

## DEPURACIÓN BIOLÓGICA DE EFLUENTES RESIDUAIS DE INDÚSTRIAS CONSERVEIRAS

*Manuel Soto Castiñeira*

*Profesor Titular de Enxeñaría Química na Universidade da Coruña*

*Juan Manuel Lema Rodicio*

*Catedrático de Enxeñaría Química na Universidade de Santiago*

### 1. A XENERACION DE EFLUENTES RESIDUAIS NAS INDUSTRIAS CONSERVEIRAS.

Nunha industria conserveira xenera-se un elevado número de augas residuais con características mui diferentes, en función do tamaño e produtos procesados, así como dos procesos técnicos utilizados e da xestión ambiental e da auga que se realice. Nunha mesma planta poden estar presentes liñas de atún, de mexillón, de sardiña, de cefalópodos, de aproveitamento de residuos para fariña de peixe, etc. En cada unha destas liñas, poden-se xenerar varias correntes residuais<sup>1</sup>, tal como se mostra na Figura 1. Na táboa 1 recollen-se algunhas das características dos principais efluentes xerados nunha factoría situada na costa, e que utiliza auga de mar como auga de proceso<sup>2</sup>. Cando a conserveira se acha no interior, como é o caso da planta de Calvo en Carballo, os efluentes conteñen unha cantidade mui inferior de sais de orixen mariño<sup>3</sup>.

**TABOA 1**

CARACTERÍSTICAS DAS DISTINTAS CORRENTES RESIDUAIS XERADAS NA FÁBRICA DE GARAVILLA EN OGROVE

Corrente	caudal m <sup>3</sup> /sem	pH	SST (g/L)	SSV (g/L)	DQOt (g/L)	Cl- (g/L)	T (°C)	kgDQO/ semana
F. fariña	125	6,40	16,50	16,30	55,40	7,80	80	6.900
P1,desconxel.	100	6,70	0,86	0,28	1,11	18,11	4	110
P2,cocedor	20	6,30	1,92	1,24	14,50	17,15	100	290
P3,lavado	60	6,94	0,47	0,19	1,40	17,15	amb.	80
P,Total polbo	180	6,74	0,75	0,36	2,69	17,68	-	480
M1,desbarbado	8.000	7,97	1,59	0,69	1,20	19,21	amb.	9.600
M2,lavado	8.000	8,06	0,34	0,15	0,23	19,32	amb.	1.800
M3,cocedores	480	6,95	1,30	1,06	16,90	13,66	100	8.100
M4,dehidrat.	60	6,47	1,32	1,02	27,13	17,79	100	1.600
M5,transporte	1.600	8,11	0,21	0,06	0,15	19,21	amb.	240
M, Total mexill	18.140	7,99	0,91	0,41	1,18	19,11	-	21.340
A1,desconxel.	140	6,48	0,53	0,39	2,55	19,72	4	360
A2,pe.l.a sosa	105	10,39	5,04	3,76	8,37	18,34	amb.	880
A3,postpeinado	220	8,86	0,33	0,20	0,75	19,12	amb.	160
A4,lavado	240	7,99	0,52	0,33	1,70	19,34	amb.	410
A5,cocedores	255	6,18	1,93	1,74	12,36	16,79	45	3.150
A6,lav.parril	15	12,40	3,38	2,09	16,78	0,30	70	250
A, total atún	975	7,82	1,38	1,09	5,74	18,28	-	5.210
S1,desescam.	20	6,70	1,03	0,65	3,12	18,23	amb.	60
S2,transporte	1.500	7,89	0,18	0,08	0,20	19,94	amb.	300
S3,troceado	320	6,75	1,61	1,47	4,14	19,57	amb.	1.310
S4,jav.parril	10	12,44	2,29	1,43	17,15	6,86	amb.	170
S5,clareo par	340	9,05	0,40	0,18	0,33	19,23	amb.	110
S,Total sardiña	2.190	7,91	0,44	0,31	0,89	19,70	-	1.950
OA,Outras Águas	4.500	7,75	0,87	0,55	1,53	16,88	amb.	6.880
TOTAL	26.110	8,10	0,96	0,53	1,64	18,68	-	42.760
FACTORIA								



