contingut orgànic de matèria seca	kg TS/d	297,50	903,00	1200,5
Producció possible de gas	m ³ /(kg TS d)	0,45	0,50	
Contingut en metà	%	58,00	51,50	52,99
Producció de biogàs	m ³ /d	134	452	585,4

Segons els resultats obtinguts una vegada realitzada la simulació de la producció de biogàs, es veu que es requereix un motor de cogeneració amb una potència elèctrica de 49 kW i 54 kW de potència tèrmica (Taula 6), s'escull un model que compleixi aquests requeriments.

6.3. Balanç energètic

Per tal de fer el càlcul de la producció d'electricitat i calor que generarà el motor, cal fer l'estimació del poder calorífic que conté el biogàs obtingut segons el % de CH₄ del mateix:

$$\text{Poder calorífic (kJ/m}^3\text{)} = 35800/100 \cdot 53 \% \text{ CH}_4 = 18.974 \text{ kJ/m}^3$$

Taula 4: Característiques del biogàs obtingut en la digestió anaeròbica. Font: Pròpia.

Biogàs	
Producció de biogàs	585 m ³ /d
Contingut en metà	53 %
Poder calorífic	18974 kJ/m ³
Fluctuació qualitat	5 %
Disponibilitat de la planta	24 h/d

Taula 5: Especificacions del motor de cogeneració escollit. Font: Pròpia

Especificacions motor cogeneració	
Model	2G filius 104
Potència elèctrica	50 kW
Potència tèrmica	70 kW
Eficiència elèctrica	0,353
Eficiència tèrmica	0,498

Amb les dades obtingudes del poder calorífic del biogàs i les especificacions tècniques del motor de cogeneració (Taules 4 i 5), es calculen els kWh elèctrics i tèrmics que es generaran diàriament i es fa el balanç energètic de la planta de biogàs amb l'autoconsum propi per mantenir el funcionament de la mateixa, a la Figura 9 es pot veure un esquema de la planta i el seu balanç:

$$585 \text{ m}^3 \text{ biogàs} \cdot \frac{18974 \text{ kJ}}{\text{m}^3} \cdot \frac{2,778 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}}{1 \text{ kJ}} \cdot 0,353 = 1.088 \text{ kWh}_e/\text{d}$$

$$585 \text{ m}^3 \text{ biogàs} \cdot \frac{18974 \text{ kJ}}{\text{m}^3} \cdot \frac{2,778 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}}{1 \text{ kJ}} \cdot 0,498 = 1.535 \text{ kWh}_{th}/\text{d}$$

Taula 6: Balanç energètic de la planta de biogàs. Font: Pròpia.

Balanç d'energia de la planta de biogàs		Autoconsum planta	
Poder elèctric	49 kW	Electricitat	4 kW (8 %)
Poder calorífic	54 kW	Tèrmica	20 kW (36 %)
Elect/d	1.088 kWh/d	Elect/d	96 kWh/d
Termic/d	1.535 kWh/d	Termic/d	480 kWh/d
Elect/any	362.667 kWh/a	Elect/any	32.000 kWh/a
Termic/any	511.667 kWh/a	Termic/any	160.000 kWh/a

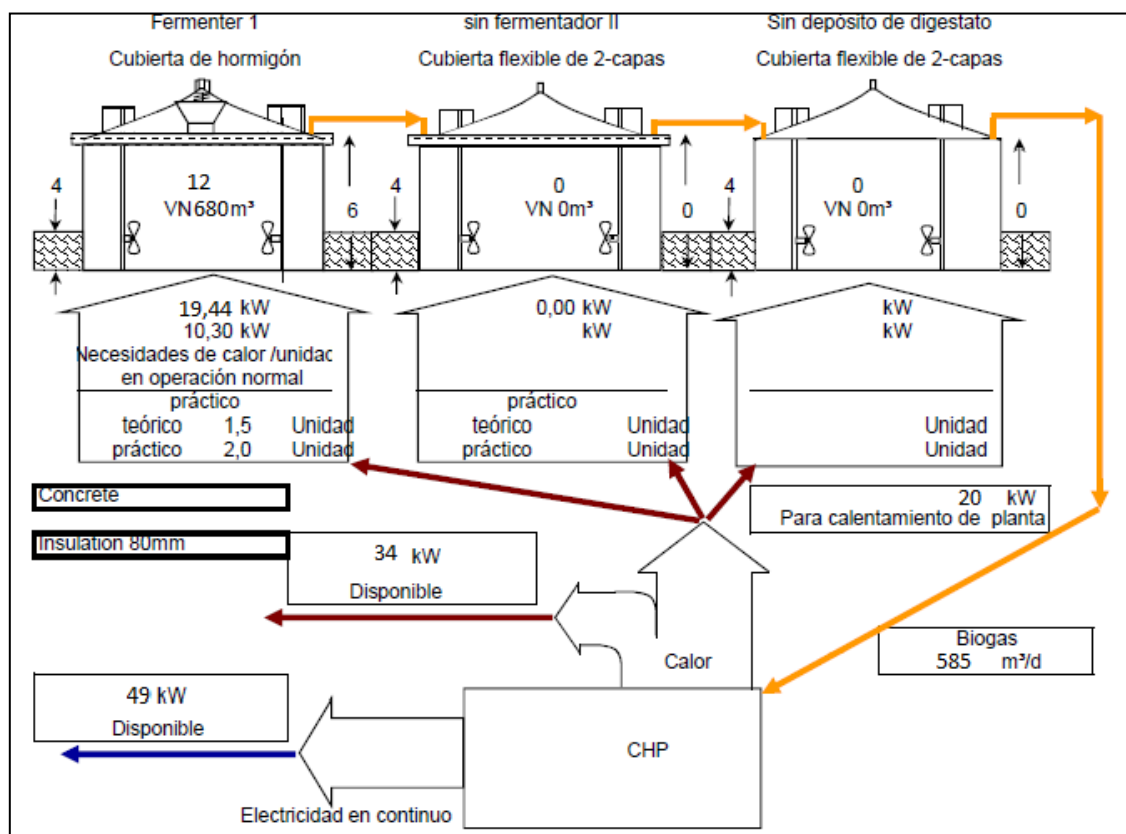


Figura 9: Visió general de la planta i el balanç d'energia. Font: Pròpia.

Aproximació de l'energia necessària per una granja tipus segons l'estudi de *lavola Serveis per la sostenibilitat* (Figura 10), on es detalla que el major consum d'energia es centra en les etapes de parteres i desllament, que consumeixen un 80% del total d'energia ja que s'han de mantenir unes condicions favorables per als porcs en tot moment, i les temperatures adequades es troben resumides a la Figura 11.

