



UNIVERSIDAD DE JAÉN
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

Trabajo Fin de Grado

GESTIÓN DE LOS PURINES GENERADOS POR VACUNO EN LA COMARCA DE LOS PEDROCHES

Alumno: David García Gaitán

Tutoras: María Teresa Cotes Palomino
Ana Belén López García

Dpto.: Ingeniería Química, Ambiental y de los
Materiales

Septiembre, 2020

AGRADECIMIENTOS

Antes de comenzar, me gustaría agradecer, en primer lugar, a mi padre, Fidel y mi madre, Anunciación, así como a mi hermano, Carlos, el apoyo recibido en todo momento.

Gracias también a mis compañeros y compañeras de Universidad, quienes han sido un importantísimo apoyo y con quienes he compartido una gran cantidad de experiencias durante esta etapa universitaria.

Por último, agradecer a mis tutoras María Teresa y Ana Belén por guiarme y aconsejarme en el desarrollo de este Trabajo Fin de Grado.

RESUMEN

En la comarca de Los Pedroches de Córdoba (España) existe un total de 341 explotaciones con 55.200 animales de los que un porcentaje elevado corresponden a ganado vacuno de leche, consiguiendo así ser la zona de Andalucía con mayor industria láctea (60%) y tener una gran importancia también a nivel nacional (6%) e internacional.

Ya que existe una gran densidad de ganado vacuno en la zona norte de la provincia de Córdoba, también existe un elevado volumen de residuo anual que asciende a 866.000 toneladas de estiércol y 674.388 m³ de purín.

El principal objetivo de este TFG es el diseño de una planta de biogás en la que se trate la fracción líquida de los residuos producidos, obteniéndose así, un subproducto que nos aporte un valor energético y económico y minimizando el impacto ambiental de la actividad.

En el presente documento se ha diseñado la planta de biogás en la zona noroeste de Los Pedroches (término municipal de Dos Torres) ya que es el municipio con mayor densidad de residuo, de esta forma se soluciona un problema evidente que está afectando a la calidad del agua y del entorno.

La planta de biogás de cogeneración procesa el purín producido por 1.000 vacas, el lixiviado generado en el proceso de ensilado y, un porcentaje correspondiente al cereal ensilado superficial de las trincheras de maíz o trigo para generar 332 kW de energía eléctrica y térmica con tres microturbinas impulsadas por el biogás generado (sin la utilización de combustibles no renovables).

Además, tras la producción de energía eléctrica y térmica, se genera otro subproducto que se separa en un separador de fases, la parte sólida se vende (como subproducto fertilizante valorizado y libre de contaminantes) y la parte líquida se osmotiza para su nuevo uso en la planta y posible uso en las explotaciones de los socios (economía circular), sin olvidar la generación de empleo que dicha actividad generaría en una zona rural castigada por la despoblación.

De esta forma se cierra el ciclo de generación en este proceso industrial caracterizado por su economía circular y bioeconomía.

ABSTRACT

In the region of “Los Pedroches” of Córdoba (Spain) there are a total of 341 farms with 55,200 animals of which a high percentage correspond to cattle of milk, thus being the area of Andalusia with the largest dairy industry (60%) and have a great importance also at national (6%) and international level.

Since there is a high density of cattle in the northern area of the province of Córdoba, there is also a high volume of annual waste amounting to 866,000 tons of manure and 674,388 m³ of slurry.

The main objective of the TFG is the design of a biogas plant in which the liquid fraction of the waste produced is treated, thus obtaining a by-product that gives us an energy and economic value and minimizing the environmental impact of the activity.

In this document, the biogas plant in the northwest area of Los Pedroches (municipality of Dos Torres) has been designed as it is the municipality with the highest density of waste, in this way an obvious problem that is affecting quality is solved of water and the environment.

The cogeneration biogas plant processes the slurry produced by 1.000 cows, the leachate generated in the silage process and a percentage corresponding to the surface silage of the corn or wheat to generate 332 kW of electrical and thermal energy with three microturbines driven by the generated biogas (without the use of non-renewable fuels).

In addition, after the production of electrical and thermal energy, another by-product is generated which is separated in a phase separator, the solid part is sold (as a revalued and pollutant-free fertilizer by-product) and the liquid part is osmotized for its new use in the plant and possible use on the partners' farms (circular economy), without forgetting the generation of employment that this activity would generate in a rural area punished by depopulation.

In addition, after the anaerobic digestion process, the digestate is separated in a phase separator, the solid part is sold (as a revalued fertilizier byproduct and free of contaminants) and the liquid part is osmotized for its new use in the plant and possible use in the holdings of the partners.

In this way, the generation cycle is closed in this industrial process characterized by its circular economy and bioeconomy.

ÍNDICE

1. MEMORIA	13
1.1. INTRODUCCIÓN	13
1.2. OBJETIVOS.....	14
1.3. ANTECEDENTES.....	14
1.4. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA DE BIOGÁS	31
1.4.1. SISTEMA LOGÍSTICO DE LOS RESIDUOS.....	35
1.5. DISEÑO E INSTALACIÓN DE LA PLANTA	37
1.5.1. DIGESTIÓN ANAEROBIA.....	37
1.5.2. SITUACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL DEL BIOGÁS	41
1.5.3. PARÁMETROS A TENER EN CUENTA EN BIOGÁS	43
1.5.4. FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE BIOGÁS.....	46
1.6. ANÁLISIS DAFO.....	77
1.7. BIBLIOGRAFÍA.....	78
2. ANEXOS	87
2.1. ANEXO I: CÁLCULO DE EQUIPOS	88
2.2. ANEXO II: ESTUDIO AMBIENTAL	131
2.3. ANEXO III. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	179
2.4. ANEXO IV. FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS Y MAQUINARIA.....	188
2.5. ANEXO V: NORMATIVA ACTUAL	219
3. PLANOS	229
4. PLIEGO DE CONDICIONES	244
5. PRESUPUESTO	256

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Densidad energética superficial procedente del bovino. Fuente: [28].....	15
Figura 2. Etapas del ciclo de nitrógeno Fuente: [31]	17
Figura 3. Identificación de masas de agua subterráneas en Andalucía (Identificación zona norte de Córdoba). Fuente: Elaboración propia con gvSIG.....	17
Figura 4. Identificación de la masa de agua de Los Pedroches perteneciente a la Confederación Hidrográfica del Guadiana. Fuente: [32]	18
Figura 5. Estado de las masas de agua superficiales referentes a la zona norte de la provincia de Córdoba.....	19
Figura 6. Estado de las masas de agua subterráneas referentes a la zona norte de la provincia de Córdoba.....	20
Figura 7. Porcentaje de estiércol producido en Los Pedroches según el tipo de ganado. Fuente: [33].....	21
Figura 8. Nitrógeno producido en Los Pedroches por especie. Fuente: [33]	22
Figura 9. Proceso industrial en el que se basa dicho TFG. Fuente: Elaboración propia	25
Figura 10. Biogás procedente de purines. Fuente: [34]	26
Figura 11. Principales usos y aplicaciones a partir de 1m3 de biogás. Fuente: [40]...	29
Figura 12. Economía circular del proyecto. Fuente: Elaboración propia	30
Figura 13. Zona principalmente afectada por contaminación de las aguas provocada por las explotaciones de ganado vacuno intensivo. Fuente: [35]	32
Figura 14. Explotaciones ganaderas intensivas de vacuno de leche de Dos Torres.	33
Figura 15. Parcela destinada a la planta de biogás. Fuente: [37]	33
Figura 16. Catastro de la parcela. Fuente: [38].	34
Figura 17. Vista de la parcela. Fuente: [38]	35
Figura 18. Fases en la transformación de un residuo en un subproducto. Fuente: [42].	40
Figura 19. Procesos en planta de biogás agroindustrial. Fuente: [43]	41
Figura 20. Número de las plantas de biogás instaladas en Europa (por países). Fuente: [44]	42
Figura 21. Desarrollo de la producción total de electricidad a partir de biogás en Europa (izquierda), y desglose de la producción anual de electricidad por tipo de materia prima (derecha). Fuente: [44]	42
Figura 22. Origen del biogás y aplicaciones. Fuente: [48].....	46
Figura 23. Diagrama general de una planta de biogás. Fuente: [49]	47
Figura 24. Funcionamiento de una planta de biogás con cereal ensilado, purines de vacuno para la obtención de energía eléctrica y térmica. Fuente: [50].....	48
Figura 25. Camión cisterna para el transporte del sustrato líquido. Fuente: [52].....	49
Figura 26. Bomba seleccionada. Fuente: [53]	50
Figura 27. Representación en “AutoCAD 3D 2019” del tanque de ensilaje conectado al digestor.	52
Figura 28. Bañera agrícola cilíndrica para el transporte del cereal ensilado a la planta. Fuente: [54].....	52
Figura 29. Digestor tipo mezcla completa. Fuente: [42].....	53
Figura 30. Digestor tipo flujo pistón. Fuente: [42]	53

Figura 31. Digestor de mezcla completa sin recirculación. Fuente: [28]	55
Figura 32. Digestor de mezcla completa con recirculación. Fuente: [28]	55
Figura 33. Tipos de gasómetros. Fuente: Elaboración propia	56
Figura 34. Gasómetro tipo Hindú. Fuente: [41]	56
Figura 35. Gasómetro tipo Chino. Fuente: [55]	57
Figura 36. Gasómetro de doble membrana aislado. Fuente: [56]	57
Figura 37. Gasómetro de doble membrana. Fuente: [56]	58
Figura 38. Representación en “AutoCAD 3D 2019” del digestor. Fuente: Elaboración propia.	59
Figura 39. Rango de operación del agitador seleccionado (en rojo). Fuente: [57]	59
Figura 40. Agitador TBM 2,2/6N. Fuente: [57]	60
Figura 41. Representación en “AutoCAD 3D 2019” del digestor con sistema de calefacción interior.	60
Figura 42. Representación en “AutoCAD 3D 2019” del digestor (tanque y digestor) .	61
Figura 43. Motor alternativo de combustión interna. Fuente: [58]	62
Figura 44. Esquema de la cámara de combustión de una turbina de gas. Fuente: [59]	63
Figura 45. Cogeneración con motor de gas y turbina de vapor. Fuente: [60]	64
Figura 46. Situación de la planta (en rojo) en el mapa de gasoductos en España. Fuente: [61]	65
Figura 47. Principales componentes de la microturbina seleccionada. Fuente: [62] ..	66
Figura 48. Exigencia de refinado según la aplicación del biogás.	68
Figura 49. Tecnologías para el tratamiento de H ₂ S. Fuente: [64]	69
Figura 50. a. Biofiltro; b. Biofiltro percolador; c. Biolavador. Fuente: [65]	70
Figura 51. Grupo de deshumidificación. Fuente: [66]	71
Figura 52. Principio de funcionamiento del grupo de deshumidificación. Fuente: [66]	71
Figura 53. Ciclo termodinámico frigorífico para la separación de agua en el biogás. Fuente: [66]	72
Figura 54. Antorcha en una planta de biogás. Fuente: [67]	72
Figura 55. Imagen de la izquierda: Separador del digestato líquido/sólido SEGALÉS MS O50.	73
Figura 56. Funcionamiento de una prensa de tornillo para digestato de purín. Fuente: [69]	74
Figura 57. Tanque de almacenamiento del líquido previo al proceso de ósmosis. Fuente: Elaboración propia	74
Figura 58. Sistema de ósmosis inverso IMAECO-RO 1 m ³ /h.	75
Figura 59. Tanque de alimentación en AutoCad 3D. Fuente: Elaboración propia	91
Figura 60. Dimensiones interiores y exteriores del digestor CSTR. Fuente: Elaboración propia.	103
Figura 61. Diseño completo del digestor (incluida la calefacción), en AutoCAD 3D.	104
Figura 62. Proporción de biogás y digestato en la planta de digestión anaerobia.	105
Figura 63. Representación del digestor (incluido el gasificador y los tubos de calefacción). AutoCAD 2020 3D. Fuente: Elaboración propia.	107
Figura 64. Tubos de calefacción en el interior del digestor anaerobio. Fuente: [80]	109
Figura 65. Tubos de calefacción en el digestor anaerobio.	113
Figura 66. Tanque de ensilaje. AutoCAD 3D. Fuente: Elaboración propia	114

Figura 67. Conexión del tanque de ensilaje y el digestor. AutoCAD 3D. Fuente: Elaboración propia	114
Figura 68. Principales componentes de un deshumificador de biogás. Fuente: [82] .	117
Figura 69. Potencia activa, reactiva y aparente. Fuente: [83]	118
Figura 70. Tanque de almacenamiento de gasoil (Provisión para 3 días). Fuente: Elaboración propia.	120
Figura 71. Antorcha en una planta de biogás. Fuente [85].....	122
Figura 72. Tanque de postdigestión. Fuente: Elaboración propia.....	123
Figura 73. Separador sólido/líquido SEGALÉS KOMPACK MS 1/050 con rampa. Fuente: Segalés.....	124
Figura 74. Tanque de almacenamiento del líquido previo al proceso de ósmosis. AutoCAD 3D.....	125
Figura 75. Sistema de ósmosis inverso IMAECO-RO 1 m3/h.....	125
Figura 76. Impedancia total de las tres microturbinas. Fuente: Elaboración propia	126
Figura 77. Procedimiento a seguir para el estudio ambiental del proyecto. Fuente: [87]	133
Figura 78. Localización del municipio de Dos Torres. Mapa 1:2500000	135
Figura 79. Localización de Dos Torres en un mapa 1:250000	136
Figura 80. Perfil y esquema de Dos Torres.	137
Figura 81. Esquema territorial. Fuente: [18]	137
Figura 82. Valores de SO ₂ , NO ₂ , Pb, C ₆ H ₆ , O ₃ , metales y B(a)P de Andalucía.....	140
Figura 83. Los valores de PM ₁₀ , PM _{2.5} y CO ₂ . Fuente: [88]	141
Figura 84. Identificación de masas de agua subterráneas en Andalucía (identificación zona norte de Córdoba). Fuente: Elaboración propia con gvSIG	142
Figura 85. Identificación de la masa de agua de Los Pedroches perteneciente a la Confederación Hidrográfica del Guadiana. Fuente: [89]	142
Figura 86. Estado de las masas de agua superficiales referentes a la zona norte de la provincia de Córdoba.....	143
Figura 87. Estado de las masas de agua subterráneas referentes a la zona norte de la provincia de Córdoba.....	143
Figura 88. Temperatura promedio en Dos Torres (Córdoba). Fuente: [19]	145
Figura 89. Patrimonio territorial protegido.	148
Figura 90. Nivel de ruido. Fuente: [20; 21; 91]	161
Figura 91. Calidad del agua. Fuente: [20; 21; 91]	162
Figura 92. Uso del suelo. Fuente: [20; 21; 91]	163
Figura 93. Diversidad. Fuente: [20; 21; 91]	165
Figura 94. Movilidad de especies. Fuente: [20; 21; 91]	166
Figura 95. Especies vegetales. Fuente: [20; 21; 91]	167
Figura 96. Calidad del paisaje. Fuente: [20; 21; 91].....	168
Figura 97. Fragilidad del medio. Fuente: [20; 21; 91]	169
Figura 98. Generación de empleo. Fuente: [20; 21; 91].....	170
Figura 99. Incremento de los ingresos. Fuente: [20; 21; 91].....	171
Figura 100. Calidad de vida. Fuente: [20; 21; 91]	172
Figura 101. Características de la bañera cilíndrica. Fuente: [54]	199
Figura 102. Separador de fases seleccionado. Fuente: [68]	211
Figura 103. Sistema de ósmosis inverso IMAECO-RO 1 m3/h.....	214
Figura 104. Características del compresor seleccionado. Fuente: [96]	215

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Regiones andaluzas con mayor volumen de residuos agropecuarios. Fuente: [28]	15
Tabla 2. Composición química del purín de vaca. Fuente: [29]	16
Tabla 3. Composición del purín proveniente de bovino. Fuente: [30]	16
Tabla 4. Cantidad de nitrógeno en el suelo según cada tipo de ganado de los municipios de la comarca. Fuente: [33].....	21
Tabla 5. Producción de biogás a partir de residuos vegetales. Fuente: [30].....	27
Tabla 6. Sustrato de alimentación. Fuente: Elaboración propia.....	28
Tabla 7. Vacuno intensivo en Los Pedroches. Fuente: [33]	31
Tabla 8. Volumen diario de residuo necesario en el digestor. Fuente: Elaboración propia.	35
Tabla 9. Principales características del biogás. Fuente: [39]	37
Tabla 10. Componentes del biogás en función del sustrato utilizado. Fuente: [28]	38
Tabla 11. Fases de la transformación de residuo a subproducto. Fuente: [41].....	38
Tabla 12. Potencia eléctrica (MW) a partir de biomasa y biogás en Andalucía.	43
Tabla 13. Número de instalaciones y potencia. Fuente: [28]	43
Tabla 14. Parámetros ambientales y operacionales de la digestión anaerobia. Fuente: [42]	43
Tabla 15. Relación C/N de algunos sustratos. Fuente: [45].....	44
Tabla 16. Valores de concentraciones de inhibidores comunes. Fuente: [46].....	45
Tabla 17. Características respecto a las bacterias psicrófilas, mesófilas y termófilas. Fuente: [47]	45
Tabla 18. Principales digestores. Fuente: [5]; [10]; [28]; [50].	54
Tabla 19. Componentes gasómetro doble membrana aislado. Fuente: [56].....	57
Tabla 20. Componentes gasómetro doble membrana. Fuente: [56].....	58
Tabla 21. Características imprescindibles del agitador para un buen funcionamiento. Fuente: Elaboración propia.	59
Tabla 22. Características del agitador seleccionado. Fuente: [57].	59
Tabla 23. Principales características del digestor. Fuente: Elaboración propia.	60
Tabla 24. Características de la microturbina seleccionada. Fuente: [62].....	67
Tabla 25. Cantidad a osmotizar con respecto al total de digestato. Fuente: Elaboración propia	74
Tabla 26. Análisis DAFO. Fuente: Elaboración propia.	77
Tabla 27. Condiciones del intercambiador agua-residuo líquido. Fuente: Elaboración propia	92
Tabla 28. Velocidad de flujo en m/s según la viscosidad del tipo de caloportador. Fuente: [100]	92
Tabla 29. Diámetros normalizados para tuberías de PVC. Fuente: [76].....	93
Tabla 30. Diámetros normalizados para tuberías de PVC. Fuente: [76].....	95
Tabla 31. Procesos de transferencia de calor (Requív). Fuente: [77].....	98
Tabla 32. Parámetros de diseño del intercambiador de calor T2-BFG/18H. Fuente: Elaboración propia	99