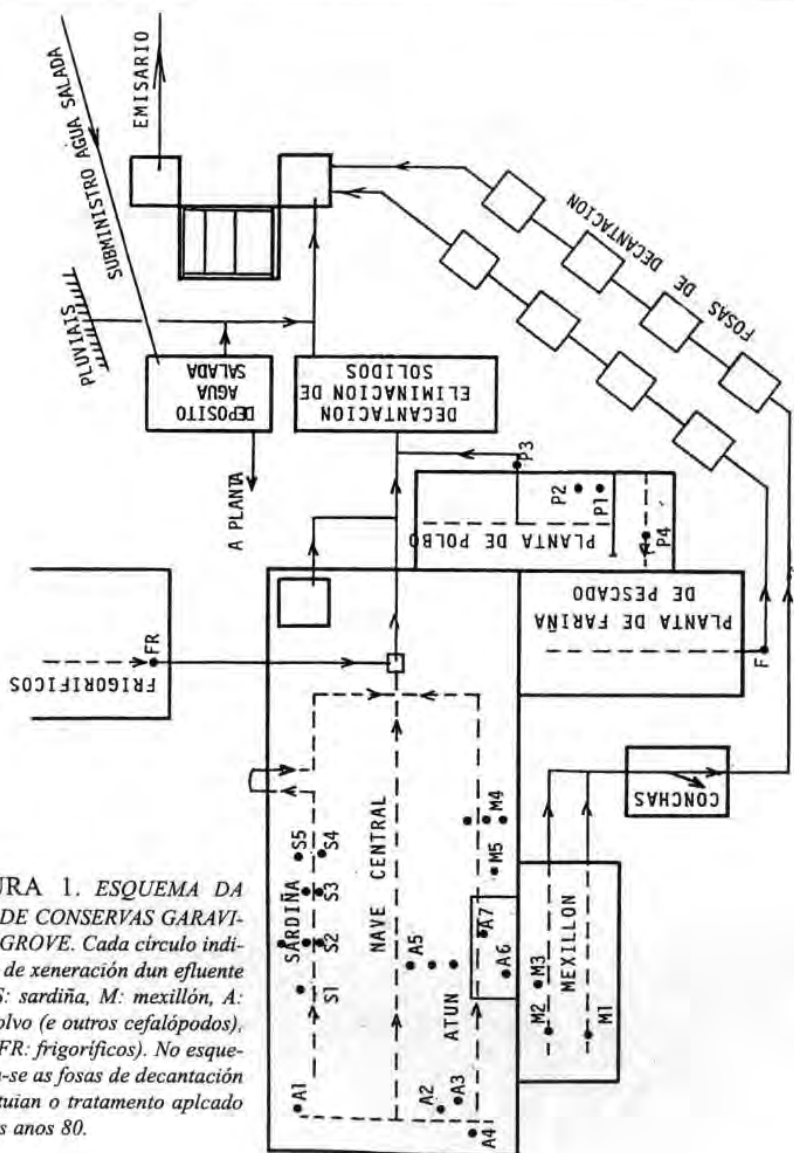


FIGURA 1. ESQUEMA DA FABRICA DE CONSERVAS GARAVILLA EN OGROVE. Cada circulo indica o lugar de xeneración dun efluente residual (S: sardiña, M: mexillón, A: atún, P: polvo (e outros cefalópodos), F: farina, FR: frigoríficos). No esquema inclúen-se as fosas de decantación que constituían o tratamento aplicado a finais dos anos 80.

O impacto ambiental destes efluentes foi valorado por Murado no seu artigo incluído neste mesmo número de ADEGA CADERNOS. Fundamentalmente trátase dos efectos do vertido de elevadas cantidades de sólidos en suspensión e materia orgánica solúvel facilmente biodegradábel, e en segundo lugar, de elementos nutrientes como o nitróxeno e o fósforo, que poden achar-se tanto en forma inorgánica como orgánica. Son especialmente elevadas as concentracións de nitróxeno, pola alta proporción de proteínas entre a materia orgánica destes efluentes.