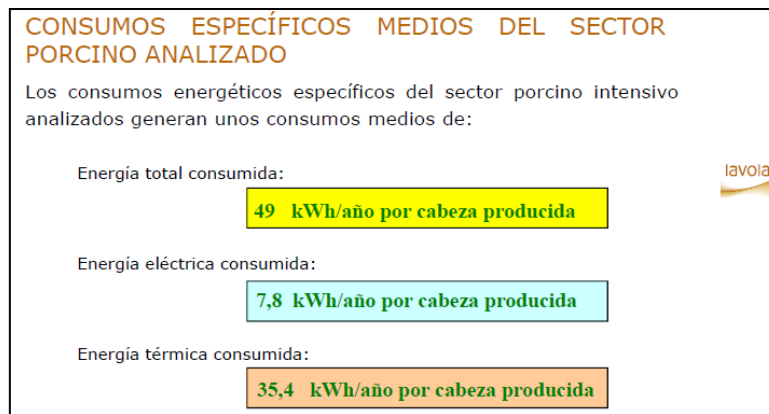


Figura 10: Consums específics mitjans del sector porcí. Font: lavola

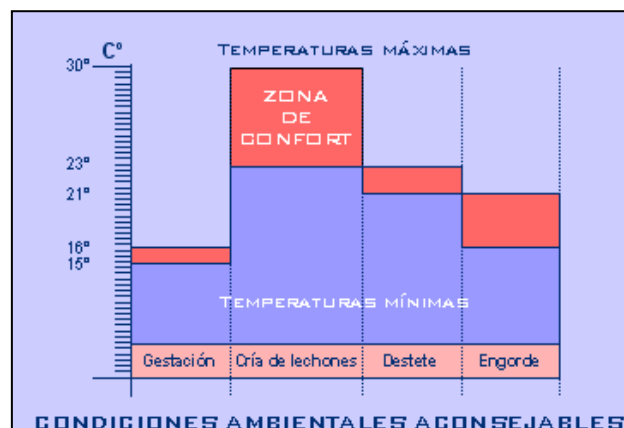


Figura 11: Condicions ambientals aconsellables per els porcs segons l'etapa en què es trobin.

A partir de les dades de l'anterior estudi es determina el consum aproximat d'energia elèctrica i tèrmica diària per porc (Taula 7):

$$\frac{7,8 \text{ kWh}}{6 \text{ meses} \cdot \text{porc}} \cdot \frac{1 \text{ mes}}{31 \text{ dies}} = 0,0419 \text{ kWh}_e/\text{d} \cdot \text{porc}$$

$$\frac{35,4 \text{ kWh}}{6 \text{ meses} \cdot \text{porc}} \cdot \frac{1 \text{ mes}}{31 \text{ dies}} = 0,1903 \text{ kWh}_{th}/\text{d} \cdot \text{porc}$$

Taula 7: Consum energètic de la granja. Font: Pròpia.

Consum energètic granja	
Elect/d	77,58 kWh _e /d
Termic/d	352,05 kWh _{th} /d
Elect/any	28.317 kWh _e /a
Termic/any	128.498 kWh _{th} /a

Aquests consums no són exactes per cada dia de l'any, ja que depenen de les condicions meteorològiques exteriors i el moment del cicle reproductiu en què ens trobem, així la demanda de calefacció augmentarà durant els mesos de l'hivern i la de refrigeració a l'estiu.

Com era d'esperar la producció d'energia a partir de la planta de biogàs supera la demanda necessària de la pròpia granja i com que de moment no surt a compte vendre-la a la xarxa, es poden utilitzar els excessos per millorar el benestar dels animals, fet que s'ha demostrat que és beneficiós per el seu creixement. Una de les opcions és escalfar l'aigua de beuratge ja que a vegades quan es serveix molt freda costa que els animals se la beguin (augmentant-ne la temperatura s'aconsegueix que en beguin més).

6.4. Instal·lacions

La proposta que es fa és de la companyia UTS Biogas Ltd, que té varies ofertes segons les característiques i tamany de la planta que es volen instal·lar. S'opta per el seu model UTS Kairos que és per plantes majors de 50 kW, i el seu aspecte és el que es pot veure a la Figura 12:

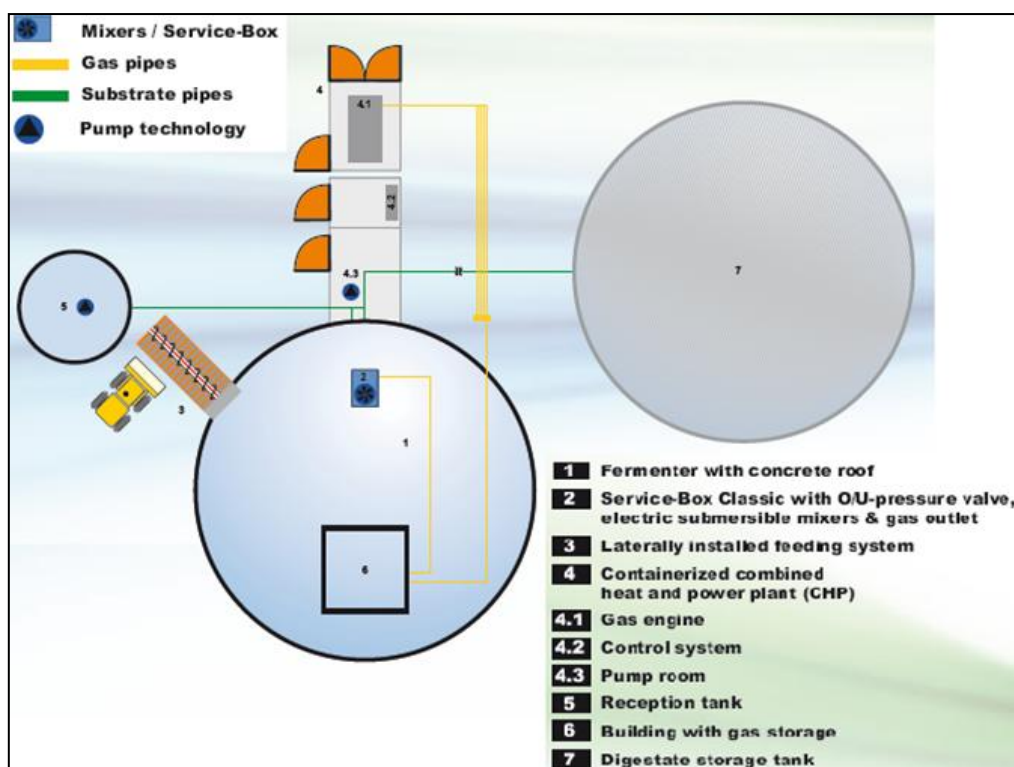


Figura 12: Aspecte instal·lació tipus del model UTS Kairos. Font: UTS.

6.4.1. Dipòsit influent i efluent

El dipòsit influent (d'entrada), que és on s'emmagatzemen els purins abans de passar al digestor, ha d'estar cobert per evitar l'entrada d'aigües pluvials i l'emissió de males olors. En el cas del dipòsit efluent (de sortida), també és recomanable que estigui cobert, però en aquest cas per a aprofitar el biogàs que es genera encara de l'efluent digerit, tot i que sigui en quantitats molt petites, el que es fa és una connexió amb el digestor perquè s'acabi cremant en el cogenerador. Per complir amb el requisit legal d'aplicació agrícola i amb la previsió que el magatzem de digerit s'allargarà durant uns mesos, una coberta estanca servirà per a recollir el biogàs que es va produint durant aquest temps (un procés que l'activen els bacteris que van sortint del digestor).

