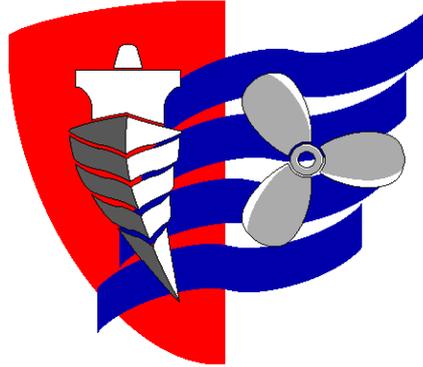


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIOGÁS

Biogas Cogeneration

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

Autora: Paula Lamo Anuarbe
Director: Félix M. Otero González

Julio - 2011

*A Pablo,
por demostrarme que con
fuerza de voluntad y empeño
los sueños se hacen realidad.*

Agradecimientos

En primer lugar quisiera agradecer a Félix M. Otero González la oportunidad que me ha brindado de poder realizar este proyecto alternativo.

Mi más sincero agradecimiento a los profesores Belén Rijo y M. Alfredo Girón por su apoyo en este trabajo y su ayuda. Sus aportaciones y detalles han enriquecido este estudio.

Al personal de las Bibliotecas de la ETS de Náutica y de Ingenieros Industriales por su ayuda y apoyo durante tantas tardes de desesperación.

A mis nuevos compañeros de clase, por su apoyo y consejo en tan intensos momentos.

A mi familia directa y, sobre todo, política, por su apoyo y ayuda en este proyecto. Especialmente a Pablo, por ayudarme y gastar parte de su poco tiempo sacando fotos.

Este proyecto es de todos.

ÍNDICE

MEMORIA DEL PROYECTO	9
1. Objetivo	10
2. Unidades y símbolos	11
2.1. Unidades	11
2.2. Símbolos	11
3. Definiciones y abreviaturas	12
3.1. Definiciones	12
3.2. Abreviaturas	15
4. Sistema de decodificación del proyecto	17
4.1. Nomenclatura utilizada para la codificación	17
4.2. Tipo de documento (LL)	18
4.3. Lista de procesos y subprocesos (NN y XX)	18
4.4. Codificación de los planos	19
5. Antecedentes	20
5.1. Intensificación ganadera	20
5.2. Caracterización de los residuos de ganado vacuno	21
5.3. Efectos medioambientales de los residuos ganaderos	24
5.3.1. Contaminación de suelos y aguas	25
5.3.1.1. Exceso de minerales	26
5.3.1.2. Efectos del nitrógeno	26
5.3.1.3. Efectos del fósforo	29
5.3.1.4. Efectos del potasio	29
5.3.1.5. Efectos del boro	29
5.3.1.6. Aporte de metales	30
5.3.1.7. Transmisión de enfermedades o de parásitos	30
5.3.2. Problemas planteados en la atmósfera	31
5.3.2.1. Efectos ecológicos del metano	31

5.3.2.2. Efectos del amoniaco	32
5.4. Puestos de trabajo en el medio rural	34
6. Normativa legal para residuos ganaderos	35
6.1. Legislación comunitaria	35
6.2. Normativa estatal	36
6.3. Códigos de buenas prácticas agrarias	37
7. Generalidades del biogás	39
7.1. Composición del biogás	40
7.2. Biodigestor	40
7.3. Parámetros para evaluar el funcionamiento de un biodigestor	41
7.3.1. pH	41
7.3.2. DQO	41
7.3.3. Ácidos grasos	42
7.3.4. Contenido de metano y dióxido de carbono	42
7.3.5. Temperatura	43
7.3.6. Temperatura de la llama	43
8. Ubicación de la instalación	45
8.1. Introducción	45
8.2. Localización	45
8.3. Principales animales criados	49
8.3.1. Vacas limosinas	49
8.3.2. Vacas frisonas	51
8.4. Datos de partida de la instalación	52
9. Descripción general de la planta	54
9.1. Introducción	54
9.2. Características principales de la instalación	56
9.3. Elección del digestor	58
9.4. Determinación de otros detalles	60
9.5. Grupo de cogeneración	63
9.6. Sistemas auxiliares	65
9.6.1. Circuito de purines	65
9.6.2. Circuito de biogás	68
9.6.3. Circuito de agua	70

9.6.4. Circuito eléctrico	72
10. Puesta en marcha	73
11. Cálculos justificativos	76
11.1. Introducción	76
11.2. Volumen del digestor	76
11.3. Producción de biogás	78
11.4. Características del efluente e influente	79
11.4.1. Densidad del influente	79
11.4.2. Capacidad calorífica del influente	80
11.4.3. Destrucción de sólidos volátiles	80
11.4.4. Distribución de sólidos en influente y efluente	81
11.4.5. Densidad y capacidad calorífica del efluente	81
11.4.6. Constantes reológicas de entrada y salida	81
11.5. Horas de funcionamiento	84
11.6. Estudio térmico	84
11.6.1. Flujos caloríficos en el digestor	84
11.6.2. Espesor del aislamiento	87
11.6.3. Demanda térmica a cubrir por la planta	88
11.6.4. Cálculo del serpentín de calefacción del digestor	89
11.6.5. Coeficiente de película interior	90
11.6.6. Coeficiente de película exterior	90
11.7. Cálculo del circuito de purines	92
11.7.1. Línea deyecciones-tanque de alimentación	93
11.7.2. Línea tanque de alimentación-digestor	94
11.7.3. Recirculación del tanque de alimentación	95
11.8. Cálculo de la instalación de gas	96
11.8.1. Elección del gasómetro	96
11.8.2. Elección del compresor	96
11.8.3. Presión del biogás de recirculación	97
11.9. Diámetro de las tuberías	97
11.9.1. Línea gasómetro-caldera	98
11.9.2. Línea caldera-digestor	98
11.9.3. Línea caldera-grupo electrógeno	99

11.9.4. Línea grupo electrógeno-antorcha	99
11.10. Cálculos de los circuitos de agua caliente	99
11.10.1. Circuito del digestor	99
11.10.2. Circuito al grupo	100
11.10.3. Circuito de la caldera	101
11.11. Cálculo del circuito eléctrico	102
11.12. Balance energético de la planta	102
GESTIÓN DEL PROYECTO CON MS PROJECT	105
1. Introducción	106
2. Informe del proyecto	107
2.1. Aclaraciones del informe	108
2.2. Documentos del informe	108
PRESUPUESTO	130
1. Presupuesto	131
1.1. Depósito y circuito de purines	131
1.2. Grupo de generación	132
1.3. Circuito de gas	133
1.4. Circuito de agua caliente	134
1.5. Instalación eléctrica	136
1.6. Mano de obra	138
2. Balance final del presupuesto	139
3. Solicitud de subvención de la instalación	141
3.1. Introducción	141
3.2. Objeto y ámbito de aplicación de la normativa	142
3.3. Ayudas para instalaciones intensivas	143
3.4. Gestión de la ayuda	145
3.5. Criterios objetivos de otorgamiento de la subvención	145
PLIEGO DE CONDICIONES	147
1. Propósito del contratista	148
2. Adjudicación	149
3. Modificación en la ejecución de la obra	150
4. Obligación del contratista	151
4.1. Personal de la obra	151

4.2. Responsabilidades	151
5. Obligaciones de la propiedad	153
6. Plazo de ejecución y programas de trabajo	154
7. Modificaciones en el plazo	155
8. Revisión de precios	156
9. Medición y abono de las obras	157
9.1. Aplicación de los precios unitarios y conceptos incluidos en ellos	157
9.2. Valoración y abono de las unidades no expresadas en los documentos del proyecto	157
9.3. Certificaciones, pagos y retenciones	157
10. Penalidades y retenciones	160
11. Recepción provisional y definitiva	161
12. Interpretación	162
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	163
1. Introducción	164
2. Estimación de los riesgos y medidas preventivas en los trabajos a realizar	165
2.1. Caídas al mismo nivel	165
2.2. Caídas a distinto nivel	165
2.3. Caídas de objetos de cotas superiores, materiales desplomados, manipulados o desprendidos	166
2.4. Golpes y/o cortes por objetos o herramientas	167
2.5. Atrapamientos en operaciones de carga	168
2.6. Atropello por máquinas en movimiento	168
2.7. Causados por seres vivos	169
2.8. Contactos térmicos	169
2.9. Contactos eléctricos (cables de alimentación, cables de máquinas, cuadros eléctricos, motores)	169
2.10. Incendio y/o explosión	170
2.11. Ruido	171
2.12. Sobreesfuerzos	171
2.13. Agentes químicos	171
3. Relación de equipos y medios de proyección colectiva e individual	172
4. Formación e información a los trabajadores	173

5. Modo de actuar en caso de emergencia y teléfonos	174
6. Operaciones con riesgos especiales (trabajos en altura)	175
7. Otras consideraciones	176
PLANOS	177
1. Planos del proyecto	178
BIBLIOGRAFÍA	179
1. Bibliografía del proyecto	180
1.1. Libros y revistas	180
1.2. Legislación aplicable	182
1.3. Web	182
ANEXOS	184
1. Tablas	185
2. Presupuestos	198

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-70-01-01	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:1

RESUMEN

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-70-01-01	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:2

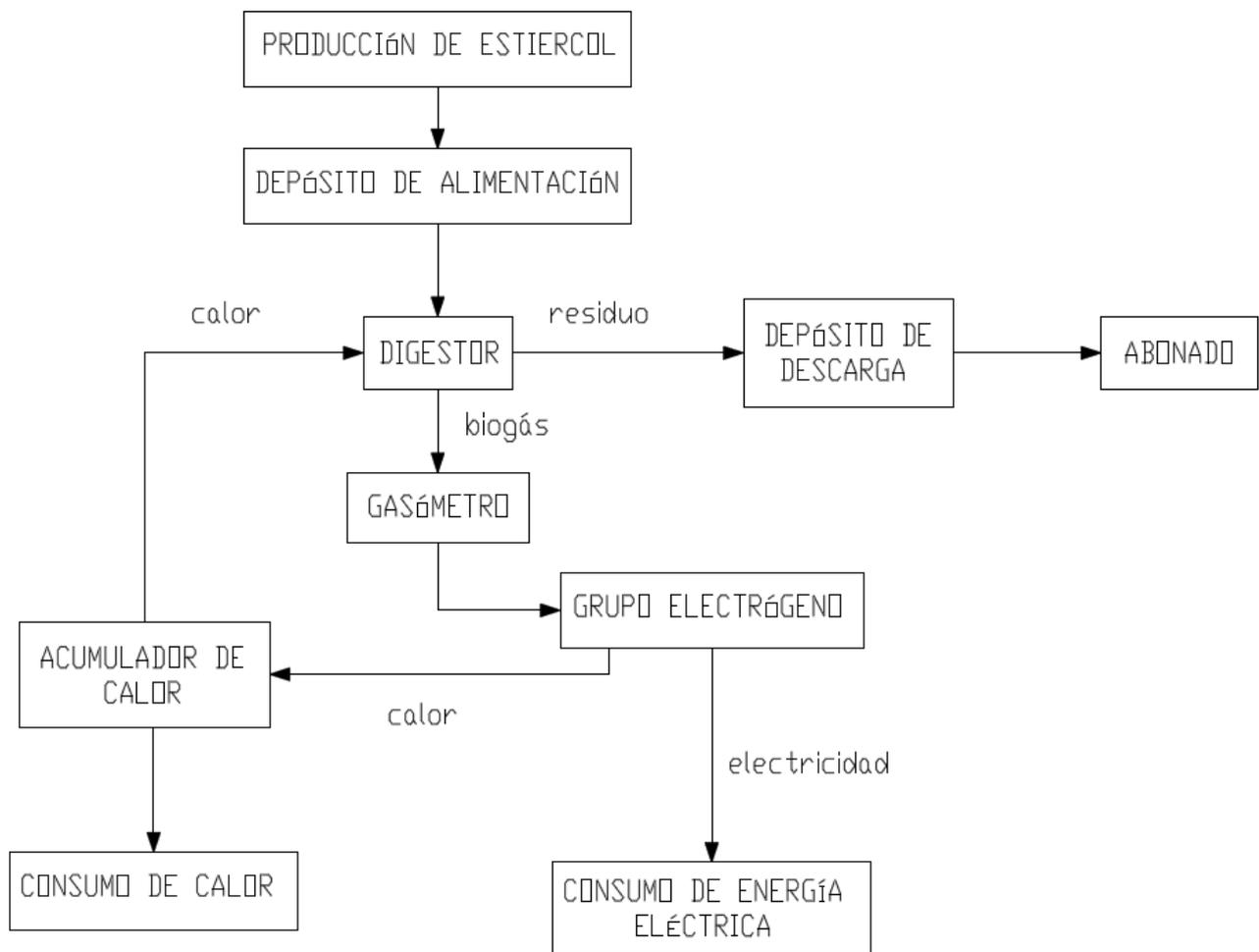
1. Resumen del proyecto

El presente proyecto trata de diseñar una instalación que aprovecha los excrementos producidos por vacas de una estabulación cántabra para la generación de energía a partir del biogás producido, gracias a un proceso anaerobio (en ausencia de oxígeno), que será aprovechado para la generación de electricidad y el calentamiento de agua de una caldera que suministra agua caliente a la vivienda contigua. Además, como residuo de la planta, se obtendrá un fertilizante que puede ser utilizado para agricultura orgánica.

Este tema, en la actualidad, resulta muy interesante debido a la actual crisis económica y del petróleo en la que nuestra sociedad se encuentra sumergida; que está desembocando en numerosos estudios en busca de energías alternativas. Además de la creciente preocupación por el control de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera y la contaminación de suelos y acuíferos, tanto superficiales como subterráneos, que, cada vez más, son atribuidos a este tipo de actividades empresariales.

A continuación, se presenta el diagrama de bloques que sirve para comprender de forma rápida y clara el esquema que seguirá la instalación objeto de proyecto:

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-70-01-01	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:3



Para realizar este estudio se deberá tener en consideración las características propias de la zona donde se va a ubicar la instalación (Sobarzo, Cantabria) así como las propias de la empresa (Ganadería Rotizas).

A continuación se presentan los principales datos de partida para el diseño de la planta anaerobia:

- *Cuadra conteniendo estabulados a lo largo del año 80 vacas
Pueden existir más cabezas de ganado en la granja que no estén estabuladas, y para los cálculos no se considerarán.*
- *Régimen de temperaturas.*
 - *Temperatura media ambiental 13°C*
 - *Temperatura mínima ambiental -4,5°C*
 - *Temperatura máxima ambiental 35,5°C*
- *Estercolero contiguo al establo, con capacidad mínima de 75m³ y con fosa de purín de 14 x 1,20m.*

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-70-01-01	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:4

- *Existencia de un edificio-vivienda, en el caso de demandar la energía térmica sobrante de calefactar al digestor, se mantendrá a una temperatura de 20°C durante los meses fríos del año, con el apoyo de una caldera de 49500Kcal/h.*
- *Se diseñará el digestor para máxima producción de metano.*
- *Se mantendrá en el interior del digestor una temperatura de trabajo de $32,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Estos estrechos márgenes de temperatura, se deben a la inestabilidad de las reacciones anaeróbicas ante pequeños cambios de temperatura.*
- *Los tanques de alimentación y descarga de purines, se dimensionarán para contener el volumen equivalente a la producción de tres días.*
- *El tanque de alimentación para absorber posibles irregularidades en el abastecimiento al digestor.*
- *El tanque de descarga para someter a los efluentes a un tratamiento aerobio que elimine bacterias, que directamente aplicadas al campo, pudieran resultar dañinas para el cultivo*
- *El gasómetro, deberá contener la producción prevista para 1,5 días para prevenir eventuales desajustes producción-consumo. Se almacenará a una presión de 10 bar.*

El proyecto incluye, además del estudio técnico, un análisis de la legislación vigente y problemática relacionada con el tema, principales características de la instalación, datos relativos a la puesta en marcha y el seguimiento de la planta y los pasos a seguir para la tramitación de la pertinente subvención así como la cuantía de esta.

Algunas de las ventajas que esta instalación presenta son las siguientes:

- Disminuir las emisiones de GEI.
- Reducir los olores de la estabulación.
- Aprovechar los residuos generados por la estabulación.
- Producir energía a partir de dichos recursos.
- Generar un fertilizante orgánico.
- Ahorro de energía consumida por la ganadería.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-70-01-01	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:5

- Disminuye la proliferación de mosquitos en la instalación.
- Evitar la contaminación de suelos y agua.
- Mejora la imagen de la PYME de cara a la administración y a los vecinos de la zona.

Por último, se presenta el importe total al que asciende el presupuesto de la instalación:

SECCIONES A PRESUPUESTAR	IMPORTE
Depósitos y circuito de purines	19.504,00€
Grupo de cogeneración	48.000,00€
Circuito de gas	23.431,00€
Circuito de agua caliente	13.114,00€
Instalación eléctrica	30.378,36€
Mano de obra	14.555,00€
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DEL MATERIAL	148.982,36€

CONCEPTO	IMPORTE
(13%PEM) Gastos Generales	19.367,71€
(15%PEM) Beneficio Industrial	22.347,35€
Suma de G.G. + B.I.	41.715,06€
BASE IMPONIBLE	190.697,42€

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-70-01-01	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:6

CONCEPTO	IMPORTE
(18%PEM) IVA	26.816,82€
PRSUPUESTO GENERAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	217.514,24€

CONCEPTO	IMPORTE
(5%PEM) Honorarios de proyecto	7.449,12€
(6%PEM) Licencias y trámites	8.938,94€
PRESUPUESTO GENERAL PARA CONOCIMIENTO DEL CLIENTE	233.902,30€

1.2. *Palabras clave*

BIOGÁS: De forma sencilla, podemos decir que el biogás es un gas combustible formado en su mayoría por metano (CH₄) y por dióxido de carbono (CO₂), aparte de contener pequeñas cantidades de hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, monóxido de carbono y trazas de sulfuro de hidrógeno, el cual le proporciona un olor característico a azufre.

BIODIGESTIÓN-DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE ESTIÉRCOLES: Proceso de transformación biológica por el que diferentes grupos de bacterias relacionados entre ellos, en ausencia de oxígeno, degradan los compuestos orgánicos del estiércol convirtiéndolos en biogás, cuyo principal componente es el metano.

ESTABULACIÓN: Nave industrial destinada a la explotación agraria.

ESTIÉRCOLES: Todo excremento u orina de animales de granja, incluidas las aves, con o sin cama, el agua de lavado y restos de pienso, las aguas para la limpieza de las instalaciones de estabulación, de almacenaje de leche y de ordeño, en proceso de cambio biológico. En función del sistema de producción tendrán diferentes contenidos de agua, dando lugar a los estiércoles sólidos, semisólidos o líquidos.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:9

MEMORIA DEL PROYECTO

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:10

1. Objetivo

El presente documento describe a modo de proyecto básico de ingeniería una instalación para la generación eléctrica con biogás. El objetivo es la descripción de todos y cada uno de los elementos que conforman la instalación y que en su conjunto conformarán una central térmica para la producción de energía eléctrica teniendo como combustible primario una fuente de energía de origen renovable, proveniente de los purines vacunos generados en una explotación ganadera.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:11

2. Unidades y símbolos

2.1. Unidades

Las unidades utilizadas se han tomado del Sistema Internacional de unidades (SI).

2.2. Símbolos

Los símbolos se explicaran al utilizar la formula correspondiente.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:12

3. Definiciones y abreviaturas

3.1. Definiciones

En este apartado se muestran un conjunto de definiciones a fin de poder utilizar estas a lo largo de la memoria del proyecto sin que exista duda acerca de su significado.

ABONO O ESTIERCOL: Excremento de cualquier animal. También se considera abono a la Materias orgánicas, comúnmente vegetales, que se destinan al abono de las tierras.

ABONAR: Echar abono en la tierra.

BIODIGESTIÓN-DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE ESTIÉRCOLES: Proceso de transformación biológica por el que diferentes grupos de bacterias relacionados entre ellos, en ausencia de oxígeno, degradan los compuestos orgánicos del estiércol convirtiéndolos en biogás, cuyo principal componente es el metano.

BIODIGESTOR: Un biodigestor es, en su forma más simple, un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor), dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar (excrementos de animales y humanos, desechos vegetales-no se incluyen cítricos ya que acidifican-, etcétera) en determinada dilución de agua para que a través de la fermentación anaerobia se produzca gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, y además, se disminuya el potencial contaminante de los excrementos.

CODIGESTIÓN DE PURINES: Proceso de digestión anaeróbica conjunta de purines y otros substratos orgánicos de diferente origen, que permite aprovechar el efecto sinergia de la mezcla para maximizar el rendimiento productivo de biogás.

CHUPONA: En el ámbito agrario, tanque arrastrado por un tractor que se utilizar para extraer el estiércol del estercolero y, posteriormente, expulsarlo abonando los prados. También es utilizado para cargar agua en él y utilizar esta para introducirla en el estercolero y evitar el endurecimiento del abono.

ESTABULACIÓN: Nave industrial destinada a la explotación agraria.

ESTERCOLERO: Lugar donde se recoge y guarda el estiércol.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:13

ESTIÉRCOLES: Todo excremento u orina de animales de granja, incluidas las aves, con o sin cama, el agua de lavado y restos de pienso, las aguas para la limpieza de las instalaciones de estabulación, de almacenaje de leche y de ordeño, en proceso de cambio biológico. En función del sistema de producción tendrán diferentes contenidos de agua, dando lugar a los estiércoles sólidos, semisólidos o líquidos.

EXPLOTACIONES GANADERAS INTENSIVAS: Instalación en la que el ganado se encuentra estabulado durante la mayor parte de su ciclo productivo, donde se le suministra una alimentación fundamentalmente a base de pienso compuesto y en la que se acumulan los estiércoles. No se incluye en esta definición las explotaciones que utilicen sistemas de pastoreo, salvo que en las instalaciones de descanso se supere una producción media de estiércol equivalente a dos toneladas día.

EXPLOTACIÓN GANADERA EXTENSIVA: Aquélla en la cual los animales son alimentados fundamentalmente en pastoreo.

INSTALACIONES CON DIGESTORES RURALES SOBRE BALSAS: Es la planta de digestión anaeróbica construida en las explotaciones individuales, que aprovechan, en la medida de lo posible, las infraestructuras de almacenamiento de purines que ya existen, adaptándose ésta a las correspondientes cubiertas de bajo coste que mejoren el proceso de digestión anaeróbica y eviten las emisiones de metano a la atmósfera. El biogás producido puede eliminarse mediante combustión directa en antorcha (aconsejable en las explotaciones con una baja producción de purín) o, en su caso, el aprovechamiento energético para su posterior empleo en la propia granja o en otras aplicaciones.

INSTALACIONES INDIVIDUALES CON CODIGESTORES INDUSTRIALES: Es la planta que utiliza digestores, que trata el purín de una sola granja con otros sustratos, almacena el biogás y lo valoriza energéticamente. Podrá ser gestionada por una entidad pública o privada y para los casos de las zonas vulnerables y de alta concentración ganadera, estas instalaciones individuales podrán complementar la biodigestión anaeróbica con procesos para mejorar la gestión del

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:14

nitrógeno mediante la aplicación de procesos como la separación sólido-líquido, eliminación o reducción-recuperación.

INSTALACIONES CENTRALIZADAS CON CODIGESTORES INDUSTRIALES: Es la planta que utiliza digestores, que trata conjuntamente purines procedentes de distintas granjas con otros sustratos, almacena el biogás y lo valoriza energéticamente. Podrá ser gestionada por una entidad pública o privada y para los casos de las zonas vulnerables y de alta concentración ganadera, las instalaciones centralizadas podrán complementar la biodigestión anaeróbica con procedimientos para mejorar la gestión del nitrógeno mediante la aplicación de procesos como la separación sólido-líquido, eliminación o reducción-recuperación.

PROCESO ANAERÓBIO: Refiriéndose a la digestión anaerobia, es la simplificación de la materia orgánica por bacterias, sin oxígeno. El proceso anaeróbico es un resultado de la falta de oxígeno en el medio de vivencia de algún tipo de bacteria o microorganismo viviente.

PURINES: Son las deyecciones líquidas excretadas por el ganado. Estiércol líquido con más de un 85% de humedad.

SLURRY: Mezcla acuosa de residuos ganaderos susceptible de ser bombeada.

TRACTOR: Vehículo de motor cuyas ruedas se adhieren fuertemente al terreno, y se emplea para el arrastre de maquinaria y en las labores agrícolas.

ZONAS VULNERABLES: Las zonas así declaradas por las comunidades autónomas en aplicación del Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero.

ZONAS DE ALTA CONCENTRACIÓN GANADERA: Aquéllas donde se supera una carga de ganado intensivo, que produce purín, de 1,2 UGM por hectárea de superficie agraria de herbáceos. La determinación de la carga ganadera se efectuará a nivel de términos municipales en subzonas de 20 Km. de diámetro, utilizándose para el cálculo de UGM los datos REGA y las equivalencias de cada categoría de porcino del Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas y para determinar las hectáreas de superficie agraria de herbáceos se incluirán las tierras

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:15

ocupadas por cultivos temporales, las praderas temporales y las tierras dedicadas a huertas.

3.2. Abreviaturas

A continuación, se exponen las abreviaturas y sus definiciones en el mismo orden en que aparecen estas en la memoria de este proyecto:

V = Volumen del líquido del digestor, en m^3 .

H = Caudal diario de purín producido.

Θ = Tiempo de retención hidráulico medio proyectado, en días.

B_0 = volumen de metano producido a tiempo infinito por unidad de DQO adicionado al reactor

S_0 = Carga de sólidos volátiles en el influente.

Θ = Tiempo de retención hidráulico.

M = Velocidad específica máxima de crecimiento

K = Constante cinética.

$P(CH_4)$ = Producción total de metano.

$P(\text{biogás})$ = Producción total de biogás.

ST = % en peso de sólidos totales contenidos en el influente.

CP = Capacidad calorífica.

ρ_S = Densidad del efluente.

K = índice de consistencia.

N = Comportamiento.

τ = Constante reológica.

Q_1 = Calor de entrada de sustrato.

Q_2 = Calor de salida de sustrato.

Q_4 - Q_5 = Calor de entrada y salida del agua de calefacción.

Q_5 = Perdidas a través de las paredes del digestor.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:16

Re = Número de Reynolds.

g = gravedad =9,81 [m/s²].

β = coeficiente dilatación térmica.

ΔT = incremento de temperaturas.

v = viscosidad cinemática.

p₁ y p₂ = presiones inicial y final en bar.

S = densidad relativa del gas respecto del aire.

L = longitud de la tubería en metros.

Q = caudal en m³/h.

D = diámetro interior en mm.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:17

4. Sistema de decodificación del proyecto

El objetivo de este capítulo es definir el sistema de codificación que se utilizara en el presente proyecto para la codificación de documentos. Esto permitirá una mayor facilidad para el control y seguimiento de la documentación emitida. Podemos ver en todas las páginas el siguiente encabezado:

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: LL-NN-XX-ZZ	
Ingeniero Marítimo	FECHA: DD/MM/AA	
	REV:	PÁG:

Este cajetín nos queda definido con los siguientes parámetros:

- REF: Referencia o código de la pagina.
- FECHA: Fecha de entrega del proyecto.
- REV: Número del tomo.
- PÁG: Número de página.

Mientras que el código de la página queda definido por la siguiente estructura:

TIPO DE DOCUMENTO	Nº PROCESO	Nº SUBPROCESO	Nº CORRELATIVO
LL	NN	XX	ZZ

4.1. Nomenclatura utilizada para la decodificación.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
LL	Identifica el tipo de documento según la lista anexa
NN	Identifica el proceso al que pertenece el documento según la lista anexa.
XX	Identifica el subproceso dentro de cada proceso según la lista anexa.
ZZ	Numero correlativo que identifica la colección de documentos.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011
	REV: 01 PÁG:18

4.2. Tipo de documento (LL)

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
ME	MEMORIA
PR	PRESUPUESTO
PC	PLIEGO DE CONDICIONES
SS	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD
AA	ANEXOS
BI	BIBLIOGRAFÍA
PL	PLANOS
GP	GESTIÓN DEL PROYECTO

4.3. Lista de procesos y subprocesos (NN y XX)

10 MEMORIA

20 PRESUPUESTO

01 General

30 PLIEGO DE CONDICIONES

01 Pliego de condiciones

40 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

01 Estudio de seguridad y salud

50 ANEXO

01 Tablas

02 Presupuestos de empresas

60 BIBLIOGRAFÍA

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:19

01 General

70 RESUMEN

01 General

80 PLANOS

01 General

90 GESTIÓN DEL PROYECTO

01 General

4.4. Codificación de los planos

Los planos contarán con la siguiente codificación:

PL-AA-BCC

DÍGITO	DESCRIPCIÓN
PL	PLANO
AA	Número correlativo (mencionado anteriormente).
B	Tipo de elemento representado.
CC	Número diferenciador asignado al plano dentro del proyecto.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:20

5. Antecedentes

El planteamiento de la utilización del biogás como fuente de energía tiene que estar basado en la sostenibilidad, es decir, consumir como mucho, lo que se produce. Esta idea está completamente alejada de las formas tradicionales de utilización que aún se utilizan en buena parte del mundo y que son responsables de graves daños medioambientales: pérdida de biodiversidad, desertificación, degradación de las fuentes de agua, etc.

En el aprovechamiento de la bioenergía, es importante evitar posibles consecuencias nocivas para el medio ambiente. Siguiendo en esta línea debemos decir que el desarrollo de la ganadería intensiva ha llevado a que las explotaciones ganaderas constituyan un problema medioambiental debido a que en la búsqueda de un mayor rendimiento económico derivado de la actividad ganadera se han transformado las antiguas explotaciones en otras en las que el aumento del número de cabezas de ganado no ha ido acompañado del aumento de superficie agraria disponible. La aplicación del RD 261/1996 lleva a la limitación de 170 kg NKT/Ha/año, lo que implica en base a la producción de 89 kg NKT/año por vaca lechera, la necesidad de una hectárea de terreno por cada dos vacas lecheras. La mayoría de las explotaciones intensivas carecen de terreno para ajustarse a esa normativa.

Y esto, en las regiones como Cantabria, de clima húmedo y terrenos con pendiente, la fracción líquida es la responsable de la contaminación de los acuíferos superficiales y subterráneos.

5.1. Intensificación ganadera

Los residuos ganaderos tienen en determinadas regiones de Europa una gran importancia, debido a su incidencia económica y ambiental. Este es el caso de la comunidad autónoma de Cantabria.

Con la intensificación ganadera se mejora la eficiencia productiva del ganado y se reduce el número de toneladas de residuos por unidad producida. La producción intensiva conlleva la instalación de granjas de tipo industrial, sin disponer éstas de base territorial lo que nos ha llevado a que en los últimos 20-30 años se haya pasado

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:21

de unas explotaciones que utilizaban el estiércol producido en ellas como fertilizante natural en los campos de cultivo, en un marco de equilibrio entre ganadería y agricultura en la que no se generaba contaminación apreciable de los recursos hídricos; a unas granjas donde surge el problema ambiental al darse la separación de los sectores ganadero y agrícola.

El sistema intensivo de producción ganadera nos ha llevado a la automatización de las granjas y a la mayor fluidez y dilución de los purines por la utilización del agua a presión en la limpieza de establos.

Así, nos encontramos en la actualidad que muchos ganaderos, a veces ya no agricultores, tiene una gran cantidad de residuos pastosos, para los que no siempre disponen de suficientes terrenos de cultivos dispuestos a recibirlos. Aunque varía según el tipo, se ha estimado que un animal produce diariamente entre un 6% y un 12% de su peso vivo en residuos fecales.

Los residuos animales contaminan cada vez más el agua y el suelo, y el uso de fertilizantes con nitrógeno y fósforo ha ocasionado la eutrofización de las aguas. Además del problema de la cantidad producida, también se añaden problemas de almacenaje adecuado y suficiente, sistemas de transporte y dispersión sobre los campos, lo que suele provocar, una contaminación de las aguas, bien por vertido incontrolado directo, bien por un uso agrícola excesivo o inadecuado que da lugar a una contaminación difusa a través del agua de lluvia. En ambos casos la contaminación puede afectar tanto a las aguas superficiales como a las subterráneas.

El problema fundamental reside en el impacto ambiental que originan los residuos ganaderos, que por el momento está sin resolver, puesto que contribuyen una fuente difusa de contaminación, provocando alteraciones de carácter puntual y que ha dado lugar a la notificación por la Comisión de la Directiva 91/676/CEE a los estados miembros.

5.2. Caracterización de los residuos de ganado vacuno

Hay que establecer diferencias entre los residuos ganaderos según procedan de distintos tipos de ganados. La composición del abono depende de muchos factores, como por ejemplo del tipo de animal que lo produce, de su alimentación, de

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:22

su estado de producción y reproducción, del sistema de recolección y del almacenamiento. Esto origina diferencias en la composición del estiércol, que tendrán su importancia en la digestión anaerobia.

También influye mucho en la composición los aditivos que se añaden a los alimentos con el fin de estimular la producción de leche y carne. Estos aditivos modifican el carácter de los abonos y son productos difícilmente biodegradables.

Una práctica muy extendida en las granjas de animales, es la adición de agua al estiércol, lo que reduce su poder fertilizante al tiempo que eleva de forma desmesurada el volumen de purines a recoger y almacenar, con el consiguiente aumento de los costes de tratamiento. La idea de extender diariamente el estiércol en el campo debe desecharse, ya que es una medida casi impracticable por el número de animales que integran las granjas. Por el contrario, el almacenamiento reduce el trabajo diario, disminuyendo así, el número de patógenos por el calor de la pila de estiércol y da lugar a una mejor utilización de nutrientes.

Podemos clasificar los residuos ganaderos en función de la mezcla de que se trate, de esta forma:

- ESTIERCOL O ABONO: mezcla que contiene heces de animales, orines y cama, generalmente paja.
- PURINES: son las deyecciones líquidas excretadas por el ganado.
- SLURRY: mezcla acuosa de residuos ganaderos susceptible de ser bombeada.

Algunas de las composiciones típicas de estiércoles de diversos ganados son las siguientes:

PARAMETRO	VACA		CERDO		POLLO	
	RANGO	MEDIA	RANGO	MEDIA	RANGO	MEDIA
Materia seca %	14,0-21,0	17,55	22,5-29,6	26,10	24,0-31,0	26,92
Ceniza %	2,5-5,3	4,62	5,2-6,3	5,77	8,2-9,3	8,70
Materia	11,2-15,7	12,94	19,5-26,3	20,33	15,8-22,0	18,22

PROYECTO FIN DE GRADO		REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo		FECHA: 15/07/2011	
		REV: 01	PÁG:23

Orgánica %					
DQO %	7,02		10,44		7,97

En el almacenamiento habitual de purines, durante algún tiempo, se produce una sedimentación de forma natural, produciéndose tres capas perfectamente diferenciadas: un lodo de excrementos al fondo, una capa intermedia perfectamente líquida y una costra de material fibroso flotando en la superficie. Esta separación es de utilidad, porque permite tratamientos distintos según el sustrato.

El material fibroso, está formando por las partículas de mayor tamaño del estiércol que junto con otros componentes sólidos representan la quinta parte del volumen original del purín.

El líquido que puede ser separado de forma mecánica, tiene como mayor ventaja que puede ser bombeado fácilmente y nos da la posibilidad de tratar esta fracción líquida mediante tratamiento anaerobio en reactores de alta carga. El contenido de la materia orgánica del estiércol licuado (de los bovinos, los cerdos o de las aves de corral) es del orden del 6%.

El proceso de separación de estas fracciones sedimentadas se realiza muy a menudo, aunque su finalidad no sea la digestión anaerobia, sino como un paso para el pre-tratamiento del slurry y la distribución del abono en el campo.