Os obxectivos de tratamento e depuración destes efluentes residuais son, por elo, os seguintes: a) eliminación de materiais en suspensión, b) eliminación de materia orgánica solúvel, c) eliminación de elementos nutrientes, especialmente o nitróxeno. Entre as alternativas de tratamento, toman especial interese a dixestión anaeróbia, para eliminar mediante biodegradación tanto sólidos en suspensión volátiles como materia orgánica solúvel, procesos físico-químicos ou biolóxicos de nitrificación-desnitrificación para eliminar o nitróxeno, e a sedimentación para a clarificación final do efluente.

A aplicación óptima e racional dalgunha das alternativas de tratamento require en primeiro lugar o planteamento dunha estratexia de xestión medioambiental a nivel de planta, que pode incluír a redución das cantidades de auga usada, a segregación de correntes coa finalidade de reutilizar algunha delas, ou a aplicación de procesos de recuperación e de obtención de subprodutos. En último caso, a xestión de efluentes debe ser tal que posibilite a separación das correntes residuais en función da súa contaminación, coa finalidade de aplicar de forma selectiva os métodos de tratamento máis adecuados, facendo-os economicamente viáveis. Neste sentido, nunha factoría de tamaño medio ou grande poden-se diferenciar correntes limpas, que poderían ser reutilizadas ou recicladas, correntes de baixa carga orgánica e alto contido en materiais en suspensión, que terían que soportar un tratamento de decantación, e correntes de media ou elevada carga orgánica, para as que é necesario un tratamento biolóxico como a dixestión anaerobia.

## 2. A APLICACION DA DIXESTION ANAEROBIA AOS EFLUENTES RESIDUAIS DUNHA CONSERVEIRA.

A dixestión anaerobia é un método de tratamento biolóxico de efluentes de carácter orgánico, consistente na degradación da materia orgánica por diferentes microorganismos (bacterias) que se realiza en ausencia de oxixeno e nunhas condicións específicas de pH e temperatura<sup>4</sup>. Os microorganismos implicados encargan-se de degradar as diferentes sustancias orgánicas, asimilando-as para orixinar un biogás (mescla de metano e dióxido de carbono) e un lodo orgánico formado pola masa de microorganismos. Un 85-90% da materia orgánica dedica-se a produción de biogás, mentres que ao lodo vai parar o outro 10-15%.

O biogás ten unha importante utilización enerxética, xeralmente aplicado a calefacción do reactor) mentres que os lodos anaeróbicos, que ademais de materia orgánica teñen unha alta concentración de nutrientes minerais, poden ser utilizados como fertilizante.

Outra das vantaxes da dixestión anaerobia no tratamento de efluentes de elevada e media carga orgánica, en comparación cos tratamentos aeróbicos até hai pouco máis extendidos, radica no feito de que non é necesario subministrar oxixeno. Isto supón o aforro de importantes cantidades de enerxía, e polo mesmo unha redución significativa da factura eléctrica. Por outro lado, a xeneración de lodo é unhas catro ou cinco veces inferior á que ten lugar no proceso aerobio, factor que tamén supón un menor coste de tratamento.

No 1986 inician-se no Dpto. de Enxeñería Química da Universidade de Santiago varios estudos dirixidos a investigar a aplicación da dixestión anaerobia ao tratamento de efluentes de industrias conserveiras. Posteriormente chegaríase a acordos con Conservas Calvo e con Conservas Garavilla para instalar na súa factoría plantas piloto de experimentación. Os resultados, recollidos en varias Teses de Doutoramento lidas na Universidade de Santiago, presentan-se prometedores no que se refere a eliminación da materia orgánica, con porcentaxes de redución que se sitúan no rango do 80-90%.

Ainda así, no efluente permanecen grandes cantidades de elementos nutrientes (fósforo e nitróxeno) e unha fracción pouco biodegradábel de materia orgánica. O tratamento completo destes efluentes require por tanto a combinación de varios métodos de depuración, dos que a dixestión anaerobia sería o núcleo, permitindo eliminar a maior parte dos contaminantes de forma económica e competitiva.