Taula 8: Característiques del dipòsit de digestat. Font: Pròpia.

Dipòsit de digestat	Unitats	
Temps d'emmagatzement	D	180
Quantitat produïda	m ³ /d	13
Quantitat emmagatzemada	m ³ /d	13
Dipòsit d'emmagatzement	m ³	2340

6.4.2. Digestor i gasòmetre

El digestor és la part més important de tota la instal·lació, ja que és on es produeix la digestió anaeròbia i del seu disseny i condicions en dependrà l'èxit del procés. Cal que sigui un recipient estanc fabricat a partir de formigó o acer, amb un volum ocupat per la massa en digestió i un volum de cap, ocupat per el gas, també cal un espai per retenir les escumes que es puguin produir i perquè no passin al circuit de gas.

El gasòmetre és un volum d'acumulació de gas que serveix per a cobrir el possible desfasament entre producció i consum, com una bateria en una instal·lació elèctrica, ja que la producció de biogàs és continua al llarg del dia però els consums de gas del cogenerador poden ser variables, depenent de la demanda. En aquest cas, el gasòmetre està incorporat en el mateix digestor, es deixa un volum addicional per sobre del que necessita el propi digestor que actua com a gasòmetre.

Els paràmetres i característiques del digestor estan resumides en les Taules 9 i 10, obtingudes a partir de les característiques dels residus a digerir.

Taula 9: Paràmetres de la planta. Font: Pròpia.

Càrrega orgànica de la planta de biogàs	Unitats	Fermentador I
Quantitat total per dia	m ³ /d	13,00
Temps de retenció hidràulic	TRH	52
Volum del fermentador	m ³	676
STV-Quantitat orgànica en la matèria seca	kg TS/d	1201
Càrrega orgànica	kg TS/d(m ³ /d)	1,78

Taula 10: Característiques del digestor anaeròbic. Font: Pròpia.

Tamany del tanc	Unitats	Tanc calculat
Tipus UTS 200		
Altura en m	m	6
Diàmetre	m	12
Volum	m ³	679
Volum útil	m ³	622
Número		1
Volum útil total	m ³	622
Volum gasòmetre	m ³	224

Per aconseguir la homogeneïtzació correcta de la mescla del reactor s'utilitza un agitador elèctric situat a dins del digestor, concretament és 18,5 kW de potència (Figura 13) i s'activa

durant uns 6 minuts a l'hora per mantenir les condicions necessàries. El proveïdor també és la companyia UTS



Figura 13: Agitador elèctric 18,5 kW UTS. Font: UTS.

6.4.3. Cogenerador

El cogenerador és la unitat que permet aprofitar el poder energètic del biogàs, i s'utilitza en els casos que es vulgui cobrir tan les demandes d'energia elèctrica com les de tèrmica. En aquests equips, el gas es crema en un motor de combustió interna que acciona un alternador, produint energia elèctrica. Del circuit de refrigeració de l'equip i dels fums d'escapament es recupera energia tèrmica en forma d'aigua calenta o vapor. El rendiment elèctric pot estar comprès entre el 30 i el 40% depenent de l'equip, i el rendiment global (elèctric més tèrmic) pot arribar fins al 85%.

S'escull una caldera de cogeneració de la marca 2G i més concretament el model Filius 104 (Figura 14), que té una potència elèctrica de 50 kW i una potència tèrmica de 70 kW, les eficiències són del 35,3 % i 49,8 % respectivament.



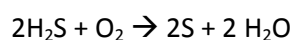
Figura 14: Model filius 104 de la marca 2G. Font: 2G.

6.4.4. Tractament del gas

El biogàs que surt del digester està saturat d'humitat i també conté concentracions apreciables de sulfur d'hidrogen (H_2S), que és corrosiu i pot provocar danys greus en l'equip de cogeneració. Per tant, cal un tractament previ al seu ús, d'aquesta manera també s'aconsegueix augmentar-ne el seu poder calorífic. En el cas d'utilitzar el biogàs en una caldera o en una cogeneració, només s'ha d'eliminar el S i la humitat. En cas d'aplicacions més específiques caldria un tractament complet i eliminar també el CO_2 present en el biogàs.

Per tal d'eliminar la humitat que conté el biogàs que es va condensant a les canonades del circuit de gas, cal instal·lar purgadors (dipòsits petits amb aixeta de buidat) al llarg de les canonades per anar recollint l'aigua condensada i evitar la seva acumulació en el circuit.

Existeixen diferents mètodes per eliminar el sulfur d'hidrogen, dels quals el més utilitzat és l'ús d'un procés biològic de transformació de sulfur a sofre mitjançant uns bacteris capaços d'oxidar el sulfur d'hidrogen amb la presència d'oxigen i matèria orgànica per créixer. La descomposició del H_2S per formar sofre es dona segons la següent equació:



En la instal·lació de la planta s'inclou un bufador de dessulfuració, que assegura una aportació d'aire controlada per la dessulfuració biològica del gas en el fermentador.

6.4.5. Vàlvula de seguretat i torxa

En els casos en què la velocitat de consum de biogàs és inferior a la velocitat de producció, es pot donar una acumulació de gas en el circuit i un augment de pressió. Per tal que aquesta pujada de pressió no afecti cap element del circuit (com pot ser el gasòmetre que, malgrat ser flexible, pot admetre fins a una pressió màxima determinada), la vàlvula de seguretat ha de ser capaç d'obrir el circuit de forma automàtica quan s'arriba a una pressió de consigna.

La vàlvula de seguretat més simple s'obté submergeint una derivació de la canonada de biogàs en una columna d'aigua, i en el moment que la pressió supera la columna d'aigua, el gas bombolleja i surt del sistema.

L'evacuació de biogàs a l'atmosfera per la vàlvula de seguretat s'ha de produir tan sols en casos aïllats, i cal fer-ho de manera controlada, cremant el gas en una torxa comandada per un pressostat per tal de no alliberar CH_4 sinó CO_2 , ja que el CH_4 té aproximadament un efecte d'hivernacle 21 vegades superior al CO_2 .

6.5. Pressupost

A partir d'una oferta d'una planta de 100 kW Kairos d'UTS per part de GasPorc es calcula el cost de la planta de 50 kW, on bàsicament la variació del preu serà el menor volum del fermentador i el motor de cogeneració.

Del preu que es detalla en el pressupost que es pot trobar a l'Annex, s'aconsegueix una reducció d'uns 44.000 € per la menor potència del motor de cogeneració, i d'uns 60.000 € per la reducció del volum del digestor. D'aquesta manera, el total de la inversió per la planta proposada de 50 kW és de **398.000 €**.