También tenemos que destacar el contenido en nutrientes. El estiércol se almacena normalmente al aire libre, originándose eliminación de nutrientes principalmente por tres causas:

- Lavado por agua de lluvia.
- Degradación por desgasificación.
- Infiltración de líquido en el suelo.

Las pérdidas según los estudios de algunos investigadores, pueden estimarse en un 20% de nitrógeno, 5% de fósforo y 35% de potasio, durante el periodo invernal. Los purines normalmente se almacenan en depósitos cerrados por lo que no hay pérdidas detectables de fósforo y potasio mientras que el nitrógeno que se pierde lo hará en forma de gas.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:24

De esta forma observamos que las pérdidas de nutrientes dependerán del período de almacenamiento, del tipo y material usado en él y de las condiciones climáticas, sobre todo la temperatura.

Los desechos animales son ricos en materias orgánicas, por ejemplo, en el caso de los bovinos: el 4% de los orines y el 14% de la bosta, con un 3% de materias minerales en los dos tipos de deyecciones, de tal suerte que el contenido de materias orgánicas del estiércol licuado es del orden del 6%. Los elementos principales del estiércol sólido y del licuado son el nitrógeno, presente esencialmente bajo la forma orgánica, el fósforo y el potasio, a lo sumo dos tercios, bajo forma inorgánica.

Junto a la materia orgánica y los elementos principales, las deyecciones de los animales contienen cantidades apreciables de elementos secundarios (calcio, magnesio y sodio) y de oligoelementos (cobre, hierro y zinc principalmente).

Los resultados de la composición media obtenidos demuestran la existencia de una notable heterogeneidad. Entre los factores de variación, la tasa de dilución es, ciertamente, uno de los más importantes, aunque el tipo de animal, su alimentación así como la época del año, también intervienen.

Los efluentes animales tienen, esencialmente, una serie de efectos positivos sobre el suelo y las plantas si se agregan en dosis adecuadas. El estiércol es un importante generador de humus: el valor nitrogenado, el aporte benéfico del fósforo, de potasio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, boro, zinc y cobre, todos elementos esenciales para las plantas, hacen de los residuos animales un recurso precioso. Los elementos indeseables (cadmio, mercurio y arsénico) sólo son aportados en pequeñas cantidades. Por otra parte, los riesgos de transmisión de enfermedades por las aguas son escasos. El uso de los efluentes de la ganadería no es, desgraciadamente, fácil, y necesita el acatamiento de una serie de condiciones relativas al momento y al modo de aplicación, la dosis esparcida, el tipo de suelo, la presencia o la ausencia de un cultivo y el tipo de cultivo.

5.3. Efectos medioambientales de los residuos ganaderos

La gran variedad de componentes que se encuentran en los residuos ganaderos hacen que tengan utilidades beneficiosas en agricultura y a la vez un

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:25

potencial peligro medioambiental según su aplicación. Ya se ha planteado antes la dificultad a la que se enfrenta la ganadería moderna debido a la alta producción de nutrientes y a la escasez de terrenos para su aplicación.

5.3.1. Contaminación de suelos y aguas

Las recomendaciones agronómicas han sido desatendidas hasta hace poco en las regiones de cría intensiva, siendo la única restricción el esparcimiento del estiércol la posibilidad de comprometer el objetivo de una óptima producción (evitar el encamado de los cereales, las quemazones de las praderas, etc.). El cultivo de maíz soporta importantes estercoladuras, pero son menos aptos para recuperar el nitrógeno del perfil (arraigo menos profundo), causando una grave polución de las aguas.

Por otra parte los esparcimientos sobre las praderas, incluso inundadas o heladas, son más frecuentes. En consecuencia, aparte de la polución de las aguas, se observa una modificación de las características de los suelos.

Cuando la aplicación de los purines se realiza de forma incontrolada sobre el medio, tiene las siguientes consecuencias:

- Disminución de la producción agronómica.
- Fitotoxicidad del campo.
- Pérdida de nutrientes.

La contaminación de las aguas subterráneas y superficiales por parte de los purines procede del almacenamiento en depósito no adecuados, abonado de los campos en épocas inadecuadas para el cultivo, transportes deficientes y por la lixiviación de estos residuos. También constituye una práctica altamente contaminante el vertido directo en ríos y lagos.

Parte de los problemas señalados se pueden resolver por medio de un almacenamiento controlado y una aplicación del purín en el campo coincidiendo con los periodos de máxima asimilación de nutrientes por parte del cultivo.

Los elementos potencialmente contaminantes cuando el purín se aplica incontroladamente son el nitrógeno y el fósforo, ya que son los que ocasionan a corto plazo la eutrofización de las aguas.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:26

5.3.1.1. Exceso de minerales

En la producción animal, los minerales no utilizados acaban en el medio ambiente con las deyecciones. Cuando la carga de ganado no es demasiado elevada, el reciclado de los minerales no plantea apenas problemas. Por el contrario, si por tener muchos animales son aportados minerales en exceso a la explotación, aparece un desequilibrio. La intensificación de la fertilización de los prados y de los forrajes, así como el uso de alimentos compuestos, aumenta considerablemente el aporte de minerales en la explotación, mientras que su exportación por medio de la producción animal (lecho, carne) no aumenta proporcionalmente. El excedente de minerales que resulta de ello es a veces muy importante. A esta política se debe poner un freno, por una parte reduciendo el empleo de abonos químicos y de los alimentos concentrados. Por otra parte, mejorando la reutilización de los minerales de los desechos.

5.3.1.2. Efectos del nitrógeno

El nitrógeno, como todos los elementos nutritivos, es tomado por la planta bajo la forma mineral, esencialmente el nitrato (NO_3). Presente, bien en forma orgánica, bien en forma amoniacal, el ázoe de los efluentes de la cría del ganado, sólo en parte, será transformado en nitrato por los microorganismos del suelo; el saldo restante, bloqueado en la materia orgánica, podrá contribuir a aumentar la tasa de nitrógeno orgánico del suelo y, a más largo plazo, tendrá una influencia positiva sobre la nitrificación.

Durante la mineralización que, como todo proceso biológico, es muy dependiente de los factores climáticos. Pueden producirse pérdidas de nitrógeno y añadirse a las pérdidas que ya se han producido durante el esparcimiento.

Después de varios años de frecuentes aplicaciones de estiércol licuado, la eficacia del nitrógeno residual aumenta y, puede llegar a ser equivalente a la del nitrógeno liberado.

Las deposiciones de NH_4^+ son transformadas muy rápidamente en NO_3^- por nitrificación, lo cual conlleva la acidificación del suelo (puede bajar hasta un $\text{pH}=4$). Como consecuencia muchas especies vegetales de características frágiles, desaparecen. Por otro lado, se desarrollan y entran en competencia las especies

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:27

tolerantes a suelos ácidos. Aquellas especies de crecimiento rápido tendrán ventajas sobre las especies de crecimiento lento.

En ecosistemas forestales, las deposiciones de cantidades importantes de amonio conllevan una secreción de potasio, magnesio y calcio en la solución del suelo. Esto significa, en definitiva, un desequilibrio nutricional para la planta, en cual repercutirá en la resistencia a flagelos, parásitos, alteraciones de tipo fisiológico y adversidades climáticas.

La contaminación del agua por los compuestos nitrogenados es cada vez más frecuente. Las formas de nitrógeno observadas con más frecuencia son el nitrógeno orgánico contenido en los microorganismos o en la materia orgánica en el curso de su descomposición, el ion amonio que se obtiene al final de la descomposición y, sobre todo, el ion nitrato que es la forma más oxidada del nitrógeno. El ion nitrito es el más indeseable, pero es inestable y sólo se encuentra en pequeñas cantidades.

La presencia de esas formas de nitrógeno en el agua es siempre indeseable.

Las formas orgánicas del nitrógeno (proteínas, aminoácidos, urea, ácido úrico, etc.) presentes en forma de coloides o de partículas transportadas por el agua, al degradarse, consumen el oxígeno necesario para la vida acuática.

El amonio presente en forma disuelta es un compuesto particularmente tóxico para los peces. Numerosos casos de mortalidad masiva de peces son debidos a la presencia de este ión en cantidad excesiva en el agua. En lo que concierne al agua destinada al consumo humano, la Comunidad Económica Europea ha fijado en 0,5 mg/l la máxima concentración límite de amonio en el agua distribuida.

El nitrito es particularmente indeseable por sus efectos nocivos para el hombre. La CEE ha fijado en 0,1 mg/l la concentración máxima en el agua diluida para consumo humano. Este compuesto, en un medio oxidante como lo son las aguas de los arroyos o de las capas acuíferas, se oxida formando nitritos rápidamente y, por tanto, sólo se encuentra en pequeñas cantidades de manera fugaz.

El nitrito es el elemento que se encuentra con mayor frecuencia y en cantidades abundantes. Se trata de la forma más oxidada del nitrógeno. También es la forma de nitrógeno que asimilan la mayor parte de los vegetales y es, por tanto, indispensable para su crecimiento. Por lo que la presencia de un poco de nitrato en el

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:28

agua contribuye a la riqueza biológica de las aguas naturales al permitir que se desarrollen las algas. Las concentraciones elevadas, a menudo observadas actualmente, cooperan, sin embargo, al desarrolla normal de ciertas algas que invaden el curso de ríos, las reservas de agua o las costas marítimas. La eutrofización, desarrollo excesivo de las algas o de las plantas acuáticas, es cada vez mayor, trayendo consecuencias perjudiciales.

En las costas, las mareas verdes son el resultado del desarrollo de las algas, en particular las ulvas, que se amontonan, mueren y se pudren liberando olores nauseabundos y aportando una carga de contaminación orgánica al mar.

En el agua dulce, la polución de las algas consume el oxígeno disuelto, a veces hasta el agotamiento de las reservas, provocando la muerte por asfixia de la fauna y de la flora con gran perjuicio para los pescadores. Las toxinas emitidas por ciertas cianofíceas, a veces se desarrollan anormalmente, pueden matar los mariscos y los peces o hacerlos tóxicos para el consumo humano. Esto trae como consecuencia las disminuciones de los criaderos explotados por los pescadores y la destrucción de explotaciones conchíferas o piscícolas.

El desarrollo de las algas provoca también la obturación de los filtros en las estaciones de tratamiento del agua. Las algas suelen dar un sabor desagradable al agua y emiten sustancias tóxicas para el consumidor.

Los medios curativos son limitados, caros y peligrosos, por lo que parece preferible investigar medios preventivos que impidan el desarrollo anormal de las algas.

Las algas se desarrollan cuando encuentran, simultáneamente, todos los factores favorables: temperatura benigna, sol, agua rica en nutrientes y en particular nitrógeno y fósforo. Estos nutrientes provienen de diversos orígenes, pero vamos a centrarnos en las deyecciones emitidas por los animales, que contiene fósforo, y pueden discernir hacia los cursos de agua, sea cuando los animales van a beber, sea porque la lluvia arrastra las deyecciones depositadas en el pasto o en el centro de la explotación, incluso cuando las deyecciones directas, una zanja no hermética o que se desborda, conducen a las deyecciones a un curso del agua. La erosión de las tierras

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:29

enriquecidas con fósforo por medio de los abonos también contribuye a esas salidas de fósforo hacia el agua.

5.3.1.3. Efectos del fósforo

Del fósforo del estiércol licuado, después de algunos meses de almacenamiento el 80% se encuentra en forma inorgánica. Los fosfatos tienen una reducida movilidad en el suelo y las pérdidas son, en general, casi nulas. La capacidad de fijación de los fosfatos por el suelo es más reducida en los suelos arenosos que en los suelos limosos. Si se alcanza la saturación, puede sobrevenir la emigración de los fosfatos en profundidad, causando una eutrofización de las aguas de superficie y subterráneas. En las condiciones normales de esparcimiento, se puede considerar el aporte de fósforo como equivalente al de un abono mineral.

La tasa de saturación de la carga actual de fosfatos, está comprendida entre el 60% y el 140%. La concentración de fosfatos disminuye rápidamente con la profundidad.

5.3.1.4. Efectos del potasio

El potasio se encuentra, sobre todo, en la fracción líquida del estiércol, en forma inorgánica. Si no es absorbido por el humus o por las partículas de arcilla o asimilado por las plantas, permanece en solución y puede ser lixiviado. Este es, particularmente, el caso de suelo ligero. El contenido de potasio de la hierba de las praderas aumenta inútilmente con la aplicación del estiércol licuado de los bovinos, de los cerdos o de las aves de corral, siendo la utilización tan buena como la del potasio procedente de los abonos minerales.

5.3.1.5. Aporte del boro

Elemento presente en estado de traza, indispensable para las plantas, el boro puede volverse tóxico a partir de una concentración en el suelo de 5 mg/Kg (ppm) de boro soluble, esta toxicidad se produce a veces después de la irrigación con aguas usadas (detergentes) o en caso de suelos muy ácidos en los cuales la solubilidad del boro es grande.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:30

En determinados pH de los suelos agrícolas, se encuentra, frecuentemente, fenómenos de carencia, ya que la proporción boro asimilable-boro total está muy reducida. El aporte de boro por los desechos de los animales es, por tanto, en general, benéfico. No obstante, en los suelos con un gran contenido de materias orgánicas, a veces se observa un bloqueo del boro.

5.3.1.6. Aporte de metales

Las sales metálicas tienen, por su naturaleza, una elevada toxicidad que a largo plazo, podría generar un fuerte deterioro del suelo. Esa toxicidad atañe a las plantas, a sus consumidores y a los microorganismos del suelo. Entre los metales aportados por el estiércol licuado, el hierro, el manganeso, el zinc y el cobre son esenciales, es decir, indispensables para el desarrollo del vegetal o del animal. El zinc y el cobre se añaden a los alimentos compuestos como factores del crecimiento y son asimilados muy escasamente, se encuentran en cantidades bastante importantes en los estiércoles licuados de los terneros.

Los otros metales no esenciales como el plomo, el cadmio, el mercurio, el arsénico y el selenio sólo son aportados en cantidades ínfimas por los desechos animales y no representan ningún riesgo para los suelos. Las poluciones por esos elementos sólo son observadas en las proximidades de ciertas zonas industriales. Está claro que, para la agricultura, los problemas más importantes y más agudos creados por los metales pesados tienen por origen actividades no agrícolas.

5.3.1.7. Transmisión de enfermedades o de parásitos

Si bien no están claramente definidos, no se pueden excluir los riesgos de contaminación de los suelos y de la transmisión de parásitos y de bacterias patógenas.

La aplicación del estiércol licuado de los cerdos o de los bovinos aporta al suelo microorganismos resistentes a los antibióticos en las aguas subterráneas. Estos microorganismos, insensibles a los tratamientos clásicos de las aguas, son patógenos.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:31

5.3.2. Problemas planteados en la atmósfera

La atención a la problemática de las emisiones de compuestos volátiles (gaseosos) se ha limitado y circunscrito al interior de los habitáculos del ganado, para conseguir un ambiente óptimo para el crecimiento animal, además de que sea aceptable para el trabajador. Por lo que se debe tener en cuenta el impacto de la ganadería sobre la calidad del aire.

Los efectos de la emisión pueden manifestarse en áreas muy amplias, mientras que la zona emisora puede presentar consecuencias menores o incluso insignificantes, como es el caso de las lluvias ácidas.

El dióxido de carbono CO_2 es un gas formado por la combustión de materia orgánica. Desde el comienzo del período preindustrial ha aumentado un 25%.

La producción de CO_2 en ganadería deriva, principalmente, de la respiración animal y de los subproductos de su metabolismo. Su contribución a tal aumento es totalmente menospreciable.

5.3.2.1. Efectos ecológicos del metano

El metano interviene en diversos aspectos y reacciones de gran importancia para la atmósfera: en la troposfera participa en el calentamiento de la tierra y puede aumentar la concentración del ozono; por el contrario, en la estratosfera contribuye a la destrucción de la capa de ozono.

Tanto el CO_2 como el CH_4 , son gases que absorben las radiaciones infrarrojas que proceden de la superficie de la tierra, formando una especie de capa que no permite que el calor se elimine hacia el espacio, dando lugar al conocido “efecto invernadero”.

El dióxido de carbono es el responsable de aproximadamente el 50% del potencial de calentamiento de la tierra. El metano se oxida en la atmósfera dando lugar a monóxido de carbono (CO), el cual, mediante una nueva oxidación, pasará a dar dióxido de carbono. Por lo tanto, la contribución del metano al “efecto invernadero” es doble: directamente, por absorber las radiaciones infrarrojas; indirectamente, al transformarse en CO_2 .

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:32

En una de las reacciones de la compleja oxidación del metano, puede formarse ozono (O_3), potente microbicida que, superado un cierto límite, puede afectar de forma seria a la vida animal y vegetal. La síntesis del ozono sólo ocurre bajo condiciones de gran polución ambiental, como en áreas industriales o urbanas. Ahora bien, si la atmósfera donde sucede la transformación está relativamente limpia, el metano no produce ozono, sino que lo destruye, permitiendo así la mejora substancial de la calidad ambiental y aumentando la capacidad de auto-limpieza de la atmósfera.

5.3.2.2. Efectos del amoníaco

Una parte considerable del nitrógeno en el abono animal está en forma de nitrógeno amoniacal (NH_3) proveniente del ión NH_4^+ y cuyas proporciones dependen del pH y de la temperatura. Las emisiones pueden producirse en otras formas de nitrógeno como (NO , NO_2 , NO_x). Las fuentes más importantes de génesis de esta molécula son debidas a las actividades agrarias, a los residuos ganaderos y a los fertilizantes químicos. La tendencia en la producción de amoniaco es, igual que con el metano, exponencial.

La ganadería es la principal generadora de amoniaco, no obstante todas las especies participan de igual forma en el proceso. Hemos de tener presente la talla del animal y la densidad y concentración de cabezas que permiten así la producción de amoniaco de la granja.

La volatilización sucede cuando la concentración de amoniaco en la superficie es superior a la concentración de amoniaco en el aire. En caso contrario, hay deposición. La volatilización de amoniaco a partir de la orina es muy superior al del excremento sólido o ambas mezcladas.

Si tenemos presente que la volatilización del amoniaco conlleva una pérdida del ión amonio, entonces llegará un momento en que, al no existir más substrato, ya no habrá más volatilización del amoniaco; la concentración de NH_3 no disminuye por lo que la cantidad de amonio tiene que haber quedado restablecida. Esta restitución sólo puede tener su origen en el nitrógeno orgánico. Durante el almacenamiento, la materia orgánica es descompuesta en amoniaco, ácidos grasos volátiles, dióxido de oxígeno y metano.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:33

El estiércol digerido, normalmente, tiene una cantidad de nitrógeno amoniacal ligeramente mayor que el no digerido. Por tanto, el almacenamiento al aire del estiércol digerido puede causar mayores emisiones de amoníaco que el almacenamiento al aire del estiércol no digerido.

El amoníaco causa daños directos en la vegetación que se encuentra en las cercanías de las fuentes de emisión. También se ha demostrado que este gas es uno de los principales responsables de la acidificación de la atmósfera y, en consecuencia, de los suelos y de las aguas mediante deposiciones húmedas.

El amoníaco es el más alcalino de los gases atmosféricos, lo cual da una gran importancia en la química atmosférica y en las deposiciones ácidas. Se combina fácilmente con compuestos ácidos presentes en la atmósfera dando lugar a aerosoles amoniacales, forma que le permite recorrer grandes distancias, constituyéndose así en un contaminante a escala internacional.

Los olores, motivo de problemas de impacto ambiental, de denuncias, quejas y normativa reguladora, son poco tolerados por la opinión pública cada vez más “urbanizada” y sensibilizada a cualquier fenómeno que pueda afectar al ambiente, así como a su propia salud. Si bien las emisiones de humos son una fuente de malestar comprensible y de lamentaciones justificadas, no son necesariamente una causa de contaminación ambiental.

Los olores derivan principalmente de los procesos de degradación biológica de las sustancias contenidas en los excrementos. Si las condiciones en que se realizan estas transformaciones son anaeróbicas, los compuestos volátiles generados resultan más desagradables al olfato. Los gases producidos por estas reacciones son muy diversos en cuanto a la familia química y a la cantidad formada. El olor será consecuencia de la mezcla de todos ellos y cuya composición o relación volumétrica puede alterar definitivamente las características odoríferas.

Así, la individualización química de los principales compuestos volátiles responsables no es suficiente para dar una información fiable sobre el efecto olfativo de la combustión. Pero hay ciertos gases normalmente presentes en la mezcla. Uno de ellos es el amoníaco y el otro es el sulfuro de hidrógeno, de conocidas

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:34

propiedades aromáticas. Normalmente, el sulfuro de hidrógeno da una buena indicación sobre la molestia que puede causar el olor.

Por otro lado, cada especie tiene sus propios olores, los cuales varían a la vez con la edad del animal.

Como resumen se puede afirmar que la actividad ganadera es potencialmente molesta, pudiendo originar graves problemas. Los problemas pueden derivarse de los ruidos, olores, contaminaciones, insectos o, incluso, daños irreparables al entorno.

5.4. Puestos de trabajo en el medio rural

El aprovechamiento de la bioenergía contribuye a la creación de empleo en el medio rural, beneficiando el desarrollo económico de las zonas tradicionalmente deprimidas.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:35

6. Normativa legal para residuos ganaderos

6.1. Legislación comunitaria

La Directiva del Consejo de 12 de diciembre de 1991 relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en agricultura ha sido incorporada al ordenamiento español por medio del Real Decreto 261/1996 de 16 de febrero. La finalidad de esta Directiva es reducir la contaminación de las aguas causada o inducida por nitratos de fuentes agrarias y prevenir su extensión.

La adopción por parte de algunos estados miembros de la CEE de una legislación sobre ganadería intensiva, ha hecho que sea urgente proponer medidas comunes, no solamente para proteger el medio ambiente, sino también para evitar la distorsión de la competencia.

La propuesta de directiva COM (88) 708, recoge la preocupación de las autoridades comunitarias por el aumento de los niveles de nitratos en aguas dulces, costeras y marinas contra la contaminación provocada por los nitratos de fuentes difusas.

En estas zonas vulnerables, se propone una primera limitación del número de animales productores de estiércol por hectárea a la que se podrán aplicar en los suelos de cultivo:

<i>Número máximo de animales productores de estiércol por hectárea</i>	
<i>ANIMALES</i>	<i>NUMERO MAXIMO/Ha</i>
Vaca lechera	2
Ganado vacuno joven o de engorde	4
Porcino engorde	16
Cerdas con lechones	5
Pavos, patos	100
Gallinas ponedoras	133

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:36

Gallinas jóvenes, 0-16 semanas	285
--------------------------------	-----

Posteriormente, una nueva comunicación de la Comisión destaca la necesidad de apoyar el esfuerzo de los agricultores por la protección del medio ambiente, y aborda unas herramientas imprescindibles para conseguir tal fin:

- Las compensaciones y estímulos financieros.
- La formación, información y divulgación de las buenas prácticas agrarias.

6.2. Normativa estatal

En la línea de lo que estamos hablando en este apartado, el RD 661/2007, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, trata sobre los altos costes de inversión en comparación con costes de operación y trata de complementar la forma de financiación. En ella se trata la importancia de la planificación previa para asegurar la rentabilidad y analizar los impactos producidos teniendo en cuenta la cantidad y suministro de materiales y un plan de suministro; la optimización de mayor producción de biogás; evitar sobredimensionamientos; mercado de venta de energía; los impactos ambientales y socioeconómicos; la valoración de costes de funcionamiento; y los agentes económicos implicados.

Esta normativa sigue en la misma línea de la Directiva 2001/81/CE, más conocida como Directiva de techos nacionales, en la que se señala la “Aplicación de las Mejores Tecnologías Disponibles que minimicen emisiones de N₂O y NH₃” de los purines digeridos.

Por último, pero no menos importante, es imprescindible nombrar el Real Decreto 949/2009 por el que se establecen las bases reguladoras de las subvenciones estatales para fomentar para fomentar la aplicación de los procesos técnicos del Plan de Biodigestión de Purines. Con ella se trata de facilitar la gestión y el tratamiento del nitrógeno de los purines en las zonas (con aplicación de tecnologías complementarias) con el fin de fomentar la aplicación de los procesos técnicos que permitan la reducción de emisiones de GEI y potenciar la valoración agrícola del digestor, directamente, y el reciclado de nutrientes frente a los pos-tratamientos del digestato.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:37

Se habla en el párrafo anterior a cerca del Plan de Biodigestión de Purines está enmarcado en el Plan de Medidas Urgentes de la estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia del 20 de julio de 2007.

6.3. Códigos de buenas prácticas agrarias

Elaboradas por los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, con la finalidad de reducir la contaminación producida por los nitratos de origen agropecuario, contemplan los siguientes aspectos mínimos:

- Los periodos en que no es conveniente la aplicación de fertilizantes a las tierras.
- La aplicación de fertilizantes a tierras en terrenos inclinados y escarpados.
- La aplicación de fertilizantes en terrenos hidromorfos, inundados, helados o cubiertos de nieve.
- Las condiciones de aplicación de fertilizantes a tierras cercanas a cursos de aguas.
- La capacidad y el diseño de los tanques de almacenamiento de estiércol, las medidas para evitar la contaminación del agua por escorrentía y filtración en aguas superficiales y subterráneas de líquidos que contengan estiércol y residuos procedentes de productos vegetales almacenados como el forraje ensilado.

De forma complementaria también se puede incluir:

- La gestión del uso de la tierra con referencia a los sistemas de rotación de los cultivos y a la proporción de la superficie de tierras dedicadas a cultivos permanentes en relación con cultivo anuales.
- El mantenimiento durante periodos lluviosos de un manto mínimo de vegetación que absorba el nitrógeno del suelo que, de lo contrario, podría causar fenómenos de contaminación del agua por nitratos.
- La utilización como alternativa, de cultivos con alta demanda de nitrógeno y con sistemas radicales potentes, capaces de aprovechar los nitratos que han sido arrastrados a capas profundas.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:38

- El establecimiento de planes de fertilización acordes con la situación particular de cada explotación y la contaminación en registro del uso de fertilizantes.
- La prevención de la contaminación del agua por escorrentía y la filtración del agua por debajo de los sistemas radiculares de los cultivos en los sistemas de riego.

Finalmente debe comentarse la Directiva del Consejo del 12 de diciembre de 1001 relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura el cual recoge el concepto de zonas vulnerables.

El aspecto esencial, en lo que atañe a la cantidad de residuo ganadero aplicado al suelo, fija el objetivo limitando la aplicación de la cantidad que contenga 210 kg de nitrógeno por hectárea y año, bajándose en el futuro a 170 kg de nitrógeno por hectárea y año.

En España, la transposición de la Directiva sobre nitratos a través del RD 261/1996, dejó a las Comunidades Autónomas como las encargadas de la realización de la mayoría de las actuaciones que comporta la Directiva, reservándose el Estado la elaboración del informe de situación y la comunicación a Bruselas de las diversas actuaciones.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:39

7. Generalidades del biogás

El biogás se produce mediante un proceso de degradación de la materia orgánica bajo condiciones anaeróbicas, es decir, en ausencia de oxígeno. La digestión anaeróbica es producto de la acción de bacterias, las cuales se denominan metanogénicas y tienen la cualidad de degradar la materia liberando metano en el proceso. Dichas bacterias metanogénicas son el último eslabón de una cadena de microorganismos encargados de degradar las materias orgánicas y devolver los productos descompuestos al medio ambiente. De esta forma el biogás es generado como una fuente de energía renovable.

La producción de biogás es un modo útil de tratar residuos biodegradables y a su vez se puede utilizar para diversas aplicaciones tales como: producción de energía eléctrica mediante turbinas o plantas generadoras a gas, en hornos de calentamiento, en diversos procesos industriales, en estufas para la cocción de alimentos, calderas y cualquier sistema de combustión a gas que previamente haya sido adaptado para tal efecto.

Dicho de otra forma, la digestión anaerobia es un proceso natural en el que la materia orgánica es degradada por la acción de microorganismos en ausencia de oxígeno, obteniéndose como producto final una mezcla de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), materia orgánica degradada y nuevos microorganismos.

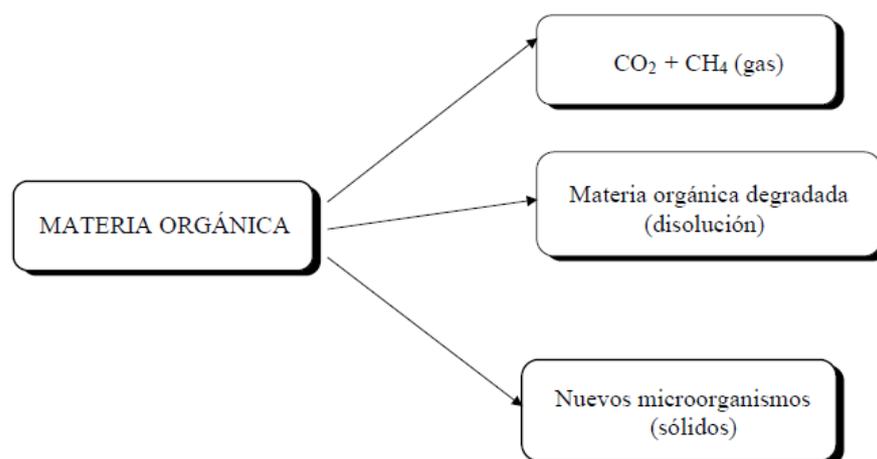


Figura 1.- Degradación de la materia orgánica

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:40

La degradación de la materia orgánica a metano en un medio anaerobio es el resultado de una serie de reacciones bioquímicas, que transcurren tanto consecutiva como simultáneamente, lo cual implica la actividad combinada de una población bacteriana muy variada, consistente en diversos grupos de bacterias anaerobias estrictas y facultativas.

7.1. Composición del biogás

El biogás es un gas combustible formado en su mayoría por metano (CH₄) y por dióxido de carbono (CO₂), aparte de contener pequeñas cantidades de hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, monóxido de carbono y trazas de sulfuro de hidrógeno, el cual le proporciona un olor característico a azufre.

<i>Composición del biogás</i>	
<i>Componente</i>	<i>Porcentaje %</i>
Metano (CH ₄)	54-70%
Dióxido de Carbono (CO ₂)	27-45%
Nitrógeno (N ₂)	0,5-3%
Hidrógeno (H ₂)	1-10%
Acido Sulfhídrico (H ₂ S)	0,1%

7.2. Biodigestor

Un biodigestor es un sistema natural que se fundamenta en la digestión anaeróbica y que transforma biomasa o materia orgánica degradable, en biogás y/o fertilizantes. En principio, todos los materiales orgánicos pueden ser fermentados o digeridos, sin embargo, sólo sustratos líquidos u homogéneos pueden ser considerados para plantas de biogás simples. Entre estos se encuentran heces y orina de ganado, cerdos, aves, aguas negras y desecho vegetales entre otros. La producción máxima de biogás dada una cantidad de materia cruda, depende directamente del tipo de sustrato envuelto.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:41

Normalmente, el biogás producido por un digestor puede ser usado tal como está, de la misma forma que cualquier otro gas combustible. Sin embargo, es posible y deseable que un tratamiento posterior sea realizado para remover gases no deseables o impurezas.

7.3. Parámetros para evaluar el funcionamiento de un biodigestor

Para el buen funcionamiento de un digestor en general es muy importante el monitoreo de forma periódica de ciertos parámetros que están estrechamente vinculados a la generación de biogás, dichos parámetros son: temperatura, pH, DQO y ácidos grasos entre otros.

7.3.1. pH

El pH es un parámetro de operación obligatorio, el cual nos dice si el reactor está operando en un medio ácido o básico. En general, un reactor debe estar operando en un medio neutro para asegurar que las condiciones sean las adecuadas para mantener las bacterias metanogénicas en un ambiente idóneo para su supervivencia y reproducción.

Para asegurar el correcto funcionamiento del proceso en el interior del digestor, el valor del pH debe oscilar entre 6,5 y 7,5. Para realizar la medición de pH se utiliza un instrumento de campo denominado pH-ímetro.

7.3.2. DQO

La demanda química de oxígeno, DQO, expresada en unidades de oxígeno, mide la porción de materia orgánica que es biodegradable o no, en una muestra que es susceptible a oxidación por un fuerte oxidante químico. Esta prueba se realiza para establecer una comparación entre el influente y el efluente y así determinar la carga orgánica que queda dentro del digestor y la cual posiblemente se esté convirtiendo en biogás. Por tanto, se realizan dos pruebas de DQO, una en el influente y otra en el efluente para establecer dicho patrón de comparación.

Hay que diferenciar entre dos tipos de análisis según el propósito de estos:

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:42

- DQO soluble: es una medición del material orgánico que logra solubilizarse en el agua y que generalmente se encuentra en la descarga de un reactor.
- DQO total: es una medición que comprende los sólidos insolubles y solubles además de las grasas, que tienden a consumir oxígeno durante su descomposición.

El DQO es toda la cantidad de oxígeno que requiere la materia o toda la especie química que está presente en el agua residual para lograr oxidarse. Es un balance estequiométrico exacto de la cantidad de oxígeno requerido para descomponerse. Existen varias maneras de realizar esta prueba.

7.3.3. Ácidos grasos

El análisis de ácidos grasos volátiles es una medida de la concentración de la generación de ácidos grasos. Dependiendo de la naturaleza de las aguas residuales, éste se genera a partir de la descomposición anaerobia de la materia orgánica. La descomposición de la materia orgánica está formada por tres etapas: Hidrólisis, acidificación y metanogénesis. Siendo en la Hidrólisis donde se generan los ácidos grasos mientras que acidogénesis es el paso de la hidrólisis a la metanogénesis y es donde los ácidos son utilizados por las bacterias para generar biogás.

Los ácidos grasos es una medida de esa concentración. Entonces, si nuestro reactor se queda estancado en un pH ácido, significará que la concentración de ácidos generados es demasiado alta y debe regularse. Dicha regulación se logra mediante la reducción de materia prima que entra al reactor.

7.3.4. Contenido de metano y dióxido de carbono

El contenido de metano (CH₄) del biogás producido se determina mediante la extracción del volumen contenido dentro del recipiente que contiene la muestra de biogás, mediante una jeringa especial. Teniendo este volumen conocido de biogás, este se inyecta en un recipiente sellado, el cual posee una solución de 20ml que contiene 20g/l de NaOH. Este bote hermético debe ser agitado durante varios minutos de tal forma que todo el dióxido de carbono sea absorbido por la solución presente en el recipiente. El volumen de gas restante puede ser determinado

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:43

utilizando la jeringa y midiendo directamente. La concentración porcentual de metano vendrá determinada por la relación existente entre el volumen final y el volumen inicial medido en la jeringuilla.

Los rangos normales de gas metano dentro de una muestra de biogás deben rondar entre el 30% y el 60% de dióxido de carbono, el 50% y el 70% de metano y un 3% aproximadamente de otros gases.

7.3.5. Temperatura

La temperatura dentro de un digestor es un parámetro de los más importantes para la óptima producción de biogás. Existen diferentes rangos de temperatura de funcionamiento pero se ha establecido, como norma general, que a mayor temperatura, se logra mayor productividad, aunque se necesita que se reúnan otras condiciones o parámetros especiales de funcionamiento.

Sin embargo, ya sea alta o baja, la temperatura se deberá mantener constante, ya que las fluctuaciones perjudican en gran medida la acción bacteriana que se desarrolla dentro del tanque y que es responsable de la fermentación.

7.3.6. Temperatura de llama

La temperatura de llama creada por una mezcla de combustible es importante para diagnosticar el desempeño de todo tipo de sistemas de combustión. La temperatura teórica de la llama del biogás es una mezcla estequiométrica con aire, sin embargo, la llama disminuye en función de la presión atmosférica, pérdida de calor hacia la atmósfera, porcentaje de oxígeno contenido en la atmósfera, el combustible quemado, cualquier tipo de oxidación en el combustible, temperatura de la atmósfera, humedad relativa y la disociación producida durante la reacción.