Tabla 33. Características del intercambiador de placas seleccionado (T2-BFG/18H). [78]	99
Tabla 34. Características para el funcionamiento óptimo del digestor.....	100
Tabla 35. Resultados de ensayos de biodegradabilidad anaerobia para algunos residuos. Fuente: [79].....	100
Tabla 36. Volumen diario de residuo necesario en el digestor. Fuente: Elaboración propia.	102
Tabla 37. Volumen cilindro del digestor. Fuente: Elaboración propia.....	103
Tabla 38. Balance de masa global de proceso. Fuente: Elaboración propia.....	104
Tabla 39. Rango de temperaturas óptimo en el proceso de digestión anaerobia. Fuente: [11]	105
Tabla 40. Características estándar en la construcción del digestor. Fuente: Elaboración propia	106
Tabla 41. Pérdidas por transferencia de calor de la cubierta al exterior.	106
Tabla 42. Pérdidas por transferencia de calor de los laterales del digestor al exterior. Fuente: Elaboración propia.	107
Tabla 43. Pérdidas por transferencia de calor del digestor al suelo.....	107
Tabla 44. Condiciones del intercambiador agua-residuos. Fuente: Elaboración propia	109
Tabla 45. Características de instalación de calefacción. Fuente: [5]; [7]; [10]; [41]; [42]; [55].....	112
Tabla 46. Altura (h) de los tubos de calefacción en el digestor. Fuente: Elaboración propia.	112
Tabla 47. Entalpía agua saturada. Fuente: Elaboración propia.....	113
Tabla 48. Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): tabla de temperaturas. Fuente: [81].....	113
Tabla 49. Datos a tener en cuenta en la selección del biofiltro.....	115
Tabla 50. Datos a tener en cuenta en la selección del deshumificador. Fuente: Elaboración propia.	117
Tabla 51. Potencias obtenidas en la planta de biogás. Fuente: Elaboración propia..	118
Tabla 52. Características de la microturbina Capstone C30. Fuente: [84]	119
Tabla 53. Antorchas de llama cerrada. Fuente: [85]	121
Tabla 54. Antorchas de llama abierta. Fuente: [85]	122
Tabla 55. Cantidad a osmotizar con respecto al total de digestato. Fuente: Elaboración propia.	124
Tabla 56. Autoconsumo de la energía eléctrica generada. Fuente: Elaboración propia.	127
Tabla 57. Autoconsumo de la energía térmica generada. Fuente: Elaboración propia	128
Tabla 58. Pérdidas de calor. Fuente: Elaboración propia.	128
Tabla 59. Autoconsumo total utilizado en la planta. Fuente: Elaboración propia.	129
Tabla 60. Rendimiento de la planta de cogeneración. Fuente: Elaboración propia..	130
Tabla 61. Calidad del aire en Andalucía. Fuente: [88]	140
Tabla 62. Tabla climática de Dos Torres. Fuente: [19]	146
Tabla 63. Matriz de identificación de impactos. Fuente: Elaboración propia.	149
Tabla 64. Parámetros de la valoración cualitativa. Fuente: [20; 21; 90]	153
Tabla 65. Calificación del impacto ambiental por valores de I. Fuente: [20; 21; 91]	153

Tabla 66. Matriz de importancia. Fuente: Elaboración propia.....	156
Tabla 67. Valores analíticos para determinar la calidad del aire. Fuente: [20; 21; 91]	159
Tabla 68. Valores del indicador ORAQI y su Indicador de Calidad del Aire (ICA). ..	160
Tabla 69. Unidad de importancia ponderal. Valor UIP. Fuente: Elaboración propia.	174
Tabla 70. Matriz sin medidas correctoras. Fuente: Elaboración propia.	175
Tabla 71. Matriz con medidas correctoras. Fuente: Elaboración propia.	176
Tabla 72. Plan de vigilancia ambiental. Fuente: Elaboración propia.	178
Tabla 73. Operaciones y riesgos. Fuente: [92]	179
Tabla 74. Caídas de personas al mismo nivel. Fuente: [92]	180
Tabla 75. Caídas de personas a distinto nivel. Fuente: [92]	181
Tabla 76. Choques contra objetos inmóviles. Fuente: [92].	182
Tabla 77. Golpes/cortes por objetos o herramientas. Fuente: [92].	182
Tabla 78. Contactos eléctricos. Fuente: [92]	183
Tabla 79. Exposición a sustancias nocivas o tóxicas. Fuente: [92].	184
Tabla 80. Contacto con sustancias causticas o corrosivas. Fuente: [92].	185
Tabla 81. Explosiones. Fuente: [92].	185
Tabla 82. Atropellos o golpes con vehículos. Fuente: Explosiones. Fuente: [92].	186
Tabla 83. Exposición a agentes químicos. Fuente: [92]	186
Tabla 84. Exposición a agentes biológicos. Fuente: Exposición a agentes químicos. Fuente: [92].	187
Tabla 85. Características de la bomba seleccionada CRI MAN - PTS 0,75 – 40 M/T [53].	190
Tabla 86. Características de la bomba seleccionada KSB CALIO-THERM NC 25-70. Fuente: [94].	193
Tabla 87. Características de la bomba seleccionada KSB CALIO-THERM NC 25-70. Fuente: [94].	195
Tabla 88. Características de la cisterna RIGUAL CP-220T. Fuente: [52]	196
Tabla 89. Características de la pala cargadora. Fuente: [93]	201
Tabla 90. Características del agitador seleccionado. Fuente: [57]	204
Tabla 91. Características del deshumidificador utilizado. Fuente: [66].	206
Tabla 92. Características del filtro de desulfuración seleccionado. Fuente: [95]	207
Tabla 93. Características de la microturbina CAPSTONE C30. Fuente: [16; 62; 84]	209
Tabla 94. Coste de equipos. Fuente: Elaboración propia.	257
Tabla 95. Cálculo amortización de los equipos. Fuente: Elaboración propia.	275
Tabla 96. VAN, TIR y PAYBACK. Fuente: Elaboración propia.	276

1. MEMORIA

1.1.INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual en la que vivimos, los problemas medioambientales y el impacto que generan tienen cada vez más importancia. Cada residuo generado y no aprovechado industrialmente es una oportunidad perdida de luchar por un cambio en el modelo de generación y uso energético que conocemos a día de hoy.

Hasta un pasado reciente, la mayoría de la industria ha tratado de generar el máximo rendimiento posible sin tener en cuenta los residuos generados, desechando esos vertidos, en estado líquido y/o gas, a ríos u océanos, y a la atmósfera, principalmente.

Actualmente, gracias a la concienciación de la población sobre muchos daños que el ser humano está provocando a nuestro planeta, se está presionando con asociaciones y colectivos para que nuestros representantes políticos impongan leyes serias en las que las industrias contaminantes sean sancionadas y, de esta forma ayudar a industrias que utilicen energía renovable o que busquen alternativas a estos residuos generados para convertirlos en subproductos con un valor aprovechable y de esta forma cerrar el círculo de producción industrial al conseguir que estos tiendan hacia procesos de economía circular.

Algunas de las normativas que están consiguiendo que este sistema centralizado energético empiece a quedarse anticuado y se esté regenerando en otro mucho más distribuido y sostenible son: Las conferencias sobre cambio climático celebrado anualmente y conocido principalmente por El Acuerdo de París de 2015, la Estrategia de adaptación al cambio climático de la UE o el Real Decreto –ley 17/2019 que han conseguido marcar objetivos ambiciosos para la generación energética renovable y sostenible en 2030 (generación con energías renovables de un 70 %) y en 2050 (descarbonización total) impulsados por el Marco Estratégico de Energía y Clima para el periodo 2021 – 2030.

La eficacia y uso de cada una de las leyes medioambientales, tanto a nivel nacional como internacional, nos hará prosperar como sociedad sostenible económicamente, socialmente y medioambientalmente al conseguir que todo esté enfocado en los campos de innovación, economía circular y sostenibilidad.

En este Trabajo de Fin de Grado del Grado en Ingeniería Química Industrial (perteneciente al Doble Grado de Ingeniería de Recursos Energéticos e Ingeniería Química Industrial) se trabaja con la gestión de purines líquidos generados por vacuno en la Comarca de Los Pedroches (Córdoba), ya que actualmente al ser utilizados como fertilizante y repartirse por cada finca con tal uso, se produce una alta contaminación de NO_3^- y NH_4^+ en los acuíferos y agua superficial de la zona como se puede comprobar en el Decreto 36/2008. Por superar los valores determinados en dicha normativa se designa esta zona como vulnerable (entre otras muchas) y se establecen medidas contra la contaminación por nitratos de origen agrario, de esta forma conseguimos transformar un residuo problemático en un subproducto. También, se genera energía y empleo en una zona rural castigada actualmente por el desempleo debido a la falta de oportunidades, principalmente, entre la población más joven.

1.2.OBJETIVOS

- Objetivo principal:
 - Producir biogás gracias a la valorización de un residuo procedente de la industria ganadera.
- Objetivos específicos:
 - Diseñar la planta de tratamiento de los residuos (purines líquidos de vaca, cereal ensilado y lixiviados).
 - Valorar las posibilidades de uso de los productos generados tras el tratamiento y gestión de los residuos finales.
 - Establecer el sistema de recogida y transporte de los purines en la granja.
 - Generar energía eléctrica y térmica a partir del biogás para autoconsumo.

1.3.ANTECEDENTES

Con el paso del tiempo, se está endureciendo la normativa medioambiental con el objetivo de conseguir que toda la industria utilice recursos renovables y busque alternativas a los residuos.

El gran volumen de purín¹ y estiércol² procedente del elevado número de ganado intensivo y extensivo de vacuno **provocan en la zona norte de Córdoba, entre otras muchas, una crítica situación en el estado del agua superficial y subterránea y la contaminación del suelo (debido al amoníaco)**. Esto se produce al verter gran cantidad del purín y estiércol en las explotaciones como fertilizante.

Aunque existe un elevado número de ganado, tanto de vacuno como de porcino, en este TFG se trabaja con los **excrementos procedentes de vacuno ya que por su composición y por sus explotaciones en intensivo son los más contaminantes** como se muestra en la tabla 2. A su vez, los excrementos provenientes del ganado vacuno se clasifican en parte sólida (**estiércol**) y líquidos (**purines**). El purín, al ser principalmente líquido, se filtra desde el suelo al agua subterránea y superficial, contaminando con mayor facilidad el entorno.

El aire en esta zona (como se detalla en ANEXO II: ESTUDIO AMBIENTAL) es un aire de buena calidad (según el informe del Ministerio de Calidad del Aire en España por zonas), aunque existe un valor de emisión de metano a la atmósfera.

“Purín1: Líquido formado por las orinas de los animales y lo que rezuma del estiércol.

Estiércol2: Materia orgánica en descomposición, principalmente excrementos animales, que se destina al abono de las tierras [71].”

En el caso concreto de bovino, se puede observar a continuación una marcada densidad energética superficial en esta zona:

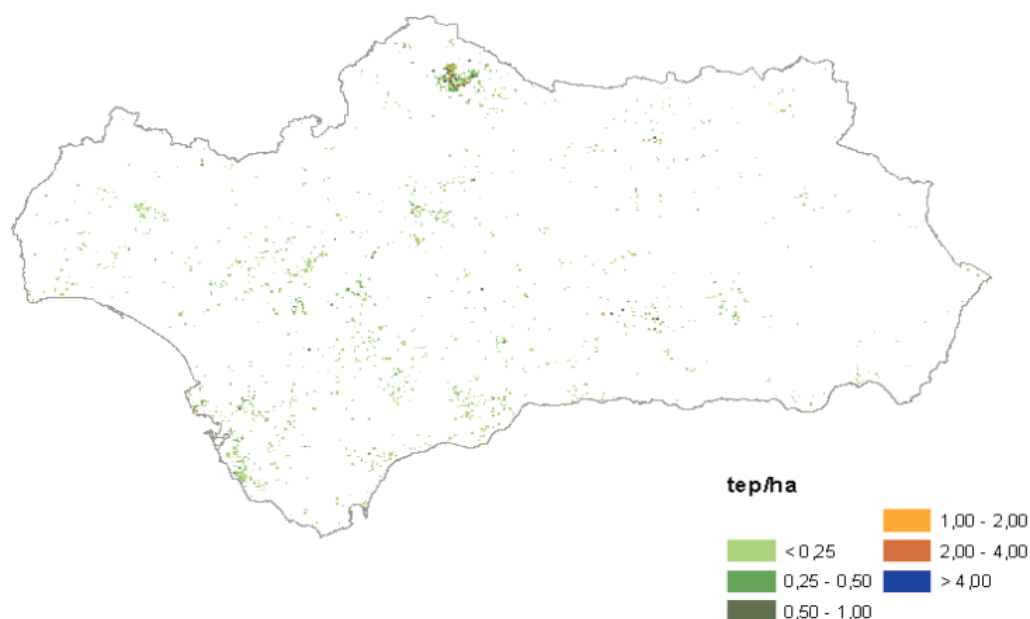


Figura 1. Densidad energética superficial procedente del bovino. Fuente: [28]

“Córdoba es la provincia andaluza con mayor censo (59,8% respecto al total) y número de explotaciones (60,3%) de bovino de leche. Destaca la comarca de Los Pedroches que cuenta con el mayor número de explotaciones de vacas lecheras de Andalucía (el 55,8% del total). En cuanto a la producción de leche de vaca, en 2014 se alcanzó una cifra de 499,21 millones de litros, siendo Córdoba la principal productora de la región con el 59,5% del total [1].”

Tabla 1. Regiones andaluzas con mayor volumen de residuos agropecuarios. Fuente: [28]

COMARCA AGRARIA	PURÍN DE CERDO (t/año)	MATERIA PRIMA PRINCIPAL	MATERIA PRIMA PRINCIPAL (t/año)	MATERIA PRIMA SECUNDARIA	MATERIA PRIMA SECUNDARIA (t/año)	MATERIAS PRIMAS TOTALES (t/año)	COSUSTRATO POSIBLE	COSUSTRATO POSIBLE (t/año)	OTROS COSUSTRATOS
Bajo Almansora (AL)	303.301	Purín de cerdo	303.301	Restos ganaderos de otras especies	28.535	380.364	Excedentes hortalizas	14.741	Otros residuos hortofrutícolas
Norte o Antequera (MA)	292.177	Purín de cerdo	292.177	Restos ganaderos de otras especies	35.613	376.114	Alperujo	8.914	Otros residuos hortofrutícolas
La Campiña (SE)	188.170	Purín de cerdo	188.170	Estiércol de vaca	160.926	691.784	Lactosuero	50.700	Residuos de matadero, lodos EDARI, residuos hortofrutícolas, paja de cereal
Campiña del Norte (JA)	61.474	Purín de cerdo	61.474	Materias primas de la industria azucarera	40.861	151.812	Materias primas de la industria azucarera	40.861	Alperujo, alpechín, glicerina
Sierra de Cádiz (CA)	59.092	Purín de cerdo	59.092	Restos ganaderos de otras especies	44.266	149.503	Lactosuero	17.231	Lodos EDARI, residuos hortofrutícolas
Pedroches (CO)	12.466	Estiércol de vaca	236.771	Restos ganaderos de otras especies	135.490	410.437	Alperujo	6.373	Residuos de matadero, lodos EDARI

En este caso, el buscar una utilidad al estiércol y purín producido por el ganado vacuno es principalmente debido a la **situación de vulnerabilidad en el estado del suelo y las aguas provocado por la composición química del purín de vaca**. La composición química del purín varía según una gran cantidad de componentes (ganado en intensivo o extensivo, alimentación, tipo del cama de ganado, peso del animal, condiciones climáticas...).

Aproximadamente, la composición química del purín de vaca es la siguiente:

Tabla 2. Composición química del purín de vaca. Fuente: [29]

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PURÍN DE VACA	
Parámetro	Valor
Materia seca (MS) (%)	5,91 ± 2,37
d (kg/m ³)	900 ± 141
N _{amoniacal} (kg/m ³)	1,40 ± 0,56
N _{orgánico} (kg/m ³)	1,32 ± 0,47
N _{total} (kg/m ³)	2,72 ± 0,93
P ₂ O ₅ (kg/m ³)	1,11 ± 0,40
K ₂ O (kg/m ³)	2,60 ± 1,06

El principal componente contaminante es el **nitrógeno**. Su presencia natural en las aguas superficiales y subterráneas es consecuencia del ciclo natural del nitrógeno, aunque en muchas zonas, en los últimos años, se ha experimentado un sustancial aumento de componentes con nitrógeno en el agua provocado por vertidos urbanos y ganaderías en intensivo.

Aproximadamente, para el caso de **bovino** la composición orgánica es:

Tabla 3. Composición del purín proveniente de bovino. Fuente: [30]

COMPOSICIÓN ORGÁNICA (APROXIMADA) DEL PURÍN PROCEDENTE DE BOVINO	
Lípidos (%)	3,23
Proteínas (%)	9,05
Celulosa Hemicelulosa (%)	32,49
Lignina (%)	35,57
Ceniza (%)	19,66
TOTAL (%)	100

Como se ha mostrado en la tabla 2 existen diferentes tipos de nitrógeno (dependiendo de su origen y capacidad de oxidación):

- Nitrógeno orgánico: Es debido principalmente a la contaminación de origen residual. Este nitrógeno se transforma en nitrógeno amoniacal, nitroso y nítrico (dependiendo del tiempo y la capacidad de oxidación del medio). Está asociado a moléculas orgánicas como son las proteínas, los ácidos nucleicos o metabolitos finales.
- Nitrógeno inorgánico: Es debido principalmente a la contaminación provocada por prácticas agrícolas.

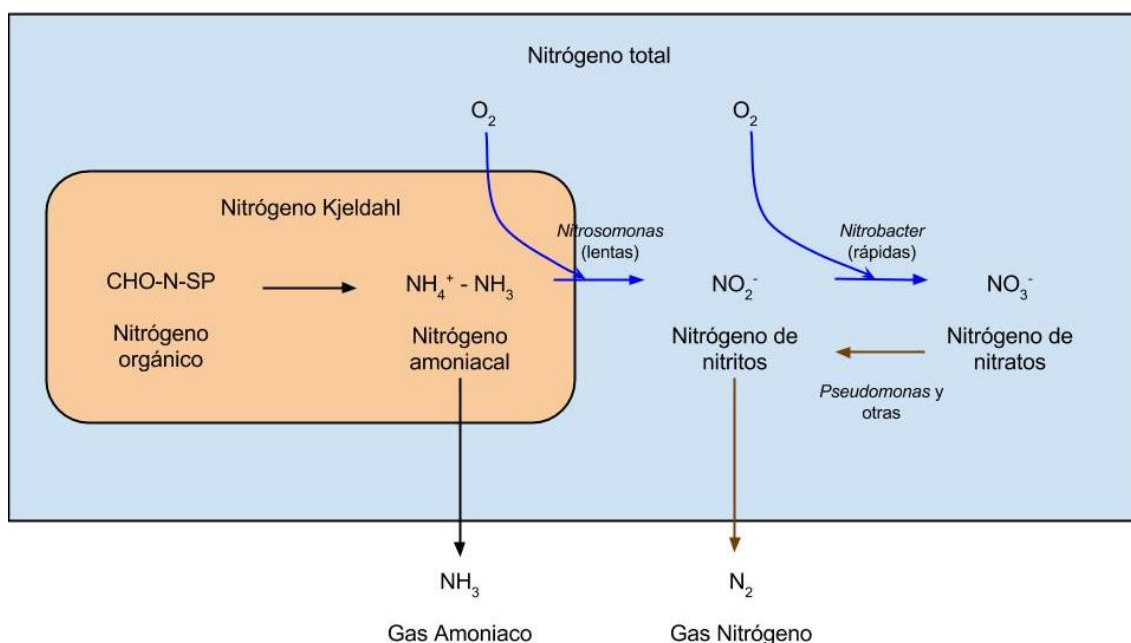


Figura 2. Etapas del ciclo de nitrógeno Fuente: [31]

El nitrógeno se oxida y se transforma en nitrato. Los nitratos están limitados, según la normativa vigente, en el consumo de agua en 50 mg/l y se establece un nivel guía de 25 mg/l. Los nitratos también afectan perjudicialmente a gran parte del ecosistema. Por todo esto es importante mantener el estado de las “masas de agua en buen estado” por lo que se le debe dar una aplicación a estos residuos (al menos en un porcentaje) para que se consiga que el residuo repartido en cada finca sea menor y así mejorar el estado de las aguas [2]; [13]; [17]; [22]; [23].

Por todo esto, se procede a identificar la **masa de aguas subterráneas** (con el programa de sistema de información geográfica “gvSIG”) en la comarca de Los Pedroches.