Considerant que antigament hi havia una caldera de gasoil a la granja per satisfer les demandes de calefacció i les elèctriques a partir del consum d'electricitat, els estalvis anuals que s'aconseguiran seran els següents:

$$128.498 \text{ kWh}_{th} \cdot 860 \text{ kcal/kWh} = 110.508.280 \text{ kcal/any}$$

El consum de gasoil per produir aquests quilocalories necessàries era de:

$$\text{Gasoil C: } 8550 \text{ kcal/L i } 85 \% \text{ eficiència caldera} = 7267,5 \text{ kcal/L}$$

$$\frac{110.508.280 \text{ kcal/any}}{7267,5 \frac{\text{kcal}}{\text{L}}} = 15.205 \text{ L gasoil, a un preu de } 0,791\text{€/L} = 12.027\text{€/any}$$

El preu de l'electricitat amb una tarifa 2.1A per potències d'entre 10 i 15 kW és de 0,1449 €/kWh, i per tant, el que es pagava d'electricitat era:

$$28.317 \text{ kWh}_e \cdot 0,1449 \text{ €/kWh} = 4.103 \text{ €/any}$$

El total a estalviar anualment és de $12.027 + 4.103 = 16.130 \text{ €}$

Davant la dificultat de vendre el digestat que s'obté de la digestió anaeròbia, degut a que s'han de demostrar una sèrie de requisits pel que fa a les seves característiques i assegurar que seran les mateixes sempre, es descarta la possibilitat de venda i això fa que es deixi d'ingressar una quantitat de diners que servirien per recuperar la inversió inicial. De manera que només queden els ingressos que s'obtindran per actuar com a gestor de residus de la indústria de fruites i els preus actuals són d'aproximadament uns 20 €/tona.

Anualment es tracten unes 1.095 tones de residus de la indústria dels sucres, de forma que s'esperen ingressar uns 21.900 €.

Els costos de manteniment de la planta són baixos perquè al ser un model compacte ja està dissenyat perquè s'hagin de fer poques parades, però s'estimen en uns 5.000€ anuals. I d'aquesta manera el balanç total anual entre els ingressos i les despeses de la planta són:

$$\text{Flux net: } 16.130 + 21.900 - 5000 = \mathbf{33.030\text{€}}$$

Per tal de fer el càlcul de la recuperació de la inversió s'utilitza el Període de Retorn de la Inversió (PRI):

$$\text{PRI} = \frac{\text{Inversió}}{\text{Flux net}} = \frac{398.000}{33.030} = 12,04 \text{ anys}$$

És un període de retorn molt elevat amb les condicions que existeixen actualment a Espanya pel que fa a la producció d'energia a partir de fonts renovables, en el cas que es poguessin vendre els excessos d'electricitat a la xarxa s'aconseguiria reduir bastant el temps de recuperació de la inversió fent més atractives aquest tipus de decisions pels ramaders. En el cas que la situació no millori serà un fet puntual que algun ramader es decideixi a instal·lar un digestor anaeròbic i una planta de biogàs i seguirà existint el mateix problema amb els purins que ja hi ha avui en dia.

6.6. Emissions de CO₂

En la situació inicial on es consumia electricitat de la xarxa i la utilització de la calefacció de gasoil de què es disposava generaven unes emissions de CO₂ (OCCC,2013), que es veuen reduïdes per la posterior utilització de biogàs:

$$28.317 \text{ kWh} \cdot 248 \text{ g CO}_2/\text{kWh} = 7 \text{ tn CO}_2$$

$$15.205 \text{ L gasoil} \cdot 2,79 \text{ kg CO}_2/\text{L gasoil} = 42,4 \text{ tn CO}_2$$

Per tant, el total que d'emissions de CO₂ que s'emetien anualment era de 49,4 tn de CO₂ i ara passa a emetre's zero emissions perquè es considera que el biogàs és neutre pel que fa a emissions de CO₂.

7. Anàlisi DAFO

Aspectes favorables	Aspectes desfavorables
FORTALESES	DEBILITATS
· Tecnologies madures · Autosuficiència energètica · Independència energètica en cas de problemes de subministrament · Promoure i impulsar la reducció de residus contaminants · Tractament d'una part dels residus orgànics · Baixos costos d'operació · Baix requeriment de mà d'obra	· Alts costos d'inversió · Alta dependència del bon funcionament de l'equip de producció
OPORTUNITATS	AMENACES
· Invertir en noves tecnologies, i especialment en energies renovables · Reaprofitament de residus per a l'obtenció d'energia i estalvi de recursos fòssils energètics · Alternativa per promoure l'ús d'energies renovables i afavorir la sostenibilitat energètica	· Alta competència en el mercat · Existeix foment a altres tipus d'energies renovables · Falta d'estabilitat legislativa · Existeixen alternatives més favorables com el gas natural · Existeix poc coneixement de la tecnologia del biogàs i el seu procés d'obtenció

8. Conclusions

La proposta realitzada permet obtenir energia per el funcionament d'una granja porcina mitjançant els residus orgànics que genera (purins) i els d'una indústria dels sucres, oferint un tractament no finalista als residus orgànics, que d'altra manera sempre acaben essent utilitzats per fertilitzar els camps que ja no poden absorbir més nitrogen i provoquen la contaminació de les aigües subterrànies de les zones amb més presència d'aquesta activitat ramadera. Permet la independència energètica de la granja i millorar la sostenibilitat energètica del sector.

La implantació d'aquest procés a petita escala, només és útil en granges de cicle tancat o de maternitat, ja que el biogàs produït s'utilitza per a la mateixa explotació. En les granges d'engreix, on quasi no hi ha demandes energètiques, aquesta opció no és rentable.

La situació milloraria de forma molt significativa si la situació legislativa fes un gir a l'estat espanyol i es permetés la venda de l'electricitat a la xarxa en condicions més favorables per part dels productors d'energia a partir de fonts renovables. S'ha comprovat que amb una legislació favorable la digestió anaeròbia és una molt bona opció per els ramaders, que poden vendre els excessos a la xarxa d'electricitat i fan viables aquestes inversions, és el cas de països com Alemanya o Itàlia, on l'ús del biogàs està molt més extès.

Tot i això, aquest gas té altres sortides encara que a Espanya no sigui comú, es pot emmagatzemar i utilitzar-lo per a usos domèstics, vendre'l (injectant-lo a la xarxa de gas natural amb un tractament previ) o fins i tot utilitzar-lo per cotxes (a Suècia ja s'utilitza).

Actualment, la viabilitat d'aquests projectes està lligada a l'estabilitat jurídica en el sector de les energies renovables, les subvencions i a la possible venda d'electricitat excedent a la xarxa (no són rentables amb la retirada de les tarifes regulades per les instal·lacions d'energies renovables, per el real decret 9/2013).

Referències

Bouallegui et al. *Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes*. Process Biochemistry 40 (2005) 989–995.

Danès, R. et al. *Manual de gestió dels purins i de la seva reutilització agrícola*. Barcelona: Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya, 1995.

Gomis, M. (2013). *Estudi de la contaminació per nitrats a les aigües subterrànies de Catalunya*. Treball Final de Carrera, Universitat de Vic.

Gujer, W & Zehnder, A. J. B. 1983. *Conversion process in Anerobic-Digestion*. Water Science and Technology, 15, 127-167.