El proceso de medición de la temperatura de llama, se da mediante la utilización de termómetros especializados. A continuación se muestra la temperatura teórica de la llama del biogás en función del porcentaje de metano por volumen y de la concentración de vapor de agua contenido en el biogás:

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:44

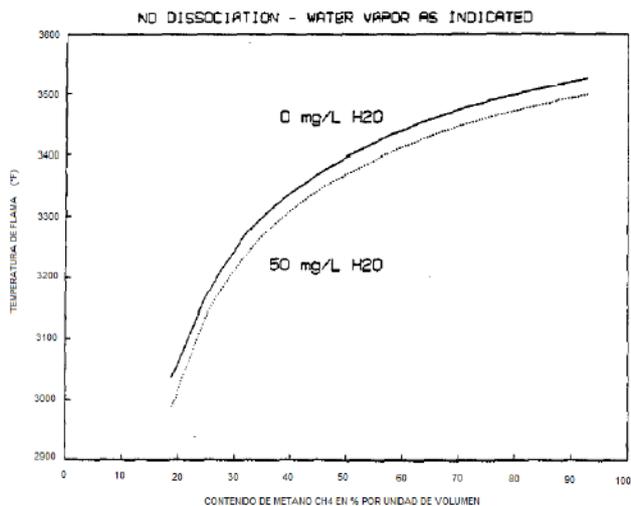


Figura 2.- Gráfico representativo de la temperatura teórica de la llama del biogás en función del porcentaje de metano.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:45

8. Ubicación de la instalación

8.1. Introducción

La ubicación de un biodigestor es tan importante como su propia construcción. Una planta mal ubicada será una instalación inútil, a la que no se le sacará provecho. Por el contrario, una buena ubicación desempeña un papel importante para su fácil manejo y operación. Un estudio previo del lugar y una detallada evaluación reportarán ganancias en el futuro.

Los principales aspectos que se deben tener en cuenta al ubicar un biodigestor son los siguientes:

- Seleccionar el lugar más cercano posible a la fuente de materia prima.
- Debe tratarse, por todos los medios, de que la topografía del terreno permita el cargado de la planta por gravedad.
- En el lugar debe existir una fuente de agua para realizar la mezcla y mantener la limpieza de la planta.
- La instalación donde se utilizará el biogás debe encontrarse lo más cerca posible de la planta de biogás.
- La topografía del terreno debe favorecer que la utilización del bioabono líquido se realice por gravedad.
- Se debe evitar el contacto con el manto freático, para prevenir las filtraciones hacia el interior o la contaminación del manto. Como norma, el fondo del biodigestor debe encontrarse a un metro o más del manto freático.

Para lograr un buen trazado de la planta, en el área que se utilizará para su construcción, es imprescindible eliminar todo aquello que sea un estorbo, como escombros, hierbas, plantas, raíces, etc.

8.2. Localización

La instalación que se proyecta en el presente trabajo fin de grado se localizará en la GANADERÍA ROTIZAS ubicada en el barrio Rotizas de Sobarzo, Cantabria.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011
	REV: 01
	PÁG:46



Figura 3.- Imagen de satélite de la instalación agrícola

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:47

Se trata de un negocio familiar transmitido de padres a hijos durante varias generaciones que, en estos momentos de crisis por los que pasa el país, necesita renovarse y/o diversificar su actividad empresarial para obtener mayores beneficios económicos.

La ganadería cuenta con dos edificios en el barrio Rotizas para albergar sus instalaciones que cuentan con una superficie para las cuadras de 600 m² repartidas entre ambos. Aunque el proyecto se centrará en la nave industrial (color púrpura) de 450 m² por ser esta la zona destinada al ganado adulto, tratándose el otro edificio (color azul) de la zona de cría de becerros y terneros por lo que la producción de estiércol en esta no justificaría el desembolso económico para recuperarlo.



Figura 4.- Nave principal de la ganadería.

Como es costumbre en el sector, la ganadería consta de otros edificios o cuadras en el municipio para albergar más animales. Pero no se contemplan en este proyecto por encontrarse dispersas y ser de menor tamaño que la nave marcada en color púrpura.

La principal actividad de esta ganadería corresponde con la trata de ganado. Es decir, el beneficio económico se obtiene comprando ganado joven y sin engordar, y criándolo durante un periodo de tiempo hasta engordarlo y poder revenderlo por el

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011
	REV: 01 PÁG:48

doble de su valor. Teniendo en cuenta que el valor de estos animales es función de su edad, su sexo y, en mayor medida, de su peso.

Habitualmente esta instalación (color púrpura) cuenta con un número constante de animales en sus instalaciones, siendo este, normalmente y de forma constante, de 80 vacas.



Figura 5.- Foto del interior de la estabulación. Entrada.



Figura 6.- Foto del interior de la estabulación. Fondo de la nave.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:49

Al tratarse de una instalación relativamente moderna a pesar de tratarse de una construcción de más de 30 años. Consta de un gran estercolero subterráneo que se ubica debajo de la estabulación de forma que los excrementos y orines caen directamente a él una vez defecados por la vaca. El agua añadido a este estercolero para evitar que los purines se solidifiquen en el fondo y no puedan ser extraídos por la chupona se obtiene de una fuente-bebedero-lavadero público que se encuentra en el pueblo y que es cercano a la estabulación. El agua se extrae con la misma chupona que se extrae el abono del estercolero y se transporta desde la fuente a la nave con un tractor. Una vez en la nave, el agua es introducida por las mismas ranuras que los excrementos de las vacas donde se mezcla con ellos y con el agua a presión utilizada para la limpieza de la cuadra.



Figura 7.- Chupona que se utilizará.

8.3. Principales animales criados

Actualmente, el ganado vacuno criado en estas instalaciones puede ser de dos tipos: vacas limosinas y, en menor medida, vacas frisonas.

A continuación se muestran algunas de las características de estos animales para mejor encuadre del proyecto:

8.3.1. Vacas limosinas

A nivel fenotipo esta raza se puede caracterizar por los siguientes aspectos:

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:50

- Presenta aureolas marcadas y muy claras alrededor de los ojos y en el bezo.
- Cabeza corta con frente y hocico anchos.
- Cuernos finos y arqueados hacia delante.
- Ausencia total de manchas, pintas o lunarea de otros colores.
- Mucosas rosadas.
- Cuello corto.
- Pecho largo y redondeado.
- Costado ancho.
- Espalda recta y larga.
- Delantero bien musculado.
- Lomo largo y ancho.
- Nalgas anchas bien descendidas y redondeadas.
- Cuernos y pezuñas claras color caramelo.
- Aplomos correctos.
- Piel fina y flexible.

Se trata de animales con grandes masas musculares, son muy precoces, no muy altos y con excelente conformación cárnica. Presentan un gran desarrollo esquelético siendo, en este sentido, más tardíos, y fundamentalmente son buscados por los ganaderos que se dedican a la cría de reproductores. Pues se trata de un animal que ofrece el mejor índice de partos sin complicaciones entre las razas de producción cárnica, tienen una vida productiva superior a la mayoría de razas además de no poseer un carácter difícil lo que le proporciona al ganadero gran tranquilidad y comodidad en su cría.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:51



Figura 8.- Imagen de vaca limosina

8.3.2. Vacas frisona

La vaca Holstein, o vaca Frisona, es grande, elegante y fuerte, con un peso promedio de 650 Kilos y una alzada aproximada de 1.50 m. Se caracteriza por su pelaje blanco y negro o blanco y rojo; esta última coloración la hace muy apetecible pues representa adaptabilidad a climas cálidos. Su vientre, patas y cola deben ser blancos. La vaca ideal tiene su primer parto antes de cumplir tres años y de allí en adelante debe criar un ternero cada año. Puede permanecer en el hato durante más de cinco lactancias (305 días), en cada una de las cuales, su producción es superior a 5.949 Kilos.

Esta vaca es muy frecuente en los pastos cántabros precisamente por esas aptitudes lecheras superiores a otras razas vacunas que las hacen tan atractivas para los ganaderos.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:52



Figura 9.- Imagen de vaca frisona paciendo.

8.4. Datos de partida de la instalación

La planta anaerobia se diseñará con respecto a los siguientes parámetros:

- Cuadra conteniendo estabulados a lo largo del año 80 vacas
Pueden existir más cabezas de ganado en la granja que no estén estabuladas, y para los cálculos no se considerarán.
- Régimen de temperaturas.
 - Temperatura media ambiental 13°C
 - Temperatura mínima ambiental -4,5°C
 - Temperatura máxima ambiental 35,5°C
- Estercolero contiguo al establo, con capacidad mínima de 75m³ y con fosa de purín de 14 x 1,20m.
- Existencia de un edificio-vivienda, en el caso de demandar la energía térmica sobrante de calefactar al digestor, se mantendrá a una temperatura de 20°C durante los meses fríos del año, con el apoyo de una caldera de 49500Kcal/h.
- Se diseñará el digestor para máxima producción de metano.
- Se mantendrá en el interior del digestor una temperatura de trabajo de 32,5 ± 0,5°C. Estos estrechos márgenes de temperatura, se deben a la

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:53

inestabilidad de las reacciones anaeróbicas ante pequeños cambios de temperatura.

- Los tanques de alimentación y descarga de purines, se dimensionarán para contener el volumen equivalente a la producción de tres días.
- El tanque de alimentación para absorber posibles irregularidades en el abastecimiento al digestor.
- El tanque de descarga para someter a los efluentes a un tratamiento aerobio que elimine bacterias, que directamente aplicadas al campo, pudieran resultar dañinas para el cultivo
- El gasómetro, deberá contener la producción prevista para 1,5 días para prevenir eventuales desajustes producción-consumo. Se almacenará a una presión de 10 bar.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:54

9. Descripción general de la planta

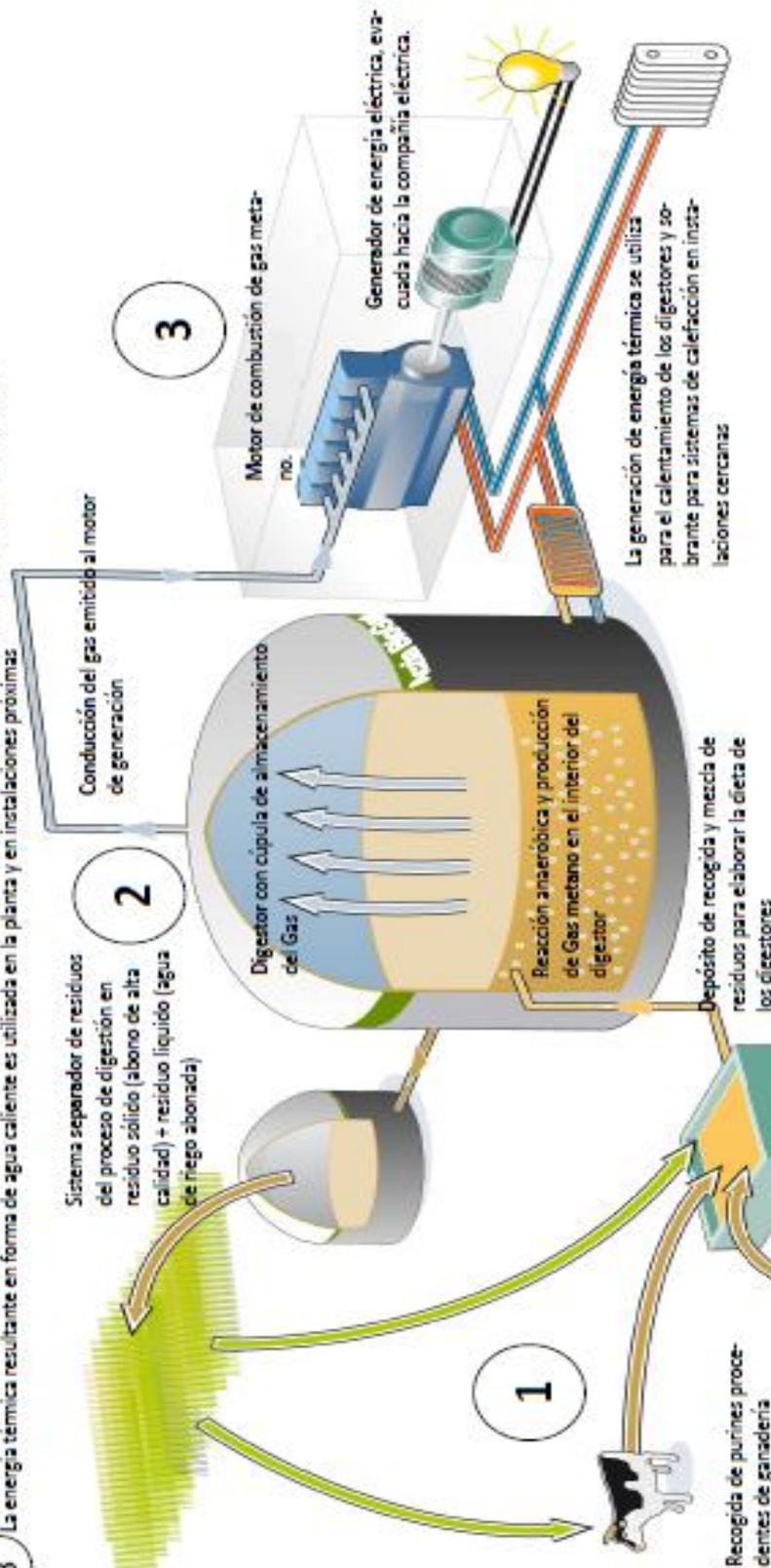
9.1. Introducción

En este apartado se va a tratar de dar una somera explicación a cerca de cómo es la planta y cómo está distribuida, entendiendo que este puede corresponder de forma básica con algunos como los que se pueden encontrar en internet y que explican de forma muy gráfica y clara el funcionamiento básico de este tipo de instalaciones.

En la imagen que se muestra a continuación, se presenta el ejemplo de esquema del proceso de producción del biogás ofrecido por la empresa ACZIA BioGas a modo de ejemplo ilustrativo y similar al que se pretende desarrollar en este proyecto.

Proceso de Producción

- 1 Tras la recogida de purines, residuos agroalimentarios y orgánicos se procede a elaborar la dieta en un depósito mezclador que más tarde se trasladará a los digestores.
- 2 En el interior de los digestores se produce la reacción anaeróbica que dará lugar a la emisión de gas metano. El residuo de la digestión pasa por un sistema separador, dando como resultado abono en estado sólido y agua de riego bonificada.
- 3 Tras conducir el gas metano hasta los motores de combustión se produce la generación de energía eléctrica que será volcada a la red general. La energía térmica resultante en forma de agua caliente es utilizada en la planta y en instalaciones próximas.



El metano, desprendido libremente, es un gas de efecto invernadero relativamente potente que contribuye al calentamiento global del planeta Tierra ya que tiene un potencial de calentamiento global de 21.¹⁰ Esto significa que en una media de tiempo de 100 años cada kg de CH₄ calienta la Tierra 21 veces más que la misma masa de CO₂. Es decir, que aproximadamente 1 tonelada de CH₄ Equivalen a unas 21 toneladas de CO₂. Por ese motivo en la producción controlada y combustión de gas metano, **minimizamos considerablemente el efecto invernadero, al evitar su emisión a la atmósfera.**



Figura 10.- Ejemplo de esquema del proceso de producción del biogás ofrecido por la empresa

ACZIA BioGas

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:56

9.2. Características principales de la instalación

Las explicaciones que siguen tratan de describir de forma esquemática el funcionamiento de las instalaciones proyectadas y se ilustran mediante el plano ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA. Se han eliminado de este plano todos los elementos no esenciales para la comprensión del conjunto. El resto de los detalles se describen en los apartados dedicados a los respectivos circuitos y en los planos correspondientes.

Una bomba centrífuga, sumergida, especial para aguas residuales, impulsa los purines que se acumulan en la fosa de deyecciones anexa al estercolero. Un juego de válvulas permite recircular el sustrato para homogeneizarlo o enviarlo directamente al tanque de alimentación de 15 m³, en donde entra a través de una criba circular vibratoria que retiene posibles impurezas no digeribles, sólidos excesivamente grandes, etc.



Figura 11.- Imagen del estercolero de la nave.

En la salida del tanque de alimentación existe una bomba centrífuga que cumple de modo alternativo una doble función:

- Puede ser programada mediante el temporizador que lleva incorporado, para que realice periódicamente una agitación hidráulica del contenido del depósito.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:57

- Permite la introducción de un volumen equivalente a la producción diaria de purines en el digestor.

El digestor, de 100 m³ de capacidad total, es de tipo vertical de mezcla completa, hermético, de poliéster reforzado con fibras de vidrio y provisto de aislamiento térmico. Se carga por la parte inferior y descarga simultáneamente por la parte superior mediante rebosamiento de un sifón que lleva incorporado. La forma de cúpula facilita la acumulación sobre el sustrato de gas que se va formando. El sistema de calefacción consiste en un intercambiador interno por el que circula agua caliente.

Desde el tanque de descarga, de 15 m³, podrá alimentarse una cisterna que se utiliza para abonado mediante aspersión.

El biogás es cogido por la parte superior del digestor mediante una línea comandada por un presostato que activa por encima de los 10 cm de c.d.a.. De este modo, cuando el presostato ordena la puesta en marcha del compresor y de la válvula magnética situada en su salida, el gas es almacenado en un tanque a 10 bar, tras ser convenientemente depurado (eliminación del agua, del SH₂ y de posibles partículas arrastradas).

El gasómetro tiene una doble salida. Por un lado, realiza una agitación gaseosa del sustrato contenido en el digestor a través de una línea que acaba en el difusor y que se abre de forma periódica mediante una válvula electromagnética accionada por un reloj programador. Por otro, alimentar al grupo electrógeno o alternativamente, a la caldera de gas en caso de avería de aquél.

El sistema de calefacción esencial en el proyecto, es mediante circulación del agua caliente de un depósito acumulador de 500litros de capacidad. Este acumulador abastece de energía térmica a un edificio-vivienda y edificio contiguo y al propio digestor, manteniéndolo en su interior a la temperatura de diseño de 32,5°C. El circuito de calefacción del digestor está provisto de un sistema de regulación consistente en una sonda termostática que acciona la bomba aceleradora y una válvula motorizada que permite la recirculación del agua cuando los requerimientos térmicos son inferiores a los máximos prefijados.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:58

El circuito primario del acumulador puede estar alimentado por el grupo de cogeneración energética o por la caldera de gas, en función de la demanda térmica de cada momento. Durante 16 horas al día, la caldera deberá trabajar en solitario y existe una resistencia eléctrica que entrará como fuente de aporte energético, se regula mediante un sistema basado en el chequeo de la temperatura en el acumulador de calor. De este modo, se controlan las bombas aceleradoras del grupo de cogeneración y de la caldera y sus respectivos circuitos de recirculación, así como la entrada en funcionamiento de forma escalonada de las distintas fuentes de calor.

El grupo de cogeneración producirá, en régimen normal, 15 KW de energía eléctrica y 30 termias por hora de energía térmica durante 10 horas diarias.

En cuanto a la situación física, la caldera, el acumulador de calor y el grupo electrógeno irán ubicados en el interior de la nave industrial. Concretamente, en una habitación independiente ya construida. Mientras que los tanques de sustrato y el digestor se situarán al aire libre sobre una base de hormigón armado, junto a la nave, tal y como se muestra en los planos.

9.3. Elección del digestor

Este elemento ha sido más complejo de elegir por la gran variedad de biodigestores que existen y se pueden construir.

Algunos de estos ejemplos de biodigestor son los que se muestran a continuación:

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011
	REV: 01 PÁG:59

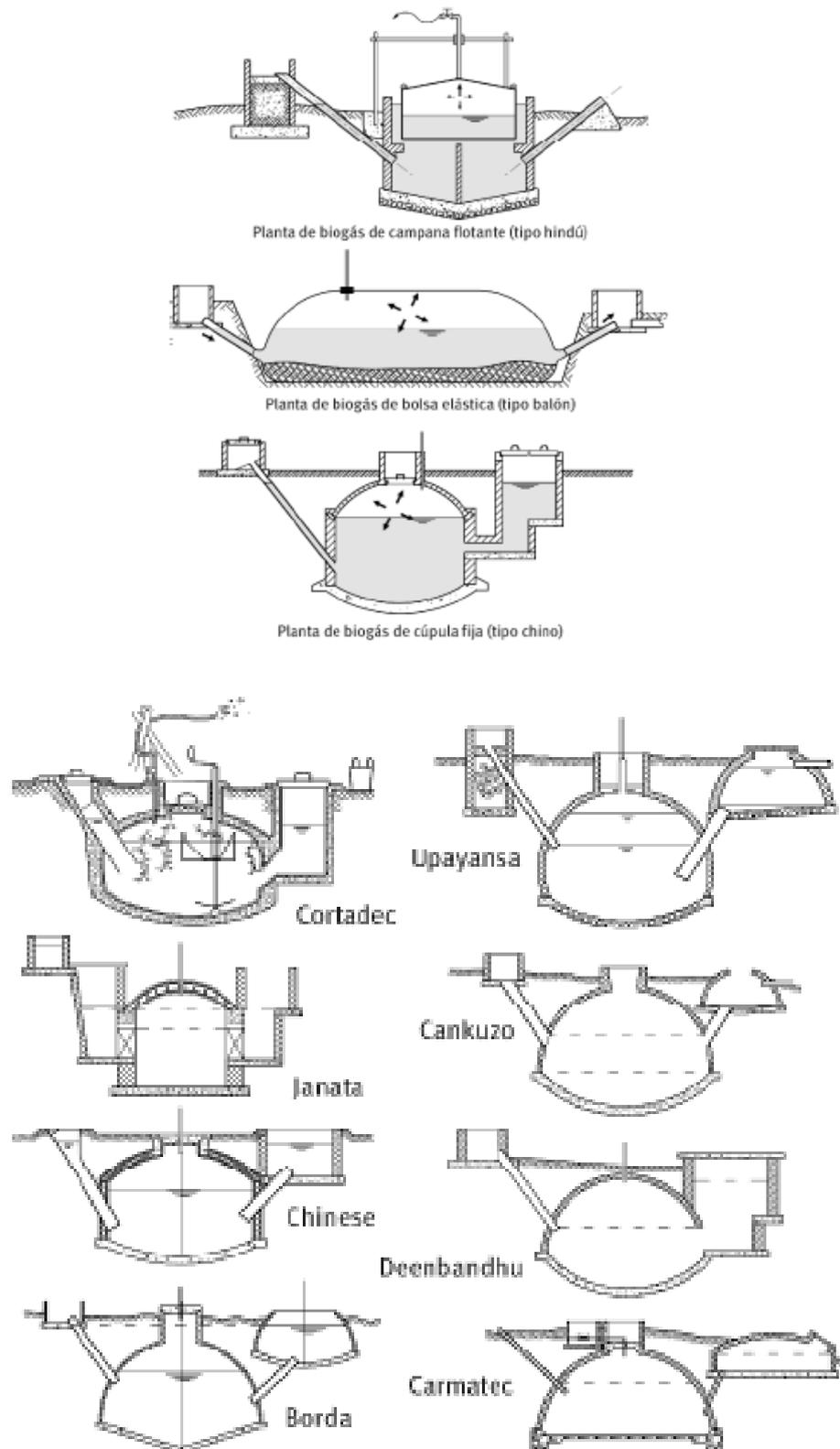


Figura 12.- Ejemplos ilustrativos de biodigestores existentes

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:60

Finalmente el elegido es el sistema de digester en continuo más convencional, en el cual la carga a digerir se introduce por un extremo del digester, descargándose el efluente digerido por el otro extremo. Al no tener un sistema específico para la retención de biomasa, no se consigue crear una alta concentración de ésta en el interior del digester, por lo que el tiempo de retención hidráulica debe ser alto para conseguir un tiempo de retención de sólidos suficientemente elevado.

Este sistema necesita agitación para asegurar la homogeneización del medio. Esto se consigue por medios mecánicos, hidráulicos o por recirculación de parte del gas producido, siendo esta última opción sólo recomendable para digestores de elevadas dimensiones, ya que para pequeños, la necesidad de comprensión de gas es económicamente desfavorable.

Ventajas:

- Es un proceso muy simple
- Bajo costo de instalación

Inconvenientes:

- Bajo índice de descontaminación
- Tiempo de retención hidráulica elevado

Utilización:

- Tratamiento de aguas residuales caracterizadas por las altas concentraciones de materias en suspensión. Adecuados para el medio rural.

A la vista de los datos anteriores, y dado que es el sistema continuo más conocido al haber sido utilizado exhaustivamente, se ha elegido este tipo para el proyecto. El inconveniente que presenta es el bajo índice de descontaminación y este no es tal, debido a que no se trata de plantas depuradoras.

9.4. Determinación de otros detalles

Elegido el digester de tipo continuo de mezcla total, quedan por concretar una serie de detalles, tales como la temperatura de digestión, el material empleado en la construcción del digester, el tipo de aislamiento, si es soterrado o no, si se incorpora el gasómetro al mismo digester, etc.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:61

Existen diversos materiales aptos para la construcción del digestor: acero dulce, acero inoxidable, hormigón armado, caucho sintético, poliéster reforzado con fibras de vidrio y PVC entre los más desarrollados.

Analizando cada uno de ellos podemos concluir lo siguiente:

- El acero dulce resiste bien la presión pero es buen conductor del calor. Además exige tratamientos contra la oxidación.
- El acero inoxidable tiene el inconveniente de su elevado precio.
- El hormigón puede ser en bloques prefabricados o armado. Aunque es sólido y resistente al fuego, puede ser atacado por los ácidos y resulta tóxico contra las bacterias metanogénicas.
- El caucho sintético no es caro, es interesante para la autoconstrucción, impermeable y muy resistente a los productos químicos. Sin embargo, se daña fácilmente con objetos cortantes, se degrada con rapidez, es combustible y exige ser reforzado mecánicamente.
- La plancha de PVC se degrada aún más rápidamente que la goma.

Con estos datos, se ha optado finalmente por elegir el poliéster reforzado con fibras de vidrio, al ser un material de gran resistencia a la corrosión (comparable a la del acero inoxidable), poco peso (facilidad de transporte en caso de eventual cambio de ubicación de la planta) y buenas propiedades térmicas (lo cual es importante, dadas las condiciones isoterma que se quieren mantener en su interior). Este material tiene la desventaja de no adquirir grandes tamaños, lo cual no importa en este caso, pues no es excesiva la capacidad calculada.

No resulta interesante enterrarlo para facilitar la toma de muestras de purín del interior, con objeto de controlar parámetros químicos de la reacción. Los evidentes problemas de excavación, desagües, etc., confirman esta decisión.

En cuanto a las temperaturas que ha de mantenerse en su interior, depende de que se quieran potenciar las condiciones mesófilas o termófilas. La fase mesófila tiene un máximo de actividad alrededor de los 35 °C y la termófila alrededor de los 55°C. Aunque la intensidad de fermentación es algo mayor en la fase termófila. Por lo que se ha escogido la mesófila por minimizar el consumo de energía térmica.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:62

La temperatura concreta de digestión elegida es 32,5°C, que es la temperatura óptima para este tipo de sustrato, según la mayor parte de las instalaciones en funcionamiento.

Como método de agitación (necesario para homogeneizar la masa de digestión y evitar la formación de costra superficial), tenemos diferentes alternativas donde elegir:

- Mecánica (motorreductor que acciona unas paletas), rechazada por dar problemas de estanqueidad y mantenimiento.
- Hidráulica (recirculación del mismo purín), exigiendo una bomba específicamente dedicada a ese fin, no siendo muy eficiente el rendimiento global.
- Gaseosa (recirculando parte del gas obtenido), permitiendo utilizar energía del mismo compresor que alimenta al gasómetro, siendo el rendimiento global mayor.

Por tanto se elige la gaseosa. Por otra parte, para agitar el tanque de alimentación del digestor, se optó por recircular el purín.

Se decide, también, que el digestor sea hermético sin campana gasométrica, puesto que va a estar a la intemperie, pudiendo dar un bloqueo por congelación del agua sellado, en caso de darse temperaturas muy frías. Esto exige en el proyecto la instalación de un tanque de metano.

En cuanto al aislamiento térmico del digestor, hay que decir que se ha prestado especial atención, debido al carácter de ahorro energético de este proyecto, además un buen aislamiento aumenta la inercia térmica del sustrato encerrado en la cuba, lo cual es importante para mantenerla constantemente a una temperatura.

Existen diversos materiales aptos para calorifugar este tipo de instalaciones: lana de vidrio, poliestireno expandido, poliestireno extrusionado, espumas, etc.

- El poliestireno expandido tiene una baja temperatura límite de aplicación (70°C) y escasa resistencia a la humedad, al fuego y a la corrosión medioambiental y química.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:63

- El poliestireno extrusionado, aunque resiste mayores temperaturas, también es combustible.
- La espuma de poliuretano resiste bien a la humedad y a la corrosión medioambiental, sin embargo, es un material fácilmente inflamable si no se trata con productos ignífugos.

Entonces, el material elegido para el recubrimiento del digestor es lana de vidrio debido a su excelente resistencia al fuego, a la corrosión y al ataque químico. Además de poder soportar hasta 250°C. Por otra parte, el problema de su mal comportamiento frente a la humedad se elimina mediante la aplicación de una doble capa de pintura asfáltica.

El espesor de aislamiento se ha obtenido mediante la optimización entre la relación del precio del material y la energía térmica que deja escapar al exterior.

9.5. Grupo de cogeneración energética

Se ha dado gran importancia al máximo aprovechamiento de la energía primaria producida en forma de biogás y la forma óptima de lograr esto es, al menos teóricamente, convertir esta energía primaria en energía térmica y eléctrica de forma simultánea, las cuales, además deberán consumirse lo más regularmente posible.

Para la autogeneración en pequeñas plantas en las que tanto las necesidades energéticas como las posibilidades productivas son bajas, sólo es posible la elección de un motor, ya que las potencias de las turbinas de gas son excesivas.

En el caso concreto que nos ocupa, la relación calor-electricidad importa poco, dada la desproporción que pueda existir entre la demanda de energía de la planta y la capacidad de producción por aprovechamiento de biogás.

Se ha dimensionado en función del aporte diario de estiércol, que producirá unos 91,80 m³ biogás/día, que se quieren gastar íntegramente en el grupo electrógeno.

Estudiada la oferta existente en cuanto a aparatos de este tipo, se ha considerado idóneo un equipo pequeño y modular denominado EY 20 NG diseñado por la empresa ENERGY para instalaciones de autogeneración de pequeñas dimensiones, cuyas características se describen a continuación.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:64

Está diseñado para trabajar en paralelo con la red eléctrica y no puede funcionar sin que la corriente de la red esté presente. Y posee un microprocesador comanda la marcha del grupo y controla 11 parámetros (presión de aceite, temperatura, voltaje, frecuencia,...) de forma que cualquier desviación de uno de los parámetros fuera de los límites prefijados, realiza la desconexión automática. El grupo puede tener la opción de estar conectado independientemente a la red, funcionando como un grupo electrógeno en el caso de falta de suministro electrógeno en caso de falta de suministro eléctrico en la red.

El grupo produce calor y electricidad mediante un motor, acoplado a un generador eléctrico asíncrono y a una serie de intercambiadores para la producción térmica: el primero agua-agua, el segundo agua-aceite y el tercero agua-productos de combustión. El calor producido se mantiene en forma de agua caliente a una temperatura máxima de 85°C. Mientras que la electricidad generada en conexión con la red es de 380V (tres fases y neutro) a 50Hz.

En condiciones normales de funcionamiento produce 16 kW de electricidad. Esto equivale a que en este caso podrá funcionar unas 10 horas diarias, utilizando la caldera como energía térmica de apoyo. Durante las 14 horas restantes, la caldera deberá mantener la temperatura de digestión anaerobia y mantener la temperatura del edificio.

Las 10 horas de funcionamiento del grupo electrógeno coincidirán con las horas laborables de la granja, siendo conectado por el encargado tras comprobar que en el tanque de biogás existe suficiente contenido para atender las necesidades de la jornada.

El grupo está preparado para ser alimentado con biogás. Al hacerse el pedido, deberá especificarse que se va a alimentar con biogás del 64% de metano y el 35% de dióxido de carbono.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011
	REV: 01 PÁG:65



Figura 13.- Grupo generador elegido y motor de que consta.

ALIMENTADOS CON GAS METANO.																	
Modelo	Potencia eléctrica en continuo				Tipo Motor	Cilindros	Potencia Hp/KW	Cilindrada cm3	Consumo de ¼ carga m3/h	GENERADORES ABIERTOS				GENERADORES SILENCIADOS			
	KVA		KW							Peso Kg	Dimensiones (mm)			Peso Kg	Dimensiones (mm)		
	KVA	KW	L	LW							H	L	LW		H		
EY 20 NG	20	16	22	17,6	RMG3000	4	36,2/27	3000	7,9	700	1500	900	1500	920	2000	1000	1500

Figura 14.- Características del grupo elegido

9.6. Sistemas auxiliares

9.6.1. Circuito de purines

Este circuito consta de todas las conducciones previstas para transportar el sustrato fresco desde la fosa de deyecciones al tanque de alimentación, de éste al digestor y del digestor al depósito de descarga una vez digerido, así como la línea de agitación hidráulica en el tanque de alimentación del digestor. También se incluyen las bombas necesarias para impulsar el líquido y toda la valvulería de regulación y aislamiento de los distintos tramos, como puede verse en planos.

Para evitar problemas de corrosión y rotura por congelación, todas las conducciones serán de PVC y las válvulas de polipropileno.

La sección de paso de las tuberías y los caudales de circulación, se han diseñado de forma que haya regímenes turbulentos para conseguir una

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:66

homogeneización adecuada del líquido y que éste no se decante en las conducciones. Se han elegido diámetros exteriores de 32 mm y espesor de 1,8 mm.

Se ha procurado eliminar codos pronunciados y reducciones que pudieran constituir un obstáculo al flujo, del mismo modo que se han minimizado las distancias a recorrer.

En todos los tramos existen válvulas de bola para poder aislarlos en caso de eventual desmontaje para revisiones, reparaciones, etc.

En la impulsión de las bombas, se han colocado válvulas de retención para evitar retornos del fluido. Y, en la aspiración de la bomba de alimentación del digestor, se ha provisto de purgador de aire.

La elección del método de agitación hidráulica para el tanque de alimentación se justifica con la posibilidad de utilizar la misma bomba que alimenta el digestor para este menester. Para ello, se ha dotado de un juego de válvulas manuales que permite conmutar de uno a otro el circuito. La alimentación del digestor durará 30 minutos al día, se hará a primera hora, vigilando que se haya trasegado el volumen adecuado, mediante una escala graduada situada en el depósito de alimentación. Esta tarea de control visual se verá facilitada por las características translúcidas que posee el material seleccionado para el depósito de alimentación.

A continuación se conmutará manualmente al circuito de recirculación del tanque de alimentación, conectando el temporizador que pone en funcionamiento la bomba durante 10 minutos cada hora, con el fin de homogeneizar la mezcla. Para aumentar las pérdidas de carga en este circuito, se ha previsto en el punto de descarga al tanque una válvula de asiento.

En la descarga del digestor, que deberá ser simultánea a la alimentación del mismo para evitar variaciones en el nivel del sustrato, se ha buscado un sistema que conjugue las características de sencillez y fiabilidad de funcionamiento. Para ello, se ha pensado en un dispositivo de sifón que evacua por debajo del nivel de sustrato, con lo cual se evitarán obstrucciones por posibles sólidos sobrenadantes.

Para minimizar las fugas térmicas por este sifón, se calorifugará con coquilla de fibra de vidrio de espesor 30 mm a la cual se aplicará doble capa de pintura

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:67

asfáltica. Lo mismo se hará con el resto de las conducciones del sustrato, minimizando así eventuales problemas por congelación del líquido.