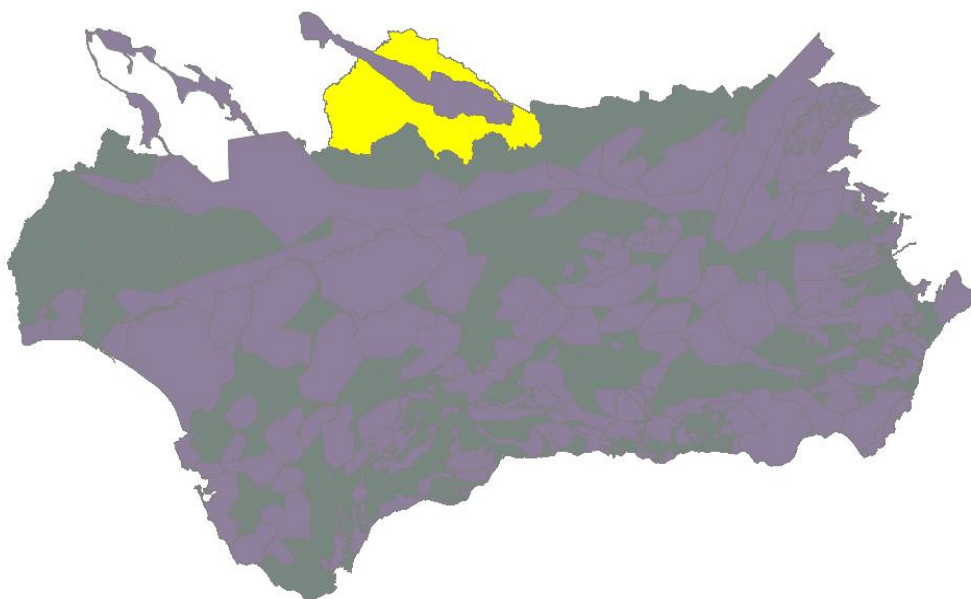


Figura 3. Identificación de masas de agua subterráneas en Andalucía (Identificación zona norte de Córdoba).
Fuente: Elaboración propia con gvSIG

Como se puede ver en la anterior Figura (Figura 3), la masa de aguas subterráneas de Los Pedroches (Los Pedroches en amarillo) queda fuera del mapa de Andalucía, ya que esta zona pertenece a la **Confederación Hidrográfica del Guadiana** que principalmente engloba las comunidades autónomas de Extremadura y Castilla-La Mancha y, en menor medida, Andalucía (zona norte de Córdoba como es el actual caso y, zona norte de Huelva).

Esta contaminación se identifica en aguas subterráneas y superficiales que a partir de ahora en el TFG se identifica como masas de agua, según el Ministerio para la transición ecológica (MITECO): *“Una masa de agua superficial es una parte diferenciada y significativa de agua superficial como un lago, un embalse, una corriente, río o canal, parte de una corriente río o canal, unas aguas de transición o un tramo de aguas costeras [2].”*

Todo esto se ve reflejado en la calidad de sus aguas (subterránea y superficial):



Figura 4. Identificación de la masa de agua de Los Pedroches perteneciente a la Confederación Hidrográfica del Guadiana. Fuente: [32]

Para conocer el estado actual de las masas de agua superficial y subterránea ya que la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados excluye este tipo de residuo de su ámbito de aplicación, se tiene en cuenta la normativa para vertidos ganaderos con elevado porcentaje de nitratos del Ministerio para la Transición Ecológica:

“Esta Ley (Ley 22/2011) no será de aplicación a los residuos que se citan a continuación, en los aspectos ya regulados por otra norma comunitaria o nacional que incorpore a nuestro ordenamiento normas comunitarias:

a) Las aguas residuales.

b) Los subproductos animales cubiertos por el Reglamento (CE) n.º 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano y por el que se deroga el Reglamento (CE) n.º 1774/2002.”

No se incluyen en esta excepción, y por tanto se regularán por esta Ley, los subproductos animales y sus productos derivados, cuando se destinen a la incineración, a los vertederos o sean utilizados en una planta de biogás o de compostaje [73].”

Por todo esto, se ha accedido a las páginas de la Confederación Hidrográfica del Guadiana y Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, así como a la del Ministerio para la Transición Ecológica para conocer el estado de las aguas:

“Teniendo en cuenta el punto 5.1.3. "Evaluación de Estado" de la Instrucción de Planificación Hidrológica, el estado final de una masa de agua superficial quedará determinado por el peor valor de su estado ecológico o de su estado químico. Cuando el estado ecológico sea bueno o muy bueno y el estado químico sea bueno, el estado de la masa superficial se evaluará como "bueno o mejor". En cualquier otra combinación de estados ecológico y químico, el estado de la masa de agua superficial se evaluará como "peor que bueno [2]; [17]; [22]”.

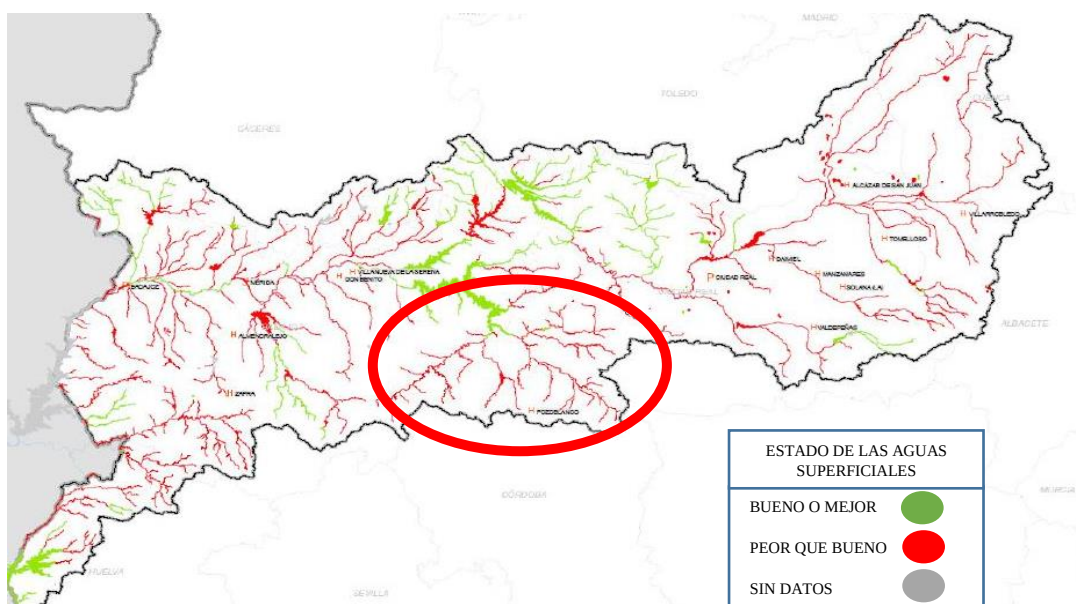


Figura 5. Estado de las masas de agua superficiales referentes a la zona norte de la provincia de Córdoba.
Fuente: [32]

Las zonas vulnerables y no vulnerables se clasifican según los siguientes factores:

“En zonas vulnerables.

- El límite máximo se establece en 170 kg N/ha y año.
- Las parcelas correspondientes a pastos podrán ser incluidas en la declaración de Ha para valorización orgánico-mineral de los estiércoles / purines, siempre que la cantidad de N₂ no supere el límite señalado teniendo en cuenta en el cálculo el aportado por los animales directamente, para lo cual se tendrá en cuenta la media de animales presente en los mismos a lo largo del año.
- Las parcelas dedicadas a producción integrada de olivar podrán ser utilizadas para la valorización orgánico-mineral de estiércoles / purines, siendo el límite el de ZV.

En Zonas No Vulnerables.

•El límite máximo se establece en 210 kg N₂/ha y año. Aunque podrá considerarse un límite mayor si se acompaña de un informe firmado por un técnico competente en el que se justifique el uso de una mayor cantidad de nitrógeno por hectárea y año debido a necesidades específicas de los cultivos.

•Las parcelas correspondientes a pastos podrán ser incluidas en la declaración de hectáreas para valorización orgánico-mineral de los estiércoles / purines, siempre que la cantidad de nitrógeno no supere el límite señalado, teniendo en cuenta en el cálculo el aportado por los animales directamente, para lo cual se tendrá en cuenta la media de animales presente en los mismos a lo largo del año.

•Las parcelas dedicadas a producción integrada de olivar podrán ser utilizadas para la valorización orgánico-mineral de estiércoles / purines. El límite de nitrógeno es el de las ZNV en general, aunque podrá ser superior si se demuestra con informe de técnico competente en la materia justificando aplicaciones de nitrógeno superiores debido a necesidades mayores por parte del cultivo [2].”

En cuanto a las aguas subterráneas se puede comprobar que también se encuentran en una situación de contaminación y mal estado:

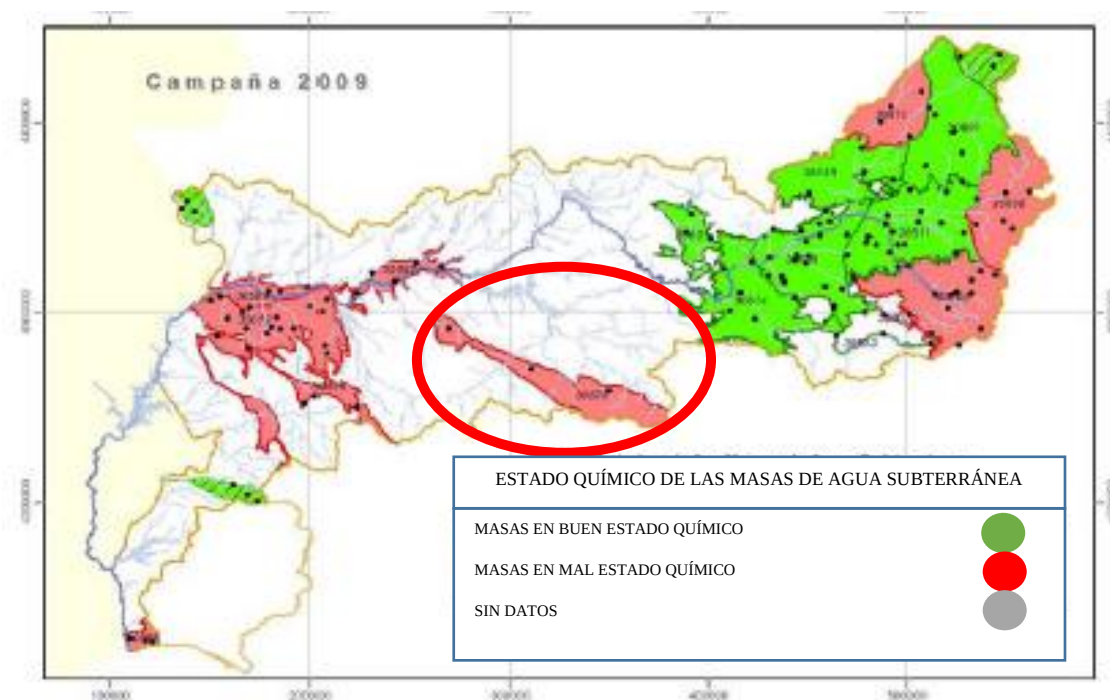


Figura 6. Estado de las masas de agua subterráneas referentes a la zona norte de la provincia de Córdoba.
Fuente: [32]

El estudio completo sobre la situación del agua superficial y subterránea se encuentra en el ANEXO II: ESTUDIO AMBIENTAL.

Como se ha comentado anteriormente, esta contaminación en las aguas superficiales y aguas subterráneas **se debe al vertido sin control de purín y estiércol de vaca en las explotaciones.**

Si se clasifica el estiércol producido en la comarca de los Pedroches por especie, se puede ver que la inmensa mayoría de residuo proviene del **ganado vacuno**:

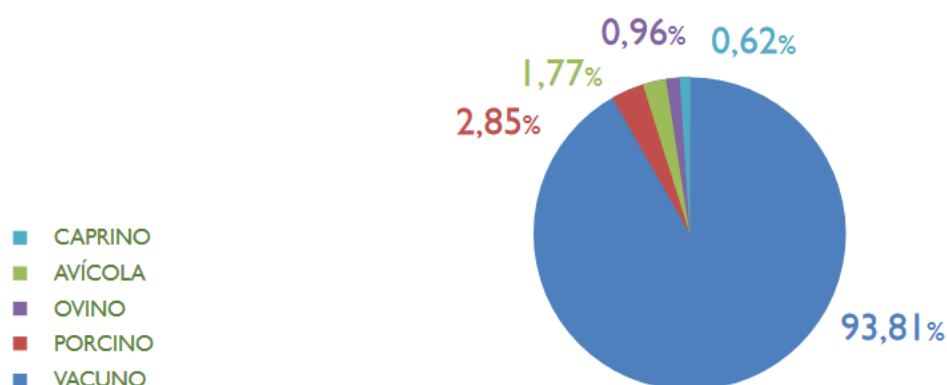


Figura 7. Porcentaje de estiércol producido en Los Pedroches según el tipo de ganado. Fuente: [33]

Además, en la siguiente Figura, se pone de manifiesto que según el tipo de ganado hay una gran diferencia en la situación del suelo, debido a la cantidad de nitrógeno que produce cada una:

TOTAL DE LA COMARCA						
MUNICIPIO	NITRÓGENO (tn/año)	VACUNO	PORCINO	AVÍCOLA	OVINO	CAPRINO
ALCARACEJOS	417,42	329,88	6,39	68,40	3,74	9,02
AÑORA	750,69	667,22	4,65	54,96	15,06	8,80
BELALCAZAR	586,11	560,74	6,46	2,95	15,96	0,00
CARDEÑA	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
CONQUISTA	0,24	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00
DOS TORRES	1.034,56	918,57	2,21	86,95	6,24	20,59
EL GUÍJO	45,59	45,59	0,01	0,00	0,00	0,00
EL VISO	279,76	131,36	4,39	140,29	3,72	0,00
FUENTE LA LANCHAS	1,45	0,00	0,13	1,32	0,00	0,00
HINOJOSA DEL DUQUE	127,94	84,00	1,75	36,55	1,93	3,70
PEDROCHE	278,88	240,62	2,23	12,00	10,93	13,10
POZOBLANCO	580,11	537,06	2,95	36,72	0,55	2,83
SANTA EUFEMIA	80,91	33,48	0,06	45,12	0,00	2,25
TORRECAMPO	101,24	96,80	0,36	1,68	0,00	2,40
VILLANUEVA DE CORDOBA	31,76	12,43	18,90	0,43	0,00	0,00
VILLANUEVA DEL DUQUE	202,83	144,35	20,85	32,16	5,47	0,00
VILLARALTO	148,44	135,89	0,00	0,00	7,86	4,69
TOTAL	4.667,94	3.937,97	71,34	519,77	71,47	67,38

Tabla 4. Cantidad de nitrógeno en el suelo según cada tipo de ganado de los municipios de la comarca. Fuente: [33]

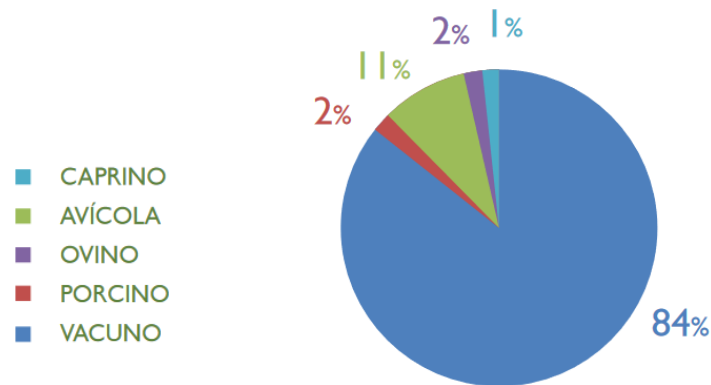


Figura 8. Nitrógeno producido en Los Pedroches por especie. Fuente: [33]

Toda esta contaminación se produce porque el residuo líquido (purín) es almacenado en balsas (como se detalla en el punto “1.5.4.1. Tanque de alimentación”) pero posteriormente es vertido como fertilizante en las explotaciones. Por otra parte, la fracción sólida de residuos procedentes del ganado vacuno, se acumula en estercoleros con las siguientes características:

“Los estercoleros deben cumplir las siguientes especificaciones:

- Impermeables
- Estables geotécnicamente
- Dimensionado acorde con la producción de estiércol producido y el sistema de manejo del mismo propuesto en el PGSG. En general deberán tener una capacidad mínima suficiente para almacenar la producción generada en 3 meses. Además del estiércol, en la capacidad deberán tenerse en cuenta:

- Aguas residuales producidas en la explotación.
- Aguas de lluvia, en el caso de que no se canalicen al medio, así como el agua de lluvia caída sobre el estiércol durante su almacenamiento en aquellos estercoleros desprovistos de cubierta.
- Vallado perimetral en aquellos casos en los que se estime que existe riesgo de accidente.
- Distancia de seguridad entre el contenido y el borde: con el objeto de evitar vertidos en épocas de lluvias abundantes.

Los estercoleros pueden ser básicamente de tres tipos: de plataforma; semienterrado y enterrado. Se aconseja una pendiente mínima de un 3% que facilite el acúmulo de lixiviados en la parte más declive del mismo, o en el caso de existir un depósito de líquidos, se produzca un drenaje hacia el mismo [3]; [4].”

Aunque en el presente documento se trabaje para obtener la mejor solución del problema generado **al verter a las explotaciones como fertilizante la parte líquida (purín), que es la más contaminante**, a continuación se detallan **posibles usos con el estiércol** que aseguren también economía circular con este residuo:

- Planta de gestión en el tratamiento residual (compostaje básico) que transforme dicho residuo en un subproducto (compost) y posterior venta a socios o alguna explotación cercana para su aplicación directa.
- Un posible comprador que tenga un déficit de materia orgánica (como en el caso de compost con lombrices en invernaderos en Almería).
- Utilización como camas de ganado.