Ivala, serveis per la sostenibilitat, 2008. *Estudios de evaluación energética en explotaciones agrarias de ganadería intensiva de porcinos*. Institut Català de l'Energia i Departament d'Agricultura Alimentació i Acció Rural.

Niñerola, J.M. et al. *Evolució i estat de les aigües subterrànies de Catalunya a conseqüència de la contaminació per nitrats*. Agència Catalana de l'Aigua, 2006.

Paramio, M^a T. et al., *Manejo y producción de porcino*. Departament de Ciència Animal i els Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona.

Observatori de la pime. El sector porcí a Catalunya. INFORMES PIMEC nº: 07/2014

Oficina Catalana del Canvi Climàtic (OCCC, 2013). *Guia pràctica per el càlcul de les emissions de gasos d'efecte hivernacle*. Generalitat de Catalunya.

Enllaços web

Directa. *La contaminació per nitrats s'agreuja malgrat les plantes per tractar purins*. Osona: 19 de març de 2014. [Consulta 20/04/2016]. Disponible a :
<https://directa.cat/contaminaci%C3%B3-nitrats-sagreuja-malgrat-plantas-tractar-purins>

ECOBIOGAS, especialistes en plantes de biogàs. *Projectes*. [Consulta: 10/05/2016]. Disponible a: <http://www.ecobiogas.es/archivos/ca/projectes.php>

Grup de Defensa del Ter. *Les fonts i "les plantes de purins"*. Manlleu: 20 de març de 2014. [Consulta: 20/04/2016]. Disponible a :
<http://www.gdter.org/detall.php?idFamily=574&idProduct=888&PHPSESSID=4cc41945952e2de330bb8c6f286d50f3>

Textos Científicos. *Usos del biogàs*. [Consulta: 18/05/2016]. Disponible a :
<http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/ usos>

UTS Biogas. *Kairos System*. [Consulta: 30/05/2016]. Disponible a : <http://www.uts-biogas.com/en/plants/kairossystem.html>

UTS Biogas. *Electrical Mixing Technology*. [Consulta: 30/05/2016]. Disponible a : <http://www.uts-biogas.com/en/technology/mixing-technology/electrical-mixers.html>



2G. *Product range, CHP plants for distributed generation of heat and power.* [Consulta: 19/06/2016]. Disponible a :

http://www.2-g.com/module/dateidownload/2g_product_range.pdf

Abstract

The livestock sector has undergone in a huge restructuration in the past years in Catalonia, where is an important sector for the economy. It has gone from family farms where agricultural and livestock production were complementary activities to a progressively industrialization of the sector, especially in pigs. So, the livestock production has progressively detached from the agricultural activity of the farm, resulting in a lack of agricultural land for the reuse of the manure and slurry produced in most of the farms. The farms also need amounts of energy in order to grow the pigs, and by anaerobic codigestion of the slurry with fruit juice wastes is it possible to obtain biogas which can be used as a fuel to produce energy in a sustainable way.

In some regions of the country, where the livestock production activity is very extended (Segrià, La Segarra...), there is an excess of slurry that the subsoil cannot absorb and therefore seeps into the aquifers, contaminating sources, rivers, streams with high doses of nitrates and harmful to health. The nitrogen (in liquid form) of the slurry that cannot absorb the cultivation of the soil it transforms into nitrates and nitrites due to an oxidation process. These compounds are very soluble in water, and are dragged by rain into underground aquifers contaminating them, so the consumption of this water becomes dangerous to public health and can cause methemoglobinemia (iron in hemoglobin that make unable to carry oxygen) particularly in children. Surface waters are also not free from the effects of over application manure to the soil, and can be often contaminated due to runoff, reaching to the eutrophication of them.

The purpose of this study is to evaluate the viability of the implementation of a slurry treatment in the farm in order to produce energy with the biogas obtained in the anaerobic digestion of the organic matter and trying to solve the problems that generates the slurries in the areas where the soil cannot absorb it. The study has been done using calculations from a biogas plant installation company, who has experience in plants installation

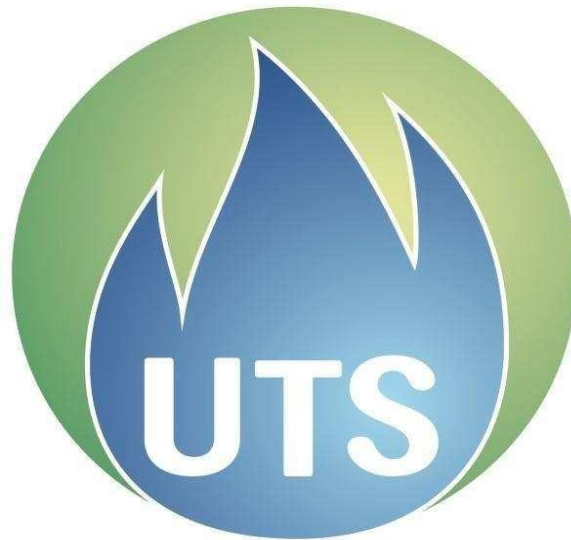
The proposal of this study allows the generation of energy to meet the energy demand for a pig farm through the own organic wastes but there is an excess of energy production that cannot be send to the general network so it takes more years to recover the initial investment. This is due to lack of favorable legislation in Spain regarding the renewable energy generators since the approval of a law by the Spanish government suppressing the tariff they received until then.

It is clear that the viability of this kind of plants is strongly related with the legislation in the country and the interest that has the country in solving the problems caused by pig slurries. It has been seen in other countries as Germany or Italy that this solution is well expanded around the country because there is favorable legislation for it.



Annex

A continuació es troba el detall d'una proposta de pressupost per una planta de 100 kW de tipus Kairos, és a partir d'aquest pressupost des d'on s'han fet els càlculs per estimar els costos de la planta de 50 kW.



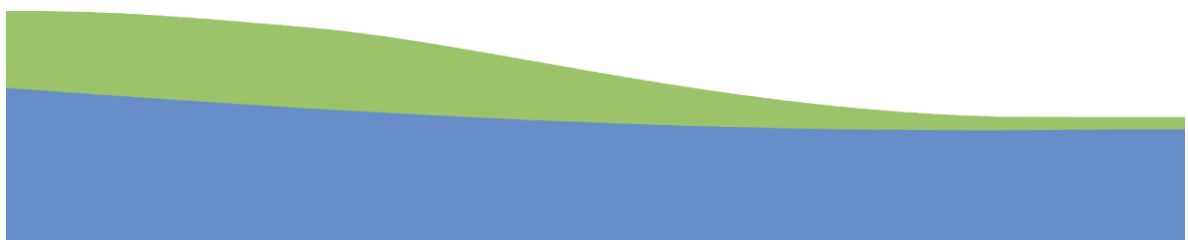
**Estimación de costo
para
Planta de Biogás
Kairos 100kW
Typ UTS Kairos®
1000**