Las tuberías irán unidas al depósito de alimentación mediante pinzas adecuadas que suministra la misma casa fabricante de las conducciones. Mientras que las bombas elegidas serán centrífugas, de tipos especiales para conducir aguas residuales con sólidos en suspensión.

La evacuación del tanque de descarga se podrá realizar directamente mediante el tractor de la propia granja, cargando directamente a la cisterna, para ser evacuado.

En la disposición relativa al digestor y tanques auxiliares, se ha mantenido una distancia mínima entre ellos de un metro, suficiente para todas las tareas que hay que realizar en la planta.

La bomba de la fosa de deyecciones es centrífuga de tipo sumergible para evitar problemas de cebado. A su salida posee dos líneas:

- La principal conduce al tanque de alimentación en el cual descarga a través de una criba vibratoria.
- Línea secundaria alternativa que se acciona conmutando el juego de válvulas manuales, que permite recircular el purín en la fosa para homogeneizarlo, en el caso de que se observe una excesiva decantación en la fosa de purín.

El tiempo de llenado del depósito de alimentación es de 25 minutos por día. Esta tarea de conexión-desconexión de la bomba sumergida podrá hacerse manualmente o programarla mediante un temporizador que se suministra con la bomba bajo pedido específico. Este periodo seguirá al de alimentación del digestor.

En todo caso, se vigilará, al menos durante los primeros días de funcionamiento de la planta, el adecuado llenado del tanque de homogeneización. Para ello se hará uso de la escala graduada que se hizo mención. Estos controles visuales tienen por objeto comparar los tiempos de llenado y vaciado, teóricos, con los que realmente se estableces, modificándolos en el caso de ser necesarios.

Para eliminar el paso de posibles piedras, pajas largas, etc., se dispondrá una criba vibratoria (comentada ya en párrafos anteriores) sobre el depósito de homogeneización.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:68

Según se aprecia en los planos, se ha previsto en el digestor y tanque de alimentación diversas salidas para tomas de muestra del sustrato, a efectos de realizar los oportunos análisis químicos.

9.6.2. Circuito de biogás

Este circuito consta de todos los aparatos y canalizaciones que se han previsto para recoger, tratar y aprovechar el gas que irá produciendo la planta de digestión anaerobia y que podrá visualizarse en el plano correspondiente.

La mezcla metano-dióxido de carbono, se recogerá por la parte superior del digestor, operación que queda facilitada por la forma de campana de este depósito, lo que permite una mejor acumulación del biogás sobre el sustrato.

La salida del digestor estará comandada por un presostato tarado a 10cm de c.d.a., de modo que, cuando se establezca esta presión en el interior, ordena la apertura de la válvula electromagnética antideflagrante situada a la descarga del compresor, además de poner en funcionamiento este aparato. La desconexión será para una presión en la zona superior del digestor de 6cm de cda. Asimismo, en esta salida se instalará una válvula de seguridad.

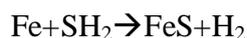
A continuación, se intercalan en el circuito una serie de elementos que ponen al biogás en condiciones idóneas para su almacenamiento y uso.

En primer lugar aparece el condensador cerámico, que tiene por objeto eliminar la humedad que previsiblemente acompañará al fluido, además de filtrar posibles partículas sólidas. Dentro de este equipo, el gas pasará por una serie de etapas que incluyen unos deflectores, una malla filtrante y un conjunto de bujías cerámicas especialmente tratadas destinadas a eliminar las partículas finas y sólidas de tamaño superior a 10 micrones.

A continuación irá un filtro de SH₂, formado por un cilindro de chapa de acero de 60 litros de capacidad, relleno de virutas de acero.

Se ha colocado tras el condensador para que el gas llegue relativamente seco, ya que en caso contrario, la condensación de vapor de agua sobre la superficie de las virutas las utilizaría como filtro de sulfuro de hidrógeno. La reacción química en que se basa este proceso de depuración es muy sencilla:

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:69



La regeneración del filtro consistirá en exponerlo al aire libre, combinándose el sulfuro de hierro con el oxígeno para dar hierro, dióxido de azufre e hidrógeno. Se estima que el contenido de SH₂ en el biogás se reducirá a niveles inferiores al 0,3%, límite seguro de utilización.

En este punto, hay que comentar que se ha decidido no eliminar el CO₂ que acompañará al metano, debido a que los métodos habituales mediante lavado con agua aumentarían aun más la humedad del biogás. Otro procedimiento más sofisticado y costoso no parece adecuado para esta planta.

Tras el filtro de SH₂, el gas atravesará un purgador automático y un filtro de malla, que eliminarán las últimas partículas líquidas y sólidas que pudieran afectar al mecanismo del compresor en cuya aspiración han sido instalados.

El compresor es necesario para disminuir el volumen de almacenamiento. El modelo elegido se especifica en el presupuesto del proyecto.

Como se aprecia en los planos, se ha previsto una válvula de seguridad con el escape conducido a la admisión del compresor. Tras el compresor y pasando por el presostato del digestor, el biogás es introducido en el gasómetro.

El gasómetro, imprescindible ante eventuales desajustes entra la producción y el consumo, almacenará el biogás a 10 bar, y podrá contener un volumen correspondiente a un día y medio de producción.

Se ha preferido utilizar un depósito rígido, en detrimento de los fabricados en metales flexibles, debido a sus mejores características en cuanto a durabilidad y resistencia mecánica. Este modelo viene provisto de los accesorios de control y seguridad que se indican en los planos: válvulas de entrada y salida, medidores de presión y nivel y válvula de purga.

Se instalará anexo a la nave, aéreo, manteniendo las distancias mínimas reglamentarias, rodeado de un cerramiento de red metálica. Se colocará en lugar visible un letrero en el que diga:

“Gas. Prohibido fumar y/o hacer fuego.”

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:70

Se pondrá a tierra mediante una pica que de una resistencia a la tierra inferior a 10 ohmios y a través de él, toda la instalación de gas, para lo cual todas las bridas estarán debidamente puenteadas.

La salida del gasómetro alimentará el circuito de agitación gaseosa del digestor y al grupo de cogeneración. Eventualmente, podrán conectarse las líneas de la caldera y de la antorcha que ha sido prevista para realizar pruebas de combustión.

Para la agitación del sustrato en el digestor, se utilizará un difusor diseñado para inyectar gas en las zonas profundas, en forma de finas burbujas. El circuito de agitación se abrirá periódicamente durante 10 minutos cada hora; para ello se contará con una válvula solenoide comandada por un reloj comparador.

Se empleará tubería de acero estirado, sin soldaduras, calidad DIN-2440, de diámetros nominales incluidos en planos, tratada con dos manos de pintura antioxidante y una de acabado en color amarillo.

Irá vista, a ras de suelo, sobre soportes de hierro galvanizado. La unión de la tubería se realizará mediante soldadura eléctrica.

Todos los tramos podrán aislarse mediante valvulería, con juntas de teflón y unión con bridas o racores con junta plana.

En la salida del gasómetro y en la alimentación de los distintos aparatos, se instalarán filtros de malla y reguladores de presión, junto con válvulas pulsadoras provistas de manómetro. Mientras que la antorcha irá provista de una trampa de llamas.

9.6.3. Circuito de agua

Este circuito consta de todas las canalizaciones y elementos previstos para aprovechar la energía térmica producida y para mantener la temperatura de digestión anaerobia.

El sistema está centralizado en un depósito acumulador pensado para absorber los posibles desfases entre producción y demanda. Se ha dimensionado este elemento en función de la máxima demanda térmica a la que deberá hacer frente según cálculos. Se calienta mediante el circuito primario formado por las

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:71

canalizaciones que conectan en paralelo el grupo electrógeno y la caldera a su serpentín interno. Existe también una resistencia eléctrica para emergencias.

Se ha tratado de minimizar las pérdidas mediante el calorifugado de toda la instalación. El espesor de aislamiento, como se justifica en los cálculos, es de 30 mm para el digester y canalizaciones y de 50 mm para el acumulador, cumpliendo con el Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua caliente sanitaria.

Las tuberías son de acero negro soldado, DIN-2439, de los diámetros indicados en los planos y cálculos.

La velocidad de circulación del agua se ha procurado que se aproxime a 1 m/s, limitándose en todo caso entre 0,7 y 1,4 m/s.

El secundario del interacumulador de calor estará formado por los circuitos, que en paralelo, calefactan al digester, manteniéndolo a una temperatura de 32,5 con una variación positiva o negativa de 0,5°C.

El digester recibirá calor mediante un serpentín interno circular de una vuelta de 3,2 m de diámetro.

Las pérdidas de carga en el circuito digester serán de 5 metros de c.d.a., en el circuito del grupo de 5 m de c.d.a. y en la caldera de 4 m de c.d.a.. Los caudales máximos de circulación por ellos son de 730, 200 y 2700l/h, respectivamente.

Las bombas elegidas para los tres circuitos serán iguales, y se especifican en el presupuesto del proyecto.

También, se ha previsto válvulas esféricas que permitan aislar todas las partes de los circuitos y habrá válvulas de retención que impongan el sentido de flujo en cualesquiera de las condiciones.

Tanto el circuito del digester, como los del motor de cogeneración y caldera, estarán previstos de válvulas de tres vías accionadas por un servomotor que darán el caudal de circulación que se necesite en cada momento.

El sistema de regulación del serpentín del digester se basa en una centralita de control que compara en cada momento la temperatura interna del sustrato con la del agua de impulsión, ordenando al servomotor de la válvula de tres vías la posición de la mezcla más correcta. Además, desconectará el circulador cuando se sobrepasan los

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:72

33°C en el interior del digestor y lo vuelve a conectar cuando desciende por debajo de los 32°C.

El control del primario se basa en otra centralita de regulación de las mismas características que la anterior, que modula el caudal de agua que deja pasar al motor de cogeneración y la caldera, en función de las temperaturas del interior del acumulador de calor con la de entrada en el serpentín del acumulador.

Además, la centralita se conecta a un programador que conecta o desconecta de forma escalonada los circuladores de ambos circuitos. De este modo, ante bajadas de temperatura del agua del acumulador, conecta en primer lugar el circuito del generador, pero si no se alcanzan las condiciones térmicas preestablecidas en un tiempo determinado, ordena la circulación a través de la caldera, manteniendo como sistema de apoyo para emergencias la resistencia eléctrica situada en el acumulador (de 10000w).

La desconexión será en orden inverso, siendo el circuito del grupo el último que quede fuera de servicio. Durante las horas que se desconecta el motor, por avería o no existir suficiente biogás para alimentarlo, el programador contemplará como primera y segunda fuente de calor, a la caldera y a la resistencia eléctrica, respectivamente.

Se han incluido los indicadores de presión y temperatura y las bombas van provistas de purgadores de aire automáticos, situados en la aspiración de las mismas mientras que los vasos de expansión llevarán válvulas de seguridad taradas a 3 bar.

9.6.4. Circuito eléctrico

El circuito eléctrico será diseñado y montado por la empresa Schneider Electric.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:73

10. Puesta en marcha y seguimiento de la planta

Los datos que se dan a continuación son meramente generalistas y dependerán, siempre, de cada instalación. Sin embargo, se exponen, a modo de ejemplo, para, siguiendo las líneas de Susinos (1993), informar a cerca del funcionamiento de este tipo de plantas.

Antes de la puesta en marcha, se llenarán los circuitos de agua con agua, anticongelante y solución limpiante. Se hará una prueba de pérdidas en todo el sistema. Se comprobarán las conexiones eléctricas y los controles de motores y bombas.

A continuación, se procederá al llenado del digestor, mediante efluente de otro digestor, si es posible. En caso contrario, se utilizará estiércol que se haya tenido enterrado durante 20 días, y será diluido al 10%. Se purgará la fase gaseosa, y una vez alcanzada la temperatura correcta, detectada la producción de gas y comprobada la estabilidad digestiva del líquido, comenzará a alimentarse con purín propio. Esta alimentación será muy cuidadosa, controlándose como parámetro principal el contenido en ácidos grasos.

Durante esta fase de puesta en marcha, la temperatura de digestión se mantendrá por medio de la caldera, que durante las puntas de demanda, contará con el apoyo de la resistencia eléctrica situada en el acumulador de calor.

Cuando el porcentaje de metano (%) en volumen, sea mayor del 50%, se podrá conectar el grupo de cogeneración energética y se probará.

En las instalaciones de la planta, es conveniente disponer de un laboratorio que permita el seguimiento del proceso, con análisis sobre el residuo, contenido del digestor, lodos y efluente. A intervalos diarios, se realizarán pruebas para asegurar que las condiciones de funcionamiento son las correctas. Esto se hará por lo menos durante dos semanas, o hasta que la planta esté a pleno funcionamiento. Las determinaciones que se realizarán de forma continua serán las siguientes:

- Sólidos totales y minerales, por desecación en estufa a 105°C hasta peso constante y calcinación a 550°C durante 2 horas.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:74

- Sólidos en suspensión. Filtración a vacío y gravimetría seguida por calcinación del filtrado, para determinar los volátiles en suspensión.
- pH.
- Alcalinidad total. Acidificación de la muestra hasta pH=4,5 con SO₄H₂, 0,1N.
- Acidez total. Por arrastre con vapor de la muestra previamente acidificada y valoración del destilado.
- N total. Método Kjeldhal.
- -N-NH₄. Destilación por arrastre con vapor de la muestra previamente alcalinizada. Valoración del destilado, recogido del sulfúrico 0,1N, con sosa 0,1N.
- DQO al dicromato potásico.
- Análisis del biogás por el método ORSAT.

A continuación se enumeran algunos de los problemas que pueden surgir y las soluciones que habrá que aplicar.

1. No se produce gas en un tiempo prudencial
 - a. Puede que la fermentación sea deficiente por haber bajado la temperatura del digestor, o ser insuficiente la determinada teóricamente.
 - b. Puede existir una fuga que habrá que detectar con agua jabonosa.
 - c. Puede haberse formado una costra en la superficie del sustrato que impide el paso del gas, en cuyo caso habrá que revisar el sistema de agitación, aumentando la presión mediante el regulador que se ha previsto a esos efectos.
2. La producción de gas cesa bruscamente.
 - a. Habrá que verificar la ausencia de factores tóxicos, debiendo comenzar el proceso en caso de hallar alguno.
3. El gas producido no llega al gasómetro o al grupo de cogeneración.
 - a. Puede ocurrir que la tubería esté obstruida por agua de condensación, impurezas, etc., en cuyo caso deberán de verificarse los purgadores y los filtros.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:75

- b. Puede suceder que la presión sea insuficiente, en cuyo caso se comprobarán el compresor y los reguladores de presión.
4. El gas no arde.
 - a. Podrá deberse a la presencia de nitrógeno (debido a la entrada de aire en el digestor, lo cual es peligroso), o a un contenido excesivo en dióxido de carbono (si esto sigue a una brusca variación de la temperatura, la tasa de carga o la naturaleza del sustrato), se deberá combatir manteniendo neutro el pH.
5. La llama no se mantiene, debido a una presión insuficiente
 - a. Deberá de aumentarse la presión y/o verificar el reglaje de los quemadores, así como su diámetro.
6. La llama se desprende por presión excesiva.
 - a. Deberá de disminuirse la presión y/o verificar el reglaje de los quemadores, así como su diámetro.
7. Circulación de purín defectuosa
 - a. Se puede diluir y/o cribarlo de forma más severa, o utilizar bombas más potentes.
8. Insuficiente producción de gas.
 - a. Puede ser debido a que las bacterias no pueden procesar todo el residuo, o la materia digestible es baja, en cuyo caso habrá que pre-tratar los purines, modificando la tasa C/N, mediante la adición de paja picada, por ejemplo, con el fin de acercarse a valores próximos a 25.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:76

11. Cálculos Justificativos

11.1. Introducción

Los cálculos que se muestran a continuación siguen las líneas de trabajo de Pedro Susinos Cagigal y Leyre Rodríguez Albizua. Se toman estos como válidos debido a la falta de literatura y documentación relativa al mismo, a la similitud de estos proyectos con el objeto de este trabajo y a que en ambos casos se ha comprobado la viabilidad e idoneidad de los cálculos mostrados.

11.2. Volumen del digestor

El volumen total del digestor se diseña de modo que el líquido ocupe el 85% del mismo, dejando la parte superior para el gas que se va produciendo.

El volumen del líquido del digestor se calcula mediante la expresión:

$$V = H \cdot \theta$$

Donde:

V = Volumen del líquido del digestor, en m³.

H = Caudal diario de purín producido.

Θ = Tiempo de retención hidráulico medio proyectado, en días.

Las deyecciones diarias producidas por el ganado, las calculamos mediante la tabla siguiente:

<i>Tipo de animal:</i> VACUNO	<i>Deyecciones eliminadas por día</i>		
	<i>Sólidos (kg)</i>	<i>Líquidas (kg)</i>	<i>Volumen total (litros)</i>
<i>Animales jóvenes de 250kg</i>	10-12	5	14
<i>Animales de 500kg en desarrollo</i>	15-17	7	30
<i>Vacas lecheras</i>	20-30	10-20	40-60

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:77

Así, podemos obtener:

$$80 \text{ vacas} \cdot 0,05 \text{ m}^3/\text{día} \cdot \text{vaca} = 4,00 \text{ m}^3 \text{ deyecciones/día}$$

Sin embargo, los purines en la realidad van más diluidos debido al agua del lavado de vacas y dependencias. Suponiendo un gasto de 18 litros de agua por cabeza de ganado y día:

80 cabezas \cdot 0,018 m³ de agua/cabeza.día =1,44 m³ de agua/día, que representa un 26,5% del total de deyecciones.

Luego el caudal diario real de purín será:

$$H = 4,00 + 1,44 = 5,44 \text{ m}^3 \text{ deyecciones/día}$$

Por otro lado, podemos calcular los sólidos volátiles diarios, mediante la siguiente tabla:

<i>Animal</i>	<i>Peso (kg)</i>	<i>Excreciones urinarias (%)</i>	<i>Kg/J</i>	<i>Deyecciones</i>	<i>MOD* (kg/J)</i>	<i>Producción de gas</i>
<i>Vacuno</i>	725	300-350	-	60	22	6
	600	250-300	70	50	18	5
	450	150-200	60	40	14,5	4,5

$$80 \text{ vacas} \cdot 5 \text{ Kg SV/DIA.VACA} = 400 \text{ KgSV/día}$$

Por lo tanto la carga de sólidos volátiles en el purín puede estimarse en:

$$S_o = \frac{400}{5,44} = 73,53 \text{ Kg SV/m}^3 \text{ deyección}$$

Esta parece una buena concentración para este tipo de sustrato, por lo que en principio, no se contempla la necesidad de su dilución.

El tiempo de retención hidráulico medio proyectado, θ , puede calcularse interpolando en la tabla siguiente:

<i>Temperatura de operación (°C)</i>	<i>Tiempo mínimo (días)</i>	<i>Tiempo de retención (días)</i>
18	11	28
24	8	20

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:78

30	6	14
35	4	10
40	4	10

$$\Theta = 12 \text{ días}$$

Entonces el volumen del digestor será de:

$$V = H \cdot \theta = 65,28 \text{ m}^3$$

<i>Tiempo de retención hidráulico medio proyectado</i>		
<i>Temperatura de operación °C</i>	<i>Tiempo mínimo (días)</i>	<i>Tiempo de retención (días)</i>
18	11	28
24	8	20
30	6	14
35	4	10
40	4	10

11.3. Producción de biogás

La producción volumétrica de metano viene determinada por la ecuación del modelo Chen y Hashimoto:

$$\gamma = B_o S_o / \theta \{1 - (k/\mu\theta + k - 1)\}$$

Donde:

B_o = volumen de metano producido a tiempo infinito por unidad de DQO adicionado al reactor = $0,236 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{Kg } S_o$.

S_o = carga de sólidos volátiles en el influente.

Θ = tiempo de retención hidráulico.

M = velocidad específica máxima de crecimiento = $0,33 \text{ d}^{-1}$.

K = constante cinética = 1,46

Sustituyendo todos los valores en la ecuación se obtiene la producción volumétrica:

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:79

$$\gamma = 0,9 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{m}^3 \text{ digester día}$$

La producción total de metano:

$$P(\text{CH}_4) = \gamma \times V = 0,9 \cdot 65,28 = 58,75 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{día}$$

Y aceptando que el contenido en metano del biogás es del 64% (35% CO₂), la producción diaria de biogás será:

$$P(\text{biogás}) = \frac{58,75}{0,64} = 91,80 \text{ m}^3 \text{ biogás/día}$$

11.4. Características del efluente e influente

11.4.1. Densidad del influente

Puede calcularse mediante la fórmula:

$$\rho = \frac{998}{1 - 0,0345 \cdot ST}$$

en Kg/m³, donde:

ST = % en peso de sólidos totales contenidos en el influente.

En principio, en las deyecciones sin diluir existe un 13% de sólido en suspensión, de acuerdo con la tabla que se muestra a continuación, con lo cual:

<i>Tipo de ganado: VACUNO</i>	<i>Peso aproximado (kg)</i>	<i>Excrementos (litros/día) intervalo</i>	<i>Excrementos (litros/día) media</i>	<i>% aproximado de MS de los excrementos</i>
<i>Terneros hasta 2 meses con alimento líquido</i>	73	4,0-6,1	5,0	12-14
<i>Terneros hasta 6 meses</i>	140	6,3-7,8	7,5	12-14
<i>Terneras en reposición hasta 12 meses</i>	270		15,0	12-14
<i>Terneras en reposición hasta 18 meses</i>	380		20,0	12-14
<i>Ternero hasta</i>	400	10-34	27,0	12-14

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:80

<i>12 meses</i>				
<i>Toro</i>	900		27,0	12-14
<i>Vaca lechera</i>	500	32-54	27,0	12-14

$$\rho = \frac{998}{1-0,00345 \cdot 13} = 1001,45 \text{ kg/m}^3$$

Por tanto:

$$13 \text{ kg ST/100 Kg purín} \cdot 1001,45 \text{ Kg/m}^3 = 135,83 \text{ Kg ST /m}^3 \text{ purín}$$

Tras diluir con el agua de lavado se tiene:

$$\frac{135,83 \text{ kg ST}}{1,42 \text{ m}^3 \text{ purín}} = 95,66 \text{ Kg ST/m}^3 \text{ purín}$$

Así pues, iterando en la ecuación anterior, podemos hallar el % de ST y la densidad del efluente:

$$\text{ST} = 9,3\%$$

$$P = 1031 \text{ Kg/m}^3$$

11.4.2. Capacidad calorífica del influente

Utilizando la fórmula:

$$CP = 4,19 - 0,02775 \text{ ST}$$

en kJ/kg °C

Para ST = 9,3% hallado anteriormente:

$$Cp = 3,93 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

11.4.3. Destrucción de sólidos volátiles

La destrucción de sólidos volátiles en la formulación de biogás puede estimarse con la fórmula:

$$SV/SV_0 = \frac{k}{(\mu\theta - 1 + K)}$$

En este caso:

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:81

$$SV/SV_0 = \frac{1,16}{(0,33 \cdot 12 - 1 + 1,56)} = 0,345$$

$$SV/SV_0 = 34,5\%$$

11.4.4. Distribución de sólidos en influente y efluente

En el líquido de entrada:

$$S_{to} = 9,3\%$$

$$SV_0 = \frac{69,8 \text{ Kg/m}^3 \cdot 1 \text{ m}^3}{1031 \text{ kg}} = 6,77\%$$

$$SF_0 = 9,3 - 6,77 = 2,53\%$$

(sólidos fijos no degradables)

En el líquido de salida:

$$SV_s = (1 - 0,345) \cdot 9,5 = 6,22\%$$

$$ST = 6,22 + 2,53 = 8,75\%$$

11.4.5. Densidad y capacidad calorífica del efluente

$$\rho_s = \frac{998}{1 - 0,00345 \cdot 8,75} = 1029 \text{ kg/m}^3$$

$$CP_s = 4,19 - 0,0275 \cdot 8,75 = 3,95 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

11.4.6. Constantes reológicas de entrada y salida

Las propiedades reológicas del líquido, tienen una influencia directa sobre las condiciones de bombeo. Este tipo de residuo suele tener un comportamiento pseudoplástico, esto es, la relación entre la tensión de cortadura y el gradiente de velocidades sigue una ecuación del tipo:

$$\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n$$

Donde:

K = índice de consistencia

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:82

N = comportamiento

Utilizando la tabla para el líquido entrante, obtenemos:

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:83

<i>CONSTANTES REOLÓGICAS</i>			
<i>TS (%)</i>	<i>N</i>	<i>K (Pa . sⁿ)</i>	<i>Shear rate range (s⁻¹)</i>
1,17	0,83	0,0053	45-330
2,12	0,84	0,0065	5-330
2,29	0,89	0,0069	25-300
3,0	0,81	0,0122	30-300
4,25	0,80	0,0218	30-400
4,48	0,71	0,035	15-350
4,86	0,80	0,0355	20-400
5,71	0,78	0,0357	20-400
5,2	0,50	0,193	2-22
5,2	0,77	0,089	22-340
5,86	0,72	0,139	20-400
5,2	0,73	0,070	20-320
6,4	0,72	0,133	35-350
7,3	0,66	0,151	20-400
7,4	0,38	0,420	1,5-20
7,4	0,69	0,125	20-300
8,0	0,68	0,148	20-400
8,5	0,35	0,726	1,5-31
8,5	0,64	0,267	31-200
8,6	0,43	0,461	1-25
8,6	0,65	0,201	25-320
9,62	0,51	0,554	10-300
10,0	0,54	0,605	120-400
10,4	0,60	0,402	30-300
11,4	0,34	1,476	1-24
11,4	0,53	0,798	24-300
11,96	0,54	0,758	30-320
13,3	0,38	1,987	3-40
13,3	0,54	1,089	40-250
13,58	0,48	1,476	15-200

N=0,55

K= 0,433 PA S^{0,55}

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:84

Análogamente para el líquido de salida:

$$N=0,65$$

$$K= 0,0201\text{Pa s}^{0,55}$$

11.5. Horas de funcionamiento del grupo electrógeno

Conocida la producción diaria de biogás de $91,80\text{m}^3$ calculada anteriormente, con un 64% de CH_4 y un 35% de CO_2 y tomando 8500kcal/m^3 como PCI del metano, el PCI del biogás será:

$$8500 \cdot 0,64=5440 \text{ kcal/m}^3$$

Por tanto, se podrán disponer diariamente de:

$$91,80 \cdot 5440 = 499392 \text{ Kcal}$$

Como el grupo electrógeno gasta un régimen nominal de 50Te/hora el número de horas de funcionamiento diario será de:

$$\frac{499392}{50000} = 9,98 = 10 \text{ horas}$$

Entonces, alimentándolo sólo con la producción de biogás, el grupo electrógeno trabajará 10horas/día produciendo:

$$30 \cdot 10 = 300 \text{ Te/día} = 300000 \text{ kcal/día}$$

$$15 \cdot 10 = 150 \text{ kW h/día}$$

11.6. Estudio térmico

11.6.1. Flujos caloríficos en el digestor

El principal problema que se presenta es el mantenimiento de la temperatura de digestión de $32,5^\circ\text{C}$, ya que de ello dependerá todo el proceso.

El primer paso es hacer una evaluación de las salidas y entradas de calor en el digestor. A efectos prácticos de cálculo, pueden despreciarse las pérdidas térmicas por evaporación de agua y por arrastre de calor sensible por el biogás que se va

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:85

produciendo y evacuando, teniendo en cuenta además que estas pérdidas pueden considerarse aproximadamente compensadas por el hecho de ser la reacción de fermentación ligeramente exotérmica.

Por tanto, los intercambios caloríficos en el digestor quedan reducidos a los siguientes:

- Entrada de sustrato a una temperatura ambiente media de 13°C: Q1
- Salida de sustrato a una temperatura de digestión de 32,5°C: Q2
- Entrada y salida del agua de calefacción con salto térmico de 10°C: Q4-Q3
- Perdidas a través de las paredes del digestor Q5

Donde:

$$Q5=Q1-Q2+Q4-Q3$$

El flujo entrante por el serpentín de agua puede estimarse en:

$$Q4-Q3=V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T4-T3)=$$

$$V[\text{m}^3/\text{s}] \cdot 1000[\text{Kg}/\text{m}^3] \cdot 1[\text{Kcal}/\text{kg}^\circ\text{C}] \cdot 10[^\circ\text{C}] = 10000 \cdot V[\text{kcal}/\text{s}]$$

$$Q4-Q3= 41840 \cdot V[\text{KW}]$$

En esta expresión queda pendiente el caudal de agua V, que vendrá dado por los siguientes cálculos de demanda térmica.

El intercambio térmico debido a la alimentación de purín dependerá del caudal de alimentación y de las respectivas densidades, capacidades caloríficas y temperaturas del efluente e influente.

El caudal diario es de 5,44 m³/día, lo que es lo mismo, 6,30 · 10⁻⁵ m³/s de promedio, por tanto:

$$Q2-Q1=V \cdot (C_{p2} \cdot \rho_2 \cdot T_2 - C_{p1} \cdot \rho_1 \cdot T_1) =$$

$$= 6,30 \cdot 10^{-5} \cdot (3,95 \cdot 1029 \cdot 32,5 - 3,93 \cdot 1031 \cdot 13) =$$

$$Q2-Q1 = 5,00 \text{ KW} = 4303,44 \text{ Kcal/hora (por transvase del sustrato)}$$

El desarrollo anterior se refiere a valores medios que tendrán interés cuando se hagan cálculos de balance energético. Sin embargo, por motivos constructivos la

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:86

temperatura puede bajar hasta $-4,5^{\circ}\text{C}$, en cuyo caso, el sistema de calefacción deberá reponer la siguiente potencia térmica:

$$Q_2 - Q_1 =$$

$$= 6,30 \cdot 10^{-5} \cdot (3,95 \cdot 1029 \cdot 32,5 + 3,93 \cdot 1031 \cdot 4,5) =$$

$$Q_2 - Q_1 = 9,49 \text{ KW} = 8160,82 \text{ kcal/hora (por transvase de sustrato)}$$

Sólo queda obtener las pérdidas por las paredes y la parte superior del digestor. Estas pérdidas han de desglosarse en las que se dan directamente desde el sustrato al exterior y el flujo térmico a través del gas situado en la parte superior.

Partimos de los siguientes datos:

- Superficie de purín en contacto con las paredes verticales del digestor: $55,4\text{m}^2$
- Superficie total del digestor en contacto con el biogás $24,4\text{m}^2$
- Superficie total a calorifugar 97m^2
- Coeficiente de conductividad térmica de las paredes del digestor: $0,35 \text{ kcal/m h }^{\circ}\text{C}$
- Inversa del coeficiente de convección [$\text{m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$]
 - Del metano al interior del digestor $0,106$
 - De la parte superior del digestor al exterior $0,044$
 - Del sustrato al interior del digestor: despreciable
 - De las paredes verticales del digestor al exterior: $0,07$

Puede despreciarse el calor perdido por el fondo. Para asegurar este extremo, se ha convenido calorifugar el fondo, tal y como se aprecia en los planos.

En principio se tomará como aislante el panel de fibra de vidrio PI-156 de ISOVER, el cual tiene un coeficiente medio de conductividad de $0,041\text{W/m}^{\circ}\text{C}$.

Dadas las dimensiones relativas del digestor frente al espesor de las paredes, puede utilizarse la fórmula del flujo térmico para paredes planas.

$$Q = A \cdot (T_e - T_i) \cdot [1/hc_1 + e/K_1 + \dots]$$

Así las fugas por paredes y por la parte superior resultan:

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:87

$$Q5=55,4 \cdot (32,5-13) \cdot [0,0105/035] + (La/0,041) + 0,070] +$$

$$24,4 \cdot (32,5-13)/[0,106 + (0,0105/0,35) + (La/0,041) + 0,044] =$$

$$=38,1/(0,005+La)+16,8/(0,007+La) \text{ [Kcal/h]}$$

Ecuación en la que La es el espesor aislante en metros.

11.6.2. Espesor del aislamiento

Para elegir el espesor de calorifugado, se comparan las pérdidas térmicas con el precio del aislamiento. Los cálculos de optimización buscarán un espesor que dé lugar al ahorro máximo. El ahorro se buscará como diferencia de pérdidas antes y después de la colocación del aislamiento. Como condiciones de contorno, resulta obvio que a aislamiento nulo, el ahorro será cero y que existe un ahorro máximo cuando las pérdidas tiendan a ser nulas.

Por lo tanto, existe un costo de compra y colocación del aislante que depende del espesor del mismo. De los criterios para la selección de inversiones, se ha decidido utilizar el ratio beneficio/inversión, que expresa la ganancia en unidades monetarias por unidad invertida.

Los cálculos se resumen en la tabla que se muestra a continuación, habiéndose considerado una vida económica de las instalaciones de veinte años, simplificándose al caso de ausencia de inflación tanto para los ingresos como para los gastos, ya que esta hipótesis no introduce modificaciones significativas en la selección.

<i>Aislamiento marca ISOVER</i>		PI-156 e=30	PI-156 e=40	PI-156 e=50	PI-156 e=60	PI-156 e=70	PI-156 e=80	PI-156 e=90
<i>Q5</i>	<i>Kcal/h 10.020</i>	1542,6	1204,1	987,5	836,9	726,2	641,3	574,2
<i>AHORRO</i>	<i>Th/año</i>	13513	10548	8650	7331	6361	5628	5030
	<i>€/año*</i>	2362	2456	2516	3576	2589	2613	2631
<i>Precio m2*</i>		1,6	2,15	2,65	3,20	3,7	4,2	4,6
<i>Inversión*</i>		156	205	255	307	359	406	445
<i>Periodo de recuperación de la inflación cte.</i>		0,8 meses	1 mes	1,2 meses	1,4 meses	1,6 meses	1,9 meses	2 meses
<i>Ratio B/I a 10 años</i>		302	238	196	166	144	127	117

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:88

* Se trata de un valor aproximado y sujeto a las fluctuaciones del mercado

Se ha estudiado el mismo material con diferentes espesores, ya que otros aislantes comerciales, aun teniendo menores coeficientes de conductividad, su precio se dispara notablemente.

Puede verse que el espesor elegido para B/l máximo es de 30 mm.

Para este aislamiento, la inversión realizada se amortizaría tan sólo a los 24 días de funcionamiento de la planta.

11.6.3. Demanda térmica a cubrir por la planta

Elegido el espesor de aislamiento de 30mm podremos calcular las pérdidas medias a través de digestor:

- Por paredes y parte superior: 1543 kcal/h
- Transvases de sustrato: 3503 kcal/h
- Total= 5046Kcal/h

Esta carga puede soportarla perfectamente la caldera durante las 16 horas diarias que ha de trabajar sólo, pues su potencia es de 41.000 kcal/h y en invierno demanda una media de 30000 kcal/h.

Sin embargo, en el caso de darse temperaturas mínimas, el balance queda como sigue:

- Por paredes y parte superior: 2931 kcal/h
- Transvases de sustrato: 6633 kcal/h
- Total= 9564Kcal/h

Suponiendo además un coeficiente de seguridad de 1,1 por posibles pérdidas en tuberías de agua caliente y acumulador, y la demanda del edificio-vivienda se tiene una demanda térmica de 41.000kcal/h.

En este caso se prevé una resistencia eléctrica de apoyo que cubra los 5046+2931 kcal/h, o lo que es lo mismo 9320W, que serían suministrados por aquella colocada en el acumulador de calor de 10000w.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:89

El sistema de regulación deberá contemplar que la demanda térmica total podrá fluctuar entre 0 y 9046 kcal/h, con un valor medio de 7890, siendo la parte que corresponda al digestor 0 -7890-9046 kcal/h.