Además, existen actualmente varias investigaciones sobre el posible uso con estiércol:

- Investigación que se está actualmente llevando a cabo impulsada por el grupo ENCE.
- Investigación que se está actualmente llevando a cabo del grupo SUBPGAN: *“El objetivo general del proyecto es ofrecer una solución viable desde el punto de vista técnico y económico a los ganaderos de la Comarca de Los Pedroches para la gestión de subproductos en las explotaciones intensivas de vacuno de leche y su aprovechamiento en cultivos intensivos bajo invernadero en Almería a través de la ejecución de un proyecto piloto en Dos Torres (Córdoba) y el estudio para su implantación en toda la Comarca de Los Pedroches [4].”*

En cuanto a la **parte líquida (purines)**, en la que este Trabajo Fin de Grado (TFG) se centra, existen varias posibles soluciones para eliminar, al menos, un porcentaje del purín que contamina el suelo y aguas superficiales y subterráneas (aunque en ambas, ya se parte de base de que necesitan un almacenamiento impermeable y no se pueden verter sin control los purines como fertilizante):

- **Aplicación directa:** en la que se esparce la fracción líquida con un camión cisterna, pero a diferencia de hasta ahora, monitorizándolo para controlar que se reparta de forma homogénea por todo el terreno y, sobre todo para no sobrepasar el valor de 170 kg de N/ha (zona vulnerable) del Plan Hidrológico Español de demarcación de masas y la directiva de nitratos de la UE [2]; [17].
- **Diseñar una planta de biogás:** que consiga dar una solución al estado de las aguas superficiales y subterráneas de la zona, y del aire y cumpla la normativa vigente de calidad de masas de agua.
- **Secado térmico directo:** Es un proceso eficaz técnicamente, aunque tiene varios inconvenientes, como la necesidad de un combustible no renovable (gas natural) que sea quemado para secar los residuos y producir energía eléctrica.
- **Tratamiento biológico aerobio + tratamiento fisicoquímico:** *“Los purines tienen una relación DBO₅/DQO entre 0,2 y 0,4 y un elevado contenido de nitrógeno en relación al carbono. Estos dos factores hacen que, aunque puedan ser tratados mediante un proceso biológico aerobio con eliminación de nutrientes, los resultados mejoran drásticamente si se combina el proceso aerobio con un sistema fisicoquímico. A pesar de que esta opción es eficaz técnicamente, no es la más competitiva económicamente ni la más sencilla en cuanto a explotación se refiere [74].”*

En el presente TFG se considera que la opción del diseño de una planta de biogás es la más adecuada por los siguientes motivos:

- La elección de la aplicación directa (es decir, verter el purín directamente en las explotaciones) puede ser una opción viable para situaciones en las que el contenido de nitrógeno en el suelo no supere los 170 kg de N/ha en zonas vulnerables según el Plan Hidrológico Español de demarcación de masas (se recomienda emplear conductímetros o aplicaciones informáticas que controlen la situación del suelo como SUBPGAN, ECOGAN o GEMA). **Este valor fácilmente se supera en explotaciones intensivas** en las que el residuo se acumula en un espacio mucho más reducido por lo que en este caso **no es una opción a tener en cuenta**.
- Actualmente, en algunos espacios comprendidos en la zona de estudio, se supera el valor actual permitido en el Plan Hidrológico Español de demarcación de masas de agua de 170 kg de N/ha (en zonas vulnerables a la contaminación de nitratos) con un mal estado en la calidad de las masas de agua y, además, **se prevé que próximamente habrá un nuevo marco legal mucho más restrictivo**.
- En época de lluvias, y cuando no se tenga un uso establecido para el purín (sólo tenerlo acumulado en balsas abiertas para su aplicación directa en diferentes períodos del año), existe la posibilidad de que éste se desborde como ocurre actualmente en multitud de balsas que no son lo suficientemente amplias. Además, tenerlo acumulado sin una aplicación real, puede ocasionar problemas de gases de efecto invernadero.
- Se genera energía eléctrica y térmica a partir de un residuo.
- Uso del digestato sólido, que **carece de un elevado porcentaje de productos contaminantes, como sulfuros y nitratos, por lo que se valoriza su valor económico y ambiental tras el proceso de digestión anaerobia**, separación de fases, y posterior almacenamiento. Luego, se vende, a priori, como cama de ganado, aunque son cada vez mayores los posibles usos que puede tener.
- Se reutiliza el digestato líquido en la planta, al menos, en un porcentaje, y, el resto, se vende para su aplicación directa.
- Reutilización de la **fracción líquida del digestato mediante el sistema de ósmosis inversa**, reutilizándola y valorizándola en agua en una zona en la que existe una cantidad escasa de pluviometría y una gran demanda de la misma (debido al alto número de vacas en explotaciones intensivas).
- La creación de una planta de biogás en esta zona supone, entre otras, mejoras como: **transformación de un residuo en un subproducto, fijación de empleo directo e indirecto en una zona rural, economía circular, mejora de la calidad del entorno medioambiental, bioeconomía, generación de energía...**

Proceso industrial de la planta de biogás:

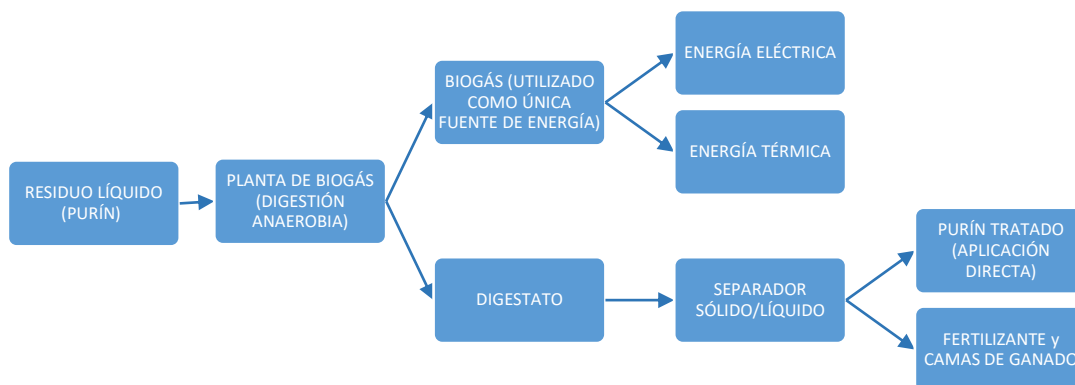


Figura 9. Proceso industrial en el que se basa dicho TFG. Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la *Figura 9. Proceso industrial en el que se basa dicho TFG*, al residuo líquido que hasta ahora se ha utilizado como fertilizante sin procesar, (al verterlo directamente sobre las explotaciones) se le da un nuevo uso. En este caso, el purín de vaca es el principal combustible de la planta de biogás.

Una planta de biogás es una instalación que se encarga de obtener biogás a partir de residuos o deyecciones (en este caso deyecciones ganaderos) mediante la digestión anaerobia (proceso de descomposición de la materia orgánica, explicado en el punto 1.5.1.DIGESTIÓN ANAEROBIA).

El biogás es un gas renovable que tiene una gran cantidad de aplicaciones (como se muestra en la Figura 11. Principales usos y aplicaciones a partir de 1m³ de biogás)

Para instalaciones de pequeña y mediana potencia, el biogás generado principalmente se utiliza para generar energía (eléctrica y térmica) de autoconsumo. La energía que contiene el biogás (poder calorífico) se transforma en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica y térmica, principalmente, con motores o turbinas (1.5.4.7.TECNOLOGÍAS BÁSICAS DE COGENERACIÓN).

La energía obtenida depende de una gran cantidad de parámetros. Entre ellos, destaca, la composición química de los combustibles a digerir (1.5.3. PARÁMETROS A TENER EN CUENTA EN BIOGÁS) y los equipos utilizados en la planta de generación de energía (1.5.4.FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE BIOGÁS).

La generación de energía mediante digestión anaerobia es un proceso en el que se obtiene biogás y, un producto digerido, conocido como digestato. Este digestato, en volumen, es ligeramente inferior al residuo introducido al principio del proceso, pero con la gran diferencia de que carece de un elevado porcentaje de los componentes tóxicos que tenía al principio (1.5.1.DIGESTIÓN ANAEROBIA). De este digestato se separa las fases líquidas y sólidas para darle más valor a la fase sólida (compost) y procesar mediante un proceso de ósmosis inversa la fase líquida (agua).

Además del purín de ganado de vacuno, **en la Comarca de Los Pedroches existen otros residuos** que aunque no suponen una contaminación tan elevada en las aguas y suelo, **si pueden contribuir a elevar considerablemente el volumen de**

biogás obtenido. La combinación de deyecciones ganaderas con otros residuos forestales y/o agropecuarios (cosustratos) supone **un mayor potencial en el biogás generado.** Esto es principalmente debido al alto contenido en agua del purín, que necesita un elevado volumen en el digestor para conseguir el mismo potencial que se consigue con mucho menor volumen en el digestor y varios cosustratos junto al purín. En un elevado porcentaje de las plantas de biogás de Europa, además de utilizar purín (como combustible principal de la planta), se utilizan otros residuos. [3]; [5].

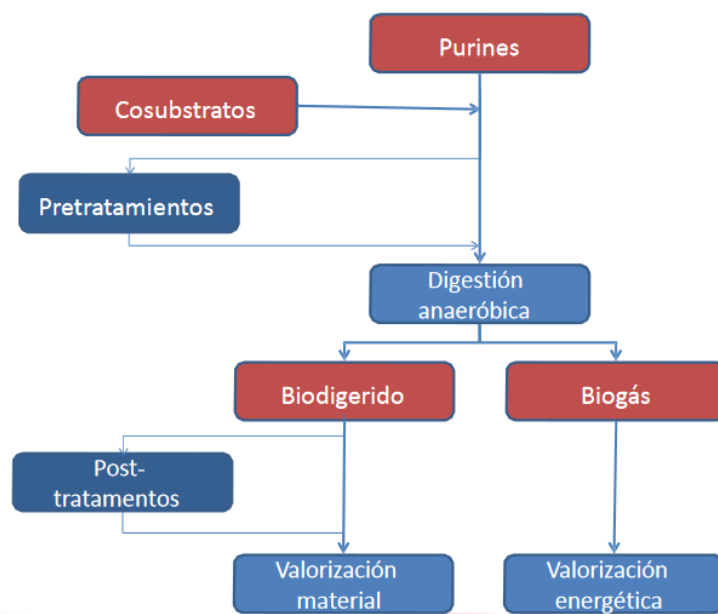


Figura 10. Biogás procedente de purines. Fuente: [34]

En el presente TFG los **sustratos a utilizar como combustible en la planta son los siguientes:**

- **Purín de ganado vacuno:**

Se diseña una planta de biogás (en Dos Torres) **a partir de los purines de 1.000 cabezas de ganado vacuno junto con varios residuos agropecuarios.** Los purines de vacuno, son los excrementos o deyecciones líquidos procedentes del ganado de vacuno que se acumulan en balsas. Existe un gran volumen que tras ser acumulado en balsas se vierte en las explotaciones como fertilizante (sin haber sido procesado previamente) provocando una elevada contaminación en suelos y aguas de la zona [1]; [2]; [3]; [4]; [9]; [11].

La composición química del purín de ganado vacuno está detallada en la tabla 3. El purín de ganado vacuno es el principal combustible de esta planta de biogás.

- **Maíz o trigo:**

El cereal ensilado, es un procedimiento utilizado para conservar el maíz y/o trigo que alimenta al ganado. Este procedimiento consiste en acumular dicho alimento en forma de trinchera o chorizo. Tras esta distribución, se comprime (con maquinaria), y así se consigue conservarlo y

protegerlo de las condiciones atmosféricas adversas y de la humedad que pueda generarse. En los meses estivales, para ensilar el cereal más utilizado es el maíz. Sin embargo, el trigo, es el más utilizado en los meses más fríos ya que, mediante el cereal ensilado, se protege mejor de la humedad. Además del trigo, también se utilizan en los meses de invierno la cebada o la avena para ensilar.

En la actualidad, en Los Pedroches, la parte superior del ensilado por contener mayor porcentaje de humedad no se le da ningún uso, por lo que se considera como residuo.

La composición de los principales cereales utilizados para ensilar es:

Tabla 5. Producción de biogás a partir de residuos vegetales. Fuente: [30].

Residuos	Cantidad residuo	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m³/t	m³/ha
Cereales				
Trigo	3,3	123:1	367	1200
Maíz	6,4	45:1	514	3300
Cebada	3,6	95:1	388	1400
Arroz	4,0	58:1	352	1400
Tubérculo				
Papas	10,0	20:1	606	6000
Betarragas	12,0	23:1	501	6000
Leguminosas				
Porotos	3,2	38:1	518	1650
Habas	4,0	29:1	608	1400
Hortalizas				
Tomate	5,5	12:1	603	3300
Cebolla	7,0	15:1	514	3600

- **Lixiviado:**

La capa que está en contacto con la atmósfera (la parte superficial del ensilado) al contener mayor cantidad de humedad, en la mayoría de las explotaciones se desecha. Al comprimir el maíz y/o cereal con maquinaria, y en períodos de lluvia, se genera un lixiviado. Un lixiviado es un residuo líquido, que se produce de manera variable a lo largo del año. En cuanto a composición, se aproxima en un elevado porcentaje al agua de río.

Los residuos y deyecciones utilizados como combustible en la planta de biogás pertenecen a la categoría 2 y 3 de los SANDACH (Subproductos de origen Animal No Destinados A Consumo Humano), siendo la categoría 1 la de mayor riesgo y la categoría 3 la de menor riesgo. Esta clasificación se realiza en el **marco legal de subproductos y generación energética a partir de ellos**, y por el que se establece la siguiente hoja de ruta para la generación de biogás y compost [9]; [23]:

Tabla 6. Sustrato de alimentación. Fuente: Elaboración propia.

TIPO DE RESIDUO	SANDACH
Purines de vacuno	CATEGORÍA 2
Ensilado de maíz (utilizado en los meses de verano) y trigo (utilizado en los meses de invierno).	CATEGORÍA 3
Lixiviados	CATEGORÍA 2

“Las plantas de biogás contarán con una unidad de pasteurización/higienización de paso obligatorio para los subproductos con una dimensión granulométrica máxima de 12 mm salvo para las plantas que transformen:

- *Material de categoría 2 procesada conforme al método 1 de transformación.*
- *Material de categoría 3 procesado por cualquiera de los métodos 1 a 5 o 7.*
- *Material de categoría 3 procedente de animales acuáticos procesado por cualquiera de los métodos 1 a 7.*
- *Material de categoría 3 sometido a pasteurización/higienización en otra planta.*
- *Estiércol, tubo digestivo y su contenido, leche, productos a base de leche, huevos y ovoproductos si la autoridad competente considera que no hay riesgo de propagación de enfermedad transmisibile grave.*
- *Subproductos animales que han sido sometidos al proceso de hidrólisis alcalina.*
- *Productos de origen animal o productos alimenticios que los contengan y que ya no estén destinados al consumo humano por motivos comerciales, problemas de fabricación, defectos de envasado u otros defectos que no conlleven ningún riesgo para la salud pública o animal, siempre que la autoridad competente lo autorice.*
- *Los alimentos para animales de compañía y piensos de origen animal o que contengan subproductos animales o productos derivados que ya no estén destinados a su fin por motivos comerciales, problemas de fabricación, defectos de envasado u otros defectos que no conlleven ningún riesgo para la salud pública o animal, siempre que la autoridad competente lo autorice.*
- *Subproductos animales que se transformen en biogás, donde los residuos de la fermentación de biogás (digestato) vayan a ser compostados, tratados o eliminados posteriormente de acuerdo con el Reglamento (en función de los materiales de partida), siempre que la autoridad cometerte lo autorice [9].”*

A su vez, en la clasificación de los códigos LER (Lista Europea de Residuos), los 3 residuos se clasifican en el capítulo 19: *“Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos, de las plantas externas de tratamiento de aguas residuales y de la preparación de agua para consumo humano y de agua para uso industrial”*. Específicamente, en el subcapítulo 19 06 06: ***“Lodos de digestión del tratamiento anaeróbico de residuos animales y vegetales”***

Usos del biogás:

El biogás tiene una gran cantidad de usos, y conforme avanza la sociedad del sistema convencional impulsado por materias primas fósiles, a un sistema basado en la utilización de energías renovables y aprovechamiento de residuos como subproductos, va a tener una mayor importancia y se espera que tenga un papel importante en muchos sectores. [1]; [3]; [7]; [11]; [12]; [13];

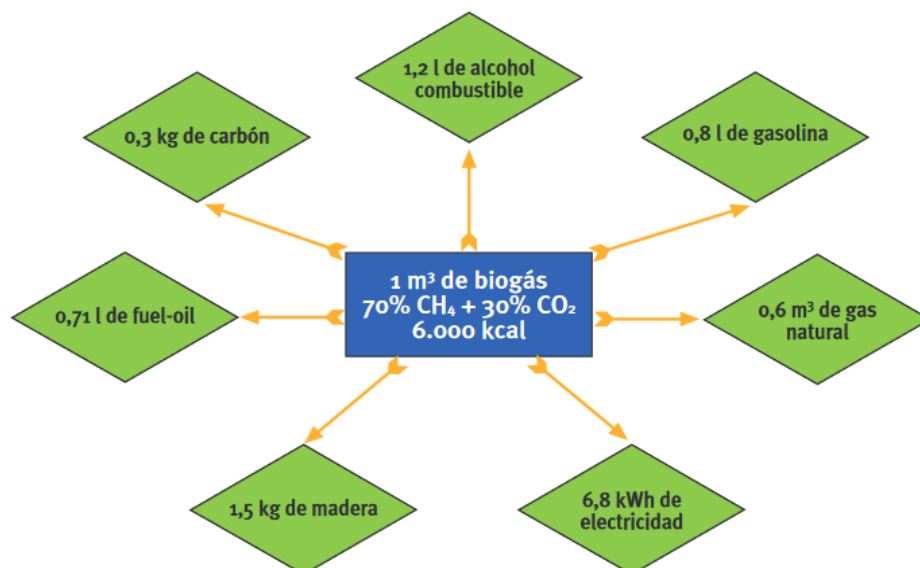


Figura 11. Principales usos y aplicaciones a partir de 1m3 de biogás. Fuente: [40]

Uno de los ejemplos más destacados para el desarrollo del biogás en España está en el horizonte 2021 – 2030, en el que el **Plan Nacional Integrado de Energía y Clima** se propone como objetivo el cambio de modelo de energías convencionales (petróleo, gas natural y carbón) a un modelo energético renovable y sostenible. Algunas de las principales aplicaciones del biogás en esta ruta de transición energética son:

- Transformación de biogás (aproximadamente, con 65 % de CH₄) a biometano (aproximadamente, con 98 % de CH₄) mediante un proceso de absorción de CO₂ (por ejemplo, proceso Upgrading). El biometano tiene características muy similares al gas natural. La red de gasoductos de España soporta la combinación de gas natural y biometano, por lo que existe la posibilidad de una transición energética progresiva.
- Transformación de biometano a hidrógeno verde (considerado por diferentes industrias, como uno de los principales combustibles renovables del futuro). Principalmente en la industria actual se realiza al añadir vapor de agua a 1200 °C al biometano.
- Generación de energía térmica para calefacción, al quemar biogás, junto a biomasa, en una caldera (en sustitución del carbón, para conseguir el objetivo de descarbonización total en España marcado para 2050).
- Generación de energía eléctrica y térmica con biogás (aunque el biogás bruto obtenido contiene un porcentaje elevado de CO₂, en torno a 35 %, esto no afecta a que pueda utilizarse en la mayoría de turbinas, microturbinas o motores de gas. Si es necesario eliminar el contenido de H₂S y H₂O en forma de vapor que contenga).

- **ECONOMÍA CIRCULAR**

Como se ha comentado en la introducción del proyecto, es de gran importancia el concienciar sobre la economía circular en la industria y sociedad, ya que el planeta tiene una función en cadena (funcionamiento de los ecosistemas); es decir, si contaminamos el entorno, antes o después, nosotros mismos estaremos también afectados, ya que cada especie debe mantener cierta proporción en el sistema para poder conseguir cerrar el ciclo con un cierto equilibrio.

Si conseguimos que cada fábrica consiga darle un uso y utilidad a sus residuos¹ conseguiremos muchos beneficios, entre ellos:

- Mejorar la conservación del ecosistema, ya que muchos de estos residuos contienen sustancias tóxicas y dañinas medioambientalmente hablando (estado de la calidad de las aguas, aire, bosques y seres vivos)
- Encontrar una utilidad a un residuo que en muchas ocasiones puede provocar problemas de espacio (plásticos, basura, estiércol,...)
- Mejorar el suministro de materias primas.
- Evitar un importante gasto económico al importar productos que podríamos nosotros mismos tener, simplemente, buscando cómo transformar ese residuo en subproducto.
- Mayor empleo local (principalmente en zonas rurales con un elevado número de población envejecida).