Fecha:	23.09.2013
Nº	Budget
Realizado por:	E. Olaya

**UTS Proyectos de Energías Renovables
S.L.**

**Ctra. De Canillas 136, 1º
28043 Madrid, ES**

Tel.: +34 917218476
+34 917218476
Email.: m.amor@uts-
biogas.com Internet: www.uts-
biogas.com



3. Estimación de costo para Planta de Biogás Kairos 100kW		Nº		Budget	
M. Amor, Fecha:		24.09.2013			
Pos.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio de venta	€
1.	Fermentador				
1.1	Fermentador				
	Suministro:	Por parte del cliente			
	Depósito de hormigón armado				
	Diámetro	15,0	m		
	Altura del depósito	6,0	m		
	Volumen del depósito	1060	m³		
	Volumen útil del depósito	972	m³		
	Revestimiento interno de protección del hormigón contra la corrosión del biogás (max. 1m)	Si			
	Apoyo central	Si			
	Boca de hombre	Si			
	Altura de pared bajo el nivel del suelo	4,0	m		
	Foso para bomba	1	Ud.		
	Techo de hormigón	Si			
	Sistema completo de detección de fugas	Si			
	Aislamiento de pared, suelo y techo, incl. solado	Si			
	Cálculo estático	Si			
	Depósito con montaje completo	0	Ud.		
	Módulo de fundamento 40 MN/m²				
1.3	Técnica de calefacción para fermentador				
	Suministro:	UTS			
	Volumen de diseño aprox.	19	m³/d		
	Temperatura de fermentación máx.	40	°C		
	Diámetro interior depósito Ø	15,0	m		
	Conducto de calefacción en el fermentador, diámetro	114	mm		
	Número de circuitos	1	Ud.		
	Anillos de calefacción	2	Ud.		
	Fabricado en acero inoxidable				
	Total de calefacción en el fermentador	1	Ud.		
	Total incl. montaje				
1.5	Accesorios y tecnología básica para los agitadores en el fermentador				
	Suministro:	UTS			
	Cajón de servicio Classic para techo de hormigón	1	Ud.		
	Bastidor de montaje para cajón de servicio	1	Ud.		
	Válvula de seguridad para el cajón de servicio con sistema de descarga en venteo	1	Ud.		
	Ajuste de altura engranaje completo con cable de acero fino	1	Ud.		
	Tubo guía cuadrado para el uso en el cajón de servicio	6	m		
	Sección 150x150, acero inoxidable, profundidad del tanque: 6m	1	Ud.		
	Bastidor de montaje para empotrar en el techo de hormigón 1900 x 1.300 mm, V2A	1	Ud.		
	Cubierta de chapa con junta de goma para el bastidor en el techo de hormigón 1300 x 1900 mm	1	Ud.		
	Bastidor de montaje para empotrar en el techo de hormigón 1350 x 800 mm, V2A	1	Ud.		
	Cubierta de chapa con junta de goma para el bastidor en el techo de hormigón 1350 X 800 mm	1	Ud.		
	Ventana circular con escobilla de limpieza				
	Instalación con sellado	2	St.		
	Conexión de lavado con conducto hacia el exterior del depósito para cajón de servicio y ventanas circulares	1	Ud.		

3. Estimación de costo para Planta de Biogás Kairos 100kW		Nº		Budget	
M. Amor, Fecha:		24.09.2013			
Pos.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio de venta	€
	Plataforma de trabajo para depósitos altos, galv., para la fijación lateral con tacos para mirillas	1	Ud.		
	Total incl. montaje				
4. Depósito previo					
4.1	Depósito previo 1	Por parte del cliente			
	Suministro:				
	Depósito de hormigón armado para recepción de estiércol licuado y/o agua de infiltración				
	Diámetro	5,0	m		
	Altura del depósito	3,0	m		
	Volumen del depósito	59	m³		
	Volumen útil del depósito	49	m³		
	Altura de pared bajo el nivel del suelo	3,0	m		
	Foso de bomba	No			
	Sistema completo de detección de fugas	Si			
	Techo de hormigón	Si			
	Depósito con montaje completo	0	Ud.		
	Módulo de fundamento 40 MN/m²				
4.6	Accesorios y tecnología básica para el agitador y/o la bomba en el depósito previo	UTS			
	Suministro:				
	Bastidor de montaje para empotrar en el techo de hormigón 1350 x 800 mm, V2A	1	Ud.		
	Cubierta de chapa con junta de goma para el bastidor en el techo de hormigón 1350 X 800 mm	1	Ud.		
5. Técnica de regulación y control					
	Suministro:	UTS			
	Técnica de control mediante PLC Siemens				
	Operación a través de una pantalla táctil (Impresión en la superficie de la pantalla) con sistema gráfico en varios niveles				
	Señales de control para las operaciones y equipamiento				
	Control del sistema de agitación:				
	Funcionamiento en automático y manual de los agitadores en los fermentadores				
	Control del sistema de bombeo				
	Funcionamiento en automático y manual de la bomba en la caseta entre tanques				
	Funcionamiento en automático y manual de la bomba en la poza de recepción				
	Funcionamiento automático de la bomba de aguas residuales				
	Funcionamiento automático de la bomba de condensado				

3. Estimación de costo para Planta de Biogás Kairos 100kW		Nº		Budget	
M. Amor, Fecha:		24.09.2013			
Pos.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio de venta	€
	<u>Control de alimentación:</u> Periféricos necesarios para el control in situ <u>Control del nivel de llenado:</u> Sensor de nivel del fermentador Sensor de nivel de la poza de recepción <u>Control de temperatura</u> Medida y regulación de la temperatura en el fermentador con control de la mezcla y el bombeo Sensor de temperatura para el fermentador <u>Válvulas de control:</u> Funcionamiento en automático y manual de las válvulas magnéticas que accionan las válvulas neumáticas y las válvulas de retención Control automático de las válvulas magnéticas que accionan el lavado de las mirillas en los cajones de servicio y las mirillas de la pared del tanque, así como las válvulas de alta y baja presión. <u>Alarmas y control remoto:</u> Alarmas para agitación y bombeo Control y aviso de fallo mediante un módem <u>Programación y puesta en marcha de los agregados eléctricos en la planta:</u> Entrega, instalación y programación del sistema de control Creación del listado de cables para instalación eléctrica Visualización de la planta de biogás <i>El cliente deberá solicitar una conexión telefónica para el mantenimiento remoto de la planta de biogás</i> Control completo de la planta Material de fijación para la tecnología de gestión y automatización Total incl. montaje				
		1	Ud.		
		1	Ud.		

6. Construcción de conductos, distribución, sistema de aire comprimido	
Suministro: UTS	
6.1 Sistema de tuberías-conductos de impulsión	
Sistema de tuberías para la conexión de los depósitos a la sala de bombeo y otras sistemas previstos en la oferta, en acero inoxidable V2A. Las tuberías enterradas estarán fabricadas en PE. Conducto de condensación del pozo de agua condensada al almacén final de PE 63 mm compuesto por: material de tuberías, codos, bridas incl. Todo el material de fijación, abrazaderas para tubos y accesorios para tuberías. Total Total incl. montaje	
	1 Ud.