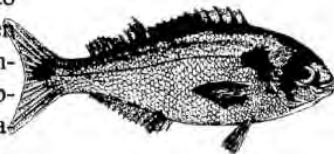
Un aspecto importante a ter en conta a hora de avaliar o tratamento anaerobio, é a aparición de elevadas concentracións de amoníaco durante o proceso, superior aos 5 g/L, consecuencia da degradación das proteínas que forman parte da materia



orgánica eliminada. Este amoniaco pode ser eliminado métodos físico-químicos ou biolóxicos.

A dixestión anaerobia ofrece por tanto un pretreatamento eficaz para a depuración de efluentes de elevada carga orgánica, pero necesita da combinación doutros métodos para un tratamento integral dos efluentes. Previamente a considerar a aplicación da dixestión anaerobia ou de calquera outro método de tratamento externo é conveniente proceder a unha minimización na xeneración de residuos e de augas residuais, e implantar alternativas de reciclaxe, ou de recuperación de determinados residuos como subprodutos. Neste sentido, os aceites e graxas son recuperados e comercializados, ao igual que os sólidos procedentes de restos de peixe, estes últimos na forma de fariña de pescado. Outros residuos, como o caldo de cocción do mexillón, son susceptíveis de importantes aplicacións biotecnolóxicas.

No Departamento de Enxeñería Química da Universidade de Santiago realizouse un extenso traballo de investigación sobre a aplicación da dixestión anaerobia ao tratamento de diferentes efluentes residuais de fábricas conserveiras. As investigacións comezaron coa caracterización físico-química dos efluentes, e a determinación da súa biodegradabilidade<sup>2,5</sup>, para logo realizar o estudo do seu tratamento en reactores de laboratorio<sup>3,6,7</sup>. O seguinte paso foi a instalación de plantas piloto en dúas indústrias representativas<sup>3,8,9</sup> como Calvo en Carballo, e Garavilla en Ogrove, indústrias que hoxe contan con dixestores e plantas de tratamento en funcionamento. Entre outros aspectos, comprobou-se como, tras un período de adaptación, a salinidade da auga de mar non dificulta o proceso biolóxico de metanización da materia orgánica<sup>10</sup>.



### 3. A PLANTA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE CONSERVAS CALVO EN CARBALLO.

Conservas Calvo ten a súa fábrica situada nas aforas de Carballo, na marxen dereita do río anllóns, dedicada principalmente a conservas de atún, pero tamén de outros produtos, incluíndo conservas de vexetais. Nesta fábrica orixinan-se grandes cantidades de augas residuais, cuxo contaminante principal é a materia orgánica.