11.6.4. Cálculo del serpentín de calefacción del digestor

El flujo entrante por el serpentín de agua puede estimarse en:

$$\begin{aligned}
 Q_4 - Q_3 &= v_p \cdot C_p \cdot (t_4 - t_3) \\
 &= V[\text{m}^3/\text{s}] \cdot 1000[\text{kg}/\text{m}^3] \cdot 1[\text{Kcal}/\text{kg}^\circ\text{C}] \cdot 10[^\circ\text{C}] = \\
 &= 10000V[\text{Kcal}/\text{s}] = 41840V[\text{kW}]
 \end{aligned}$$

Si el serpentín ha de entrar en la situación punta 9564 kcal/h, el caudal de agua necesario, teniendo en cuenta el coeficiente de seguridad de 1,1 será:

$$1,1 \cdot 9546 \text{ kcal/h} = 12,2 \text{ kW} = 41840 \cdot V$$

$$V = 1,05 \text{ m}^3/\text{h}$$

En el caso de demanda media bastará con:

$$1,1 \cdot 5046 \text{ kcal/h} = 6,4 \text{ kW} = 41840 \cdot V$$

$$V = 0,55 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para el cálculo del serpentín de calefacción utilizaremos las condiciones de demanda máxima. El material elegido para el serpentín es el mismo del resto de las conducciones de agua, acero negro DIN-2439, para el cual la conductividad térmica es $K=30 \text{ Kcal/h m}^\circ\text{C}$, para el rango de temperaturas de trabajo.

El diámetro del tubo, le calcularemos partiendo del caudal máximo obtenido de $V=1,05 \text{ m}^3/\text{h}$, y suponiendo una velocidad de circulación de 1 m/s :

$$V = 1,05 \text{ m}^3/\text{h} = 2,048 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = \frac{\pi \cdot Di^2}{4}$$

$$Di = 16 \text{ mm}$$

Elegimos el diámetro interior comercial más próximo a ese valor, resultando $Di=16,45 \text{ mm}$, con lo que la velocidad resultante será de $0,96 \text{ m/s}$. La tubería elegida para el serpentín será de $1/2''$ ($De = 21,25 \text{ mm}$ y $Di=16,45 \text{ mm}$)

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:90

11.6.5. Coeficiente de película interior

El número de Reynolds para estas condiciones de circulación y temperatura es:

$$Re = \frac{Di \cdot v}{\vartheta} = 16,45 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,96}{0,523 \cdot 10^{-6}}$$

$$Re = 30195 > 2100 \rightarrow \text{Régimen turbulento}$$

Aplicamos la fórmula de Dittus-Boelter para enfriamientos:

$$Un = \frac{Di \cdot h}{k} = 0,023 \cdot (Re)^{0,8} \cdot (Pr)^{0,3}$$

En la que las propiedades se toman a la temperatura media del agua de 55°C, siendo:

$$K = 0,56 \text{ Kcal/h} \cdot \text{m}^{\circ}\text{C}$$

$$Pr = 0,33$$

$$V = 0,523 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Por tanto el coeficiente de película interior será:

$$Hi = 4238 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2\text{C}$$

11.6.6. Coeficiente de película exterior

En este caso se trata de convección natural alrededor de un cilindro horizontal, con lo que aplicamos la correlación de Mc Adams:

$$Un = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n$$

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot De^3}{\nu^2}$$

Donde:

$$g = \text{gravedad} = 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$\beta = \text{coeficiente dilatación térmica} = 0,223 \cdot 10^{-3} \text{ [1/}^{\circ}\text{C]}$$

$$\Delta T = \text{incremento de temperaturas} = 55 - 32,5 = 22,5 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:91

$\nu =$ viscosidad cinemática $= 5,33 \cdot 10^{-7} [\text{m}^2/\text{s}]$

$$\text{Gr} = \frac{9,81 \cdot 0,223 \cdot 10^{-3} \cdot 22,5 \cdot 0,02125^3}{(5,33 \cdot 10^{-7})^2} = 1659683$$

$$\text{Gr} \cdot \text{Pr} = 1659683 \cdot 3,3 = 5476954$$

Cuando $10^4 < \text{Gr} \cdot \text{Pr} < 10^9$, nos encontramos en la capa límite laminar y entonces el valor de las constantes de la ecuación de Mc Adams son:

$$C = 0,53$$

$$N = 0,25$$

Entonces:

$$\text{Un} = 0,53 \cdot (5476954)^{0,25} = 25,6$$

Con lo cual el valor de h_e será:

$$25,6 = \frac{h_e \cdot De}{k} = \frac{h_e \cdot 0,02125}{0,5}$$

$$h_e = 603 \text{ Kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Para el cálculo del serpentín de calefacción utilizaremos las condiciones de demanda máxima.

La ecuación adecuada en este caso es la de conducción en régimen estacionario a través de tuberías:

$$\frac{Q}{L} = \frac{2\pi \cdot (T_E - T_I)}{[(1/(R_i \cdot h_i)) + (\ln R_e/r_i/k) + (1/R_e \cdot h_e)]}$$

En la que sustituyendo cada término, obtenemos:

$$\frac{Q}{L} = 731 \text{ Kcal/h} \cdot \text{m}$$

Con una longitud de tubería de 10 metros, cubriríamos 7310 kcal/h, por encima de la media necesitada, y dado que el digestor tiene un diámetro interior de 3,4 metros, bastará con que el serpentín de una única vuelta de 3,2 m de diámetro.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:92

11.7. *Cálculo del circuito de purines*

Se calculan por separado las líneas de llenado del tanque de alimentación desde la fosa de deyecciones, la de recirculación del tanque de alimentación y la que une este depósito con el digestor.

El tanque de alimentación y el de descarga se han calculado con capacidad suficiente para contener la producción de purines de tres días. Por tanto será al menos:

$$3\text{días} \cdot 5,44 \text{ m}^3 \text{ purín/día} = 16,32\text{m}^3$$

Para ambos elementos se elige el siguiente modelo:

- Marca: staffelstein
- Material: poliéster reforzado con fibra de vidrio
- Capacidad 16500litros
- Dimensiones: diámetro 2,8m altura 3 m
- Altura mínima de purín en su interior: 1,5m

En cuanto al digestor, se ha elegido un tanque de las características siguientes:

- Marca: staffelstein
- Material: poliéster reforzado con fibra de vidrio
- Capacidad 63000litros
- Dimensiones: diámetro 3,4 m altura 7,5 m
- Altura del purín en su interior: 6m

Las tuberías serán de PVC, PN = 10 Kg/cm², diámetro interior 30,2 mm.

Para el cálculo de las pérdidas de carga lineales se utiliza la expresión:

$$\Delta p = \frac{2 \cdot L \cdot f \cdot \rho \cdot v^2}{D}$$

Donde:

L = longitud del conducto

D = diámetro del conducto

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:93

F = coeficiente de fricción

V = velocidad de circulación.

P = densidad del fluido=1.031 Kg/m³

Donde:

$$Re = (\rho \cdot D \cdot v/K) \cdot (8v/D)^{(1-n)} \cdot (4n/3n+1)^n$$

Donde n y K los índices de comportamiento y consistencia reológica, respectivamente.

$$N = 0,55$$

$$K = 0,443$$

Se eligen diámetros no inferiores a 1'' y números de Reynolds superiores a 4.300 (regímenes turbulentos), con objeto de conseguir una homogeneización del líquido y que éste no decante en las conducciones.

11.7.1. Línea deyecciones-tanque de alimentación

Se ha iterado con el volumen a transportar diariamente (5,44 m³), el tiempo de alimentación y las bombas existentes en el mercado, para obtener el Re requerido. El resultado ha dado una alimentación de purín durante 25 minutos al día, lo que da un caudal de:

$$5,44 \cdot 60/25 = 13,06 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0036 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por tanto, la velocidad de circulación será:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0036}{\frac{\pi \cdot 0,0302^2}{4}} = 5,02 \text{ m/s}$$

Y el número de Re de:

$$Re = (\rho \cdot D \cdot v/k) \cdot (8 \cdot v/d)^{(n-1)} \cdot (4 \cdot n/3 \cdot n+1)^n > 4300$$

De lo cual, el coeficiente de fricción será:

$$F = 0,0306 \cdot Re^{-0,18} = 0,0065$$

Suponiendo el desnivel de altura que ha de salvar la bomba, más las pérdidas de carga lineales por rozamiento de la tubería y sus accesorios, se legige una bomba

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:94

que suministre una altura manométrica total de 33m de columna de agua para el caudal calculado de 13,06m³/h. Así seleccionamos:

*Una bomba para evacuación de materias fecales y aguas residuales, que funciona a 1450 rpm y potencia eléctrica 3,5 kW.

11.7.2. Línea tanque de alimentación-digestor

Se calcula en función de los siguientes parámetros:

- Longitud electiva: 3 metros
- Máxima diferencia de altura entre las superficies líquidas de ambos depósitos: 4,5 m
- Máxima presión del gas en el interior del digestor: 20 cm de c.d.a.

Iterando para distintos tiempos de alimentación y las potencias suministradas por las bombas comerciales, se han elegido 30 minutos al día, para los cuales se obtiene un caudal de:

$$5,44 \cdot 60/30 = 10,88\text{m}^3/\text{h} = 0,00303\text{m}^3/\text{s}$$

Por tanto, la velocidad de circulación será:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,00303}{\frac{\pi \cdot 0,0302^2}{4}} = 4,242 \text{ m/s}$$

Y el número de Re:

$$\text{Re} > 4300$$

El coeficiente de fricción de:

$$F = 0,0066$$

Suponiendo el desnivel de altura que ha de salvar la bomba, más las pérdidas de carga lineales por rozamiento de la tubería y sus accesorios, se elige una bomba que suministre una altura manométrica total de 6,7 m de columna de agua, para el caudal calculado de 10,88 m³/h. Así seleccionamos:

*Una bomba centrífuga horizontal especial para aguas residuales, RPM 2850 y potencia eléctrica 1,5 KW

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:95

11.7.3. *Recirculación del tanque de alimentación*

Se calcula en función de los siguientes parámetros:

- Longitud efectiva de la línea: 10m
- Tiempo de agitación: 10 minutos por hora, durante todo el día.
- Volumen a recircular: el doble del contenido en el tanque.

El volumen a recircular es:

$$2 \cdot 3 \cdot 5,44 = 32,64 \text{ m}^3/\text{día}$$

El caudal es:

$$32,64/(24 \cdot 10 \cdot 60) = 0,00227 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por tanto, la velocidad de circulación será:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,00227}{\frac{\pi \cdot 0,0302^2}{4}} = 3,20 \text{ m/s}$$

Y el número de Re de:

$$Re = (\rho \cdot D \cdot v/k) \cdot (8 \cdot v/d)^{(n-1)} \cdot (4 \cdot n/3 \cdot n+1)^n > 4300$$

De lo cual, el coeficiente de fricción será:

$$F = 0,0306 \cdot Re^{-0,18} = 0,0067$$

Así seleccionaremos la misma que en el apartado anterior:

*Una bomba centrífuga horizontal especial para aguar residuales RPM 2850 y potencia eléctrica 1,5 KW.

Se colocará en la descarga al tanque una válvula de asiento que se regulará de forma que aumentando las pérdidas de carga, permita los 10 minutos por hora de agitación prefijados en el diseño.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:96

11.8. Cálculo de la instalación de gas

11.8.1. Elección del gasómetro

Para determinar el volumen del tanque de biogás, se supone que la mezcla gaseosa CH₄-CO₂ se comporta como un gas ideal dado que la presión de almacenamiento no es muy elevada (10 bar).

Por tanto, los 91,80 m³ diarios de biogás, en condiciones normales (1 bar y 0°C), alcanzarán el siguiente volumen tras ser comprimidos:

$$\frac{P \cdot V}{T} = \frac{P' \cdot V'}{T'}$$

$$V' = \frac{T' \cdot P \cdot V}{T \cdot P'}$$

$$V' = \frac{(273+35) \cdot 1 \cdot 91,80}{273 \cdot 10}$$

$$V' = 10,33 \text{ m}^3$$

(Tomando las condiciones ambientales más desfavorables, esto es 35°C).

Dado que se desea poder almacenar la producción de 1,5 días y aplicando el coeficiente de seguridad de 20%, el volumen mínimo requerido para el gasómetro será:

$$1,5 \cdot 10,36 / 0,8 = 19,43 \text{ m}^3$$

Acudiendo a los catálogos de tanques comerciales, se elige un gasómetro de la marca LAPESA modelo LF-20000 litros de diámetro nominal 2500mm y longitud de 3200mm que se especifica en el presupuesto.

11.8.2. Elección del compresor

El compresor vendrá determinado por la presión de almacenamiento y por el caudal de circulación. Mientras que este caudal de circulación total será la suma de los 91,80 m³ producidos diariamente y del caudal necesario para realizar la agitación gaseosa del digestor.

Para homogeneizar la masa del sustrato, es conveniente recircular un caudal de gas del orden de 0,184m³ por minuto y metro de diámetro del digestor, durante

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:97

unas 5 horas diarias de agitación, lo que equivale a periodos de 12 minutos por hora. Como se ha interpuesto un gasómetro, el funcionamiento del compresor puede ser bastante continuo a lo largo del día, resultando el siguiente caudal de recirculación:

$$Q=0,184\text{m}^3/\text{min} \cdot 3,4 \text{ m}\varnothing \cdot 60 \text{ min/h} \cdot 5\text{h/día}= 187,7\text{m}^3/\text{día}$$

Que sumados a los $91,80\text{m}^3$ producidos, el caudal total es:

$$279,5\text{m}^3/\text{día} = 11,65 \text{ m}^3/\text{hora} = 194 \text{ l/min}$$

De entre los compresores rotativos de paletas existentes en el mercado, se elige el siguiente:

*Marca COMPAIR-HYDROVANE de caudal 200l/min y presión 10bar.

11.8.3. Presión del biogás de recirculación

La presión que debe llevar el gas de agitación al entrar en el digestor, será la suma de las presiones de la zona superior del digestor mas las debidas a la columna de sustrato y a las pérdidas en el difusor. Éste último valor, se estimará según el fabricante, en unos 10 cm de c.d.a.

La presión total será:

$$P_1= 1\text{atm} + 20 \text{ cm de c.d.a.} = 1,015 \text{ bar}$$

$$P_2= \rho \cdot g \cdot H=1031 \cdot 9,81 \cdot 5,802 = 58682\text{Pa} = 0,587 \text{ bar}$$

$$P_3=10\text{cm de c.d.a.} = 0,01 \text{ bar}$$

Luego:

$$P_t=P_1+P_2+P_3= 1,61 \text{ bar}$$

11.9. Diámetro de las tuberías

Para dimensionar las conducciones en instalaciones de gas, la fórmula más comúnmente utilizada es la de Remouard simplificada:

$$p_1^2 - p_2^2 = 48,6 \cdot S \cdot L \cdot D \cdot Q^{1,82}$$

Donde:

p_1 y p_2 = presiones inicial y final en bar

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:98

S = densidad relativa del gas respecto del aire

L = longitud de la tubería en metros

Q = caudal en m³/h

D = diámetro interior en mm.

La densidad de la mezcla gaseosa (64% CH₄, 35% CO₂) será la media ponderada de las densidades de sus componentes:

$$S = 0,64 \cdot 0,554 + 0,35 \cdot 1,529 = 0,89$$

Sale un valor inferior a la unidad, lo que es bueno en cuanto a condiciones de seguridad en caso de eventuales fugas, no acumulándose en las zonas bajas. Se impone una presión de 2 bar a la salida del gasómetro, tras el pertinente regulador de presión, y se supone un reparto lineal de presiones a lo largo de las tuberías, teniendo en cuenta las pérdidas de carga, por piezas, llaves, etc.

11.9.1. Línea gasómetro-caldera

Las presiones en los extremos son 2 y 1,61 bar, respectivamente, con lo que la presión en las proximidades de la caldera serán del orden de 1,8 bar. El caudal correspondiente máximo es la suma del de recirculación, el requerido por la caldera y el de la antorcha (0,5 m³/h), esto da un total de 48,5m³/h.

Entrando en la gráfica adjunta en el anexo, suponiendo una longitud efectiva de tubería de 10 metros, el diámetro interior resultante es de 14 mm y elegimos el comercial más próximo, que es 1/2".

11.9.2. Línea caldera-digestor

Las presiones en los extremos son 1,8 y 1,6 bar. Y el caudal correspondiente máximo es de 48m³/h.

Entrando en la gráfica adjunta en el anexo, suponiendo una longitud efectiva de tubería de 8m, el diámetro interior resultante es de 15,7 mm y elegimos el comercial más próximo, que es de 1/2".

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:99

11.9.3. Línea caldera-grupo electrógeno

La presión en la caldera es de 1,8 bar y el grupo electrógeno requiere 1,02 bar. Y el caudal correspondiente máximo es el correspondiente al grupo mas el del quemador de la antorcha, y resulta 10,5 m³/h.

Entrando en la gráfica, suponiendo un diámetro interior resultante es de 5,8mm, y elegimos el comercial más próximo 1/8”.

11.9.4. Línea grupo electrógeno-antorcha

Las presiones en los extremos son de 1,02 y 1,01 bar y el caudal correspondiente máximo es de 0,5 m³/h.

Entrando en la gráfica, suponiendo una longitud efectiva de tubería de 4,5m, el diámetro interior resultante es de 5,6mm y elegimos el comercial más próximo, que es de 1/8”.

En cuanto al tramo digestor-depurador-compresor-gasómetro, en vez de tomar el diámetro mínimo que daría la fórmula de Remouard, se elige de 1,5”, para prever posibles problemas de condensación, obturaciones, etc., y para compensar las pérdidas de carga en las sucesivas etapas de purificación.

11.10. Cálculos de los circuitos de agua caliente

11.10.1. Circuito del digestor

Ya se calculó anteriormente el caudal de circulación máximo (1,05 m³/h) y el diámetro de la tubería (1/2”).

Por lo tanto, utilizando el ábaco de las pérdidas por rozamiento adjunto en el anexo, las pérdidas de carga son 150mm de columna de agua por metro de tubería.

La longitud equivalente de tubería de los elementos que componen el circuito, la obtenemos mediante las tablas adjuntas en el Anexo:

1 válvula de retención	1x1,8 =1,8m
2 válvulas esféricas	2x5,4 =10,8 m

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:100

1 válvula de 3 vías	1x5,4 =5,4 m
4 codos	4 x 0,3 =1,2 m
5 T	5x0,3 =1,5m
TOTAL	20,7m

Que sumados a los 5 metros reales de la tubería, dan una longitud efectiva de 25,7 metros. La pérdida de carga es:

$$25,7 \cdot 0,15 = 3,75 \text{ m de c.d.a.}$$

En función de estos datos, elegimos la siguiente bomba:

*Una bomba de 2VELOCIDADES y potencia eléctrica 0,185 KW.

11.10.2. Circuito al grupo

Por esta canalización circulan $2\text{m}^3/\text{h}$. Tomando la velocidad de diseño de 1m/s, se calcula el diámetro interior:

$$2 = 5,55 \cdot 10^{-4} = \frac{1 \cdot \pi \cdot D^2}{4}$$

$$D = 26,6\text{mm}$$

Elegimos un diámetro comercial de 1", con lo cual recalculando la velocidad de circulación, obtenemos 0,92 m/s, que entra dentro de los límites prefijados de 0,7-1,4 m/s.

Utilizando el ábaco de pérdidas de carga, las pérdidas de carga son 50 mm de columna de agua por metro de tubería.

Las pérdidas de carga en el intercambiador del grupo son 3 m de columna de agua por metro de tubería, según datos del fabricante.

La longitud equivalente de tubería de los elementos que componen el circuito, la obtenemos mediante las tablas del anexo:

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:101

1 válvula de retención	1 x 3,6 = 3,6m
2 válvulas esféricas	2 x 8,7 =17,4m
1 válvula de 3 vías	1 x 8,7 =8,7m
2 codos	2 x 0,51 = 1,02m
5T	5 x 0,51 =2,55m
TOTAL	33,27m

Que sumados a los 7 metros reales de tubería, dan una longitud efectiva de 40,27 m. La pérdida de carga es:

$$40,27 \cdot 0,05 = 2\text{m de columna de agua}$$

Que sumados a los 3 metros del intercambiador, dan unas pérdidas totales de 5m.

En función de estos datos, elegimos la misma bomba que en apartado anterior:

*una bomba de 2 velocidades y potencia eléctrica 0,185KW.

11.10.3. Circuito de la caldera

Para calcular el caudal, se parte de las 41000Kcal/h que da la caldera:

$$41000 = 1000 \cdot Q \cdot 15$$

$$Q = 2,7 \text{ m}^3/\text{h} = 7,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Tomando la velocidad de diseño de 1m/s, se calcula el diámetro interior:

$$7,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = \frac{1 \cdot \pi \cdot D^2}{4}$$

$$D = 31,1\text{mm}$$

Elegimos un diámetro comercial de 1", con lo cual recalculando las velocidades de circulación, obtenemos 1,26 m/s, que entra dentro de los límites prefijados de 0,7 – 1,4 m/s.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:102

Las pérdidas de carga se calculan de la misma forma que en los apartados anteriores, y resultan de 4 m de c.d.a..

En función de estos datos, elegimos la misma bomba que en los apartados anteriores:

*Una bomba de 2 velocidades y potencia eléctrica 0,185KW.

11.11. Cálculo del circuito eléctrico

Como ya se ha explicado anteriormente, será la empresa Schneider Electric la que se encargue del cálculo de esta instalación y posteriormente de su montaje.

11.12. Balance energético de la planta

El siguiente balance energético que se va a llevar a cabo en este apartado tiene un carácter estimativo. Este balance debería ser enfrentado con los datos reales de la instalación una vez que esta se lleve a la práctica.

Además, el balance energético se llevará a cabo para unas condiciones ambientales de temperatura exterior de 13°C.

- Demanda térmica del edificio: 30.000Kcal/h.
- Producción de biogás por día: $91,80 \text{ m}^3 \text{ biogás/día} = 3,825 \text{ m}^3/\text{hora} = 34,425 \text{ termias} = 40 \text{ kwh} = 960 \text{ kW/día}$
- Este gas es comprimido y almacenado en un tanque que alimenta la línea de agitación del digestor y al grupo electrógeno. En el caso más desfavorable, el compresor, de 1,5kW trabajando todo el día, supone un consumo de: $1,5 \times 24 = 36 \text{ kw/día}$
- El circuito de calefacción consta de 3 circuladores de 0,185 kw que trabaja todo el día y supone un consumo de: $3 \times 0,185 \times 24 = 13,32\text{kw/día}$
- Durante el llenado del tanque de alimentación (25 min/día) se conecta sumergida de la fosa de deyecciones (4kW) y la criba vibratoria de purines (0,75kW), tienen un consumo de: $4,75 \times 25/60 = 2 \text{ kw/día}$
- La bomba de purines del digestor (1,5kW) realiza esa operación durante media hora diaria y recircula el contenido del tanque de

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:103

alimentación 10 minutos por hora. Esto supone un consumo de:
 $1,5 (0,5 + 10(24/60)) = 6,7\text{kw/diarios}$

- El digestor tiene unas pérdidas medias diarias a través de sus paredes de 1453kcal/h y para calentar el sustrato hasta 32,5°C de 3503kcal/h. En total, 138kw/día.
- De los 477kw introducidos en un grupo electrógeno, aprovechamos: 280kw/h de energía térmica, e introduciendo un rendimiento térmico del 60% y 120kw al día en forma de electricidad con un rendimiento del 25%. El resto va en pérdidas del grupo. [Datos extraídos de especificaciones del fabricante.]

El calor producido se almacena en el acumulador. Aún cuando se ha calorifugado toda la instalación y la mayor parte del sistema se consideran unas pérdidas del 5%, lo que dará un gasto aproximado de $240 \times 0,05 = 12$ termias = 14 kw. Operando con todos los valores anteriores, el calor disponible para el consumo del edificio será de 109 termias diarias y en electricidad, se generan 72 kwh diaria, con lo que se puede considerar un total de energía aprovechado de 171 termias/día aproximadamente.

Pasando todos los datos a valores anuales, se supone para los cálculos que durante 9 meses al año el edificio demanda calefacción, se estarán produciendo: $51,32 \times 365(9/12) = 14048\text{kw}$ más la demanda de la caldera.

Durante los meses de verano, el grupo sólo responderá a la demanda térmica del digestor y no se gastará todo el biogás. En estos meses, suponiendo que exista un excedente de biogás, se puede realizar un estudio posterior para analizar la viabilidad de utilizar este en cocinas, calentadores de agua, etc.

Conviene resaltar los altos consumos térmicos del digestor, cercanos al 50% de la energía calorífica producida y en los cuales, influyen especialmente las pérdidas debidas al transvase del efluente-influente. Y, como ya se ha comentado, no parece posible la recuperación de esa parte de energía ya que la única solución sería la de diluir el sustrato aún mas para bajar la viscosidad y hacer aplicable un intercambiador de calor, idea desechada por todos los autores consultados por

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: ME-10-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:104

ocasionar un desproporcionado aumento de las dimensiones del digester y de los depósitos auxiliares.

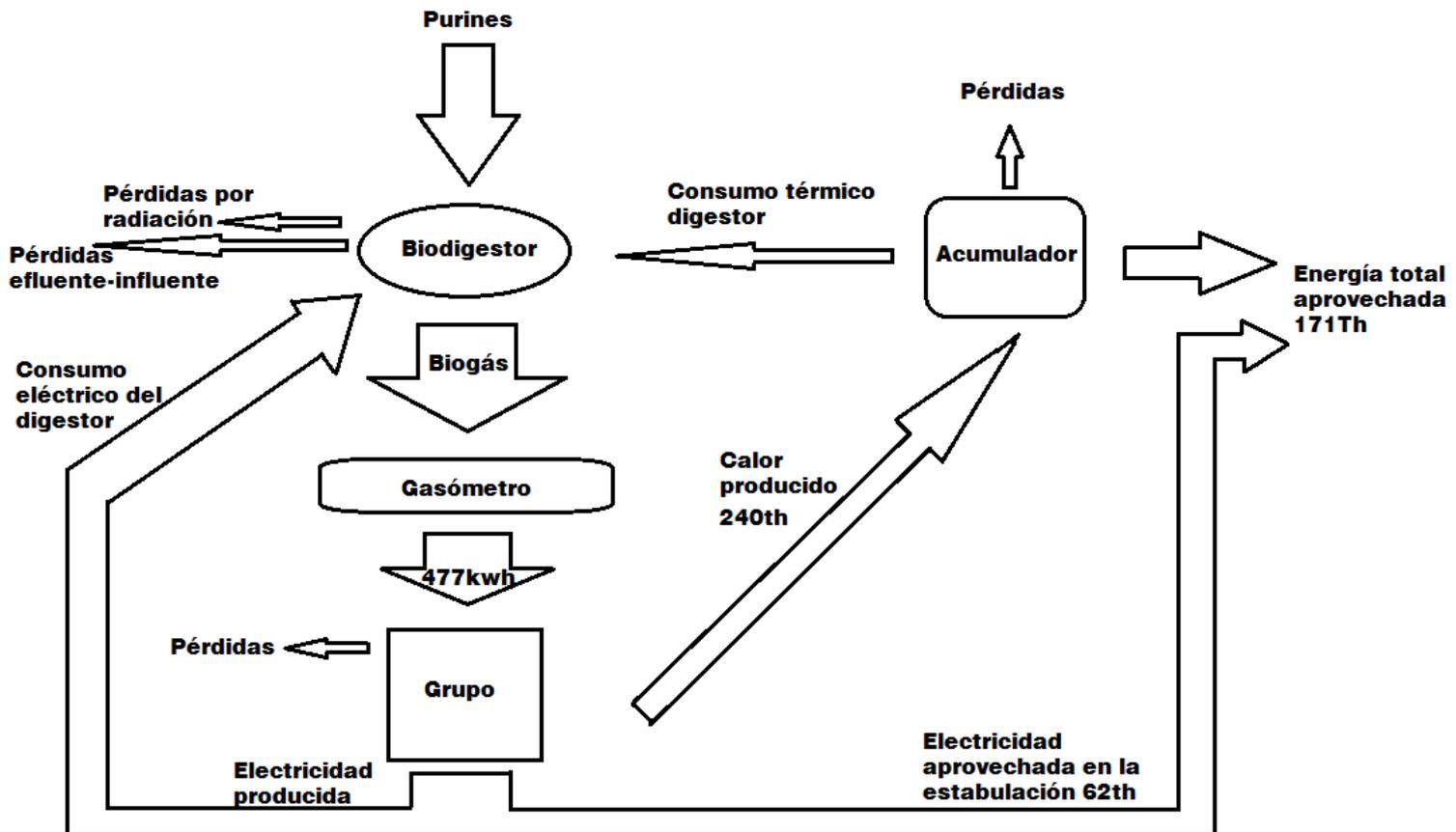


Figura 15.- Diagrama de flujos energéticos en la planta. Balance diario.

***NOTA:**

Los elementos de la instalación que se especifican en la memoria y/o en los que no se especifica sus datos totalmente, serán detallados en el presupuesto del proyecto.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: GP-90-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:105

GESTIÓN DEL PROYECTO CON MS PROJECT

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: GP-90-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:106

1. Introducción

Una vez el proyecto comienza a ejecutarse, hay que realizar el seguimiento del mismo, para asegurarnos de que lo planificado se ajusta a lo que realmente está sucediendo con el proyecto y, si no fuese así, poder tomar medidas correctivas a tiempo. Por ello, lo que resulta fundamental en esta introducción, es guardar lo que se denomina una “Línea de Base”.

Una Línea de Base, es un conjunto de valores realmente importantes de un plan de proyecto, como la estimación de las fechas de comienzo y finalización de una tarea, o la duración de la misma o el coste asociado a dicha tarea.

Ya que realizar el seguimiento de un proyecto de acuerdo a lo previsto, es útil siempre y cuando todo lo acontecido sea exactamente igual a lo previsto. En dicho caso, esta opción permite realizar dicha actualización de forma rápida y para todo el proyecto o para una tarea en particular.

Todas las tareas cuya fecha de finalización está prevista para antes de la fecha especificada se completarán al 100%.

Microsoft Project es un programa que permite la gestión de proyectos de una manera eficiente. Proporciona herramientas para crear la programación del proyecto de manera fácil y eficaz. Además, prevé un motor de programación que permite tanto programar como modificar la información introducida según las necesidades del usuario.

Básicamente, Microsoft Project, crea un plan de trabajo conforme a lo que el usuario va introduciendo en el plan de proyecto. La información básica a introducir en un plan de proyecto, son las tareas con sus duraciones, los recursos necesarios para poder ejecutar dichas tareas y las relaciones que se establezcan entre las mismas.

Entendiendo como tarea a los bloques básicos en la creación de un proyecto y que representa el trabajo a realizar para conseguir los objetivos del proyecto describiendo el trabajo del proyecto en términos de secuencia, duración y requerimientos de recursos.

La duración es la cantidad de tiempo que ocupara para completar la tarea.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: GP-90-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:107

Mientras que se entiende por recursos el personal, el equipamiento y el material (y los costos asociados a cada uno) necesarios para llevar a cabo el trabajo de un proyecto.

Y, para tal fin, se utilizará este programa para a gestión del proyecto de aprovechamiento energético de biogás en la Ganadería Rotizas que nos ocupa en este estudio.

2. Informe del proyecto

Para el desarrollo de la gestión de este proyecto se ha optado, siguiendo los consejos de expertos consultados en gestión/proyección de proyectos de esta envergadura, por dividir el trabajo realizado de la misma forma que se han dividido las partidas en el Presupuesto.

Por lo tanto, se puede observar el trabajo, dividido en los siguientes grupos de trabajo:

- Depósito y c. de purines
- Grupo de cogeneración
- C. de gas
- C. de agua caliente
- Electricidad

A continuación se presenta el informe realizado para este proyecto en el programa MS Project. Además, se incluye en el CD adjunto al proyecto una copia del archivo creado. Debido a que el programa no permite la generación de documentos en formato .doc o .pdf, se ha optado por imprimir el informe desarrollado para este proyecto bajo el nombre “Gestión de proyecto 8h-día”, debido a que este informe está pensado para un horario de trabajo caracterizado por tener una jornada laboral de 8 horas diarias durante 5 días a la semana.

Una de las ventajas de este programa es la posibilidad que da al usuario de poder modificar el horario de todos o parte de los trabajadores de forma que aumenten o disminuyan las horas de trabajo diarias e incluso considere laborables los sábados y domingos según introduzcamos unos parámetros u otros. En este caso, se ha optado por respetar la jornada laboral normal. En caso de ser necesario que los trabajadores

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: GP-90-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:108

realizasen horas extra y trabajasen también los fines de semana para terminar más rápido la tarea, sólo tendríamos que hacer un “clic” en el programa y modificaríamos estos datos a antojo.

2.1. Aclaraciones del informe

En el informe no aparecen todas las horas del Jefe de Obra por considerar que este no estará el 100% de las horas a pie de obra sino que tendrá más responsabilidades que esta y por lo tanto, el total de horas que se considera necesarias para la gestión de este proyecto se detallan en el presupuesto pero no en el informe.

Es, también, en el presupuesto donde se detallan los costes asignados a las horas trabajadas por cada trabajador por ser estas un detalle muy importante a desarrollar y especificar de forma clara y legible.

Los ayudantes de calderería o peones están asignados a una o varias tareas a la vez sin que esto quiera decir que tengan que trabajar a la vez en varios sitios distintos. Esto es debido a que, al tratarse de una misma empresa, los peones colaborarán en las tareas que se requiera indistintamente por una pareja de trabajo u otra sin que ello repercuta en un exceso de trabajo para los peones. Por ejemplo, si la tarea a realizar por los peones supusiera transportar el material de un lugar a otro, el trabajador apoyará en este trabajo a una pareja u otra en función de las necesidades de estas, independientemente de que sean tubos, por ejemplo, del circuito de purines o del de agua. Este hecho, transcrito en el programa, señala una sobredimensión del trabajo, que en realidad no existe, de estos trabajadores.

2.2. Documentos del informe

Los documentos que se adjuntan en el presente estudio y que han sido generados, según el siguiente orden, con el programa MS Project son:

- Diagrama de Gant.
- Resumen del proyecto.
- Tareas a nivel superior.
- Calendario base.
- Tareas sin comenzar (proyecto completo).

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: GP-90-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:109

- Tareas y recursos humanos.
- Uso de tareas.
- Uso de recursos.
- Diagrama de red.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:130

PRESUPUESTO

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:131

1. Presupuesto

En el presente capítulo del trabajo se presenta el presupuesto detallado del proyecto objeto de estudio.

1.1. Depósito y circuito de purines

ELEMENTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
Digestor de 100m ³ , de 3 400mm de diámetro de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con las bridas indicadas en los planos, con baso o fondo plano con patas, salida de gas por arriba y entrada y salida del producto.	1	5.000€	5.000,00€
Depósito vertical para tanques de alimentación y descarga, de 20m ³ de capacidad y de poliéster reforzado con fibra de vidrio.	2	1.600€	3.200,00€
Bomba sumergida en la fosa de deyecciones para un caudal de 12m ³ /h y 1450rpm.	1	1.300€	1.300,00€
Bomba de alimentación del digestor y de circulación del tanque de alimentación para un caudal de 9m ³ /h, 2850rpm y provista de reloj programador.	1	850€	850,00€
Criba de purines para el tanque de alimentación vibratoria.	1	380€	380,00€
Tubería de PVC rígido de 32mm de diámetro exterior con 10kg/cm ² de presión nominal y copas para encolar. Se incluyen codos, accesorios, pegado y montado.	-	-	1.300,00€
Coquilla de fibra de vidrio, protegida con una mano de pintura asfáltica. Incluye montaje.	-	-	300,00€

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:132

Panel de fibra de vidrio de 30mm de espesor.	97	70€/u	6.790,00€
Válvulas de bola PN16 y 32mm de diámetro exterior.	9	23€	207,00€
Válvulas de retención de acero PN16, 32mm de diámetro exterior.	2	36€	72,00€
Purgador.	1	33€	33,00€
Válvula de asiento inclinada de acero de 32mm de diámetro exterior.	1	42€	42,00€
Pinzas de sujeción de tubos.	-	30€/caja	30,00€
		TOTAL	19.504,00€

La partida correspondiente al coste de la normativa asciende a **DIECINUEVE MIL QUINIENTOS CUATRO EUROS.**

1.2. Grupo de generación

ELEMENTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
Grupo de cogeneración energética preparado para quemar biogás con un consumo aproximado de 50th/hora. Con generador eléctrico asíncrono trifásico con rotor de jaula y camisa refrigerada y generador térmico de 30th/hora. Incluye protecciones térmicas, eléctricas, accesorios, cableado, transporte, mano de obra y SGS. Modelo EY 20 NG diseñado por la empresa ENERGY.	1	48.000€	48.000,00€

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:133

	TOTAL	48.000,00€
--	-------	------------

La partida correspondiente al coste de la normativa asciende a **CUARENTA Y OCHO MIL EUROS**.