3. Estimación de costo para Planta de Biogás Kairos 100kW		Nº		Budget	
M. Amor, Fecha:		24.09.2013			
Pos.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio de venta	€
6.2	Sistema de tuberías - conductos de aspiración acero inoxidable y/o PE Conexión a la distribución principal tuberías, codos, bridas incl. todos los pasos, material de fijación, abrazaderas para tubos y accesorios para tuberías. Total	1	Ud.		
	Total incl. montaje				
6.3	Distribucion Galvanizado, para instalación de conductos según Anexo. Para el mando independiente de todos los depósitos, compuesto de correderas neumáticas o manuales, ver pos. 6.2, cruceta de distribución, piezas en T, pieza de compensación, soportes, abrazaderas para tubos y material de fijación Total	1	Ud.		
	Total incl. montaje				
6.4	Sistema de aire comprimido Compresor, válvulas electromagnéticas, distribuidores, conductos y otros accesorios para el control de válvulas neumáticas y/o conexiones de lavado.	1	Ud.		
6.8	Toma de muestras con conexión de llave esférica en el depósito o en el conducto de alimentación, de acero fino, para la toma de muestras para análisis del sustrato, p.ej. para la supervisión biológica Total incl. montaje	1	Ud.		
7.	Técnica de bombas Suministro:	UTS			
	Construcción intermedia/foso de bomba				
7.4	Bomba de alimentación 15 kW Bomba helicoidal excéntrica en ejecución resistente al desgaste y a la corrosión, 5-15 m ³ /h, con subestructura y accionamiento contenido en materia seca entre 5-12% de materia seca (ver datos técnicos)	1	Ud.		
	Depósito previo, pozo de drenaje y/o almacén final				
7.6	Bomba HRP 3000 E 11 kW, V2A para el vaciado de depósitos completa contenido en materia seca max.8%(ver datos técnicos)	1	Ud.		
7.9	Bomba con motor sumergible para agua sucia, versión EX 1,2 kW ATEX EX II para agua condensada o sucia completa	1	Ud.		

3. Estimación de costo para Planta de Biogás Kairos 100kW		Nº		Budget	
M. Amor, Fecha:		24.09.2013			
Pos.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio de venta	€
8.	Técnica de agitación				
Suministro:		UTS			
8.9 Agitador de inmersión ATEX TRG-E-H 185 - 18,5 kW					
Agitador de inmersión eléctrico, apropiado para el uso en la gestión de aguas residuales, así como en la industria y la agricultura, para homogeneizar y agitar estiércol licuado y sustrato en plantas de purines y biogás.					
- Hélice de dos paletas de acero fino					
- Sonda de fugas					
- Protección térmica del devanado					
- Consola de acero fino para tubo guía cuadrado					
sólo en combinación con cajón de servicio CLASSIC completa		1	Ud.		
9. Tramo de gas					
Suministro:		UTS			
9.1 Conductos de gas					
En la superficie, las tuberías son de acero inoxidable, incluyendo las válvulas de cierre para el posible funcionamiento individual de los depósitos. Las tuberías de gas enterradas son de PE					
Conducto hacia el separador de condensación					
Instalación de conductos según layout y/o R&I					
La interfaz es una conexión externa en la nave del CHP o en el contenedor del CHP. según las Directivas de seguridad para plantas de biogás		1	Ud.		
Total incl. montaje					
9.2 Soplante de desulfuración					
El soplador asegura una aportación de aire controlada para la desulfuración biológica del gas en el fermentador					
Total incl. montaje		1	Ud.		
9.3 Conductos de desulfuración					
Conducto de desulfuración para 1 depósito		1	Ud.		
Total incl. montaje					
10. Aprovechamiento y análisis del gas					
10.1 Motor de gas 1					
Suministro:		UTS			
Motor de gas de combustión interna					
Potencia eléctrica útil aprox.		100	kW		
Potencia térmica útil aprox.		121	kW		
Generador síncrono trifásico autorregulador					
Control sistema de regulación eléctrico					
Regulación de potencia automática					
incl. tramo de regulación de gas con llave esférica, filtro, dispositivo antirretroceso, Presostato de apertura por presión mínima, válvulas electromagnéticas, Armario de distribución/ técnica de conmutación CHP					
Intercambiador de calor de gas de escape,					
Compresor,					
Entrada y salida de aire,					
Intercambiador de calor de agua refrigerante,					
Refrigerador de emergencia,					
Silenciadores de tubo de escape,					
Refrigeración del aire					

3. Estimación de costo para Planta de Biogás Kairos 100kW		Nº		Budget	
M. Amor, Fecha:		24.09.2013			
Pos.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio de venta	€
	Instalación en contenedor				
	Control del motor				
	Total incl. montaje	1	Ud.		
	Puesta en servicio con biogás	1	Ud.		
10.7	Seguro contra sobrepresión/depresión para depósitos				
	Suministro:	UTS			
	Seguro contra sobrepresión/depresión para depósitos con cubierta de hormigón o techo de láminas como dispositivo de purga en caso de sobrepresión/depresión.				
	Total incl. montaje	1	Ud.		
11.	Técnica de calefacción				
	Suministro:	UTS			
11.1	Técnica de calefacción				
	Tuberías de calefacción desde la brida de salida del colector conectado al CHP hasta la caseta entre tanques y retorno de la misma				
	Colector térmico situado en la caseta entre tanques y bombeo hacia los anillos de calefacción.				
	Tubería de calefacción desde el colector térmico hacia los fermentadores.				
	Prueba de estanqueidad de la instalación.				
	Las tuberías de calefacción instaladas por UTS están diseñados para una temperatura de suministro de 75 °C, durante un periodo de tiempo (máx. 10 días) y para una reducción de la temperatura ambiente hasta un máx. de -20 °C. Si la temperatura del suministro es de solo 55 °C, la calefacción está garantizada para una temperatura ambiente de -3 °C. Si la temperatura ambiente es menor, será necesario un calentamiento auxiliar o un aumento en la temperatura de alimentación. Esto deberá preverse.				
	<i>Servicios a aportar por el cliente:</i>				
	<i>Colector y bombas en el CHP</i>				
	<i>Conexión de alimentación y retorno DN65 con rosca exterior en el CHP</i>				
	<i>Zanjas para todas las tuberías</i>				
	<i>Zona protegida contra heladas en el CHP</i>				
	<i>Conexión a consumidores de calor externos (p.ej., edificios)</i>				
	<i>Conducto de alimentación de agua principal hasta la construcción intermedia con una presión de agua de mín. 3,5 bares</i>				
	Total incl. montaje	1	Ud.		
12.	Sistema de suministro de materia sólida				
	Suministro:	UTS			
	Tipo D				
12.2	Dosificador de recepción de materia sólida				
	Volumen de recepción	8	m³		
	Cabezal de fresado con 3 uds. de tambores de fresado helicoidales	11	kW		
	Accionamiento de cadena transportadora de casquillos aprox.	0,13	kW		
	Volumen de procesamiento según sustrato	5-20	m³/h		
	Tornillo de entrada al fermentador, entrada lateral de 500 mm y tubo de 600 mm x 600 mm con tornillo en acero inox.	Ja			
	Tornillo de entrada de materia sólida abridada debajo del alimentador, paso lateral por la pared, Ø500mm, V2A	Nein			
	Bastidor de montaje para rosca de suministro vertical, V2A	Ja			
	Total incl. montaje	1	Ud.		