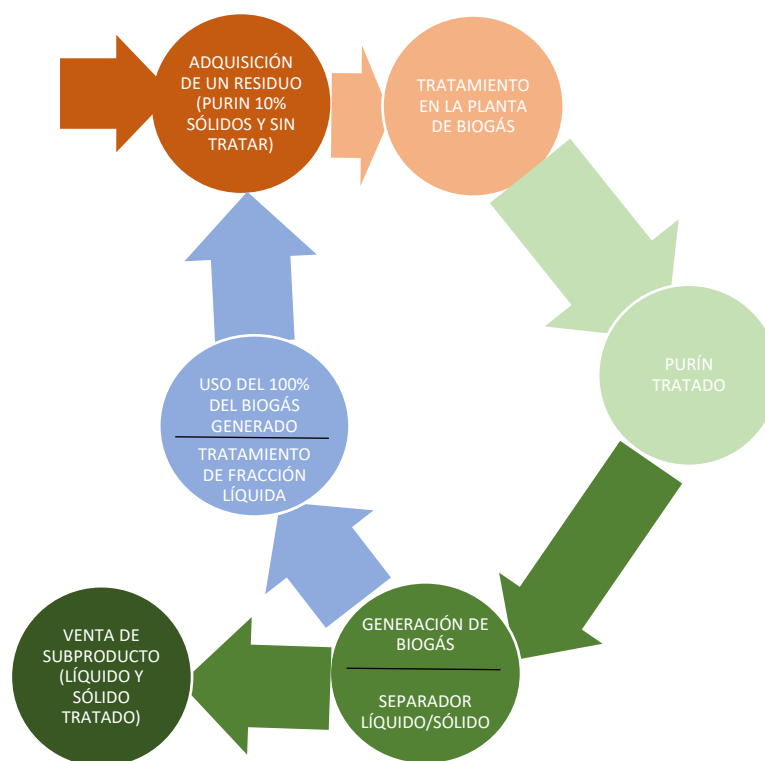


Figura 12. Economía circular del proyecto. Fuente: Elaboración propia

Residuos¹: Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.

Subproductos²: En cualquier proceso industrial, producto que se obtiene además del principal y que suele ser de menor valor que este.

1.4.LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA DE BIOGÁS

Como se puede apreciar en las figuras y tablas anteriores, existe una gran diferencia en la cantidad de nitrógeno en el suelo en cada municipio y esto es debido al tipo y cantidad de ganado en cada término municipal.

En el caso del municipio de **Dos Torres**, como se puede apreciar en la Tabla 4, es el único municipio de la zona en el que se supera 1.000 t/año de nitrógeno en su suelo mientras que otros muchos términos municipales de esta misma localización no alcanzan los 50 t/año, provocando así una gran diferencia en apenas unos kilómetros de distancia.

Como se puede apreciar en la siguiente tabla, tras el municipio de Dos Torres está el municipio de Añora en cuanto a número de explotaciones de ganado intensivo y, por lo tanto, de mayor cantidad de nitrógeno en su suelo.

Tabla 7. Vacuno intensivo en Los Pedroches. Fuente: [33]

MUNICIPIO	Nº EXPLOTACIONES	CENSO MEDIO	CENSO MEDIO <12 MESES	CENSO MEDIO =<12 MESES	TOTAL ANIMALES (*100)	TOTAL ANIMALES <12 MESES	CENSO MEDIO >12 MESES
ALCARACEJOS	31	148,01	30,62	117,39	45,88	949	3.639
AÑORA	52	184,36	37,18	147,18	95,87	1.934	7.353
BELALCAZAR	46	167,78	31,57	136,21	77,18	1.452	6.266
CARDEÑA	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
CONQUISTA	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
DOSTORRES	74	173,91	38,24	135,68	128,69	2.829	10.040
EL GUIJO	5	129,80	32,11	97,69	6,49	161	488
EL VISO	14	131,31	28,70	102,61	20,18	402	1.437
FUENTE LA LANCHAS	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
HINOJOSA DEL DUQUE	11	106,65	22,80	83,84	11,73	251	922
PEDROCHE	26	128,67	26,52	102,16	33,45	689	2.656
POZOBLANCO	45	166,63	35,60	131,03	74,99	1.602	5.896
SANTA EUFEMIA	2	237,04	57,26	179,78	4,74	115	360
TORRECAMPO	5	268,72	54,46	214,26	13,44	272	1.071
VILLANUEVA DE CORDOBA	3	57,07	10,20	46,87	1,71	30	140
VILLANUEVA DEL DUQUE	15	134,54	29,09	105,45	18,38	436	1.582
VILLARALTO	12	158,30	34,01	124,09	19,00	411	1.489
TOTAL	258	124,03	26,70	97,31	409,98	8.650	43.339

“El término municipal de Dos Torres concentra casi el 30% de las explotación de la Comarca, seguido de Añora, con el 20% y Pozoblanco y Belalcázar con el 17% cada uno, de manera que estos cuatro municipios concentran más del 80% de las explotaciones de la Comarca. Por especies, y dado el nivel de intensidad del vacuno de leche en la Comarca de Los Pedroches la mayoría del estiércol producido es generado en estas explotaciones.

Dentro de la comarca tenemos una amplia variedad en la contaminación por nitrógeno de origen ganadero según los municipios.

Los términos municipales con mayor concentración de explotaciones intensivas, mayoritariamente explotaciones de vacuno de leche, como Añora o Dos Torres, presentan los mayores valores de nitrógeno por ha, mientras que los municipios con baja presión de explotación intensivas presentan valores casi inexistentes de concentración de nitrógeno por ha [3].”

De esta forma, se detalla la zona que está con una mayor problemática:

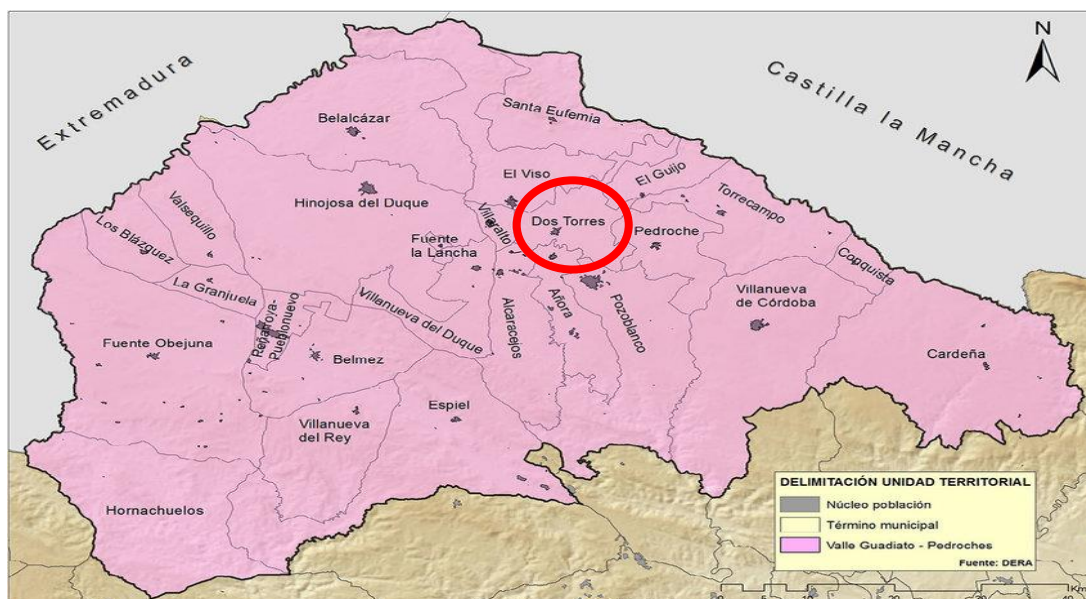


Figura 13. Zona principalmente afectada por contaminación de las aguas provocada por las explotaciones de ganado vacuno intensivo. Fuente: [35]

El ganado intensivo es el que genera esos elevados valores de nitrógeno en el suelo, por ello se puede ver cómo existe una gran diferencia entre municipios y zonas (ya que las explotaciones intensivas están principalmente en ciertas zonas).

Existe una gran cantidad de explotaciones de vacuno intensivo (74) en la localidad de Dos Torres (la inmensa mayoría son explotaciones familiares llevadas por menos de 5 personas) que representa casi un 30% del total de explotaciones de toda la comarca.

En cuanto a ganado vacuno intensivo en Dos Torres:

- 74 explotaciones de ganado vacuno intensivo (representa el 28,7% de Los Pedroches).
- En el censo de ganado de 2013 había 12.869 vacas y 3.397 de leche en dicha localidad.
- El estiércol generado en todo el término municipal supera los 200.000 t/año.

Entre todas estas explotaciones, destacan algunas de ellas, ya sea, por volumen de ganado o por los años de experiencia sobre el resto:

“Ciguñuela” y “Vistahermosa”: Explotaciones con más de 180 animales cada una, y que más de la mitad son vacas de lactación intensiva. Otras explotaciones importantes en la zona son “Dehesa de Valbuena”, “Agropecuaria el Legio SL”, “Edukar Ganaderos S.L” y “Antonia Ruiz e Hijos S.C.P”.



Figura 14. Explotaciones ganaderas intensivas de vacuno de leche de Dos Torres.

Fuente: [36]

Ya que prácticamente todas las explotaciones son medianas o pequeñas y que nuestro objetivo es diseñar una planta de biogás que mejore la situación de nitrógeno en el suelo de Dos Torres se debe diseñar un tipo de **planta centralizado** (en el que todo el residuo se lleva a un punto céntrico).

Se debe buscar una localización cercana a muchas de estas ganaderías, además de situarse a cierta distancia del casco urbano para evitar problemas de ruido, malos olores y paso continuo de vehículos de gran tonelaje principalmente.

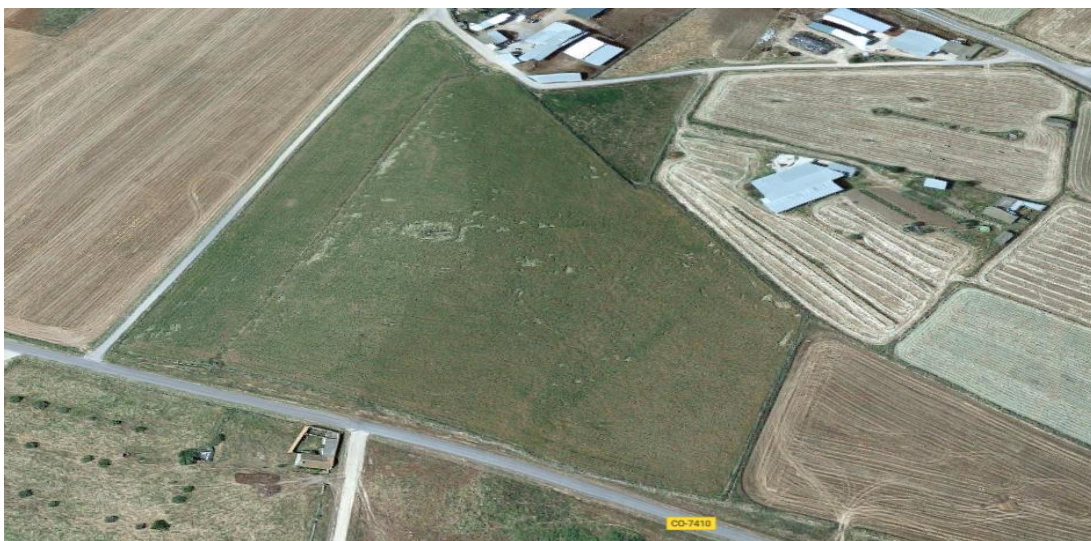


Figura 15. Parcela destinada a la planta de biogás. Fuente: [37]

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

Referencia catastral

14023A017001590000BS



Localización

Polígono 17 Parcela 159
DEHESA D TORREMILANO. DOS TORRES (CÓRDOBA)

Clase

Rústico

Uso principal

Agrario

PARCELA CATASTRAL



Localización

Polígono 17 Parcela 159
DEHESA D TORREMILANO. DOS TORRES (CÓRDOBA)

Superficie gráfica

59.104 m²

CULTIVO

Subparcela	Cultivo/Aprovechamiento	Intensidad Productiva	Superficie m²
0	C- Labor o Labradío seco	01	59.104

Figura 16. Catastro de la parcela. Fuente: [38].

La elección de dicha parcela se debe, entre otras cuestiones, a:

- Superficie de casi **60.000 m²**, bien conectada a la red de carreteras nacionales que facilita el paso de vehículos pesados.
- Zona cercana a muchas de las principales explotaciones ganaderas del municipio (muy próxima a la ganadería “**Vistahermosa**” que es una de las explotaciones ganaderas con mayor número de ganado vacuno).
- Cercano al casco urbano pero respetando una distancia superior a un kilómetro que asegura evitar molestias correspondientes a ruido, olor, tránsito constante de maquinaria...
- No existe en dicha parcela un tipo de ecosistema que se pueda ver alterado ni eliminado como puede ser árboles, ríos, animales,...
- Localizado en un área reconocido como polígono por lo que se puede cambiar el uso del suelo de agrario a industrial.
- Posibilidad de ampliación, si se necesitase, posteriormente, aumentar la superficie de la planta de biogás (si se considerase oportuno añadir otros procesos industriales como un número mayor de tanques de almacenamiento, estercoleros para la fracción sólida, un segundo digestor...).



Figura 17. Vista de la parcela. Fuente: [38]

1.4.1. SISTEMA LOGÍSTICO DE LOS RESIDUOS

Como se detalla en el ANEXO I. CÁLCULO DE EQUIPOS, el volumen necesario de purín, de cereal ensilado y de lixiviado es el siguiente:

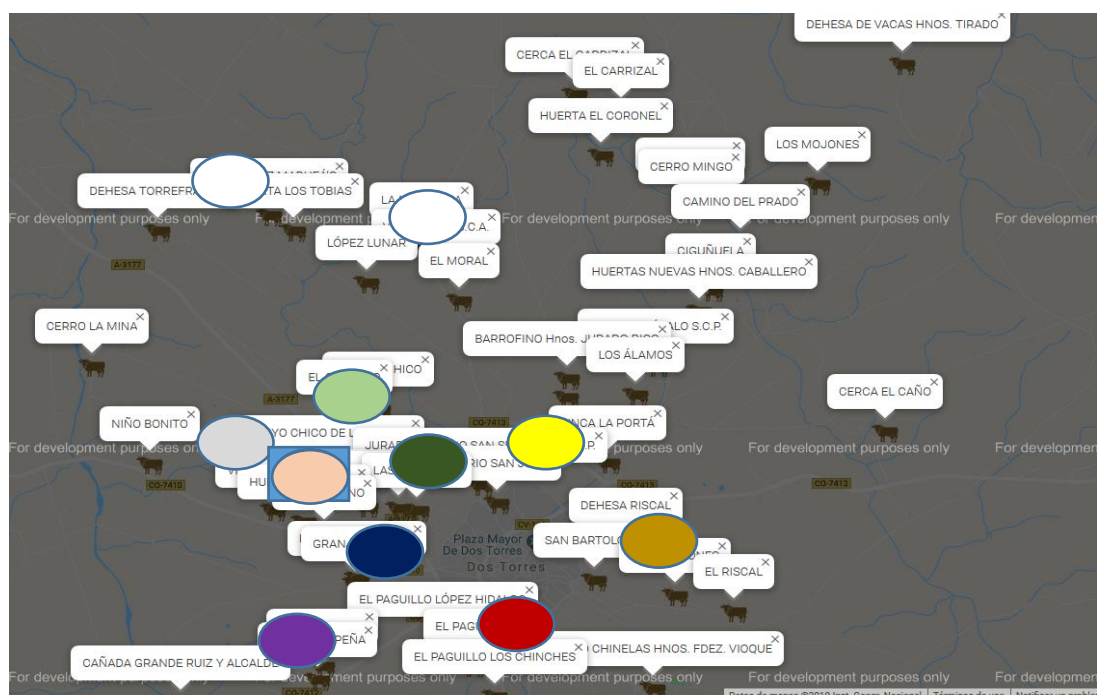
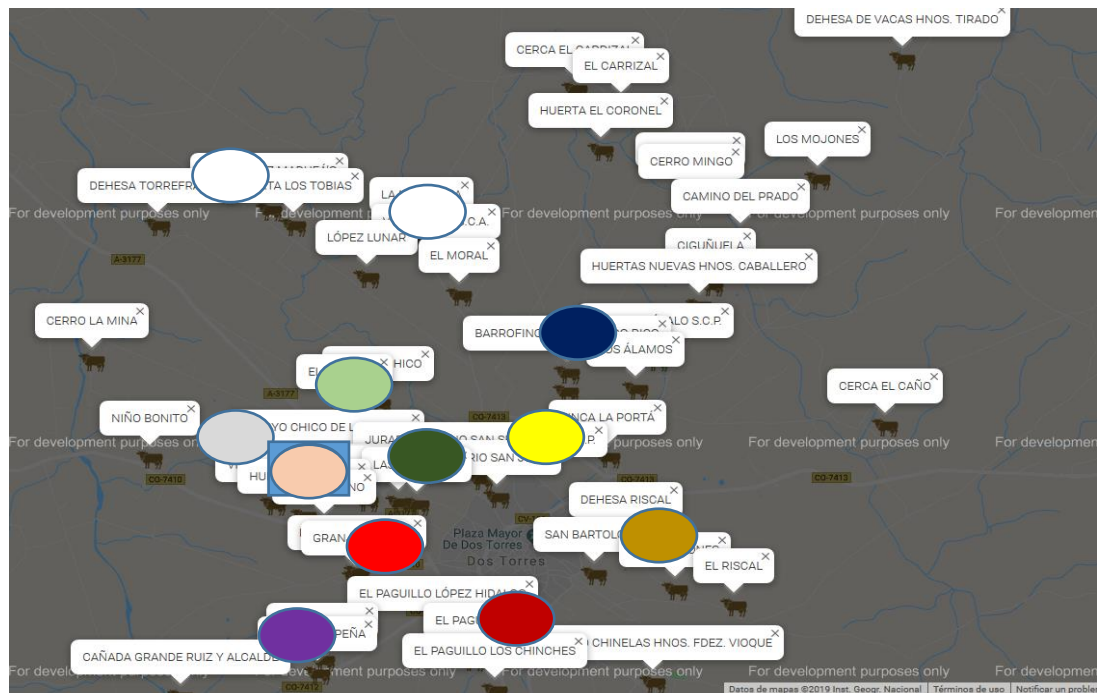
Tabla 8. Volumen diario de residuo necesario en el digestor. Fuente: Elaboración propia.

VOLUMEN DIARIO NECESARIO EN EL DIGESTOR	
PURIN DE VACUNO	38,36 m ³
LIXIVIADOS	5,48 m ³
PARTE RESIDUAL DE CEREAL ENSILADO	0,91 m ³
TOTAL	44,75 m ³

PURINES DE VACUNO y LIXIVIADOS:

La carga de residuo de purín y lixiviado se realiza diariamente, siguiendo la siguiente tabla, organizada para comenzar la recogida en enero en las explotaciones contiguas a la planta de biogás y yendo cada mes a una zona diferente del término municipal de Dos Torres, optimizando así los viajes necesarios desde la planta (representada en un cuadrado, en azul) a las explotaciones. El funcionamiento de la planta es de 10 meses al año, por lo que durante estos meses (en blanco) no se realiza la carga de purín. Se marcan posibles zonas de carga (en blanco) por si el tiempo de funcionamiento de la planta fuese superior a 10 meses o, por si se necesitase una carga mayor o de apoyo en un futuro de la vida útil de la planta.