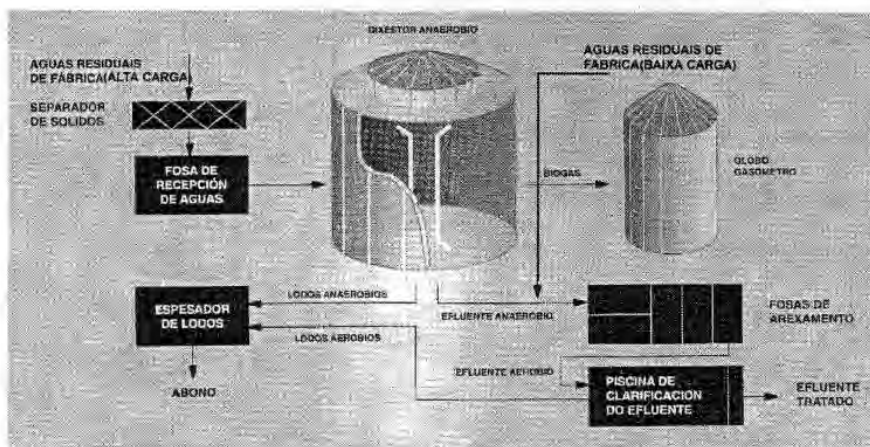


FIGURA 2. ESQUEMA DO PROCESO DE TRATAMENTO NA FÁBRICA DE CALVO EN CARBALLO. O proceso global consta de cinco unidades de tratamento: I) Separador de sólidos, II) Dixestor anaerobio (Fosa de recepción de 150 m<sup>3</sup>, dixestor de 950 m<sup>3</sup>), III) Fosas de arexamento (dixestión aerobia, 675 m<sup>3</sup>), IV) Clarificador final do efluente (250 m<sup>3</sup>), e V) Espeador de lodos (325 m<sup>3</sup>). Este proceso de tratamento no require a adición de substancias químicas. Os únicos gastos de operación son os de calefacción do dixestor anaerobio, o bombeo dos efluentes e o bombeo de ar ao reactor de arexamento, para o que se prevé suficiente a utilización o biogás producido. O sistema completa-se con un grupo electrógeno (50 Kw/hora), sistema de caldeiras e unha sala de controllo automatizado.



ca que conteñen (graxas e proteínas en disolución, e restos sólidos de pescado). Anteriormente, aplicava-se un tratamento químico-físico destes efluentes, baseado na decantación, coagulación-floculación con cal e separación dos lodos orixinados. Pero este procedemento resultava pouco eficiente, irregular no seu funcionamento e dun elevado coste de mantemento.

Nesta factoría de Calvo xeneran-se uns 4000 m<sup>3</sup> semanalmente, con unha carga orgánica de 10000 kg DQO/semana<sup>3</sup>. A distribución desta carga orgánica non é igual para todas as correntes, existindo algunhas como o son as águas de esterilización que non aportan carga orgánica, mentres que aportan máis do 50% do caudal. Así, fronte a unha DQO média de 2.5 g/L, algunhas correntes superan este valor, atinxindo no caso dos efluentes dos cocedores de atún os 50 g DQO/L.

En reactores de laboratorio e nunha planta piloto instalada na propia fábrica estudou-se o tratamento por dixestión anaeróbica da corrente procedente dos cocedores, que supón un 65% da carga orgánica con tan só un 3% do caudal. A capacidade de tratamento obtida varia segundo o tipo de reactor, desde os 3 kg DQO/m<sup>3</sup>.día até os 12 kg DQO/m<sup>3</sup>.día de carga orgánica, pero mantendo sempre unha porcentaxe de depuración por encima do 75% de eliminación de materia orgánica. Esta depuración pode-se incrementar até o 90% no caso de funcionar con cargas inferiores aos máximos indicados anteriormente. A biodegradabilidade resulta elevada, superior sempre ao 95%.

Con base no anterior, Calvo contratou a instalación dunha depuradora a unha empresa de enxeñaría austriaca, que presentou unha proposta de tratamento biolóxico en dúas etapas: inicialmente unha etapa de dixestión anaeróbica, e a continuación un tratamento intensivo en fosas de arexamento. O proceso completa-se cunha separación previa de sólidos "grosos" e unha piscina de decantación e clarificación final, segundo o esquema da Figura 2. Ao reactor anaeróbico entra un caudal que pode variar entre os 250-450 m<sup>3</sup>/día, cunha concentración de DQO no rango 5-8 g/L. Segundo os estudos realizados, as características do efluente unha vez tratado por dixestión anaeróbica serán de aproximadamente 1 g DQO/L e 0.6 g NH<sub>3</sub>/L.

Outros efluentes de menor carga orgánica envían-se directamente ao tratamento aeróbico, que rebaixarán as concentracións de contaminantes indicadas anteriormente. No reactor de arexamento preve-se a eliminación da maior parte desta DQO residual (de máis difícil biodegradabilidade) e a eliminación do amoníaco. No proceso aeróbico, de arexamento por bombeo de ar, os microorganismos convirten a materia orgánica en CO<sub>2</sub> e lodos. Simultaneamente, o amoníaco é transformado en nitrato, que posteriormente debe ser convertido en nitróxeno gasoso. Esta última etapa, consistente nun proceso biolóxico de desnitrificación, require unhas condicións de control da concentración de oxíxeno disolto, o que se pode conseguir mediante unha recirculación na fosa de arexamento.