3. Estimación de costo para Planta de Biogás Kairos 100kW		Nº		Budget	
M. Amor, Fecha:		24.09.2013			
Pos.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio de venta	€
12.3	Dispositivo de pesaje para alimentador de materia sólida Pesaje a través de cajas dinamométricas con indicación adicional "Big" en el alimentador Total incl. montaje	1	Ud.		
13.	Movimientos de tierras				
13.1	Excavación para depósitos y cimientos Suministro:	Por parte del cliente			
	Excavación clase de suelo 3-5, almacenamiento junto a la obra sin drenaje Profundidad de excavación aprox.	4,5	m		
	Subestructura de grava/rasante/capa inferior granular Para la construcción de los depósitos se precisa un coeficiente de rigidez del terreno de mín. 40MN / m². Detección de fugas, drenaje alrededor de los depósitos, relleno y restauración del terreno. Refuerzo del terreno. Incl. movimientos de tierras para zanjas para conductos. Total	0	Ud.		
14.	Edificios y trabajos de hormigón				
14.4	Losa de hormigón para la colocación del sistema de alimentación Suministro:	Por parte del cliente			
	Losa de hormigón C25/30 aprox. de homigón preparado in situ, aplanada horizontalmente	20,0	m²		
		0	Ud.		
14.7	Cimientos de hormigón para contenedor de CHP Suministro:	Por parte del cliente			
	Losa de hormigón C25/30 aprox. para la colocación del/de los contenedor(es) de CHP	14	m²		
		0	Ud.		
14.9	Pozo de agua condensada Suministro:	Por parte del cliente			
	Pozo de plástico de PP con separador de condensación integrado de PE con escalerilla metálica Total incl. montaje	0	Ud.		
14.10	Construcción de bombeo y distribución Suministro:	Por parte del cliente			
	Construcción anexa al depósito. Como construcción de bombeo y distribución, aprox. 3 x 3m. Construcción maciza anexa al depósito, con tejado de una sola vertiente y puerta de entrada. Incl. enrejado transitable y posibilidad de descenso hacia la bomba y la distribución. total	0	Ud.		
14.11	Equipamiento de obra Suministro:	Por parte del cliente			
	Contenedor de personal y material para UTS Total para volumen de suministro UTS	0	Ud.		
	<i>Prestación a aportar por el cliente:</i> <i>agua y corriente para obra suficientes</i> <i>Otras necesidades</i>				
14.12	Pasamuros Suministro:	Por parte del cliente			
	Total para volumen de suministro UTS	0	Ud.		

3. Estimación de costo para Planta de Biogás Kairos 100kW		Nº		Budget	
M. Amor, Fecha:		24.09.2013			
Pos.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio de venta	€
14.13	Equipos elevadores, manitou, andamios, etc.				
	Suministro:	Por parte del cliente			
	Total para volumen de suministro UTS	0	Ud.		
15.	Silo horizontal				
	Suministro:	Por parte del cliente			
15.1	Elementos de hormigón prefabricados con base de hormigón				
	Dimensionamiento de silo horizontal en función de la tabla de gas con una densidad de 750 kg/m³; la base para el dimensionado del silo horizontal son 310 días	1075	m³		
	Volumen de almacenamiento necesario considerando un relleno igual a 1 m por encima del borde superior de la paredes de la zanja	806	m³		
	Número de silos	2	Ud.		
	Ancho total del silo	10,0	m		
	Longitud total del silo	27,0	m		
	Altura de pared del silo	3,0	m		
	Volumen total	810	m³		
	Total	0	Ud.		
16.	Instalación eléctrica				
	Suministro:	UTS			
16.1	Instalación eléctrica, cableado				
	Instalación de los cables de control y de potencia				
	Conexión consumidores planta de biogás				
	Conexión control planta de biogás				
	Conexión consumidores almacén final				
	Conexión control almacén final				
	Cables de control para técnica de bombeo				
	Conexión de todos los consumidores				
	Sistema de iluminación de la sala de bombeo y control				
	Total incl. montaje	1	Ud.		
	Prestaciones a aportar por el cliente:				
	Alumbrado de la calle, p.ej. con farolas				
	La interfaz es el borne de entrada en el armario de distribución UTS en la construcción intermedia.				
17.	Construcción metálica, pasarelas y plataformas				
	Suministro:	Por parte del cliente			
17.1	Carpintería metálica				
	Escalera de acceso al techo de hormigón a partir de 4m de altura	0	Ud.		
	Escalera de acceso al techo construcción intermedia	0	Ud.		
	Escalera de acceso corta	0	Ud.		
	Escalera de acceso con protección anticaída	0	Ud.		
	Protección anticaída en el techo de hormigón	0	m		
	Total incl. montaje				
18.	Suplementos/variados				
	Suministro:	UTS			
18.1	Almacenamiento externo de gas				
	Suministro:	UTS			
	Para el almacenamiento de 100 m³				
	Total incl. montaje	1	Ud.		

3. Estimación de costo para Planta de Biogás Kairos 100kW		Nº		Budget	
M. Amor, Fecha:		24.09.2013			
Pos.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio de venta	€
19.	Conexión a la red (valor estimado)				
	Suministro:	Por parte del cliente			
	Conexión a la red y conducción de cables (interfaz) desde el borne de salida del/de los CHP. Borne de entrada en la distribución principal				
	Conexión a la red global	0	Ud.		
20.	Proyecto y otras prestaciones				
20.3	Proyecto de la planta				
	Suministro:	UTS			
	Planos acotados para depósitos, planos de la planta, planos detallados, tramitación, planos detallados para técnica UTS				
	Vistas en planta y alzados de las construcciones (naves, depósitos, etc.) con inclusión de GOK				
	Plano de cimentación con conductos básicos				
	Datos sobre pasamuros / escotaduras y sobre cimentaciones e incorporación de máquinas global	1	Ud.		
20.4	Transporte, portes y embalaje				
	Suministro:	UTS			
	Transporte y participación en el embalaje de todos los materiales global	1	Ud.		
20.5	Dirección de obra / planificación de coordinación				
	Suministro:	UTS			
	Dirección de obra y coordinación de todos los trabajos in situ	1	Ud.		
20.6	Recepciones / puesta en servicio en frío				
	Suministro:	UTS			
	Recepción de la técnica UTS por un ingeniero o técnico.				
	Puesta en servicio en frío de todas las máquinas y motores. Prueba de funcionamiento extensa y ajuste de la técnica de agitación, la técnica de bombeo y otros equipos incluidos en el volumen de prestaciones.				
	Elaboración de un protocolo de recepción y entrega de la planta.	1	Ud.		
Precio de venta neto				502.798 €	