	EN	FE	MR	AB	MY	JN	JL	AG	SP	OC	NO	DI
S1												
S2												
S3												
S4												



1.5.DISEÑO E INSTALACIÓN DE LA PLANTA

Como se ha comentado en el punto anterior, en el término municipal de Dos Torres hay un total de 74 explotaciones en las que predomina el vacuno de leche en intensivo (principalmente en los últimos 30 años en los que la Cooperativa COVAP, con la que trabajan prácticamente todas las explotaciones, ha incrementado sus ventas de forma considerable y se ha tenido que cambiar el modelo de producción láctea en muchas explotaciones de extensivo a intensivo) provocan una elevada contaminación en aguas superficiales, aguas subterráneas y suelo al verter el purín procedente de las vacas. A su vez, existen otros residuos agropecuarios (como restos del cereal ensilado de maíz o trigo, utilizados en la alimentación de las vacas y, lixiviados, que se generan al comprimir estos cereales) que consiguen aumentar considerablemente el potencial del biogás [1]; [2]; [5]; [11].

1.5.1. DIGESTIÓN ANAEROBIA

“La digestión anaerobia es un proceso biológico en el que la materia orgánica en ausencia de oxígeno, y mediante la acción de un grupo de bacterias específicas, se descompone en productos gaseosos o “biogás” (CH_4 , CO_2 , H_2 , H_2S , etc.), y en digestato, que es una mezcla de productos minerales (N, P, K, Ca, etc.) y compuestos de difícil degradación. El biogás contiene un alto porcentaje en metano, CH_4 (entre 50-70 %), por lo que es susceptible de un aprovechamiento energético mediante su combustión en motores, en turbinas o en calderas, bien sólo o mezclado con otro combustible. Debido a su alto contenido en metano, tiene un poder calorífico algo mayor que la mitad del poder calorífico del gas natural. Un biogás con un contenido en metano del 60% tiene un poder calorífico de unas 5.500 kcal/m³ (6,4 kWh/m³). Es decir, salvo por el contenido en H_2S , es un combustible ideal [5]; [11]; [39]; [70].”

Tabla 9. Principales características del biogás. Fuente: [5]; [11]; [39]; [70]

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL BIOGÁS	
Composición principal	55 – 70 % metano (CH_4) 30 – 45 % dióxido de carbono (CO_2) Trazas de otros gases
Contenido energético	6.0 – 6.5 kWh/m ³
Equivalente de combustible	0,60 – 0,65 L petróleo/m ³ biogás
Límite de explosión	6 – 12 % de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750 °C (con el contenido de CH_4 mencionado)
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura crítica	- 82,5°C
Densidad normal	1,2 kg/m ³
Olor	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)
Masa molar	16.043 kg/kmol
Poder Calorífico Inferior (PCI)	5.500 kcal/m ³ = 6,4 kWh/m ³

En cuanto a la composición aproximada de un biogás tipo obtenido en una planta procedente de residuos ganaderos es de:

Tabla 10. Componentes del biogás en función del sustrato utilizado. Fuente: [28]

Componente	Residuos ganaderos	Residuos agrícolas	Fangos de depuradora	Residuos municipales	Gas de vertedero
Metano	50-80 %	50-80%	50-80 %	50-70 %	45-60 %
Dióxido de carbono	30-50 %	30-50 %	20-50 %	30-50 %	40-60 %
Agua	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado
Hidrógeno	0-2 %	0-2 %	0-5 %	0-2 %	0-0,2 %
Sulfuro de hidrógeno	0-1 %	100-700 ppm	0-1 %	0-8 %	0-1 %
Amoníaco	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	0,1-1 %
Monóxido de carbono	0-1 %	0-1 %	0-1 %	0-1 %	0-0,2 %
Nitrógeno	0-1 %	0-1 %	0-3 %	0-1 %	2-5 %
Oxígeno	0-1 %	0-1 %	0-1 %	0-1 %	0,1-1 %
Constituyentes en cantidades trazas, compuestos orgánicos	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	0,01-0,6 % ^(*)

(*) Terpenos, ésteres,...

La composición final del biogás depende de la materia prima introducida (descrita en el punto 1.3.ANTECEDENTES).

Para la conversión de sustrato a biogás mediante la digestión o fermentación anaerobia [convierte compuestos orgánicos biodegradables en metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) principalmente en ausencia de oxígeno gracias a la acción de distintos grupos de bacterias] se dan las siguientes fases:

Tabla 11. Fases de la transformación de residuo a subproducto. Fuente: [41]

FASE DE TRANSFORMACIÓN DE RESIDUO A SUBPRODUCTO			
FASE		SUSTRATO	COMPUESTO
Fase de transformación del residuo	Fase Limitante (Fases 1 y 2) Hidrólisis y Acidogénesis	Sustrato complejo	Carbohidratos, Lípidos, Proteínas...
		Sustrato simple	Azúcares, Ácidos Grasos, Aminoácidos...
			CO ₂ , H ₂ , Ácidos orgánicos y alcoholes
Fase de estabilización del residuo	Fase 3 Acetogénesis	Microorganismos acetogénicos	Acetato H ₂ y CO ₂
	Fase 4 Metanogénesis	Microorganismos metanogénicos	CH ₄ y CO ₂

El residuo tratado tendrá como beneficios: el biogás, generar energía y el digestato, ser tratado para poder utilizarse como un fertilizante de calidad y mucho más puro al haberle quitado el metano y otros compuestos que puedan ser perjudiciales para el entorno, cerrando así el círculo de producción en esta zona ganadera.

“HIDRÓLISIS:

En esta fase se descomponen las cadenas largas de materia orgánica en otras más cortas, obteniéndose productos intermedios. La materia orgánica es descompuesta por la acción de un grupo de bacterias hidrolíticas que hidrolizan las moléculas solubles en agua, tales como grasas, proteínas y carbohidratos y las transforman en polímeros más simples. En la hidrólisis ya hay producción de CO₂. El valor óptimo del pH en la etapa de la hidrólisis es de pH 5,3 y pH 6,7. Dependiendo del tipo de sustrato y del tiempo de retención el pH puede bajar hasta 4,5.

ACIDOGÉNESIS:

En esta fase se convierten los productos intermedios en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono. Estas dos primeras fases son realizadas por un primer grupo de bacterias, las hidrolíticas-acidogénicas y las acetogénicas que hidrolizan y fermentan las cadenas complejas de la materia orgánica en ácidos orgánicos simples (acético mayormente). Son bacterias anaerobias facultativas que pueden consumir oxígeno molecular para su metabolismo, no crecen en presencia de oxígeno molecular, el oxígeno resulta tóxico en mínimas cantidades.

El consumo del oxígeno molecular del aire produce el ambiente anaerobio ideal para el desarrollo de las bacterias. El crecimiento bacteriano en esta etapa es rápido. El valor óptimo del pH para que se desarrolle la etapa de acidogénesis está entre 5,5 y 6,7. Según algunos autores el pH en esta fase puede estar en el orden de 6,0-7,5. Dependerá siempre del tiempo de retención y del tipo de sustrato. En esta etapa se empiezan a formar los gases como H₂S, CO₂ y amoníaco NH₃.

ACETOGÉNESIS:

En esta etapa se desarrollan bacterias acetogénicas que realizan la degradación de los ácidos orgánicos donde los alcoholes, ácidos grasos y compuestos aromáticos se degradan produciendo ácido acético, llevándolos al grupo acético CH₃-COOH y liberando como productos hidrógeno y dióxido de carbono que son los elementos precursores de las bacterias metanogénicas.

Las bacterias acetogénicas convierten ácido propiónico y butírico en ácido acético. Estas tienen un crecimiento relativamente lento (tiempo de duplicación mínimo de 1,5 a 4 días). Las reacciones que producen son muy complicadas energéticamente y se interrumpen fácilmente por acumulación de gas hidrógeno disuelto en el medio acuoso.

METANOGENÉNESIS:

La metanogénesis es la última etapa en la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas. Durante este proceso, aceptores de electrones (como el oxígeno, hierro, sulfato, nitrato y manganeso) se reducen, mientras que se acumulan hidrógeno (H₂) y dióxido de carbono. También se acumulan compuestos orgánicos ligeros debido a la fermentación. Durante las fases avanzadas a la descomposición orgánica, todos los aceptores de electrones quedan reducidos, excepto el dióxido de carbono.

La metanogénesis elimina con efectividad los productos casi finales de la descomposición: el hidrógeno, los compuestos orgánicos pequeños y el dióxido de

carbono. Sin la metanogénesis se acumularía una gran cantidad de carbono (en forma de productos de la fermentación) en los ambientes anaeróbicos.

Este es un proceso que lo realizan microorganismos conocidos como metanógenos (archaeas anaerobias estrictas) que usan el carbono (dióxido de carbono) como aceptor final de electrones para producir metano.



En esta fase, un segundo grupo de bacterias convierte los ácidos orgánicos en metano y dióxido de carbono. Se trata de bacterias metanogénicas estrictamente anaerobias, es decir, que no se sobreviven en presencia de oxígeno molecular. Las más importantes son las que transforman los ácidos propanoico y acético, denominadas bacterias metanogénicas acetoclásticas.

En esta fase se produce el 90% del total del metano que se produce en el biodigestor. Las tasas de crecimiento de las bacterias metanogénicas son cinco veces menores que las de la fase de acetogénesis, por ello, son las que se limitarán el proceso de degradación anaerobia. Son también las que condicionarán el tiempo de retención de la biomasa en el digestor así como la temperatura del proceso. Las bacterias metanogénicas sólo pueden multiplicarse cuando está avanzada la fermentación de los sustratos primarios por acción de las bacterias anaerobias facultativas (por ejemplo *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* o *Bacillus*) y se haya consumido todo el oxígeno disuelto, de manera que el potencial redox haya alcanzado en un valor entre -350 y -550 mV. El valor óptimo del pH para que ocurra esta reacción está en el rango de 6,8 y 7,5 llegando en algunos casos hasta valores del pH de hasta 8,00” [6].

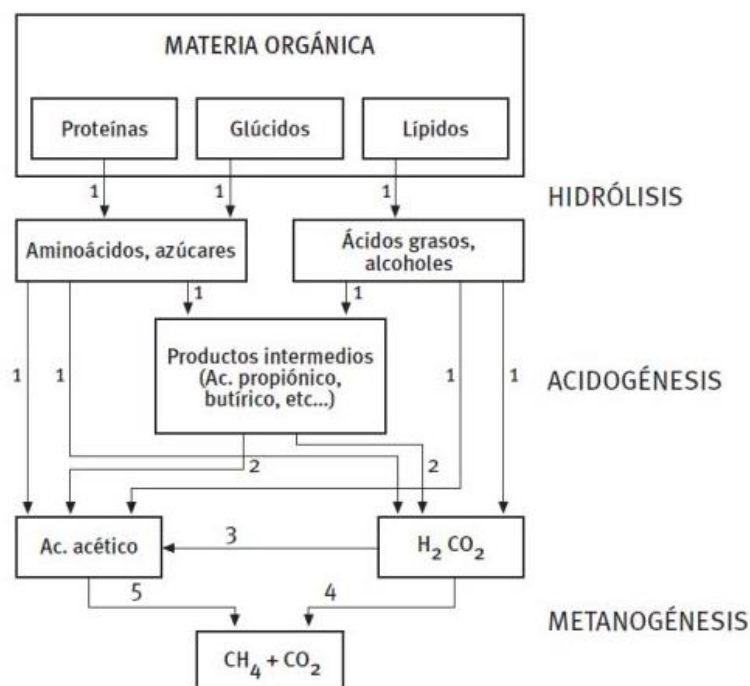


Figura 18. Fases en la transformación de un residuo en un subproducto. Fuente: [42].

“El proceso controlado de digestión anaerobia es uno de los más idóneos para la reducción de emisiones de efecto invernadero, el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos y el mantenimiento y mejora del valor fertilizante de los productos tratados. La digestión anaerobia puede aplicarse, entre otros, a residuos ganaderos, agrícolas, así como a los residuos de las industrias de transformación de dichos productos. Entre los residuos se pueden citar **purines, estiércol, residuos agrícolas o excedentes de cosechas**, etc. Estos residuos se pueden tratar de forma independiente o junta, mediante lo que se da en llamar co-digestión [7].”

“El biogás industrial se obtiene por tres vías principales: el que se recupera directamente de los vertederos (rellenos sanitarios), proceso que se describe como la digestión anaeróbica pasiva; el proveniente de las aguas residuales urbanas y de efluentes industriales tratados en las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) (fase de fermentación) y, por último, **el producido con propósitos energéticos en plantas de digestión anaeróbica**, tanto mesófilas (35°C) como termófilas (55°C), especialmente diseñadas para granjas, que incluyen digestores de residuos de procesamiento de la industria agroalimentaria [8].”

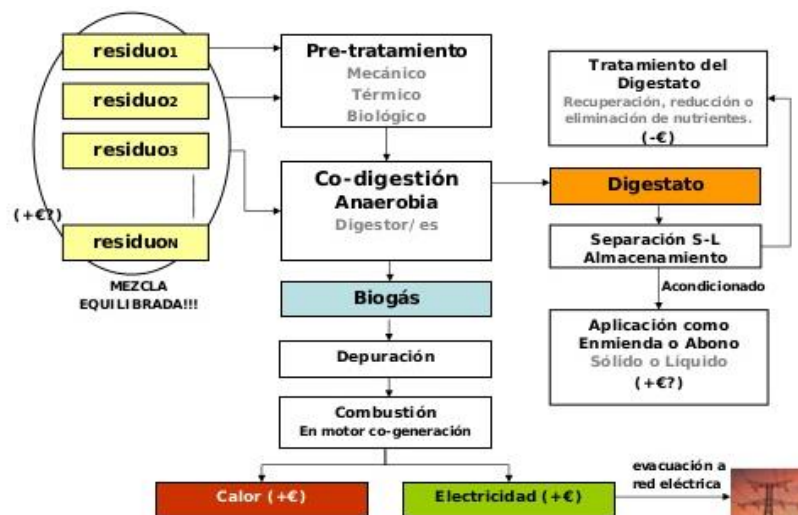


Figura 19. Procesos en planta de biogás agroindustrial. Fuente: [43]

1.5.2. SITUACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL DEL BIOGÁS

- EUROPA: En los últimos años, en Europa, el biogás está teniendo mucha importancia en países como Alemania (principalmente), Italia y Francia con 10.971, 1.655 y 742 plantas de biogás, respectivamente. Si se compara la situación de España con estos países, se puede ver la gran diferencia que existe en dicho sector, ya que, en nuestro país, el número de instalaciones de biogás apenas supera las 200 plantas, por lo que se puede decir que España aún tiene mucho trabajo por hacer puesto que el biogás es uno de los biocombustibles renovables al que se le espera una gran proyección y cantidad de aplicaciones [11]; [12]; [44].

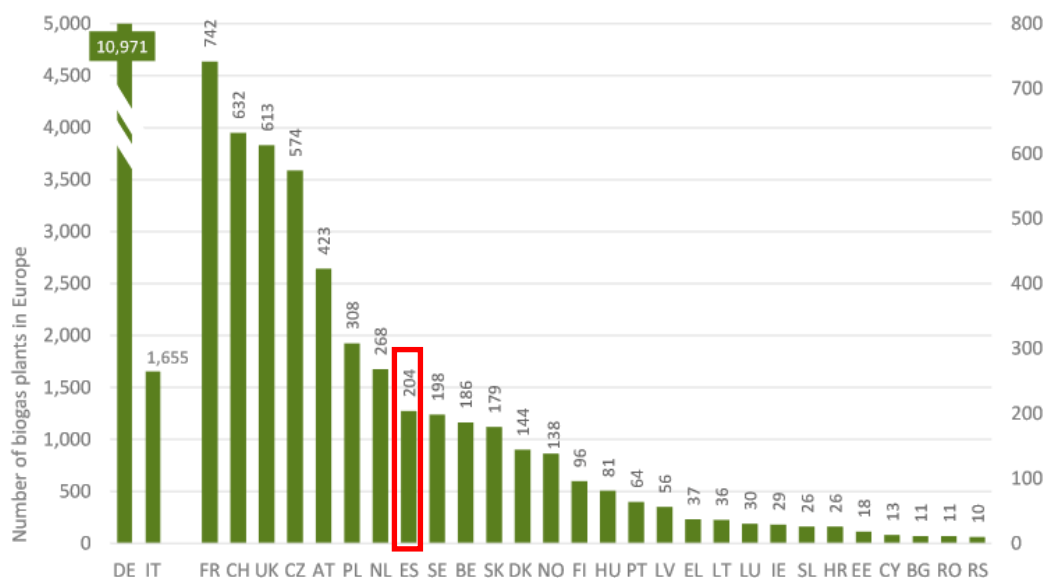


Figura 20. Número de las plantas de biogás instaladas en Europa (por países). Fuente: [44]

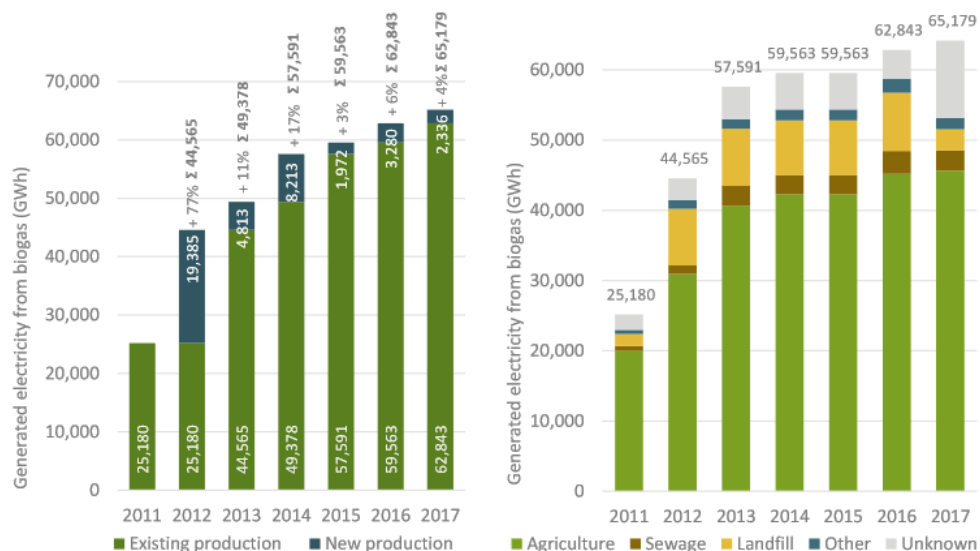


Figura 21. Desarrollo de la producción total de electricidad a partir de biogás en Europa (izquierda), y desglose de la producción anual de electricidad por tipo de materia prima (derecha). Fuente: [44]

- ANDALUCÍA: Como se ha comentado anteriormente, el papel de España y más concretamente el de Andalucía en tecnología eléctrica procedente de biogás es muy pobre [11]; [12]; [44].

Tabla 12. Potencia eléctrica (MW) a partir de biomasa y biogás en Andalucía.
Fuente: [28]

Provincia	Biomasa (MW)	Biogás (MW)
Almería	1,70	0,63
Cádiz	-	2,12
Córdoba	81,14	3,05
Granada	-	1,22
Huelva	118,45	0,25
Jaén	39,00	0,80
Málaga	17,19	7,45
Sevilla	-	15,23
Andalucía	257,48	30,75

Tabla 13. Número de instalaciones y potencia. Fuente: [28]

Fuente	MW	Número de instalaciones
Residuos ganaderos	0,30	1
EDAR	6,66	9
RSU	23,79	9
Total	30,75	19

Hasta ahora, la normativa tampoco ha apoyado este tipo de tecnología, aunque en los últimos años se están incentivando las tecnologías que utilicen residuos (urbanos, ganaderos, agrícolas...) y sobre todo sancionando el mal uso de los vertidos (vertidos a ríos, a mares, en explotaciones ganaderas...) por lo que **se puede prever que en los próximos años el número de instalaciones y, por lo tanto, de potencia, vaya en aumento impulsados por la Ley de Cambio Climático y Transición Energética**. En nuestra comunidad autónoma (Andalucía), en especial, se cuenta con un amplio abanico de posibilidades para el uso de biogás [11]; [12].