O sistema que Calvo puxo en marcha significa a depuración integral por métodos biolóxicos dos efluentes da conserveira, eliminando a maior parte da materia orgánica e os elementos nutrientes (nitróxeno, fósforo, enxofre). Porén, o proceso de nitrificación/desnitrificación previsto presenta algúns problemas para o seu funcionamento coa eficacia requerida, de forma que pode resultar un efluente con elevado contido en nitratos e/ou amoníaco.

Segundo informacións do responsable da planta, Luciano Calvo, a construción desta planta de tratamento de efluentes residuais tivo un coste último de 110 millóns de pesetas, prevendo-se unha elevada rendibilidade en comparación co sistema químico-físico antes utilizado. Isto é posible grazas ao aforro en produtos químicos (a actual planta non require de ningún aditivo) prevendo-se ademais autonomía enerxética a través da combustión do biogás. Por outro lado, o novo sistema funciona de forma totalmente automatizada, con un máximo de média xornada laboral para operacións de control e seguimento, fronte as dúas xornadas



necesárias para o funcionamento diário do proceso químico-físico.

Outro aspecto sinalado é a utilidade que os lodos teñen como abono agrícola, atinxindo-se unha produción de 300-350 toneladas anuais. A este respecto, os lodos da depuración biolóxica deste tipo de efluentes son dunha elevada fertilidade e calidade, altamente estabilizados e de fácil manexo.

#### 4. O TRATAMENTO DOS EFLUENTES RESIDUAIS EN CONSERVAS GARAVILLA DE OGROVE.

A fábrica de Garavilla en Ogrove pode considerarse como unha das máis grandes da Galiza. Nela teñen cabida cinco liñas principais de fabricación: mexillón, atún, sardiña, cefalópodos e fariña de peixe. Tras varios estudos de caracterización e tratamento en dixestores de laboratorio e planta piloto, Garavilla iniciou en 1992 as xestións para a instalación dun tratamento dos efluentes, baseado na dixestión anaerobia das augas de maior carga orgánica. Os efluentes foron clasificados en augas limpas, que non requirían tratamento, augas de baixa carga orgánica (uns 7300 m<sup>3</sup>/día, cunha DQO de 1.0 g/l e SS de 1.2 g/l), e augas de media e alta carga orgánica (uns 340 m<sup>3</sup>/día, cunha DQO de 13.4 g/l e SS de 2.6 g/l).

O tratamento instalado consiste na dixestión anaerobia das augas de elevada e media carga orgánica, e no tratamento químico-físico (mediante floculación e decantación) das augas de baixa carga orgánica, xuntamente co efluente do dixestor anaerobio, segundo se representa no esquema da Figura 3.