1.3. Circuito de gas

ELEMENTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
Gasómetro de 17 000 litros, rígido y aéreo de la casa LAPESA. Cuyas características son: granallado y metalizado en aluminio y dotado con válvula de llenado, check-lok para fase líquida, limitador de caudal con llave de corte para fase gaseosa, manómetro, válvula de seguridad y nivel magnético.	1	7.000€	7.000,00€
Compresor rotativo de paletas de 10bares de presión de trabajo, con calderín de 50litros y caudal de 200l/m.	1	45.000€	4.500,00€
Condensador con deflectores, filtros y bujías cerámicas. Con un caudal de 2m3/min para una presión efectiva de 0,38Kg/cm2. Acero inoxidable.	1	1.400€	1.400,00€
Tuberías de acero estirado DIN 2440 según planos, provista de curvas, bridas y soportes con abrazaderas para montaje, pintados con dos manos de antioxidante y otra de amarillo. Acero al carbono.	-	-	600,00€
Válvula de bola con cuerpo de acero, bola de acero inoxidable y juntas de teflón.	9	220€	1.980,00€

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:134

Regulador de presión de cuerpo de hierro y presión máxima de entrada a 14kg/cm2.	5	960€	4.800,00€
Presostato de 7bars de presión de prueba y reglaje entre 0,1 y 1,1bar.	1	100€	100,00€
Válvula de seguridad de paso angular con palanca de apertura manual de emergencia.	2	340€	680,00€
Válvula pulsadora con manómetro, escala 0-4bar.	6	46€	276,00€
Filtro de malla roscado con cuerpo y tapa de fundición.	5	263€	1.315,00€
Válvula solenoide de dos vías.	2	60€	120,00€
Pulsador automático con cuerpo de hierro, boya de acero inoxidable y 6bar de presión máxima del trabajo.	1	160€	160,00€
Cerramiento metálico incluyendo instalación.	-	-	500,00€
		TOTAL	23.431,00€

La partida correspondiente al coste de la normativa asciende a **VEINTIDOS MIL NOVECIENTOS TREINTA Y UN EUROS.**

1.4. Circuito de agua caliente

ELEMENTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
Caldera de alimentación de biogás.	1	4.000€	4.000,00€
Intercambiador de calor con capacidad de 500litros con serpentín interior para el primero	1	3.800€	3.800,00€

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:135

y resistencia eléctrica de 10kW. Incluyendo calorifugado.			
Depósito de expansión de 60litros de capacidad y presión máxima de trabajo de 3bar.	2	130€	260,00€
Bomba de circulación de agua caliente de dos velocidades y 2 200rpm.	4	125€	500,00€
Tubería de acero negro para conducciones.	-	12€/m	180,00€
Calorifugado para tubería con coquilla de fibra de vidrio de 30mm de espesor.	-	30€/m	450,00€
Válvula esférica con cuerpo de acero y bola de acero inoxidable de diámetro 1".	4	32€	128,00€
Válvula esférica de cuerpo de acero y bola de acero inoxidable de diámetro 1/2".	2	26€	52,00€
Válvula de retención de fundición de hierro, husillos y cierre de acero inoxidable de diámetro 1".	2	34€	68,00€
Válvula de retención de fundición de hierro, husillos y cierre de acero inoxidable de diámetro 1/2".	1	32€	32,00€
Válvula de asiento de bronce y asiento metálico de diámetro 1".	2	23€	46,00€
Válvula de asiento de bronce y asiento metálico de diámetro 1/2".	1	21€	21,00€
Válvula de seguridad cuerpo de bronce, cierre de teflón y resorte de acero cromado de diámetro 1".	1	23€	23,00€
Centralita de regulación de calefacción con	2	240€	480,00€

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:136

sensores térmicos.			
Programador para jerarquización de las distintas fuentes de calor.	1	340€	340,00€
Servomotor para válvulas de tres vías.	3	380€	1.140,00€
Válvulas de 3 vías con cuerpo y mezclador de fundición.	3	430€	1.290,00€
Termómetros de esfera escala 0-120°C.	4	36€	144,00€
Manómetro de esfera de salida vertical, escala 0-4bar.	5	32€	160,00€
		TOTAL	13.114,00€

La partida correspondiente al coste de la normativa asciende a **TRECE MIL CIENTO CATORCE EUROS.**

1.5. Instalación eléctrica

ELEMENTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
Interruptor automático magnético de 50A y 3polos de MERLÍN GERÍN.	1	136,24€	136,24€
Interruptor diferencial de 50A, 200mA de MERLÍN GERÍN.	1	202,44€	202,44€
Interruptor automático magnetotérmico de 20A y 3polos de MERLÍN GERÍN.	1	95,64€	95,64€
Interruptor diferencial de 20A y 200mA de MERLÍN GERÍN.	1	178,09€	178,09€
Interruptor automático magnetotérmico de 10A	1	167,34€	167,34€

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:137

y 3 polos de MERÍN GERÍN.			
Interruptor automático magnetotérmico de 2A y 3polos de MERÍN GERÍN.	1	141,44€	141,44€
Interruptor automático magnetotérmico de 1A y 1 polo de MERÍN GERÍN.	3	37,75€	113,25€
Interruptor automático magnetotérmico de 3A y 3polos de MERLÍN GERÍN.	1	141,44€	141,44€
Interruptor automático magnetotérmico de 20A y 3polos de MERLÍN GERÍN.	1	95,64€	95,64€
Interruptor automático magnetotérmico de 2A y 3polos de MERLÍN GERÍN.	1	141,44€	141,44€
Interruptor automático magnetotérmico de 2A y 3polos de MERLÍN GERÍN.	1	141,44€	141,44€
Cable PIRELLI para montaje eléctrico. Caja 200m.	-	824€/caja	824,00€
Mano de obra necesario para el montaje de todos los materiales anteriores, pruebas y puesta en marcha.	-	-	28.000,00€
		TOTAL	30.378,36€

La partida correspondiente al coste de la normativa asciende a **TREINTA MIL TRESCIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS CON TREINTA Y SEIS CENTIMOS.**

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:138

1.6. Mano de obra

ELEMENTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
Calderería	230h	28€/h	6.440,00€
Ayudante de calderería	105h	15€/h	1.575,00€
Especialistas en PRFV	30h	25€/h	750,00€
Electricidad	15h	30€/h	450,00€
Ayudante de electricidad	15h	16€/h	240,00€
Jefe de Obra	150h	34€/h	5.100,00€
Operarios de subcontratas	Los operarios de las subcontratas no se incluirán en este apartado con incluir sus honorarios en anteriores partidas presupuestaria.		
		TOTAL	14.555,00€

La partida correspondiente al coste de la normativa asciende a **CATORCE MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y CINCO EUROS.**

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:139

2. Balance final del presupuesto

SECCIONES A PRESUPUESTAR	IMPORTE
Depósitos y circuito de purines	19.504,00€
Grupo de cogeneración	48.000,00€
Circuito de gas	23.431,00€
Circuito de agua caliente	13.114,00€
Instalación eléctrica	30.378,36€
Mano de obra	14.555,00€
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DEL MATERIAL	148.982,36€

CONCEPTO	IMPORTE
(13%PEM) Gastos Generales	19.367,71€
(15%PEM) Beneficio Industrial	22.347,35€
Suma de G.G. + B.I.	41.715,06€
BASE IMPONIBLE	190.697,42€

CONCEPTO	IMPORTE
(18%PEM) IVA	26.816,82€
PRSUPUESTO GENERAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	217.514,24€

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:140

CONCEPTO	IMPORTE
(5%PEM) Honorarios de proyecto	7.449,12€
(6%PEM) Licencias y trámites	8.938,94€
PRESUPUESTO GENERAL PARA CONOCIMIENTO DEL CLIENTE	233.902,30€

El coste total del Presupuesto General asciende a **DOSCIENTOS TREINTA Y TRES MIL NOVECIENTOS DOS EUROS CON TREINTA CENTIMOS.**

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:141

3. Solicitud de subvención de la instalación

3.1. Introducción

Como ya se ha comentado a comienzos del proyecto, el cambio climático es una de las principales amenazas para el desarrollo sostenible y representa uno de los mayores retos ambientales con efectos sobre la economía global, la salud y el bienestar social. Es, por ello, necesario actuar para reducir las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI), buscando a la vez formas de adaptación a las nuevas condiciones que su impacto está determinando, y que sin duda afectarán aún con mayor intensidad las futuras generaciones.

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos de Cambio Climático (IPCC), y de acuerdo con la normativa objeto de estudio, en la contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación, el calentamiento global es inequívoco y se atribuye a la acción del hombre con una certidumbre superior al noventa por ciento. No obstante, de acuerdo con las conclusiones del Grupo de Trabajo III adoptadas en Bangkok, Tailandia, una actuación decidida que emplee las tecnologías hoy disponibles permite alcanzar los objetivos de estabilización a coste inferior al previsto con anterioridad. Es imprescindible adoptar medidas de gran calado de modo urgente, pero la solución está al alcance de una voluntad conjunta decidida.

El Plan Nacional de Asignación (PNA) de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, 2008-2012, aprobado por Real Decreto 1370/2006, persigue que las emisiones globales de GEI en España no superen en más de un 37% las del año base en promedio anual en el período 2008-2012. Para alcanzar este objetivo de +37%, el PNA 2008-2012 requiere un importante esfuerzo adicional de reducción mediante la puesta en marcha de medidas adicionales a las ya previstas, aunque los datos del balance energético de 2006 muestran que parte de esas reducciones ya se han producido y que, por tanto, el escenario proyectado ahora se sitúa por debajo del anterior marco de eficiencia.

Siguiendo esta línea, el 20 de julio de 2007 el Gobierno informó favorablemente, para su remisión al Consejo Nacional del Clima y a la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:142

Limpia (Horizonte 2007-2012-2020), la cual define el marco de actuación que deben abordar las administraciones públicas en España para asegurar el cumplimiento por nuestro país de sus obligaciones en el Protocolo de Kyoto e incluye un Plan de Medidas Urgentes de la Estrategia de Cambio Climático y Energía Limpia (EECCCEL) que contempla más del 65% de las medidas contenidas en la Estrategia, entrando en acción antes de finales de 2007 y para cada una de las cuales se establece el Ministerio responsable, el plazo y los recursos requeridos y las emisiones de GEI evitadas en el periodo 2008-2012. Dicho Plan de Medidas Urgentes recoge la elaboración de un Plan de Biodigestión de Purines, que ya ha sido aprobado por el Gobierno, con fecha 26 de diciembre de 2008 cuyo objeto principal es la reducción de emisiones de GEI en la gestión de purines y al mismo tiempo, en las zonas vulnerables o con alta concentración ganadera, facilitase así la gestión de los purines mediante el tratamiento del nitrógeno en los mismos.

Por otro lado, el uso sostenible de los fertilizantes es uno de los objetivos incluidos en la Ley 45/2007, de 14 de diciembre, para el desarrollo sostenible del medio rural, dentro de la Planificación ambiental a que se refiere su artículo 19.

Con objeto de impulsar este Plan de Biodigestión de Purines, y de conformidad con lo dispuesto en la Ley 38/2003, General de Subvenciones, de 17 de noviembre, desde el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino se establecen en el R.D. 949/2009 las bases reguladoras de las ayudas para la aplicación de los procesos contemplados en dicho Plan, tanto en instalaciones con digestores rurales sobre balsas como en instalaciones con digestores industriales en régimen centralizado o para explotaciones individuales.

En este capítulo, por tanto, se seguirán las disposiciones incluidas en el Real Decreto 949/2009 para conocer los requerimientos de los solicitantes y la cuantía de la subvención.

3.2. Objeto y ámbito de aplicación de la normativa.

El RD 949/2009 tiene por objeto el establecimiento de las bases reguladoras de las subvenciones estatales, en régimen de concurrencia competitiva, teniendo como principios generales los siguientes:

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:143

- Fomentar la aplicación de los procesos técnicos del Plan de biodigestión de purines, que permitan la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, así como la valorización agrícola del digestato y facilitar la gestión y el tratamiento del nitrógeno de los purines en las zonas vulnerables o con alta concentración ganadera
- Aplicar tecnologías complementarias a la biodigestión anaeróbica, que permitan la gestión del nitrógeno del digestato.
- Potenciar la valorización agrícola del digestato y el reciclado de nutrientes frente a los postratamientos del digestato.
- Maximizar el tratamiento de purines.

Esta norma será de aplicación a las explotaciones ganaderas extensivas.

3.3. Ayudas para instalaciones intensivas

Los beneficiarios de estas ayudas serán los titulares de las explotaciones ganaderas intensivas que realicen alguna de las actividades subvencionables previstas por el RD. 949/2009 y que se citarán a continuación. Éstas deben tratar mediante este procedimiento, como máximo 25.000Tn de purín/año, siempre que las emisiones de metano por m³ de purín tratado y año sean como mínimo equivalentes al factor medio de producción de metano del Inventario Nacional de Gases.

Los beneficiarios de las ayudas deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Tener la condición de PYME.
- Tener inscritas sus explotaciones ganaderas en el registro previsto para tal fin y cumplir con los requisitos establecidos en el RD 479/2004.
- No tener la consideración de empresa en crisis y acreditar o, en su caso, aportar la declaración responsable de estar al corriente de las obligaciones fiscales y con la Seguridad Social, conforme a la normativa vigente.

Asimismo, los beneficiarios deberán comprometerse a:

- Mantener las instalaciones en condiciones óptimas de utilización durante un periodo de cinco años, a contar desde el momento en que se realice la inversión, salvo fuerza mayor.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:144

- Proporcionar semestralmente información sobre las cantidades tratadas de purín y las producciones medidas de biogás obtenidas en los equipos de medición.
- Instalar los equipos de control para las medidas de la producción de biogás y sus controles de la combustión para determinar las emisiones reales de metano.
- Cumplir con los requisitos del Plan de Biodigestión de Purines.
- Que las emisiones de metano por m³ de purín tratado y año sean como mínimo equivalentes al factor medio de producción de metano del Inventario Nacional de Gases.

No podrán ser beneficiarios, según normativa, aquellos que se encuentren incurso en alguna de las causas de prohibición previstas en la normativa reguladora de subvenciones.

Una vez definida la condición de beneficiario, se procederá a definir cuáles son las actividades subvencionables. Estas serán las siguientes inversiones no productivas realizadas en las explotaciones para reducir las emisiones de GEI mediante el tratamiento anaeróbico de purines:

- Adquisición e instalación de equipos para la instalación de los digestores anaeróbicos, así como el recubrimiento flexible de las balsas de purines existentes, en su caso, en las granjas a la fecha de entrada en vigor del presente Real Decreto.
- Adquisición e instalación de los sistemas de agitación, conducción, limpieza, concentración y otros acondicionamientos del biogás para su combustión o el aprovechamiento, en su caso.
- Adquisición e instalación de elementos de seguridad en los digestores y sistemas de combustión o aprovechamiento del biogás.
- Adquisición e instalación de equipos de control para las mediciones de emisiones anuales de metano (CH₄).

La cuantía de la subvención para las inversiones será:

- Para digestores rurales con capacidad inferior a 1.000 m³: hasta 115 euros/m³ de digestor.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:145

- Para digestores rurales con capacidad entre 1.000 m³ y 2.000 m³: hasta 105 euros/m³ de digestor.
- Para digestores rurales de capacidad superior a 2.000 m³: hasta 95 euros/m³ de digestor.

Por lo tanto, la instalación objeto de proyecto, que cuenta con un biodigestor de 100m³, optará a la subvención de 11.500,00€.

3.4. Gestión de la ayuda

Las solicitudes se dirigirán al órgano competente de la comunidad autónoma de Cantabria. Debiendo de acompañarse estas solicitudes con:

- Justificación del cumplimiento de los requisitos establecidos y realización de la actividad subvencionable para cada línea de ayuda descritos anteriormente.
- Plano de ubicación de la comarca.
- Plano descriptivo de las instalaciones.
- Parámetros de funcionamiento y rendimiento de las tecnologías utilizadas en la reducción de emisiones y nitrógeno en su caso.
- Características de la explotación en cuanto a clasificación zootécnica, código REGA, capacidad máxima, censo por categoría de animales y dimensiones y capacidad de la balsa de almacenamiento de purines.
- Presupuesto detallado de la inversión.
- Un plan de gestión de purín que justifique los tratamientos elegidos con el fin de mejorar la gestión del nitrógeno y la gestión posterior del digestato o los subproductos obtenidos.

3.5. Criterios objetivos de otorgamiento de la subvención

En la concesión de las subvenciones previstas, las solicitudes de ayudas se ordenarán de acuerdo a los siguientes criterios objetivos, con una valorización de puntos para cada uno de acuerdo con la siguiente relación:

- De acuerdo con lo recogido en el Plan de Gestión del purín se valorará:

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PR-20-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:146

- El porcentaje de purín digerido destinado a valorización agrícola sin pos-tratamiento:
 - 100%-66%: 40 puntos.
 - 65%-33%: 30 puntos.
 - 32%-0%: 15 puntos.
- Volumen de purín calculado / n.º de cabezas de ganado: 10 puntos.
- Procesos de valorización del biogás producido: 20 puntos.
- Optimización de los costes de las operaciones subvencionables: 10 puntos.
- Aplicación de MTDs en el proceso productivo y la gestión del purín: 5 puntos.
- Vida útil de la instalación: 5 puntos.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PC-30-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:147

PLIEGO DE CONDICIONES

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PC-30-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:148

1. Propósito del contratista

Cada licitador deberá acompañar a su propuesta los siguientes documentos.

- Acreditación de haber ejecutado obras similares.
- Declaración del número de trabajadores y categoría de los mismos, que se prevean para la ejecución de las obras.
- Memoria de la organización y el Plan de desarrollo de los trabajos.

Todos los documentos que se citan deberán ser firmados por el responsable de la empresa, salvo aquellos que provengan de terceros, que deberán ir acompañados de la correspondiente firma, fecha y sello de la empresa.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PC-30-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:149

2. Adjudicación

La oficina técnica designada por el propietario de la instalación recibirá las ofertas de los diferentes licitadores. Debiendo ser estos previamente invitados a tal fin mediante comunicación oral o escrita.

Una vez recibidas y estudiadas todas las ofertas remitidas, se procederá a la adjudicación, lo que será comunicado al interesado para que en el plazo de diez días hábiles, siguientes a la comunicación, proceda a la formalización del respectivo contrato.

Si el adjudicatario no acudiese a formalizar el contrato, previo requerimiento para ello, la adjudicación queda de pleno derecho sin efecto.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PC-30-01-02
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011
	REV: 01

3. Modificación en la ejecución de la obra

Las obras a las que se aplica el presente pliego de condiciones, son aquellas a las que refieren el proyecto, que sirve de base para la adjudicación. Esta se ejecutará por el respectivo contratista, con las variaciones de detalle que se introduzcan en el mismo durante la ejecución y bajo la supervisión de la oficina técnica que firma el proyecto.

Cualquier modificación que, por conveniencia o necesidad, surgiera con posterioridad al comienzo de la obra, el contratista viene obligado a su ejecución ateniéndose a lo dispuesto en el presente documento al respecto a los precios contradictorios.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PC-30-01-02
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011
	REV: 01

4. Obligaciones del contratista

4.1. Personal de la obra

El contratista deberá declarar que se halla debidamente autorizado como tal ante patronal con el número que corresponde de la seguridad social, en alta y al corriente de pago de las cuotas de la misma. También deberá tener las correspondientes autorizaciones para definir, fijar y demostrar, en lo que se refiere a horarios de trabajo, turnos, horas extraordinarias y demás documentación exigida por la legislación laboral vigente.

El contratista, por su cuenta y riesgo, contratara el personal necesario para la realización de las obras objeto de este contrato, siendo únicamente él, responsable de la actuación, trabajo y disciplina de cuantas personas emplee en las mismas, con respecto de cuyas personas tendrá los derechos y obligaciones inherentes a su condición de patrono.

A requerimiento de la propiedad, y en cualquier momento en que esta así lo exija, el contratista es obligado a acreditar el extracto e integro cumplimiento de cuantas obligaciones le sean impuestas por la legislación vigente en materia de contratos de trabajo, salarios, afiliación, seguros de accidente y demás disposiciones laborables vigentes.

En materia de seguridad y salud en el trabajo, el contratista se compromete a dar fiel cumplimiento en todas partes a la normativa que contiene la ordenanza general de seguridad y salud en el trabajo, y disposiciones complementarias, debiendo prestar especial atención a las medidas preventivas.

4.2. Responsabilidades

La propiedad no asumirá responsabilidad alguna de los daños o perjuicios de cualquier naturaleza que pudiera sufrir el personal, material o instalaciones del contratista, cualquiera que sea la causa o circunstancia que lo origine.

El contratista será el único responsable de cuantos daños y perjuicios pudieran derivarse en las personas o en las cosas para la propiedad o terceros, a causa o como consecuencia de las realización de las obras cuya ejecución se contrata.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PC-30-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:152

A estos fines, el contratista deberá concertar por su cuenta el oportuno seguro de responsabilidad civil, cuya presentación podrá exigirse en todo momento la propiedad durante la vigencia del contrato.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PC-30-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:153

5. Obligaciones de la propiedad

Serán de cuenta de la propiedad de la obra:

- La dirección de la obra, la inspección y el control de los trabajos y su vigilancia.
- La adquisición de los terrenos necesarios para su vigilancia.
- La gestión de los permisos de los organismos oficiales en lo que afecte a la construcción de la obra.
- El pago de la obra.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PC-30-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:154

6. Plazo de ejecución y programas de trabajo

El plazo de ejecución de las obras, salvo modificación de las mismas, según el apartado siguiente, será fijado por el contratista en su propuesta, aunque haya servido de base en la adjudicación.

El contratista está obligado a cumplir, tanto los plazos parciales de ejecución de las obras, como el plazo general, de acuerdo al plan de trabajo fijado en la propuesta.

El incumplimiento del plazo parcial fijado, puede ser causa de rescisión del contrato, con pérdida de la fianza que se haya constituido, si así lo decidiera la propiedad.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PC-30-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:155

7. Modificaciones en el plazo

El plazo se modificara en las condiciones que este pliego de condiciones estipule, si es que existen modificaciones.

El nuevo plazo será fijado por ambas partes en función de la variación o modificación introducida. En caso de discrepancia prevalecerá el criterio de la dirección facultativa.

También, se podrá aumentar el plazo en los casos de interrupción por causas de fuerza mayor, reconocidas por la ley.

Igualmente, se podrá aumentar el plazo si la propiedad incumple sus obligaciones en lo que atañe a la entrega de los permisos necesarios para la ejecución, entrega de terrenos, falta de planos para la definición de la obra o falta de ordenes necesarias para su correcta ejecución.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PC-30-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:156

8. Revisión de precios

No se admitirán revisión de precios para las unidades de obra en el término de un año, contando a partir de la fecha de adjudicación de la obra.

Para unidades de obra ejecutadas con posterioridad, se emplearan las formulas tipo generales de revisión de precios de los contratos del estado y de los organismos autónomos que sean de aplicación. Para la aplicación de dichas formulas, se utilizaran los índices oficiales de precios aprobados por el gobierno y publicados en el BOE.

Las revisiones de precios se abonaran con cargo a certificaciones adicionales liberadas una vez publicados los índices correspondientes a la fecha de la certificación base. En ningún caso, el contratista adjudicatario de la obra podrá reclamar indemnizaciones o interés de demora en el libamiento de estas certificaciones, siempre que las mismas se expidan dentro del mes siguiente a la fecha de publicación de los índices que sean aplicación.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PC-30-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:157

9. Medición y abono de las obras

9.1. Aplicación de los precios unitarios y conceptos incluidos en ellos

Independientemente del cumplimiento por el contratista de lo dispuesto en los documentos del proyecto, siempre se entenderá que los precios unitarios de proposición, incluyen las repercusiones que pueden tener las labores y trabajos que específicamente corresponden a la ejecución de las obras proyectadas. Los precios unitarios incluyen todas las labores preparatorias y las necesarias para la correcta ejecución de la unidad de obra a la que se aplicaran.

Cualquier unidad se considerara liquidada cuando se abone al contratista la cantidad resultante de aplicar la medición al precio correspondiente.

9.2. Valoración y abono de las unidades no expresadas en los documentos del proyecto

Cualquier labor no prevista en los documentos del proyecto, se debe valorara y abonar después de que se hayan establecido los precios contradictorios correspondientes, pero el contratista estará obligado realizarlo si se lo ordena la propiedad o dará facilidades para que sean realizados por un tercero.

La elaboración y fijación de los precios contradictorios se debe realizar entre la dirección de la obra y el representante del contratista, de forma amigable y teniendo en cuenta las mismas bases que tuvieron los precios unitarios de la oferta.

En todo caso, y ante la discrepancia que pueda surgir, las resoluciones de la dirección facultativa serán inmediatamente ejecutivas, sin perjuicio del derecho del constructor a obtener en vía judicial la declaración que proceda sobre la inteligencia de lo pactado, si no ese conformase con lo resuelto por aquella.

9.3. Certificaciones, pagos y retenciones

Mensualmente se debe medir y valorar los precios establecidos en la propuesta, la obra realmente ejecutada y se extenderá la oportuna certificación a cuenta, que deberán firmar los representantes de ambas partes.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PC-30-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:158

El contratista, que debe presenciar las mediciones necesarias para extender dicha certificación, tendrá un plazo de diez días para examinarlas, y dentro del mismo deberá dar su conformidad o hacer las reclamaciones oportunas, en caso contrario, siempre referidas a obras ejecutadas con posterioridad a la certificación que se hubiese confeccionado.

La dirección facultativa estudiara las reclamaciones del contratista, examinando los antecedentes del caso y resolverá, según su criterio, dentro del plazo de diez días siguientes a la reclamación del contratista, remitiendo a este, escrito razonado de su decisión que será ejecutiva. Si el contratista no se conformase, podrá acudir a los tribunales competentes en el plazo de un mes, pasado el cual se entenderá prestada conformidad por silencio.

Todas las certificaciones que se expidan, salvo que sobre ellas hubiera caído sentencia judicial, tendrán el carácter de provisionales sin que impliquen recepción de la obra ejecutada ni conformidad a ella, quedando todo sujeto a las rectificaciones y variaciones que produzcan la medición final.

Al extenderse y hacerse definitivas las certificaciones mensuales a cuenta, así como para liquidación definitiva, se tendrán en cuenta las siguientes normas:

- No se admitirán reclamaciones al contratista sobre cuestiones que habiéndose podido plantear al formularse las certificaciones mensuales anteriores, no hubiesen sido objeto de reclamación, ni tampoco las que habiendo dado lugar a ella, se hubieran resultado por la dirección, sin que aquel hubiese formulado reclamación judicial.
- Se observara lo que resulte de las resoluciones consentidas por la dirección, o en su caso, por sentencia judicial firme.
- Los errores aritméticos o de cálculo, se podrán subsanar en cualquier momento.
- La propiedad, mediante la oportuna certificación pagara al contratista o cobrara de él el saldo que resulte de la liquidación final, con cargo a las retenciones e incluso si no hubiese cantidad suficiente, lo podrá hacer efectivo sobre su patrimonio.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PC-30-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:159

De la cuantía total de cada certificación, se deducirá un 5% que retendrá la administración como fianza definitiva que responda a su orden de prelación de lo siguiente:

1. Del cumplimiento del contratista, de las obligaciones derivadas del contrato de ejecución de la obra.
2. De la realización exacta de los trabajos según las instrucciones de la dirección de la obra, y de las definidas en este pliego.
3. Del cumplimiento de las obligaciones a favor de terceros que se deriven de la ejecución de la obra.
4. El contratista podrá sustituir la garantía a que se refiere este apartado por un aval bancario solidario, a satisfacción de la propiedad, que cubra el importe de la retención, siendo de su cargo los gastos que originen esta operación.

La mitad de los fondos retenidos o los avales presentados en su sustitución como garantía, serán devueltos a la recepción provisional y la otra mitad a la recepción definitiva.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PC-30-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:160

10. Penalidades y retenciones

Si el contratista hubiera incurrido en demora, respecto del cumplimiento del plazo final de ejecución de las obras, la propiedad podrá resolver el contrato con pérdida de la fianza constituida o podrá imponer las penalidades que se relacionan a continuación: el uno por mil del importe del presupuesto de adjudicación de las obras.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PC-30-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:161

11. Recepción provisional y definitiva

Se considerara la obra terminada cuando habiendo sido debidamente ejecutada de acuerdo a los planos y al pliego de condiciones, se encuentren las instalaciones en condiciones de permitir el uso para el que han sido proyectadas.

La recepción provisional se hará dentro de los diez días laborables siguientes al de haber comunicado el contratista su total terminación, de acuerdo con lo expuesto anteriormente.

De dicha recepción provisional se levantara acta firmada por las partes interesadas, a efectos de la devolución de la fianza, en cuantía que se determina en este pliego.

Formalizada la recepción provisional, salvo que haya lugar a reparaciones o correcciones, comenzara a contarse el plazo de garantía, que será de dos año. Durante el plazo de garantía estará a cargo del contratista la conservación de las obras, y si las descuidara, se ejecutarán por la administración y a su cuenta los trabajos necesarios.

Si durante el periodo de garantía se tuviera conocimiento de averías producidas o defectos aparecidos en la obra imputables a la ejecución, independientemente que se realice su reparación por cuenta del contratista, se comenzará de nuevo a contar el periodo de garantía desde la fecha en que la reparación ha sido totalmente subsanada, en cuyo día se levantara el acta correspondiente, firmado por ambas partes.

Al averiarse la recepción definitiva se devolverá al contratista el resto de las cantidades que el concepto de garantía fueron retenidas con arreglo a lo dispuesto en el presente pliego de condiciones.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PC-30-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:162

12. Interpretación

La interpretación de este pliego de condiciones deberá resolverse amigablemente en obra entre el jefe de la misma por parte de contratista y el director facultativo por parte de la propiedad.

En caso de existir disconformidad sobre la interpretación del mencionado pliego de condiciones, deberá solicitarse de la superioridad, la aclaración y correcta interpretación de lo controvertido.

La superioridad procederá en el plazo máximo de un mes al envío documentado de la correcta interpretación de los extremos sobre los que se produjo la discrepancia, definiendo detalladamente los fundamentos objetivos que sirvieron de base a su redacción.

En todo caso, las resoluciones que la superioridad adopte sobre la interpretación del contrato y de las condiciones establecidas en el pliego de condiciones serán inmediatamente ejecutivas, sin perjuicio del derecho del contratista a obtener en vía judicial la declaración que proceda sobre la inteligencia de lo pactado, si no se conformase con lo resuelto por la propiedad.

Por ellos, las partes se someterán, con renuncia de su fuero propio, a la jurisdicción de los juzgados y tribunales.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: SS-40-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:163

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: SS-40-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:164

1. Introducción

El proceso constructivo de la obra se ajustará, en la medida de lo posible, a las partidas que se describen en la Memoria de este proyecto y en el orden en que se establecen cumpliendo siempre con las medidas preventivas adecuadas.

A continuación se presenta un Estudio Básico de los Riesgos existentes en la ejecución de este proyecto.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: SS-40-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:165

2. Estimación de los riesgos y medidas preventivas en los trabajos a realizar

2.1. Caídas al mismo nivel

Objetos abandonados en los pisos (tornillos, piezas, herramientas, materiales, trapos, recortes, escombros, etc.), cables, tubos y cuerdas cruzando la zona de paso (cables eléctricos, mangueras, cadenas, etc.), alfombras y moquetas sueltas, pavimento con desniveles, resbaladizo e irregular, agua, aceite, grasa y detergentes.

Prevención:

Las zonas de trabajo deberán ser lo suficientemente amplias para el tránsito del personal, mirando que el mismo esté libre de obstáculos a fin de evitar torceduras, contusiones y cortes.

Todas las herramientas, piezas y restos de objetos se almacenarán en lugares destinados para ello y no se dejarán nunca en la zona de paso de otros trabajadores o terceras personas.

Bajo ningún concepto se dejarán nunca sin estar debidamente protegidos, tapados o acordonados con barandillas rígidas, resistentes y de altura adecuada.

Se utilizará calzado de seguridad con suelas antideslizantes, y punteras y plantillas de acero.

2.2. Caídas a distinto nivel

Escaleras de peldaños, escalas fijas de servicio, escalas de mano, altillos, plataformas, pasarelas, fosos, muelles de carga, estructuras y andamios, zanjas, aberturas en piso, huecos de montacargas, etc.

Prevención:

Es obligatorio utilizar el arnés de seguridad adecuado para todo trabajo en altura, efectuado desde lugares que no dispongan de protección colectiva.

Se dispondrán líneas de vida sujetas a puntos fijos, sólidos y resistentes a los que atar los mosquetones de los cinturones de seguridad durante todos los trabajos a realizar en las condiciones descritas anteriormente.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: SS-40-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:166

No se arrojarán herramientas ni materiales al interior de la excavación. Se pasarán de mano en mano o utilizando una cuerda o capazo para estos fines.

Será balizado el perímetro de bordes de desniveles que no estén protegidos (por no superar la profundidad de 2 metros).

Nunca se deben improvisar las plataformas de trabajo, sino que se construirán de acuerdo con la normativa legal vigente y normas de seguridad.

Los accesos a los al foso o partes inferiores se realizarán mediante escaleras de mano en perfectas condiciones, siempre que la disposición del trabajo lo permita, o en su caso por las escaleras, nunca saltando al foso para bajar o escalando por la construcción para subir.

2.3. Caídas de objetos de cotas superiores, materiales desplomados, manipulados o desprendidos

Posibilidad de desplome o derrumbamiento de estructuras elevadas, estanterías, pilas de materiales, mercancías almacenadas, tabiques, escaleras, hundimientos por sobrecarga, etc.

Prevención:

No se colocarán materiales, herramientas, etc., en la proximidad de máquinas o aparatos que por su situación, puedan ser atrapados por los mismos y/o que puedan caer desde altura a cotas inferiores.

Los trabajadores no pasarán ni permanecerán bajo otros operarios trabajando, ni bajo cargas suspendidas.

Las cargas suspendidas serán guiadas con cuerdas hasta el lugar de recibido.

Antes de utilizar cualquier aparato de elevación de cargas (camión grúa) se comprobará:

- a) El buen estado de los elementos de sujeción (cuerdas, cables, cadenas, eslingas y ganchos), los cuales indicarán la carga máxima que soportan, al igual que el propio aparato de elevación.
- b) Que la carga a elevar y/o transportar no excede el límite de carga, ni del aparato de elevación, ni de los elementos de sujeción.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: SS-40-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:167

- c) Que la carga está correctamente eslingada y/o contenida completamente en recipiente apropiado.

Cuando se maneje cualquier aparato de elevación de cargas se tendrá siempre presente lo siguiente:

- d) Revisar el trayecto a realizar por la carga y asegurarse de que todos los operarios de la zona afectada por el desplazamiento de la mencionada carga son advertidos.
- e) No avanzar con la carga si no se ve perfectamente la zona de avance de la misma.