1.5.3. PARÁMETROS A TENER EN CUENTA EN BIOGÁS

Los parámetros ambientales y operacionales a tener en cuenta en una planta de biogás son los siguientes:

Tabla 14. Parámetros ambientales y operacionales de la digestión anaerobia. Fuente: [42]

Parámetros ambientales	Parámetros operacionales
pH	Temperatura (Psicrófilo, Mesófilo, Termófilo)
Alcalinidad	
Potencial REDOX	Agitación
Nutrientes	Tiempo de retención
Tóxicos e inhibidores	Velocidad de carga orgánica

○ PARÁMETROS AMBIENTALES

- **pH:** Debe mantenerse controlado en todo momento y en valores comprendidos entre 6,5 y 8, ya que es en este rango en el que se produce el desarrollo de las bacterias. Las condiciones óptimas se producen entre 6,6 y 7,6.
- **Alcalinidad:** “para asegurar la capacidad tampón y evitar la acidificación. Es recomendable una alcalinidad superior a 1,5 g/l CaCO₃” (IDAE)
- **Potencial REDOX:** con valores recomendables inferiores a - 350 mV.
- **Nutrientes:** valores que aseguren el crecimiento de los microorganismos.

Tabla 15. Relación C/N de algunos sustratos. Fuente: [45]

Relación C:N de algunos sustratos	
SUSTRATO	RELACIÓN C/N
Serrín y virutas	150-500 / 1
Paja de maíz	150 / 1
Paja de trigo y cebada	100 / 1
Abonos verdes	10-20 / 1
Leguminosas	10-15 / 1
Estiércol de bovino con paja	15-30 / 1
Purín de vacuno	15-24 / 1
Estiércol de ovino	15-20 / 1
Purín de cerdo	18-20 / 1
Gallinaza	10-15 / 1

Es muy importante la relación C/N ya que el carbono y el nitrógeno son los principales nutrientes en el proceso químico de biogás. En el caso del purín procedente de vacuno se da una proporción entre 15 y 24 superior del carbono al nitrógeno.

La relación C/N debe ser próxima a la proporción de 30/1 ya que en el proceso se da 30 veces mayor consumo de carbono que de nitrógeno.

- Si la relación C/N es inferior a este valor, se da un exceso de nitrógeno que eleva el pH que puede incluso inhibir el proceso (al formarse amoníaco)
- Si la relación C/N es superior a 30/1, se da un exceso de carbono y el proceso se acidifica.

Todo esto debe ser controlado constantemente así como otros nutrientes (amoníaco, ácidos grasos, pesticidas, desinfectantes, metales pesados...).

- **Tóxicos e inhibidores**, cuya concentración ha de ser la mínima posible.

Tabla 16. Valores de concentraciones de inhibidores comunes. Fuente: [46]

CONCENTRACIONES DE INHIBIDORES COMUNES	
Inhibidores	Concentración inhibidora (mg/mL)
Sulfuro (como azufre)	200
Cu	10-250
Cr	200-2.000
Zn	350-1.000
Ni	100-1.000
Na	8.000
Ca	8.000
Mg	8.000
Ácidos volátiles	<2.000 ppm

○ PARÁMETROS OPERACIONALES

- Temperatura

“Podrá operarse en los rangos psicrófilico (temperatura ambiente), mesófilico (temperaturas en torno a los 35 °C) o termófilico (temperaturas en torno a los 55 °C). Las tasas de crecimiento y reacción aumentan conforme lo hace el rango de temperatura, pero también la sensibilidad a algunos inhibidores, como el amoníaco. En el rango termófilico se aseguran tasas superiores de destrucción de patógenos” [5]; [11]; [47].

Tabla 17. Características respecto a las bacterias psicrófilicas, mesófilicas y termófilicas. Fuente: [5]; [11]; [47]

Bacterias	Rango de Temperaturas			Tiempo de retención (días)	Sensibilid. (°C/hora)
	Mínimo	Óptimo	Máximo		
Psicrófilicas	4-10	15-18	25-30	>100	2
Mesófilicas	15-20	28-37	35-45	30-60	1
Termófilicas	25-45	50-60	75-80	10-16	0,5

- Agitación
“En función de la tipología de reactor debe transferirse al sistema el nivel de energía necesario para favorecer la transferencia de sustrato a cada población o agregados de bacterias, así como homogeneizar para mantener concentraciones medias bajas de inhibidores” [5]; [11].
- Tiempo de retención (TRH)
“Es el tiempo medio de permanencia del influente en el reactor, sometido a la acción de los microorganismos” [5]; [11].

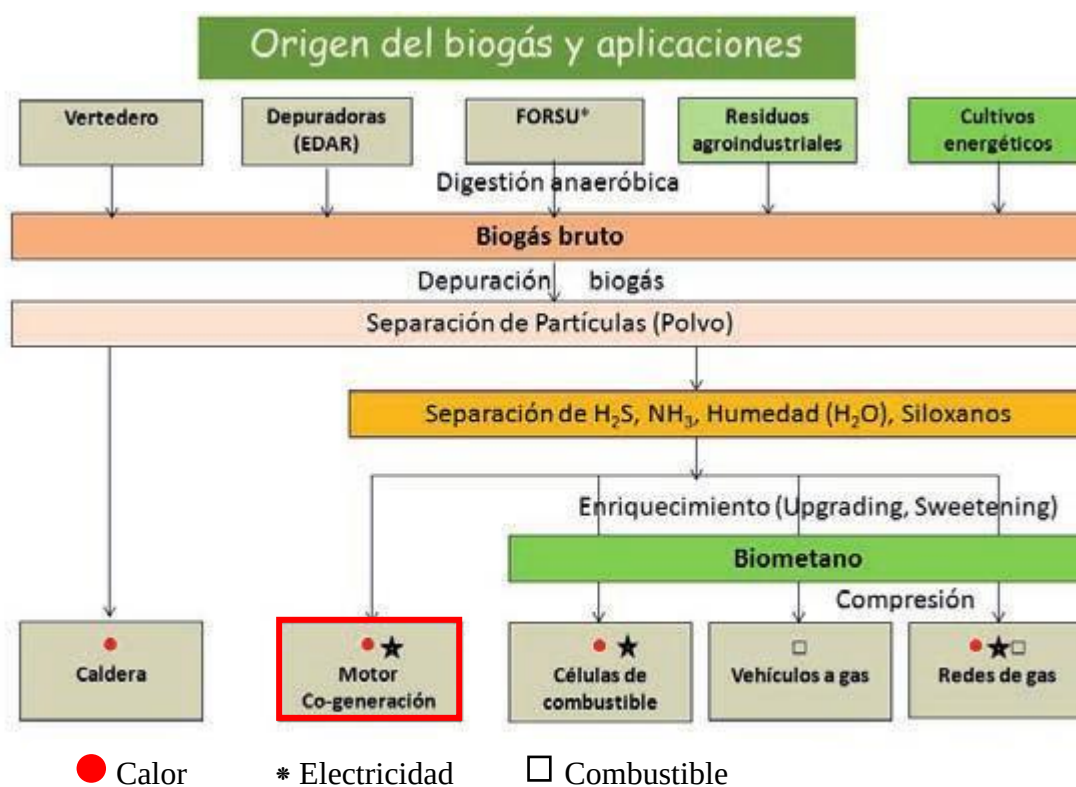
$$TRH = (-51,227 * \ln(T^{\circ}C) + 206,72) \quad (\text{Ec.2})$$

- Velocidad de carga orgánica (OLR)
“Es la cantidad de materia orgánica introducida por unidad de volumen y tiempo. Valores bajos implican baja concentración en el influente y/o elevado tiempo de retención. El incremento en la OLR implica una reducción en la producción de gas por unidad de materia orgánica introducida, debiendo encontrar un valor óptimo técnico/económico para cada instalación y residuo a tratar. Se suele expresar en $\frac{kg\ DQO}{m^3 día}$ ” [5]; [11].

1.5.4. FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE BIOGÁS

El funcionamiento de una planta de biogás varía según cuál sea la función final de dicho biogás, entre las principales funciones (vistas en la Figura 11 “*Principales usos y aplicaciones a partir de 1m³ de biogás*”) destacan las siguientes:

- Inyectarlo en la red de tuberías del sistema español, aunque para poder realizar este caso, se necesita un biogás de una alta calidad y purificación (conlleva grandes inversiones en instalaciones y procesos muy complejos) que esté homologado.
- Posible venta del biogás bruto sin refinar
- **Obtener energía eléctrica utilizando un motor de cogeneración o turbina que transforme residuos procedentes de la fracción líquida (purines) de los residuos de ganado de vacuno para conseguir biogás (tras ser procesado).**



*Fracción Orgánica Residuos Sólidos Urbanos

Figura 22. Origen del biogás y aplicaciones. Fuente: [48]

En este caso, se considera que **la mejor aplicación del biogás es la generación de energía eléctrica y térmica (cogeneración) para autoconsumo de la planta**, por los siguientes motivos:

- La cantidad de residuos a tratar no es elevada, por lo que no se generará una gran cantidad de energía.
- Existen necesidades térmicas y eléctricas en la planta de biogás que mediante cogeneración pueden ser cubiertas.
- La cantidad de energía que se genera debe conseguir, al menos, abastecer el consumo necesario en la propia planta (por ejemplo, para la energía térmica requerida en el digestor o la potencia eléctrica necesaria en los equipos).
- Si existe un excedente de energía eléctrica considerable tras el autoconsumo se debe verter a la red eléctrica (ya que el aprovechar esa energía eléctrica sobrante generará un ingreso económico en la planta).
- La producción de biometano supone un elevado coste para plantas de potencia pequeña y mediana como es este caso.

En las instalaciones de biogás se produce gas mediante la fermentación controlada de los sustratos que se utilizan en la alimentación de la planta industrial. Debido a su alto porcentaje en metano (como se refleja en la Tabla 10 “Componentes del biogás en función del sustrato utilizado”), puede utilizarse para la producción de **energía eléctrica y/o térmica**. Al contener también ácidos (sulfhídrico), debe ser refinado con anterioridad a llegar al motor para evitar que este se degrade.

LOS EQUIPOS PRINCIPALES DE UNA PLANTA DE BIOGÁS SON LOS SIGUIENTES:

- sistema de homogeneización y alimentación de sustratos
- digestores
- sistema de desulfuración
- unidad de cogeneración

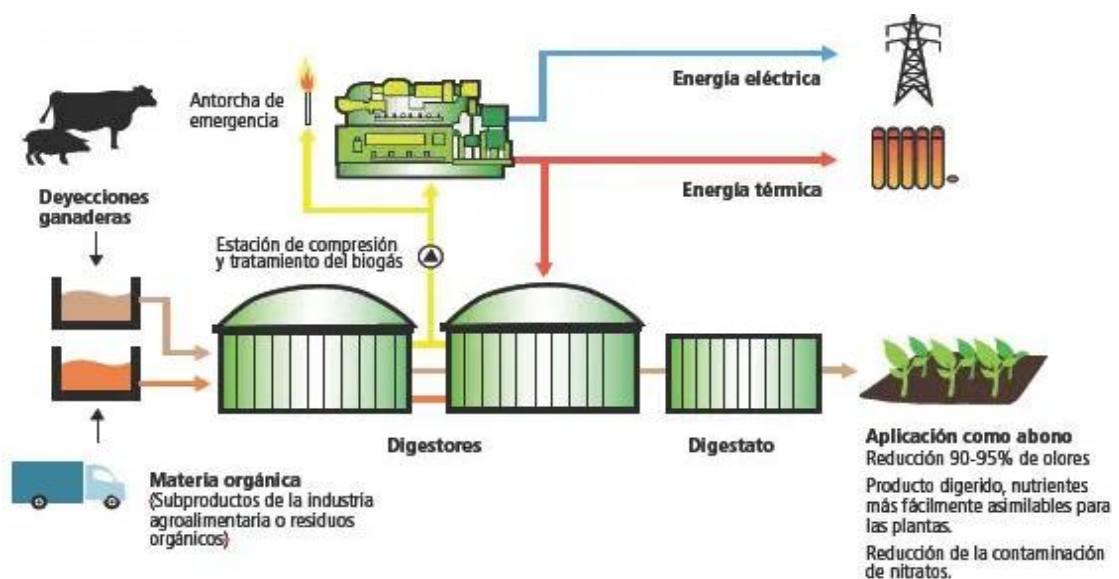


Figura 23. Diagrama general de una planta de biogás. Fuente: [49]

La Figura 23 refleja el esquema general de una planta de biogás, aunque la siguiente figura (Figura 24) es más precisa para comprender el diseño de la planta de biogás que se calcula en este documento:

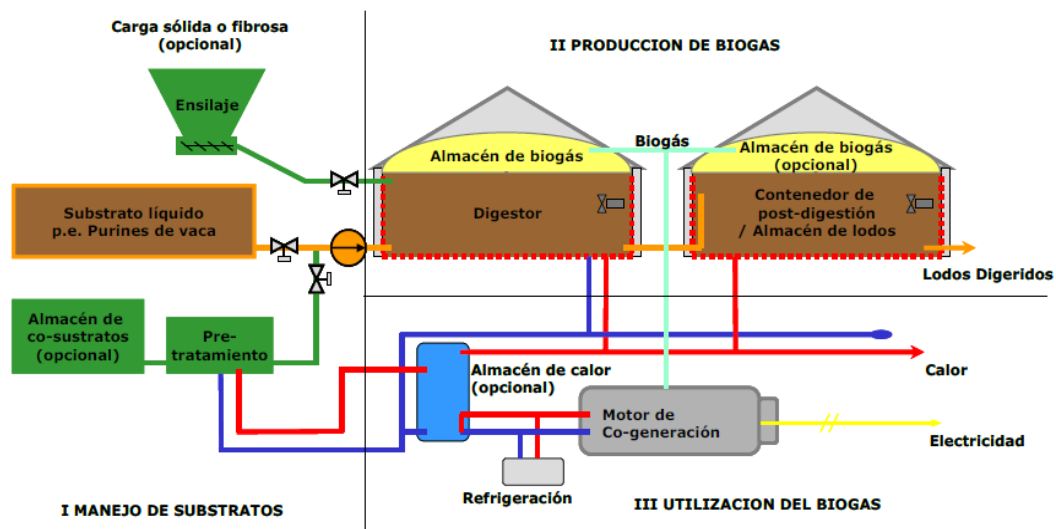


Figura 24. Funcionamiento de una planta de biogás con cereal ensilado, purines de vacuno para la obtención de energía eléctrica y térmica. Fuente: [50]

Los equipos con los que se trabaja en este TFG están clasificados según los circuitos de biogás, agua, digestato y materias primas como se muestra en 3.PLANOS (planos número 7 y 14).

1.5.4.1.TANQUE DE ALIMENTACIÓN

El purín de vaca y el lixiviado son recogidos en un almacén conjunto denominado en este TFG como “tanque de alimentación”, situado en un lugar cercano al digestor (consiguiendo así una pequeña pre-mezcla antes de ser bombeados al digestor).

El purín de vacuno, ha sido transportado previamente a la zona de acopio, mediante camiones cisterna desde las explotaciones ganaderas **situadas en un radio de alrededor de 5 km con origen en la planta de biogás.**

No tiene que añadirse agua a los purines siempre que no superen un contenido de sólidos de 12 % ya que como se detalla posteriormente el digestor utilizado trabaja mejor al no tener un elevado porcentaje de agua añadido [29]; [33]; [105].

*“Con respecto a los sistemas de recogida de almacenamiento las explotaciones intensivas deberán contar con sistemas de almacenamiento adecuados a las características de los subproductos generados con una capacidad suficiente para la producción correspondiente a tres meses. **El 100% de las explotaciones intensivas de la comarca cumplen con estos requisitos.***

Las balsas deben cumplir las siguientes características:

- Impermeables.
- Estables geotécnicamente.
- Vallado perimetral.
- Capacidad máxima: 4.000 m³.

- Profundidad máxima 5 metros.
- Deberá mantener una distancia mínima de 50 cm entre la superficie del efluente y el borde de la balsa.
- Dimensionado acorde con la producción de purín producido y el sistema de manejo del mismo propuesto en el PGSG. Deberán tener una capacidad mínima suficiente para almacenar la producción generada en 3 meses, excepto en aquellos casos en los que el sistema de manejo demuestre que la frecuencia de retirada permita que sea menor. Además del purín, en la capacidad deberán tenerse en cuenta:
 - Aguas residuales producidas en las explotaciones.
 - Aguas de lluvia, en el caso de que no se canalicen al medio, así como el agua de lluvia caída sobre la balsa en los casos de estructuras desprovistas de cubierta (para lo cual se podrá tener en cuenta la pluviosidad media de la zona) [3].”

En cuanto a los lixiviados, líquidos residuales generados por el cereal ensilado de maíz o trigo, que se producen de manera variable a lo largo del año, deben ser almacenados en una fosa subterránea (cuando se reciba en una cantidad mayor al 10% establecido en la mezcla a introducir en el digestor) que asegure dicha reserva y mejore las condiciones de higiene y olores.

Dichos residuos se mezclan con los purines de ganado vacuno previamente a llegar al digestor (en el tanque de alimentación), con la intención de mejorar la mezcla antes de la propia fermentación que se dará en el digestor como se ha mencionado anteriormente.

El diseño del tanque de alimentación se encuentra en ANEXO IV: FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS Y MAQUINARIA.

El purín y el lixiviado son suministrados con el **camión cisterna diariamente:**



Figura 25. Camión cisterna para el transporte del sustrato líquido. Fuente: [52]

El diseño completo está representado en ANEXO IV: FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS Y MAQUINARIA.

1.5.4.2. BOMBA (RESIDUO LÍQUIDO – DIGESTOR)

La bomba hidráulica se encarga de mover el flujo **del tanque de alimentación al digestor pasando por el intercambiador de calor de higienización del residuo líquido**. Se recomienda **bombear intermitentemente a lo largo del día para conseguir mayor estabilidad en la temperatura** (al introducir cargas más pequeñas y no continuas) y que la descarga del digestato sea mucho más suave (evitando así que los lodos digeridos en el digestor salgan de una forma más precipitada y brusca).



Figura 26. Bomba seleccionada. Fuente: [53]

Las características de la BOMBA HIDRÁULICA están detalladas en el ANEXO IV: FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS Y MAQUINARIA.

1.5.4.3. INTERCAMBIADOR DE CALOR (HIGIENIZACIÓN)

Este intercambiador consigue que la mezcla de sustratos líquidos (purín y lixiviado) entre en el digestor con una temperatura más elevada y asegura la higienización de este residuo líquido.

El tipo de intercambiador de calor utilizado y calculado en ANEXO I. CÁLCULO DE EQUIPOS **es de placas** por las siguientes ventajas frente al de tubos:

*“La clasificación de intercambiadores más usual es la que tiene en cuenta la existencia de contacto o no entre los fluidos implicados. En los **intercambiadores de contacto directo** el calor se transfiere por fricción de las dos corrientes (por lo general, un gas y un líquido de baja presión de vapor). Tras la fase de transferencia, ambos son fácilmente separables. En este caso, por tanto, se produce una mezcla física de los fluidos. El ejemplo paradigmático son las **torres de refrigeración** de agua caliente con flujo de aire seco y frío, que puede ser natural o forzado. La primera vaporiza al entrar en contacto e intercambiar calor con el aire, desapareciendo de la torre en forma de vapor de agua. Por su parte, los **intercambiadores de calor de contacto indirecto** se caracterizan por poseer una pared divisoria entre los fluidos, que impide el contacto entre ambos. La transmisión del calor se produce por conducción y convección, a través de dicho elemento separador.*

Intercambiadores de calor alternativos o de superficie:

Los intercambiadores de calor **alternativos** son de contacto indirecto y en ellos los dos fluidos intervinientes recorren el mismo espacio, aunque de manera alterna. De esta forma, la superficie recibe el calor de uno de los fluidos, transmitiéndolo posteriormente al más frío cuando éste entra en contacto con la misma.