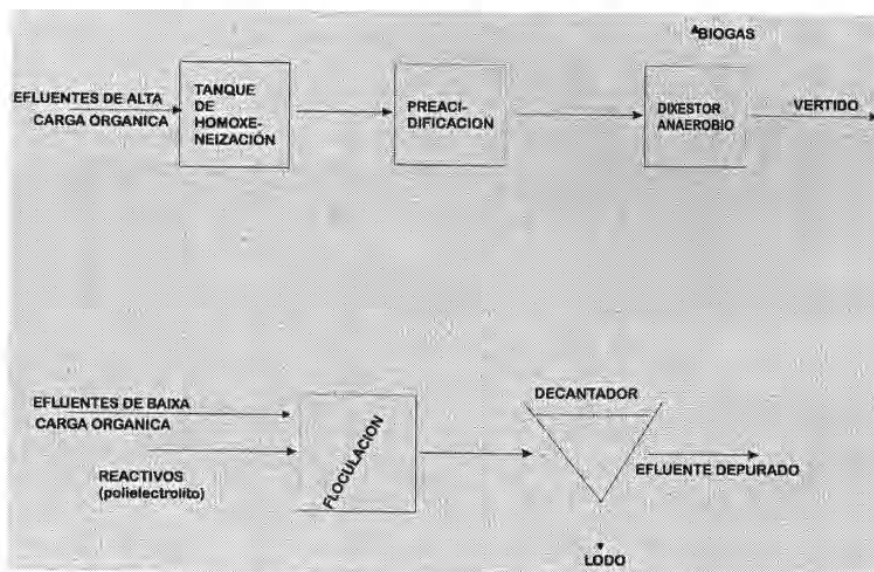


FIGURA 3. ESQUEMA DO PROCESO DE TRATAMENTO NA FÁBRICA DE GARAVILLA EN OGROVE. O proceso consta dunha primeira liña de dixestión anaerobia, constituida por un tanque de homoxeneización de 250 m<sup>3</sup>, un reactor de preacidificación de 20 m<sup>3</sup> e un dixestor anaerobio de 380 m<sup>3</sup>, así como un gasómetro de 50 m<sup>3</sup> de capacidade. Nunha segunda liña de tratamento realiza-se a floculación das augas de baixa carga e a súa clarificación nun decantador de 235 m<sup>2</sup> de área e 4.75 m de altura total.

As eficacias previstas de eliminación de DQO son do 73% no dixestor anaerobio e do 65% no físico-químico, mentres que a eliminación de partículas en suspensión atinxe o 83%. Con elo, a calidade prevista do vertido final situaríase nos 500 mg DQO/l e en 100 mg SS/l. Actualmente, a planta leva varios anos en funcionamento, aínda que requiriu dunha instalación adicional para a separación de



graxas, polos problemas de operación que orixinavan na depuradora. A produción de biogás estimada era de 48.8 Nm<sup>3</sup> por hora, cunha porcentaxe en metano do 70%. Asimesmo, no decantador que segue á operación de floculación previa-se unha xeneración de fangos de 380 m<sup>3</sup> ao día con un 2% de sólidos.

## 5. BIBLIOGRAFIA.

1. M. Soto. "Depuración de efluentes residuais da industria de processado de produtos marinhos mediante un filtro anaeróbico". Tese de Doutoramento, Universidade de Santiago de Compostela, xullo de 1990.
2. M.Soto, R.J.Méndez e J.M.Lema. Efluentes residuales en la industria de procesado de productos marinos. Caracterización, gestión de efluentes y alternativas de tratamiento. *Ingeniería Química*. 22(255), 203-209 (1990)
3. M.C. Veiga. "Tratamiento por digestión anaerobia de efluentes del procesado industrial de túnidos". Tese de Doutoramento, Universidade de Santiago de Compostela, Setembro de 1989.
4. J.M. Lema, R. Méndez y M. Soto. Bases cinéticas y microbiológicas en el diseño de reactores anaerobios. *Ingeniería Química*. 24(273), 191-201 (1992).
5. M.Soto, R.Méndez e J.M.Lema. Biodegradability and Toxicity in the Anaerobic Treatment of Fish Canning Wastewaters. *Environmental Technology*, 12, 669-677 (1991)
6. R. Méndez, J.M. Lema e M. Soto. Treatment of Sea Food Processing Wastewaters in Mesophilic and Thermophilic Anaerobic Filters. *Water Environment Research*. 67(1), 33-45 (1995).
7. M. Soto, R. Méndez e J.M. Lema. Depuración de efluentes de la industria mejillonera mediante filtros anaerobios a escala mesofílica y termofílica. *RETE-MA-Revista Técnica de Medio Ambiente*, maio-xuño 1996, pp. 31-39.
8. R.J.Méndez, F.Omil, M.Soto e J.M.Lema. Pilot plant studies on the anaerobic treatment of different wastewaters from a fish-canning factory. *Water Science and Technology*, 25(1), 203-212 (1992)
9. F. Omil; R. Méndez e J.M. Lema. Anaerobic treatment of seafood processing waste water in an industrial anaerobic pilot plant. *Water SA*, 22(2), pp. 173-181.
10. G. Feijoo, M. Soto, R. Méndez e J.M. Lema. Sodium Inhibition in the Anaerobic Digestion Process: Antagonism and Adaptation Phenomena. *Enzyme Microbiol. Technol.* 17(2), 180-188, (1995)