Está completamente prohibido pasar cargas suspendidas sobre los trabajadores, así como balancear las cargas.

2.4. Golpes y/o cortes por objetos o herramientas

Lesión por un objeto o herramienta que se mueve por fuerzas diferentes a la de la gravedad. Se incluyen golpes con martillos y otras herramientas de uso habitual o esporádico utilizadas por los operarios.

Prevención:

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo, y en especial las salidas y vías previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de forma que esa sea posible utilizarlas sin dificultad en todo momento.

Los manuales de instrucciones de todas las máquinas y portátiles se encontrarán a disposición de los trabajadores que las manejen.

No se anularán los dispositivos de seguridad de las máquinas herramientas (radiales, taladros, sierras, etc.).

Todas las herramientas que se utilicen estarán en perfecto estado de uso y conservación. Se revisarán periódicamente, inspeccionando cuidadosamente mangos, filos, zonas de ajuste, partes móviles, partes cortantes y/o susceptibles de proyección.

Se utilizarán guantes contra agresiones mecánicas para cualquier operación de corte y para el manejo de piezas con aristas cortantes.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: SS-40-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:168

2.5. Atrapamientos en operaciones de carga

Elementos tales como partes en rotación y traslación de máquinas, equipos, instalaciones u objetos y procesos.

Prevención:

Para el tránsito por las instalaciones se presentará la máxima atención al movimiento de las máquinas utilizando los pasillos y zonas de paso lo suficientemente alejados de las mismas ya que, aunque estén paradas, podrían ponerse en movimiento de forma inesperada.

Durante las operaciones de manipulación mecánica de cargas sólo permanecerán en la zona los trabajadores imprescindibles para recibir el material.

La zona de recepción de materiales y/o piezas pesadas estará señalizada en su perímetro para evitar que personas ajenas a la citada operación atraviesen la zona de izado.

Se prohíbe la permanencia y/o tránsito de trabajadores bajo cargas suspendidas o bajo el radio de acción de máquinas de elevación.

En el caso de que la carga, por sus dimensiones, deba ser guiada, la guía se realizará con cuerdas, además, la operación deberá ser supervisada por el encargado.

Las labores de mantenimiento, limpieza o sustitución de útiles (brocas, discos, etc.) de la maquinaria se realizará de acuerdo a las instrucciones del fabricante, con ella parada y desconectada de la fuente de alimentación.

2.6. Atropellos por máquinas en movimiento

Comprende los atropellos de personas por vehículos (a la hora de recepcionar el material), así como los accidentes de vehículos en los que el trabajador lesionado va sobre el mismo. En este apartado no se contemplan los accidentes “in itinere”

Prevención:

Deberán adoptarse medidas de organización para evitar que se encuentren trabajadores a pie de la zona de trabajo de equipos de trabajo automotores.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: SS-40-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:169

2.7. Causados por seres vivos

Se incluyen los accidentes causados directamente por personas y animales, ya sean agresiones, mordiscos, pisadas, picaduras, etc.

Prevención:

Deberá cerrarse mediante barreras o dispositivo similar la zona de trabajo con el fin de separar a los trabajadores de posibles intrusiones de animales.

2.8. Contactos térmicos

Comprende los atropellos de personas por vehículos (a la hora de recepcionar el material), así como los accidentes de vehículos en los que el trabajador lesionado va sobre el mismo. En este apartado no se contemplan los accidentes “in itinere”

Prevención:

Deberán adoptarse medidas de organización para evitar que se encuentren trabajadores a pie de la zona de trabajo de equipos de trabajo automotores.

2.9. Contactos eléctricos (cables de alimentación, cables de máquinas, cuadros eléctricos, motores)

Riesgo de daño por descarga eléctrica al entrar en contacto con algún elemento sometido a tensión eléctrica (cables de alimentación, cables de máquinas, cuadros eléctricos, motores, etc.).

Prevención:

Toda instalación provisional y equipos eléctricos cumplirán la normativa vigente. En todo caso se evitará que los cables estén en el suelo o en zonas húmedas y en general donde puedan ser dañados.

Los conductores eléctricos, enchufes y tomas serán revisados periódicamente y sustituidos en cuanto se observe deterioro en su aislamiento. Se revisarán periódicamente las protecciones contra contactos directos e indirectos de máquinas e instalaciones, corrigiéndose de inmediato cualquier deficiencia.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: SS-40-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:170

Se prohíbe el conexionado de cables eléctricos a los cuadros y/o ladrones y/o alargadores, etc., sin la utilización de clavijas macho-hembra en perfectas condiciones de conservación.

Siempre se utilizarán conductores y enchufes de intemperie. Las clavijas permanecerán elevadas del suelo, especialmente en zonas húmedas o mojadas. Se evitará el abuso de ladrones.

A la hora de conectar un equipo a la red eléctrica cerciorarse de que es a la toma adecuada a la tensión que necesita el equipo.

Los conductores eléctricos no se situarán en zonas por las que circules o puedan circular vehículos. Si resulta imprescindible que atraviesen dichas zonas, estarán protegidos.

Se suspenderán los trabajos con herramientas eléctricas en régimen de lluvias. Si el lugar de trabajo está mojado se utilizarán portátiles de baterías en vez de herramientas conectadas a la red.

La instalación eléctrica que forma parte de los trabajos contratados será realizada por un instalador autorizado. La manipulación y operaciones en los cuadros eléctricos están reservadas exclusivamente al personal especializado y autorizado.

Se procederá a verificar el corte de corriente de las zonas de trabajo ateniéndose a alguno de los procedimientos de seguridad consistentes en tarjetas de corte.

2.10. Incendio y/o exposición

Accidentes generados por los efectos del fuego y sus consecuencias (efectos calóricos, térmicos, humos, etc.), debido a la propagación del incendio por no disponer de medios adecuados para su extinción.

Acciones que dan lugar a lesiones causadas por la onda expansiva o efectos secundarios de deflagraciones, explosiones, detonaciones, etc.

Prevención:

Se dispondrá de un extintor de incendios de eficacia (polvo polivalente) y carga apropiada en función de los materiales combustibles en la obra.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: SS-40-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:171

Se avisará a los bomberos de cualquier anomalía que pueda ser origen de un incendio o una explosión.

2.11. Ruido

Posibilidad de lesión auditiva por exposición a un nivel de ruido superior a los límites admisibles.

Prevención:

Se utilizarán cascos o tapones antirruído en los trabajos de más de 90dB, como por ejemplo, la utilización de radiales.

2.12. Sobreesfuerzos

Comprende o engloba los riesgos capaces de generar accidentes debidos a la utilización inadecuada de cargas, cargas excesivas, fatiga física y movimientos mal realizados por los operarios con posibilidad de lesiones músculo-esqueléticas.

Prevención:

No se transportarán manualmente cargas superiores a 25 kg. Por parte de un solo trabajador. Durante la manipulación manual de cargas se adoptarán posturas correctas, manteniendo siempre la espalda recta.

2.13. Agentes químicos

Están contruidos por materia inerte no viva y puede estar presente en el aire o en el ambiente de trabajo de diversas formas. Exposición a polvos minerales o vegetales, gases, humos y vapores, nieblas, etc., son algunos de los ejemplos.

Prevención:

En el caso de utilización, se dispondrá de las fichas de datos de seguridad de los productos químicos a utilizar, las cuales permanecerán a disposición de los trabajadores que manipulen dichos productos.

Los envases de los productos químicos estarán correctamente etiquetados.

Los trabajadores utilizarán los equipos de protección personal indicados en dichas etiquetas y/o fichas de datos de seguridad.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: SS-40-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:172

3. Relación de equipos y medios de protección colectiva e individual

Casco de seguridad: casco contra agresiones mecánicas; categoría II LD 440 Vac; característica según la norma UNE-EN 397 sobre cascos de protección.

Botas de seguridad: categoría II SR + P + WRU + SUELA ANTIDESLIZANTE + EMPEINE REFORZADO; características según la norma UNE-EN 345 sobre especificaciones para el calzado de seguridad de uso profesional.

Equipos anticaídas: arnés anticaídas y sus dispositivos de amarre y sujeción; categoría III; características según la norma UNE-EN 354; mosquetón ovalado asimétrico, según especificaciones UNE-EN 362, de 10x120 mm de longitud, con cierre y bloqueo automático, apertura de 17mm de diámetro). Norma UNE-EN 361 especificaciones sobre EPI's contra caídas. Arnese: arnés anticaída con punto de enganche en zona dorsal, hombreras y perneras regulables.

Gafas antiimpactos: gafas antiimpactos con montura integral (365.2 I 1 F N); categoría II; características según norma CE-EN 166; resistente a impactos de partículas a alta velocidad y baja energía; antivaho.

Protectores auditivos: oregeras adaptables al casco de seguridad o tapones. Categoría II; características según normas UNE-EN 352-2 y UNE-EN 358.

Guantes de cuero contra agresiones mecánicas: categoría II; características según normas UNE-EN 388 y 407; mecánica 3221: abrasión – nivel 3, corte – nivel 2, desgarró – nivel 2, perforación – nivel 1; térmica 410240: combustibilidad – nivel 4, calor contacto – nivel, calor convectivo - nivel 0, calor por radiación – nivel 2, pequeñas salpicaduras metal – nivel 4, grandes cantidades de metal – nivel 0.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: SS-40-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:173

4. Formación e información a los trabajadores

Todo el personal participante en estos trabajos habrá de conocer los riesgos contenidos en este Estudio Básico de Seguridad y Salud, así como las medidas preventivas que han de tomarse.

Para ello, serán formados e informados previamente al inicio de la obra.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: SS-40-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:174

5. Modo de actuar en caso de emergencia y teléfonos

Los trabajadores deben ser instruidos y ser conocedores de cómo actuar en caso de emergencia.

Si se produce un accidente se actuará con serenidad, socorriendo primero a los heridos que presenten asfixia o hemorragia intensa y siguiendo las siguientes pautas:

Se avisará inmediatamente a la ambulancia – Servicios Médicos y/o a las Bomberos, o a Vigilancia según sea la necesidad por la naturaleza del accidente o emergencia, indicándose de manera clara y precisa el lugar al que deben acudir, el número de heridos y la causa de la lesión. Las personas implicadas se situarán, y harán lo mismo que sus compañeros si están heridos, en un lugar seguro. Se actuará siempre de forma que no cunda el pánico y a ser posible se despejará la zona donde ocurra la emergencia.

Se saldrá al encuentro de los servicios que se avisen para informarles dónde deben actuar y para indicarles las particularidades de la obra o de la instalación, tales como si hay gas o humos, si hay cables eléctricos con tensión, si hay fosos o huecos en el suelo o al vacío o cualquier otro peligro inesperado.

En caso de accidente o incidente se avisará inmediatamente a los técnicos de seguridad y a los gestores del contrato.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: SS-40-01-02
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011
	REV: 01

6. Operaciones con riesgos especiales (trabajos en altura)

Los trabajos en altura se señalarán y se acordonarán las cotas inferiores en las que hubiera posibilidad de caer objetos, además se adoptarán las medidas de seguridad precisas para evitar la caída de los mismos.

No se podrán lanzar desde las cotas altas al vacío ningún otro tipo de objeto, escombros, chatarra o material. En el supuesto de que haya que bajar material desde altura, se hará tomando las máximas precauciones y en especial acordando la zona inferior, despejando de personal el lugar donde se prevea que vayan a caer los materiales, y todas aquellas medidas que en caso sean aconsejables por las circunstancias y siempre previa autorización del mando responsable.

Cuando sea necesario realizar una operación a una altura superior a dos metros del suelo o para alcanzar un punto a dicha altura se emplearán andamios adecuados o plataformas robustas y seguras con suficientes garantías de estabilidad.

Las plataformas de trabajo estarán constituidas con una base de apoyo que garantice su estabilidad y deberán estar provistas de barandillas sólidas de protección, capaces de soportar 150kg/m lineal y con barandilla de 0,90m de altura y rodapié de 0,15m, además de listón intermedio.

La utilización de otros medios como plataformas elevadoras quedará condicionada por la necesidad de que éstas sean utilizadas por personal autorizado, es decir, por personas debidamente formadas, informadas y adiestradas en su manejo.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: SS-40-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:176

7. Otras consideraciones

Si la empresa contratista principal subcontrata a otros la realización de trabajos u obras, deberá vigilar el cumplimiento por parte de dichos subcontratistas de toda la normativa de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular las exigencias y medidas de prevención y protección recogidas en su plan específico de seguridad, debiendo facilitar a los subcontratistas toda la información por ella recibida, asegurándose de que la misma sea transmitida a los trabajadores de los subcontratistas como si fuesen propios.

Cuando durante el desarrollo de los trabajos en cualquier fase de la obra, se presenten situaciones de riesgo o peligro que hagan necesario la aplicación de medidas preventivas diferentes a las contempladas en el Estudio Básico de Seguridad y Salud, tal circunstancia se pondrá en conocimiento de los responsables de factoría, recogándose las medidas adicionales de prevención que resulten necesarias en un documento complementario del Plan de Seguridad y Salud del contratista, las cuales serán trasladadas en todos los casos a los trabajadores afectados.

Los trabajadores de la empresa contratista principal y de las empresas subcontratadas tendrán en vigor los reconocimientos médicos periódicos pertinentes de acuerdo con lo establecido por el servicio de Vigilancia de la Salud. Dichos reconocimientos médicos serán específicos para cada puesto de trabajo.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PL-80-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:177

PLANOS

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: PL-80-01-02	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:178

1. Planos del proyecto

En el presente capítulo del trabajo se presentan los planos que definen la instalación objeto de estudio del presente proyecto.

A continuación se presentan los planos que contiene el proyecto y su numeración:

Codificación	Nombre del plano
02-001	Diagrama de bloques simplificado
02-002	Esquema de funcionamiento de la planta
02-003	Situación de la bomba en el estercolero
02-004	Detalle del digestor
02-005	Circuito de agua
02-006	Circuito de gas
02-007	Circuito de purines
02-008	Esquema eléctrico
02-009	Vista general de la planta

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: BI-10-01-01	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:179

BIBLIOGRAFÍA

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: BI-10-01-01	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:180

1. Bibliografía del proyecto

1.1. Libros y revistas

AINIA. 2010. *Energía renovable a partir de los residuos de la industria alimentaria: BIOGÁS*. Ministerio de Medioambiente y Medio Rural y Marino.

ANÓNIMO. 2009. *Biogás en la ganadería de vacuno*. G.P. Nor Ingeniería S.L.

ANÓNIMO. *Producción y aprovechamiento de biogás a partir de residuos agroalimentarios*. AINIA.

ANÓNIMO. 2010. *El sector del biogás agroindustrial en España*. Dirección general de recursos agrícolas y ganaderos.

ANÓNIMO. *Biogas regions: las posibilidades del biogás en Castilla y León*. Junta de Castilla y León.

AVILA, LUIS EDUARDO DE. *Aprovechamiento del biogás producido en el relleno sanitario para generar energía eléctrica para autoabastecimiento municipal*.

BAUTISTA PERDOMO, J.C. *Valorización de los desechos orgánicos con tecnología apropiada para Republica Dominicana*.

BECERRIL ANUARBE, SERGIO. 2004. *Recuperación de biogás y fertilizantes a partir de estiércol de ganado vacuno*. Universidad de Cantabria.

BESEL, SA. 2007. *Biomasa: digestores anaerobios*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

BIGERIEGO MARTÍN, M. 2009. *Plan de biodigestión de purines*. Jornada técnica sobre valorización energética de subproductos animales mediante la producción de biogás.

BIOGAS WESER-EMS GMBH & CO. *Plantas de biogás*.

CAMPELLO LOBO, J. 2010. *Instalación de una planta de aprovechamiento energético de biogás de vertedero*. Dir. Carlos Guijarro Castro.

CEDECAP. 2007. *Biodigestor de polietileno: construcción & diseño*.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: BI-10-01-01	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:181

FIRCO. 2007. *Aprovechamiento de Biogás para la generación de energía eléctrica en el sector agropecuario*. Mexico.

FLOTATS, X.; CAMPOS, E.; BONMATÍ, A. 1997. *Aprovechamiento energético de residuos ganaderos*. 3r Curs d'Enginyeria Ambiental. Lleida.

GUEVARA VERA, A. 1996. *Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales*. Centro panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

HILBERT, J.A. *Manual para la producción del biogás*. Instituto de Ingeniería Rural INTA.

LEATHERWOOD, CHAD. 2009. *Tecnologías para aprovechamiento de biogás*. Methane to Markets.

MÁRQUEZ MENDOZA, FRANCISCO. 2008. *Biogás, su aprovechamiento y generación de electricidad*.

MEZA, R. 2008. *Turbinas de gas industriales para aplicaciones de cogeneración a base de biocombustibles*. Seminario internacional de políticas públicas y mecanismos para el fomento de la eficiencia energética en países latinoamericanos. SIEMENS.

PERALTA, J.M.; ARAYA, A.; HERRERA, C. *Manejo de purines porcinos y tecnología aplicables*.

PEREZ MEDEL, J.A. 2010. *Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros*. Universidad de Chile.

REYES PÉREZ, G.; CARRASCO TORRES, C.; SENCION JIMÉNEZ, S.; FLOTATS, X. 2010. *Biogás y gestión de deyecciones ganaderas*. IVIS

RODRIGUEZ ALBIZUA, L. 2001. *Planta de tratamiento de lisier de ganado vacuno con aprovechamiento de biogás*. Dir. José Luis Rico Gutiérrez. Universidad de Cantabria.

SARQUELLA PLANELLA, LAIA. *Nuevas perspectivas en el aprovechamiento del biogás como punto importante para la rentabilidad de los proyectos*.

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: BI-10-01-01	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:182

SIMEÓN CAÑAS, J. 2010. *Aprovechamiento energético del biogás en El Salvador*. Universidad Centroamericana.

SOLUCIONES PRÁCTICAS ITDG. Ficha técnica de Biodigestores 8.

SUSINOS CAGIGAL, P. 1996. *Autoabastecimiento energético a granja agropecuaria-tipo en Cantabria mediante el aprovechamiento de biogás*. Dir. José Luis Rico Gutiérrez. Universidad de Cantabria.

VEREDA ALONSO, C.; GÓMEZ LAHOZ, C.; GARCÍA HERRUZO, F.; RODRIGUEZ MAROTO, J.M. 2006. *Producción de biogás a partir de residuos vegetales (II)*. Hotfrog.es.

1.2. Legislación aplicable

RD 261/1996, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.

RD 949/2009, por el que se establecen las bases reguladoras de las subvenciones estatales para fomentar la aplicación de los procesos técnicos del Plan de biodigestión de purines.

Directiva 91/676/CEE, Directiva Marco de Aguas.

Reglamento de Baja Tensión.

Ley 31/1995, Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

RD 216/99, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo de los trabajadores en el ámbito de las empresas de trabajo temporal.

Real Decreto 1618/1980, Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria.

ISO 9001:2008, Sistemas de Gestión de la Calidad.

1.3. Web

ENERGY. <http://www.energy-gruppi.it/es/grupos-electrogenos-alimentados-con-gas-metano-o-gpl/277/> (4 de julio de 2011)

PROYECTO FIN DE GRADO	REF: BI-10-01-01	
Ingeniero Marítimo	FECHA: 15/07/2011	
	REV: 01	PÁG:183

DOCSTOC <http://www.docstoc.com/docs/43984296/DISE%C3%91O-E-IMPLEMENTACI%C3%93N-DE-BIODIGESTORES-EN-COMUNIDADES-RURALES-DE> (4 de julio de 2011)

GRUPO NOVA-ENERGÍA <http://www.gruponovaenergia.com/biogas/bioelax-digestores-de-geomembrana> (4 de julio de 2011)

RURALCOSTARICA <http://www.ruralcostarica.com/biodigestor-2.html> (4 de julio de 2011)

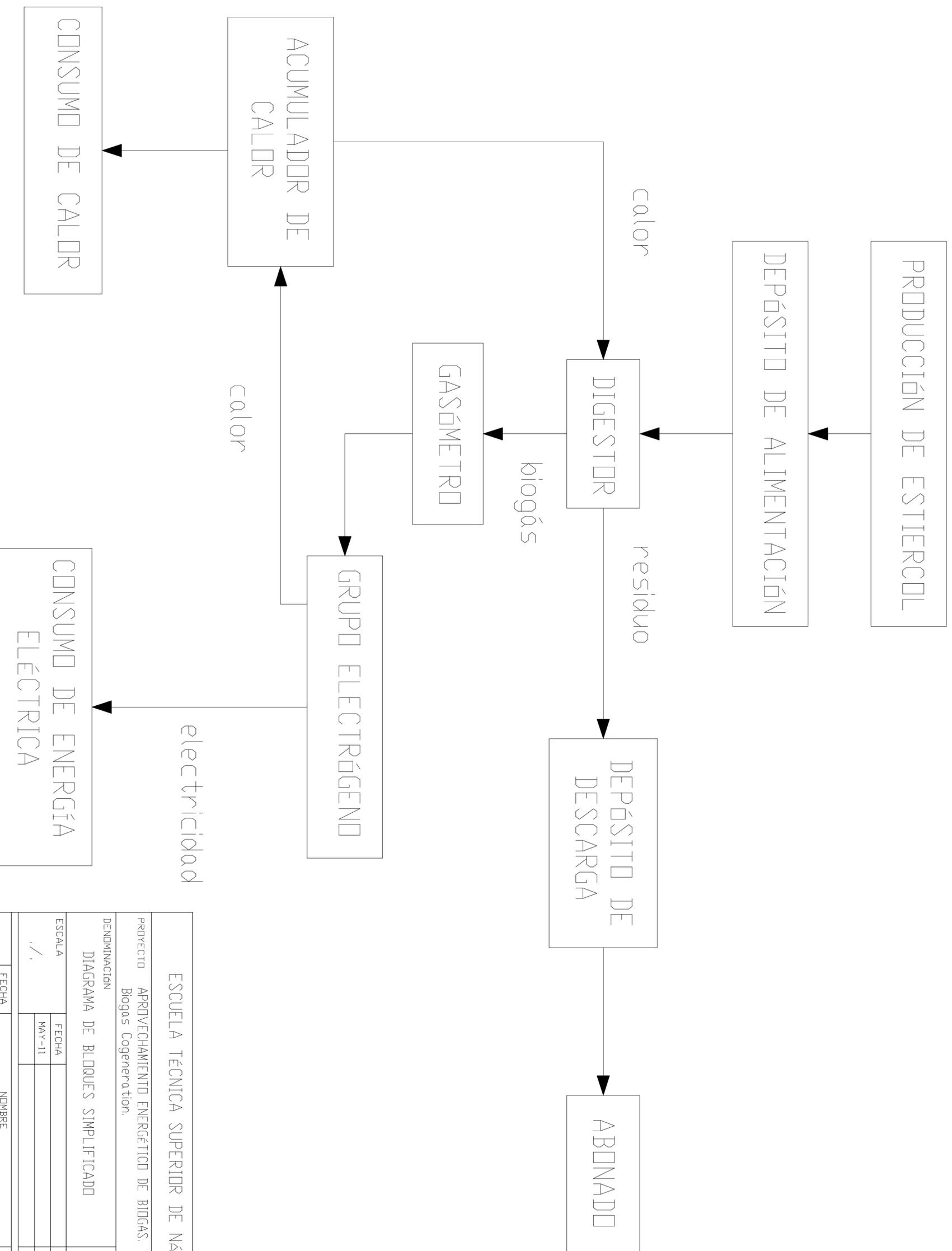
ZORG www.zorg-biogas.com (4 de julio de 2011)

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO <http://www.marm.es/es/ganaderia/temas/default.aspx> (4 de julio de 2011)

AQUALIMPIA <http://www.aqualimpia.com/proyectos.htm> (4 de julio de 2011)

GOOGLE MAPS <http://maps.google.es/> (4 de Julio de 2011)

ATMÓSFERAS ATEX www.tesicnor.com (4 de julio de 2011)



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

PROYECTO APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIOGAS.
Biogas Cogeneration.

DENOMINACIÓN DIAGRAMA DE BLOQUES SIMPLIFICADO

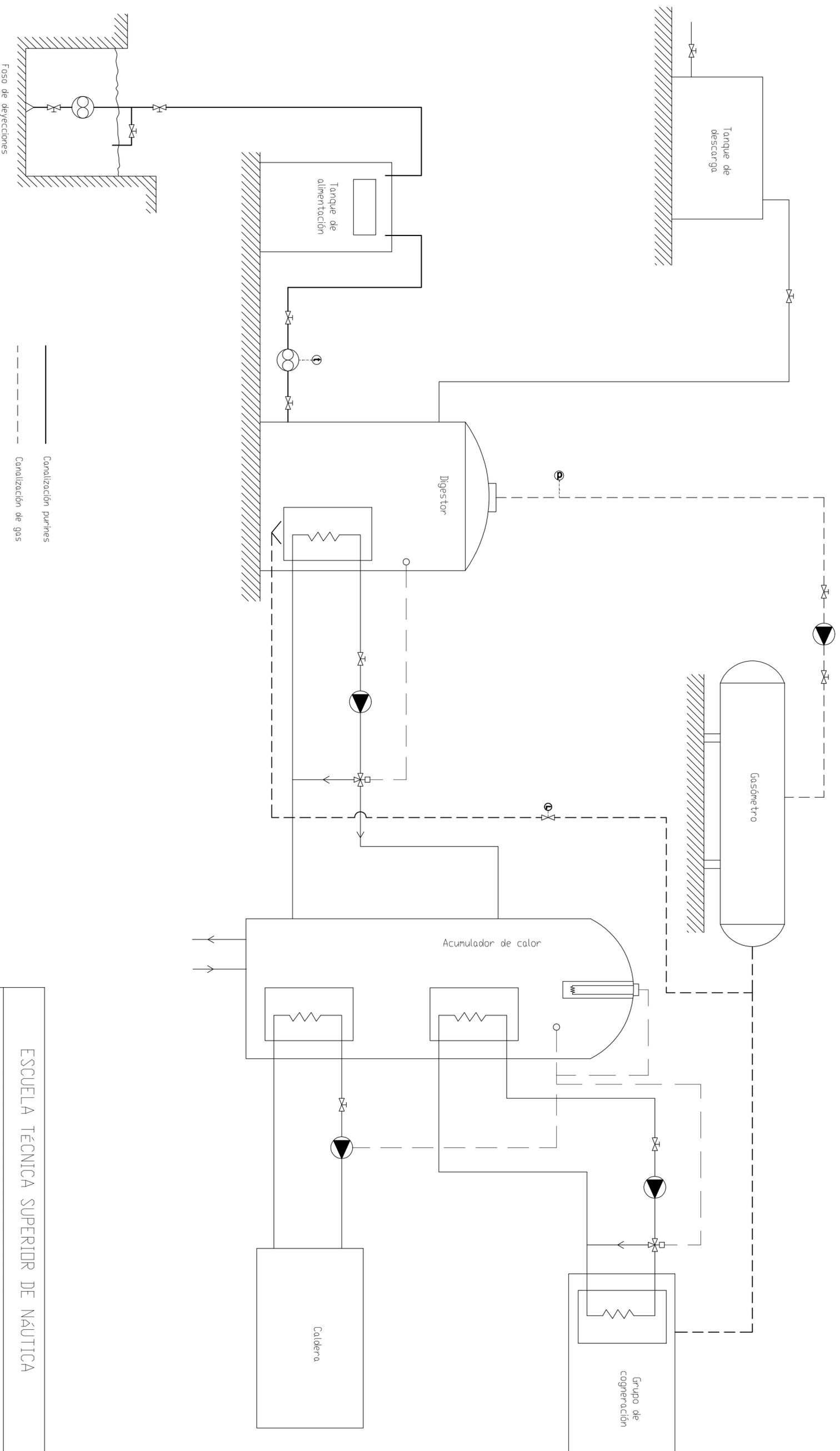
REF. PLANO 02-001

HUJA 1/1

ESCALA	./.	FECHA	MAY-11	PAULA LAMO ANUARBE	INGENIERIA
		FECHA	MAY-11		PAULA LAMO ANUARBE

DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA
MAY-11	PAULA LAMO ANUARBE		

Vº Bº
El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima. Julio 2011.



————— Canalización purines
 - - - - - Canalización de gas
 ————— Canalización agua caliente

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NAÚTICA

PROYECTO APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIÓGAS.
 Biogas Cogeneration.

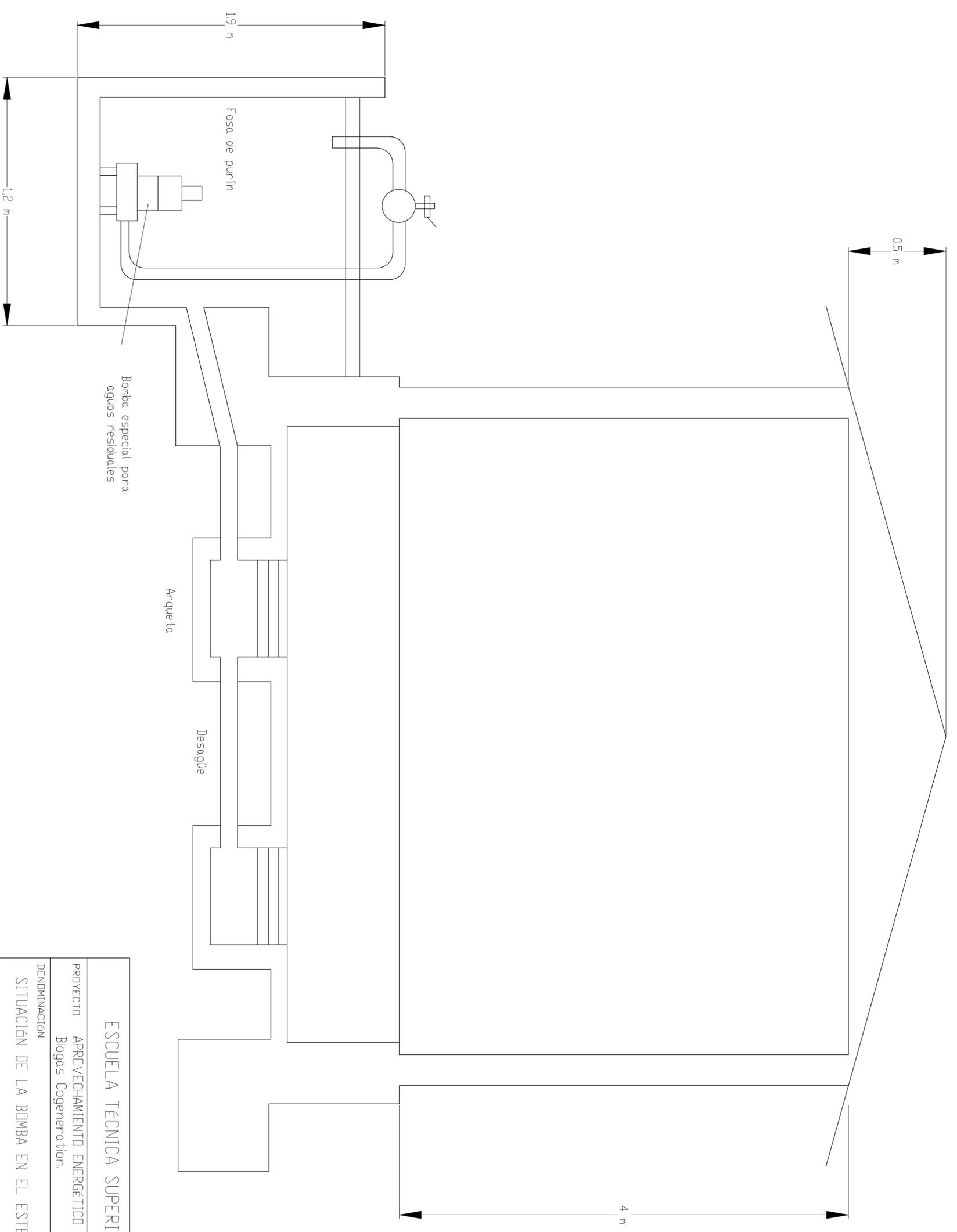
DENOMINACIÓN ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA REF. PLANO 02-002 HOJA 1/1

ESCALA	FECHA	INGENIERÍA
././.	MAY-11	PAULA LAMO ANUARBE

DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA
MAY-11	PAULA LAMO ANUARBE		

Vº Pº	
-------	--

El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima, Julio 2011.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NAÚTICA

PROYECTO APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIÓGAS.
Biogas Cogeneration.

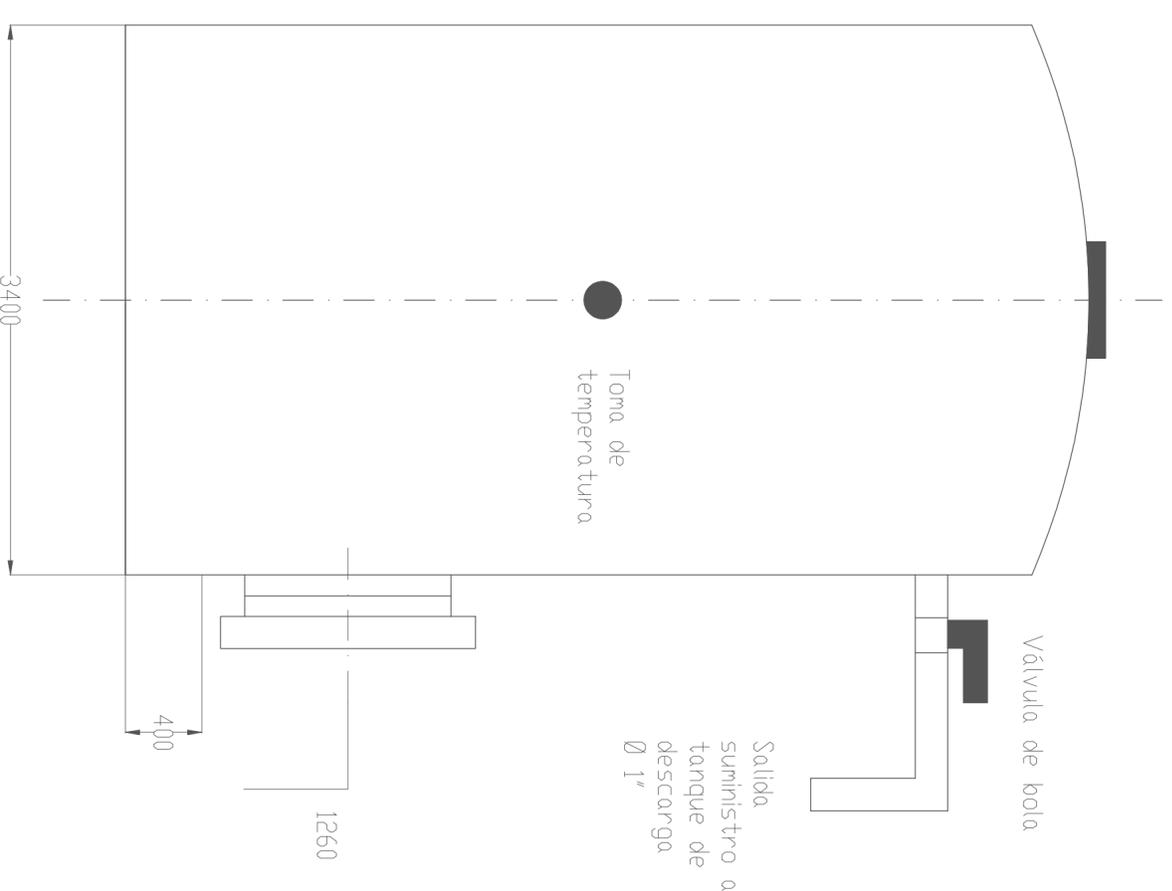
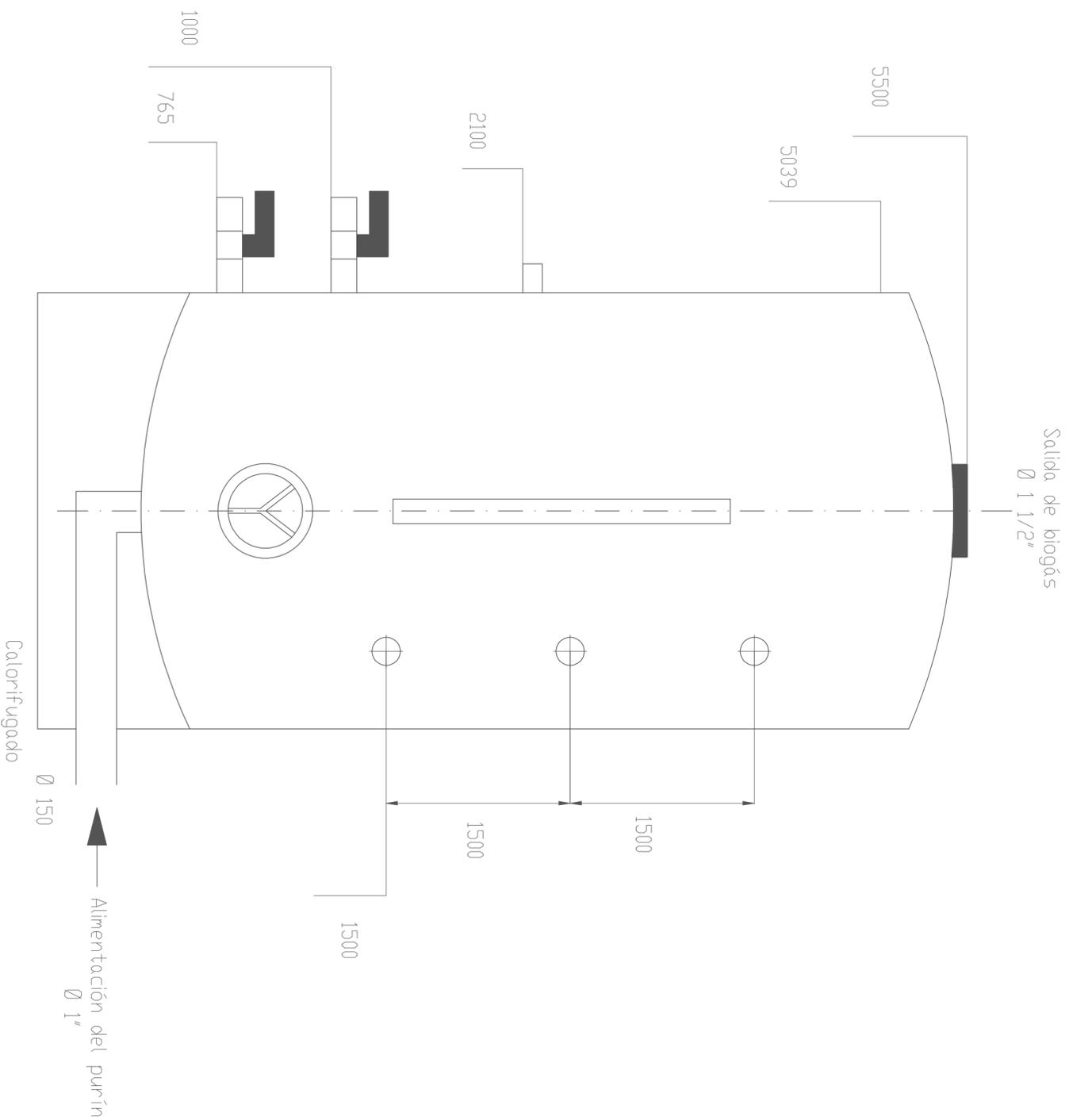
DENOMINACIÓN SITUACIÓN DE LA BOMBA EN EL ESTERCOLERO

REF. PLANO 02-003 HOJA 1/1

ESCALA	/,	FECHA	MAY-11	INGENIERIA	PAULA LAMO ANUARBE
--------	----	-------	--------	------------	--------------------

DIBUJADO	MAY-11	PAULA LAMO ANUARBE	FIRMA
----------	--------	--------------------	-------

V^e B^e
El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima. Julio 2011



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NAUTICA

PROYECTO APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIOGAS.
Biogas Cogeneration.

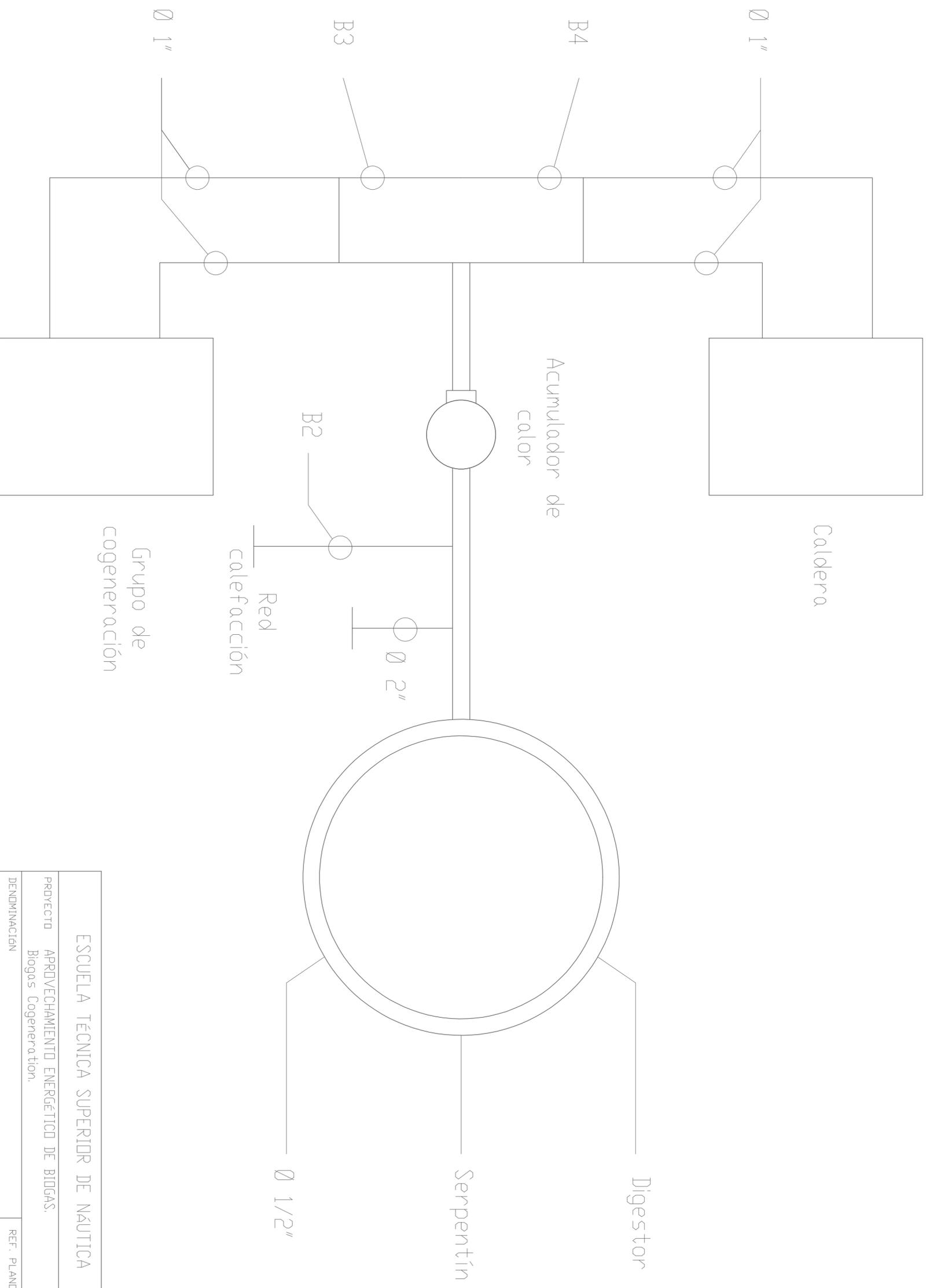
DENOMINACIÓN
DETALLE DEL DIGESTOR

REF. PLANO 02-004
HOJA 1/1

ESCALA	FECHA	INGENIERIA
1/1	MAY-11	PAULA LAMO ANUARBE

DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA
Ve Be	MAY-11	PAULA LAMO ANUARBE	

El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima. Julio 2011.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

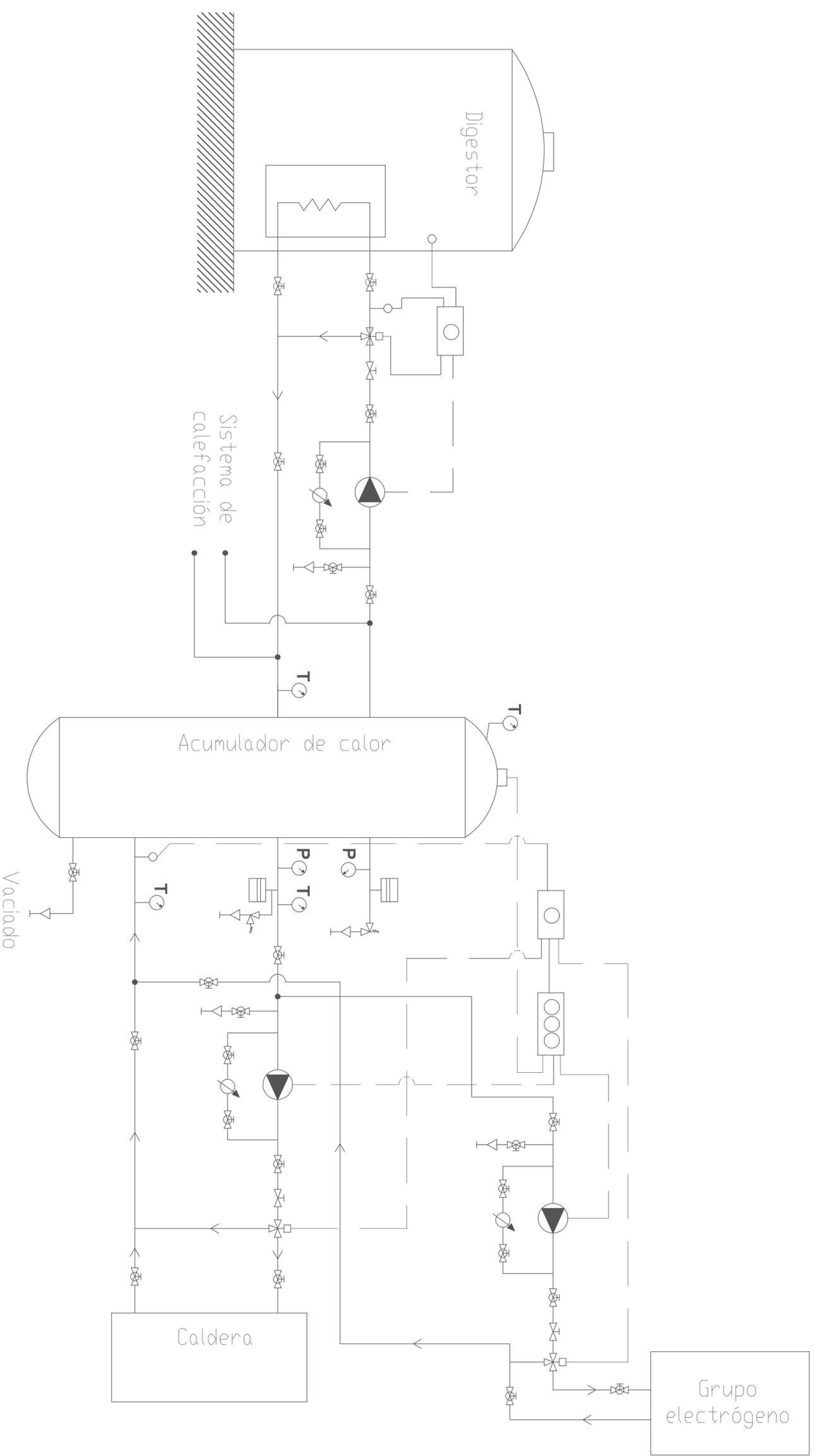
PROYECTO APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIÓGAS:
Biogas Cogeneration.

DENOMINACIÓN	REF. PLANO
CIRCUITO DE AGUA. RED DE TUBERÍAS EN PLANTA	02-005
ESCALA	HOJA 1/2

FECHA	FECHA	INGENIERIA
MAY-11	MAY-11	PAULA LAMO ANUARBE

DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA
MAY-11	PAULA LAMO ANUARBE		

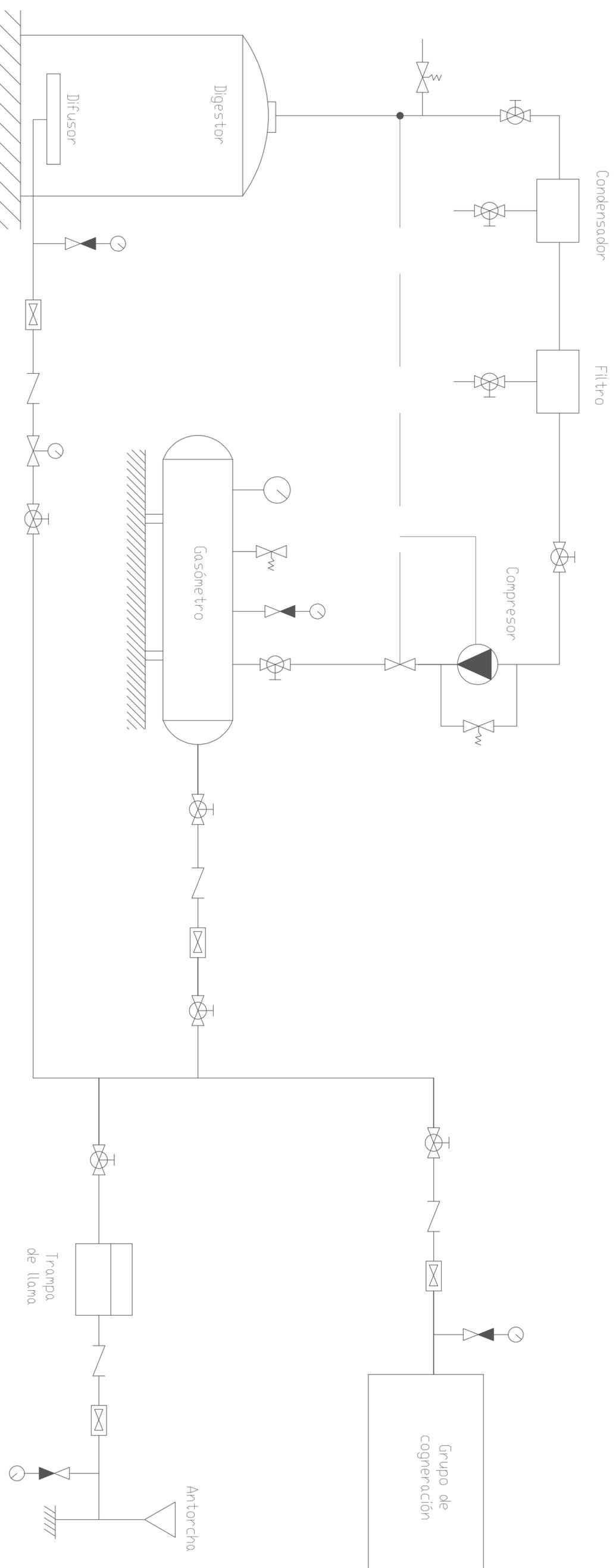
Vº Bº
El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima. Julio 2011.



-  Válvula esférica manual
-  Válvula reguladora de caudal
-  Válvula de seguridad
-  Válvula de tres vías motorizada
-  Manómetro
-  Vaso de expansión
-  Bomba circuladora
-  Centralita de regulación

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NAUTICA			
PROYECTO APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIÓGAS.			
DENOMINACIÓN Biogas Cogeneration.			
ESCALA		FECHA	REF. PLANO
CIRCUITO DE AGUA		MAY-11	02-005
./.			HOJA 2/2
DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA
MAY-11		PAULA LAMO ANUARBE	
Vº Bº			

El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima, Julio 2011.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

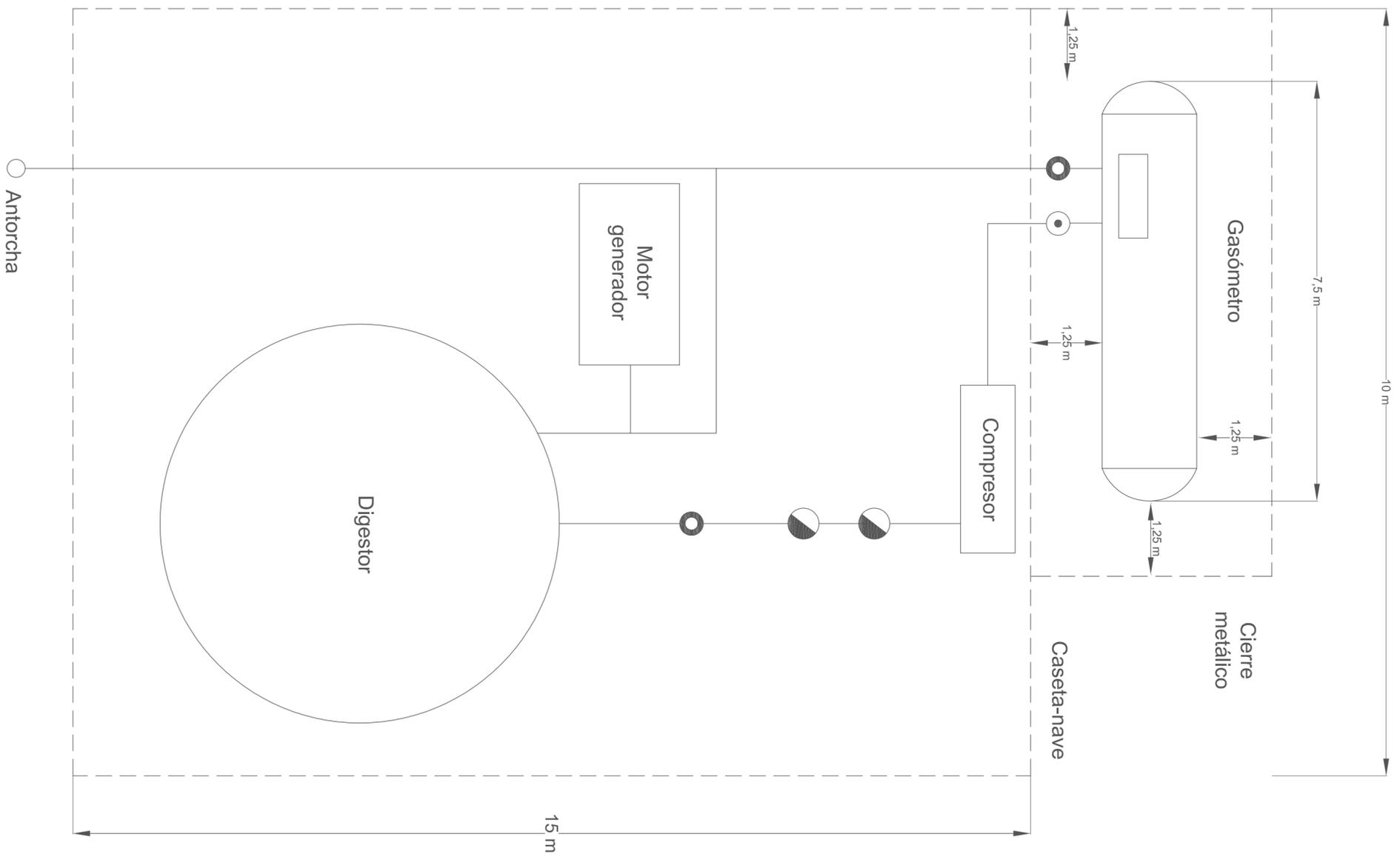
PROYECTO APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIOGAS.
Biogas Cogeneration.

DENOMINACIÓN CIRCUITO DE GAS REF. PLANO 02-006 HDUA 1/2

ESCALA	FECHA	INGENIERA
/, /	MAY-11	PAULA LAMO ANUARBE

DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA
MAY-11	PAULA LAMO ANUARBE		

Vº 3º
El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima, Julio 2011.



- Tubo descendente
- Tubo ascendente

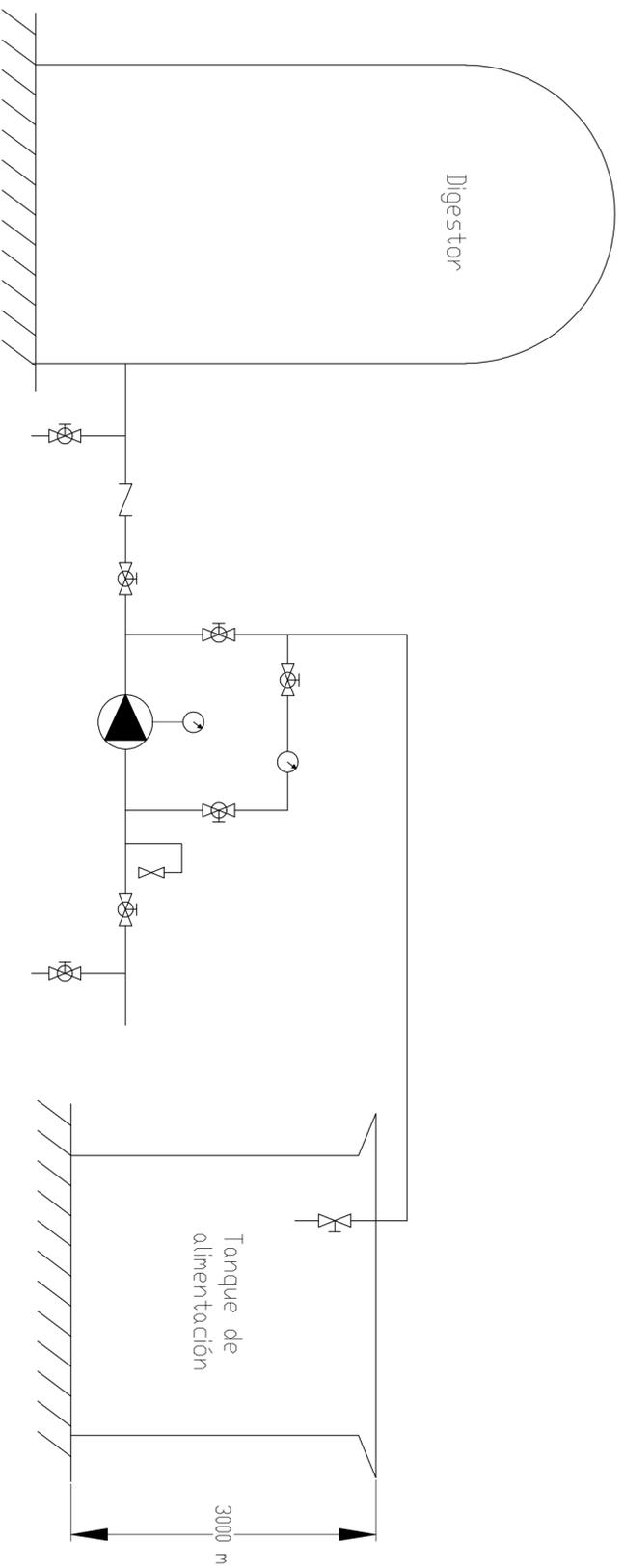
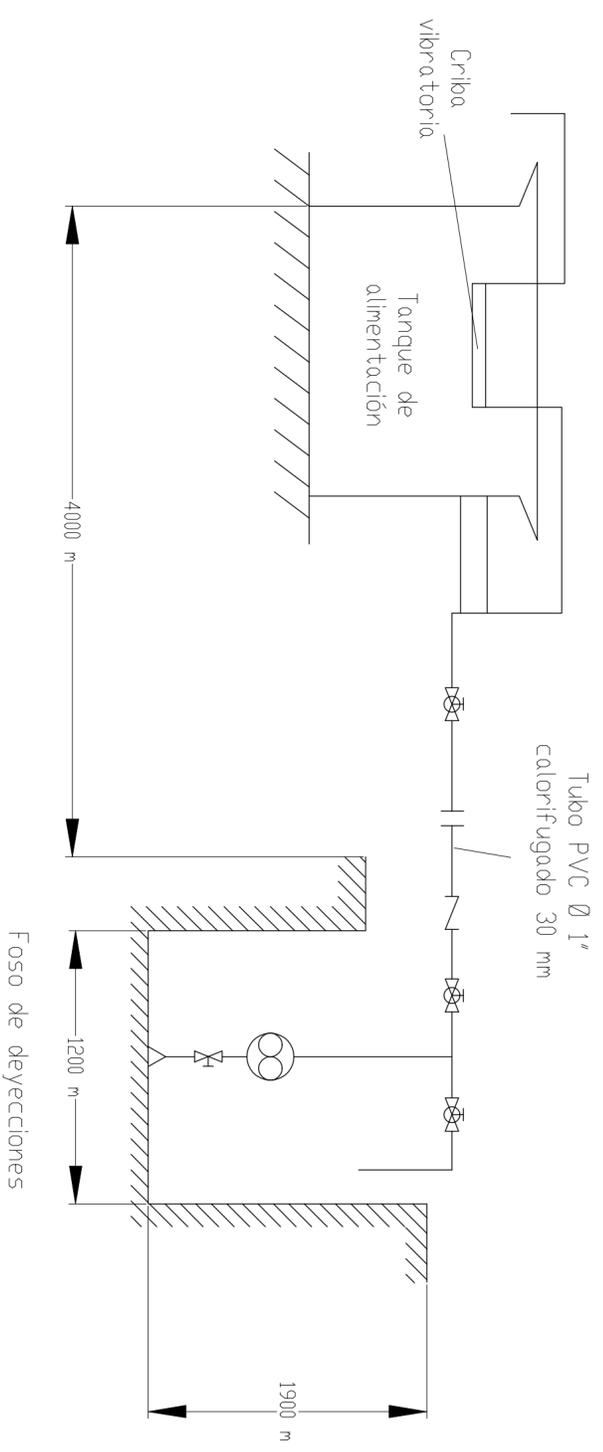
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NAÚTICA

PROYECTO APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIÓGAS.
Biogas Cogeneration.

DENOMINACIÓN CIRCULO DE GAS REF. PLANO 02-006 HOJA 2/2

ESCALA	FECHA	FECHA	INGENIERIA
/,	MAY-11		PAULA LAMO ANUARBE
DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA
MAY-11	PAULA LAMO ANUARBE		
Vº Bº			

El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima. Julio 2011.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NAÚTICA

PROYECTO APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIÓGAS.
Biogas Cogeneration.

DENOMINACIÓN
CIRCUITO DE PURINES

REF. PLANO
02-007

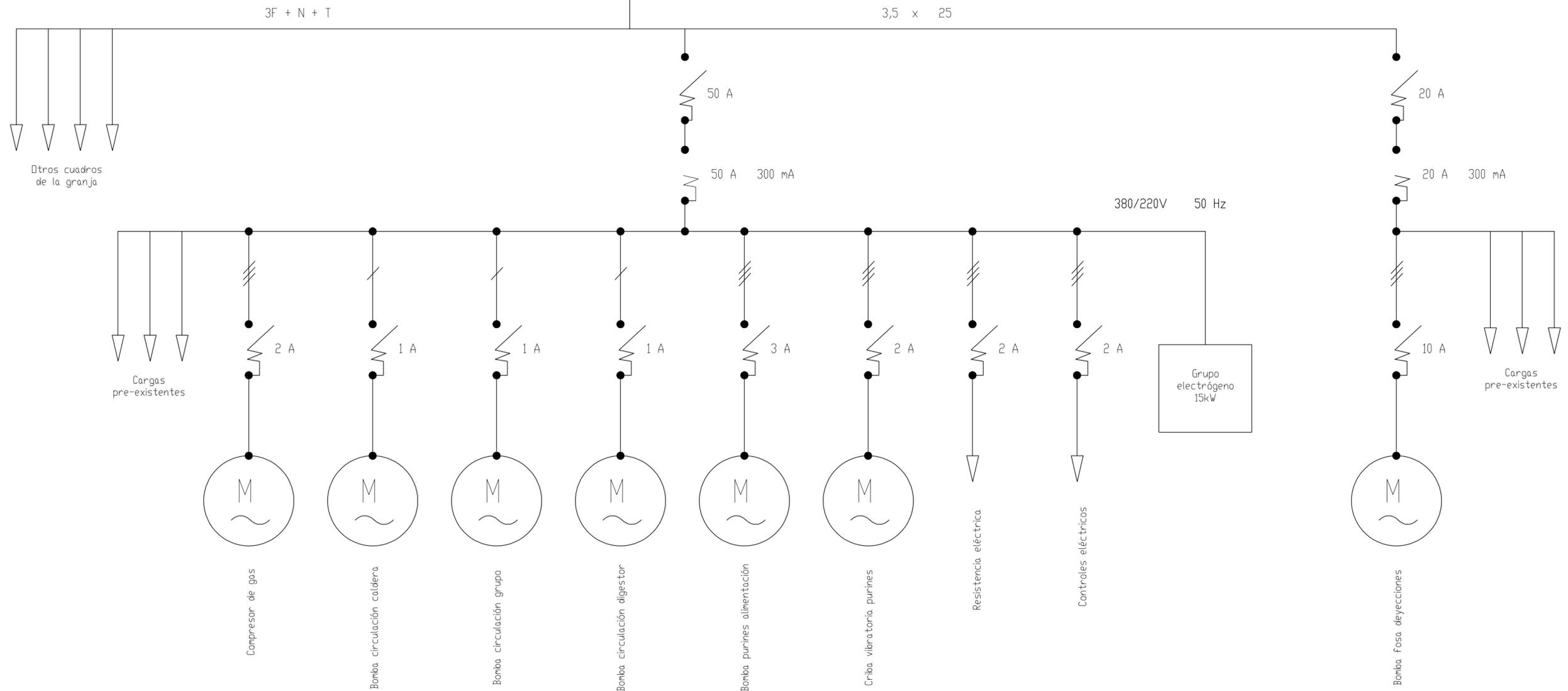
HOJA 1/1

ESCALA	FECHA	NOMBRE	FECHA	INGENIERIA
/, /	MAY-11	PAULA LAMO ANUARBE		PAULA LAMO ANUARBE

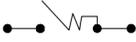
DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	FECHA	INGENIERIA
MAY-11		PAULA LAMO ANUARBE		PAULA LAMO ANUARBE

Vº Bº
El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima, Julio 2011.

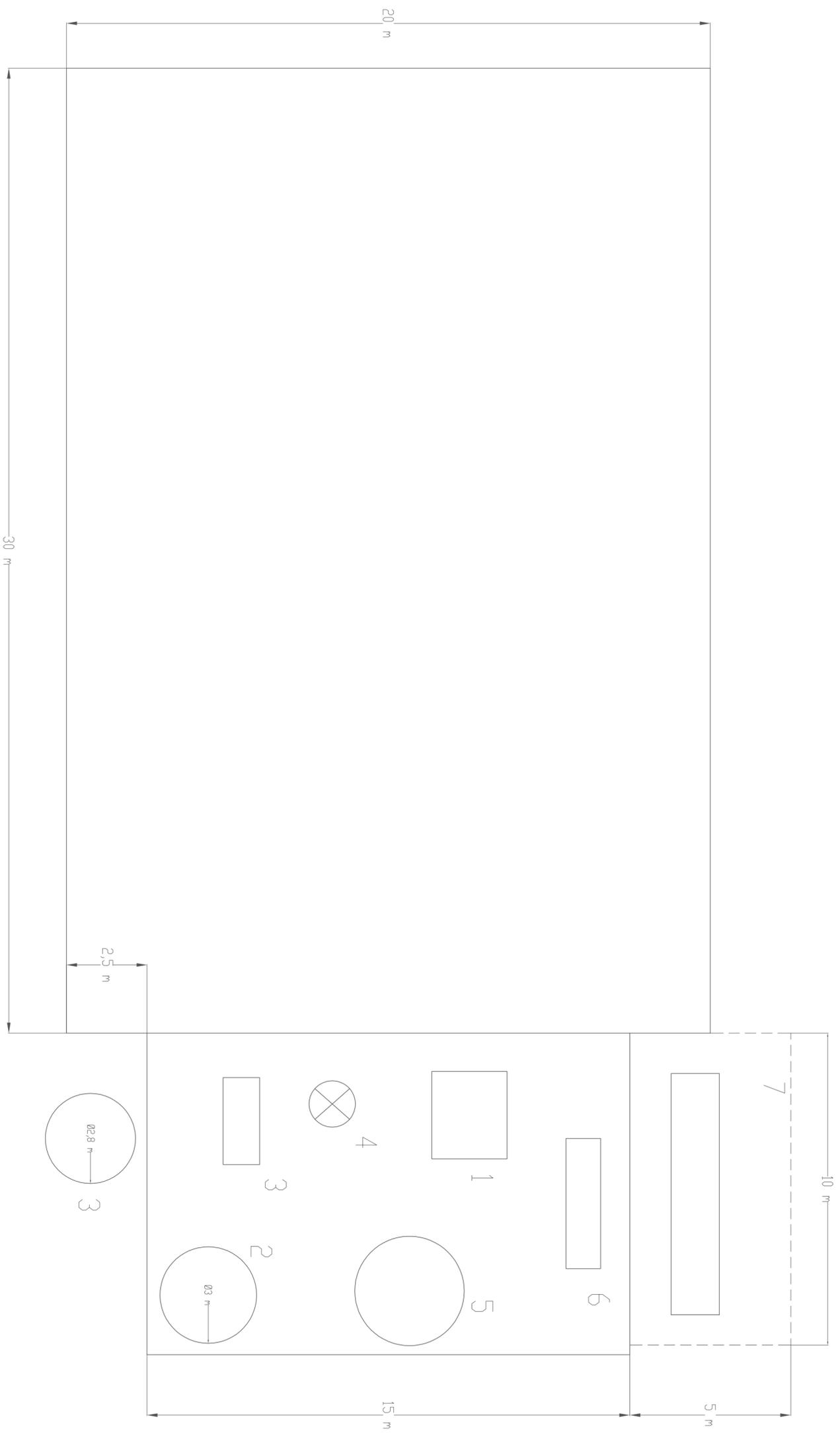
Cuadro general de distribución en baja tensión en granja



SIMBOLOGÍA:

-  Interruptor electromagnético
-  Interruptor diferencial
-  Motor eléctrico
-  Cargas eléctricas
-  Conductor trifásico
-  Conductor monofásico

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NAÚTICA			
PROYECTO APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIOGAS. Biogas Cogeneration.			
DENOMINACIÓN ESQUEMA ELÉCTRICO		REF. PLANO 02-008 HOJA 1/1	
ESCALA 1/1	FECHA MAY-11	INGENIERÍA PAULA LAMO ANUARBE	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	MAY-11	PAULA LAMO ANUARBE	
Vº Bº			
El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima. Julio 2011.			



- Simbología:
- 1 Caldera
 - 2 Tanque de alimentación
 - 3 Tanque de descarga
 - 4 Acumulador de calor
 - 5 Digestor
 - 6 Compresor
 - 7 Cerramiento metálico

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

PROYECTO APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIOGAS.
Biogas Cogeneration.

DENOMINACIÓN VISTA GENERAL DE LA PLANTA REF. PLANO 02-009 HOJA 1/1

ESCALA	FECHA	INGENIERÍA
1/1	MAY-11	PAULA LAMO ANUARBE

DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA
MAY-11	MAY-11	PAULA LAMO ANUARBE	
Vº Bº			

El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima. Julio 2011.