En los intercambiadores de **superficie**, la transmisión de calor entre fluidos se efectúa a través del elemento sólido que los separa. En este caso, por tanto, resulta imposible cualquier tipo de contacto directo. Sin duda, estamos ante los intercambiadores más empleados en todo tipo de sistemas.

Se trata de los dos tipos de intercambiadores de superficie que existen (de tubos y de placas). Mientras los de placas usan una separación en forma de pared plana, los de tubos emplean uno cilíndrico (uno de los fluidos circula por su interior y el otro lo hace por el exterior). Frente a los intercambiadores tubulares, **los de placas son más eficientes, pesan y ocupan menos, poseen mayor capacidad de ampliación y resultan más baratos** [78].

1.5.4.4. TANQUE DE ENSILAJE

El residuo sólido sobrante del cereal ensilado de maíz o trigo llega a la planta de biogás en una bañera cilíndrica (detallada en el ANEXO IV: FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS Y MAQUINARIA), posteriormente, con la ayuda de una pala cargadora, se traslada desde la zona de descarga hasta una tolva cubierta y protegida de la lluvia para que no se eleve su humedad.

Finalmente, el maíz o trigo (dependiendo de la época del año, se utiliza uno u otro para ensilar) se introduce en el tanque de ensilaje que está **directamente conectado con el digestor** sin pasar por el tanque de alimentación (representada en verde en la Figura 24 “Funcionamiento de una planta de biogás con cereal ensilado, purines de vacuno para la obtención de energía eléctrica y térmica”).

El sustrato sólido (cereal ensilado) tras almacenarse en el **tanque de ensilaje**, accede al digestor por gravedad (ya que está situado a mayor altura) cuando un sensor se lo permite.

Para conseguir un mayor mantenimiento del maíz o trigo, se dimensiona el tanque de ensilaje con un gran volumen. De esta forma, la capa que queda en la parte inferior y que es la primera en entrar al digestor tendrá menos humedad que la capa superficial superior del tanque. Se debe utilizar un tejado o una cubierta para proteger el residuo sólido principalmente de la lluvia. Está diseñado para poder garantizar el suministro de residuo sólido en un período inferior a **35 días**.

En caso, de que llegue a la planta un volumen superior de sustrato sólido al del tanque de ensilaje, se debe introducir en una balsa subterránea que permita su almacenamiento. Esta balsa subterránea tiene por objetivo además del almacenamiento para un volumen superior al del tanque de ensilaje, controlar la cantidad de humedad que tiene y evitar molestias de olor.

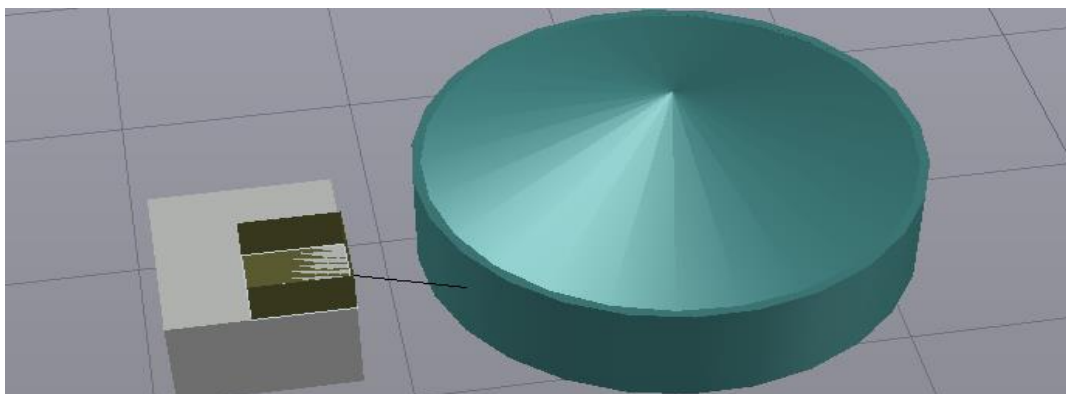


Figura 27. Representación en “AutoCAD 3D 2019” del tanque de ensilaje conectado al digestor.
Fuente: Elaboración propia

El residuo sólido llega a la planta de biogás mediante una **bañera agrícola cilíndrica** de 3 ejes (2+1) de RIGUAL:



Figura 28. Bañera agrícola cilíndrica para el transporte del cereal ensilado a la planta. Fuente: [54]

El dimensionado se encuentra detallado en el ANEXO I: CÁLCULO DE EQUIPOS

1.5.4.5. BIODIGESTOR

1.5.4.5.1. Tipos de biodigestores

Hay múltiples configuraciones técnicas para las plantas de digestión anaerobia, lo que lleva asociados diferentes costes de operación y de mantenimiento, y dan soluciones a diferentes escenarios de concentración ganadera, todo ello depende del tipo de planta que se diseñe:

- Digestores verticales vs. Digestores de laguna
- Plantas de digestión centralizadas vs. Plantas de digestión individuales
- Plantas tipo farming vs. Plantas altamente industrializadas

En todos los escenarios se puede hablar de mono-digestión y de codigestión, lo cual puede tener repercusión económica.

En la mayoría de las plantas de biogás se trabaja con **digestor de mezcla completa o con digestor de flujo pistón**, aunque también existen digestores como son la laguna completa y de lecho fijo o en película:

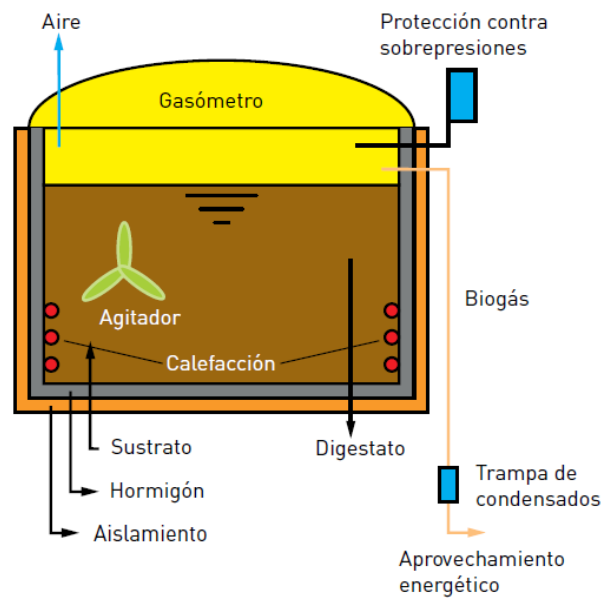


Figura 29. Digestor tipo mezcla completa. Fuente: [42]

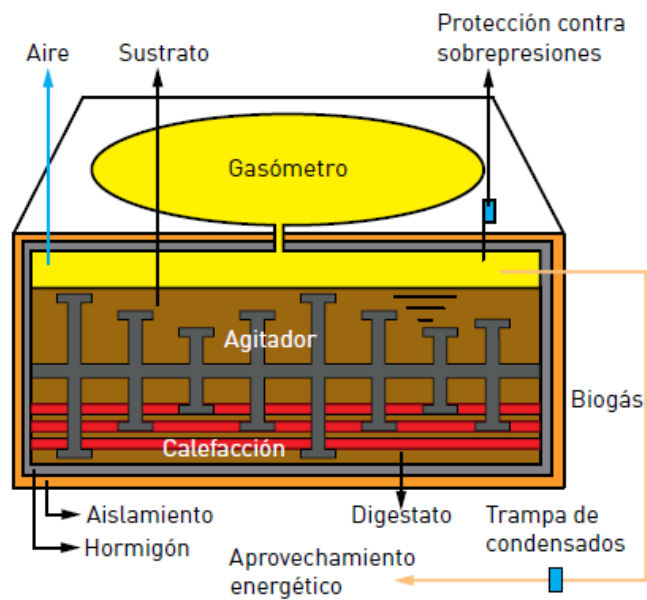


Figura 30. Digestor tipo flujo pistón. Fuente: [42]

Tabla 18. Principales digestores. Fuente: [5]; [10]; [28]; [50].

PRINCIPALES BIODIGESTORES		
	FLUJO PISTÓN (PFR)	MEZCLA COMPLETA (CSTR)
Geometría	Perfil alargado rectangular	Perfil cilíndrico
Tipo de carga	Continua	Continua o discontinua
Agitación	Opcional	Sí
Tiempo de Retención	15 – 35 días	10 – 30 días
Porcentaje en sólidos	11-13 %	3 – 12 %
Sólidos Totales	Entre 20 y 40 %	Hasta 20 %
Volumen recomendado	Entre 800 - 1.000 m ³	Hasta 6.000 m ³
Temperatura de funcionamiento	Mesofílico	Mesofílico o termofílico
Coste aproximado	Entre un 10-15 % de los costes de inversión de la planta de biogás	
Ventajas	Menor riesgo de formación de costra, menor tiempo de retención La concentración de cualquier sustancia varía en cada sección transversal del digestor.	Simplicidad, buen funcionamiento, coste reducido y versatilidad, volúmenes de digestor mayores, distribución óptima del calor y del material
Inconvenientes	Su costo inicial es alto. No recomendable para desarrollar reacciones que tengan elevados tiempos de residencia. El tiempo de residencia permanece fijo para un flujo dado de alimentación	El control del tiempo de retención hidráulico resulta más difícil; riesgo de formación de costra; mantenimiento de agitación, y de la calefacción si es interna, requieren la evacuación del digestor.

El digestor de mezcla completa puede ser con o sin recirculación:

“Digestor de mezcla completa sin recirculación: Consiste en un reactor en el que se mantiene una distribución uniforme de concentraciones, tanto de sustrato como de microorganismos (Figura 31. Digestor de mezcla completa sin recirculación). Esto se consigue mediante un sistema de agitación. Ésta puede ser mecánica (agitador de hélice o palas, de eje vertical u horizontal) o neumática (recirculación de biogás a presión), y se realiza a baja velocidad. Esta tipología de reactor no ofrece problemas de diseño y es el más utilizado para residuos. Comparativamente a otros reactores, el tiempo de retención necesario es alto, debido a que la concentración de cualquier especie, que se mantiene en el reactor en régimen estacionario, es la misma que la que se pretende en el efluente. Si la velocidad de reacción depende de la concentración, como es el caso de los procesos biológicos, la velocidad será baja, y la forma de compensarla es aumentando el tiempo de reacción.

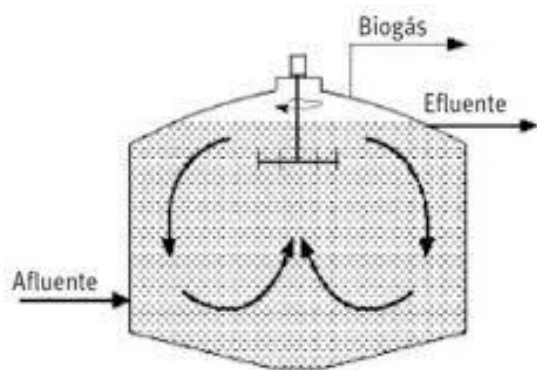


Figura 31. Digestor de mezcla completa sin recirculación. Fuente: [28]

Digestor de mezcla completa con recirculación: Este sistema tiene el nombre de reactor anaerobio de contacto y sería equivalente al sistema de lodos activos aerobios para el tratamiento de aguas residuales (Figura 32 “Digestor de mezcla completa con recirculación”). Se comprueba que regulando la recirculación es posible conseguir tiempos de retención hidráulica más bajos que en un reactor simple de mezcla completa. Esto es a costa de aumentar el tiempo de retención de los microorganismos, gracias a su confinamiento en el sistema mediante la separación en el decantador y re-circulación. Debido a la necesaria separación de microorganismos en el decantador, este sistema sólo es aplicable a aguas residuales de alta carga orgánica (aguas residuales de azucareras, cerveceras, etc.), para las que sea posible una separación de fases líquido-sólido, con la fracción sólida consistente básicamente en flóculos biológicos. Antes del decantador se debe disponer de un sistema de desgasificación, sin el cual la decantación se puede ver impedida [5].”

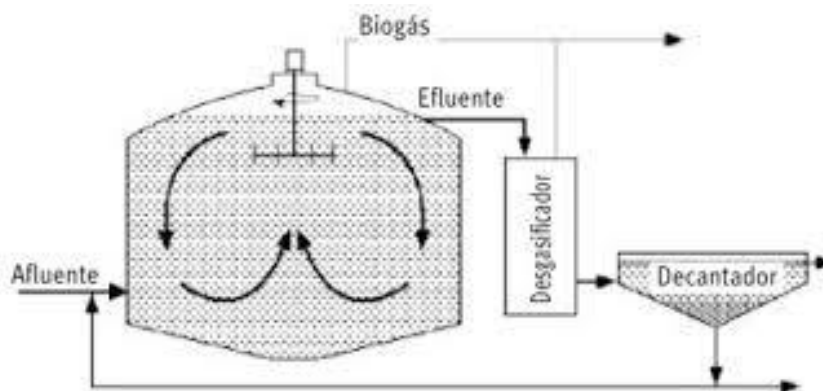


Figura 32. Digestor de mezcla completa con recirculación. Fuente: [28]

En cuanto a la parte superior del digestor (GASÓMETRO o CÚPULA), es la zona del digestor en la que se acumula el biogás obtenido. Existen diferentes tipos, entre ellos, destacan los siguientes:

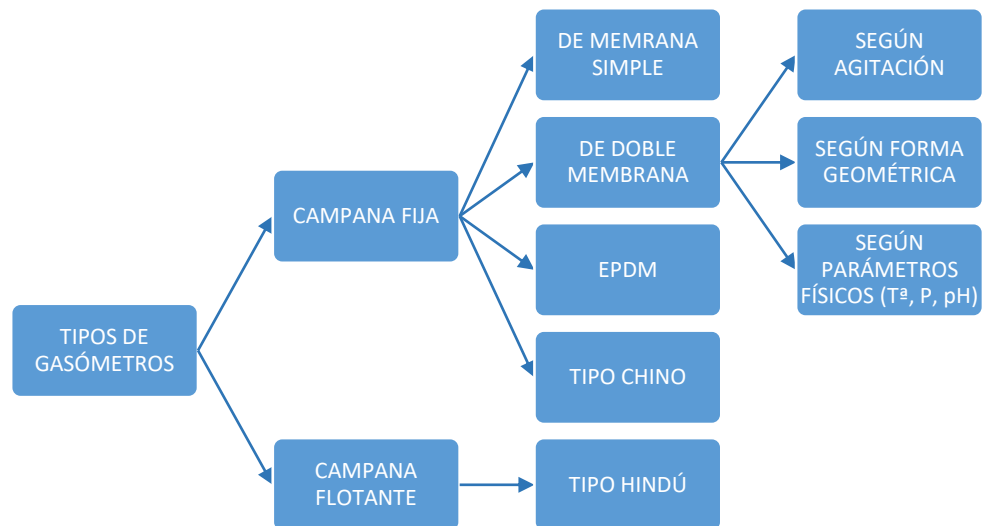


Figura 33. Tipos de gasómetros. Fuente: Elaboración propia

Los gasómetros más destacados son los siguientes:

- Gasómetro tipo Hindú: Utilizado en multitud de explotaciones para autoconsumo. Instalación de pequeña escala.

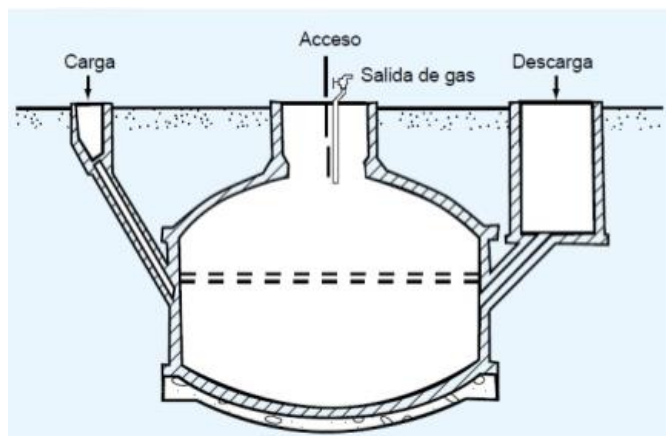


Figura 34. Gasómetro tipo Hindú. Fuente: [41]

- Gasómetro tipo Chino: Tienen techo fijo, por lo que cuando aumenta la producción de gas, aumenta la presión en la parte superior y así se obliga al líquido a subir.

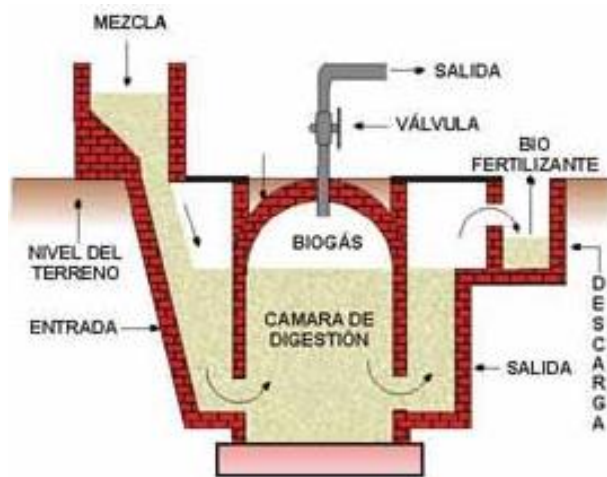


Figura 35. Gasómetro tipo Chino. Fuente: [55]

- Gasómetro de doble membrana: Es el **más utilizado**. Hay multitud de subtipos, según su agitación (central o lateral), según su forma geométrica (digestor irregular, tanque cilíndrico...) y según sus características físicas o químicas. Los dos principales gasómetros de doble membrana son:

- GASÓMETRO DE DOBLE MEMBRANA AISLADO:

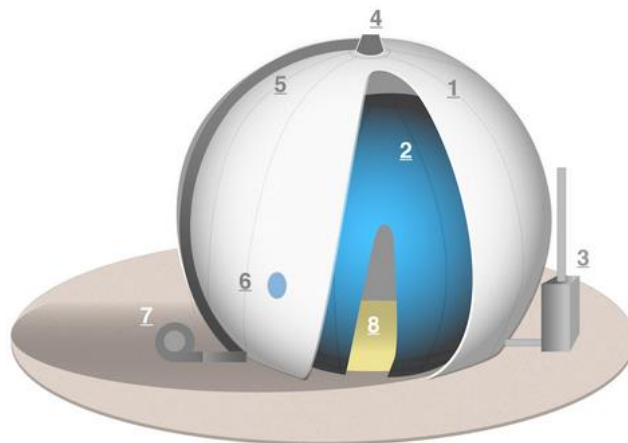


Figura 36. Gasómetro de doble membrana aislado. Fuente: [56]

Tabla 19. Componentes gasómetro doble membrana aislado. Fuente: [56]

COMPONENTES GASÓMETRO DOBLE MEMBRANA AISLADO	
1.	Membrana exterior
2.	Membrana interior
3.	Válvula sobre presión
4.	Medidor de volumen
5.	Entrada de aire
6.	Mirilla
7.	Ventilador
8.	Membrana suelo

○ GASÓMETRO DE DOBLE MEMBRANA:

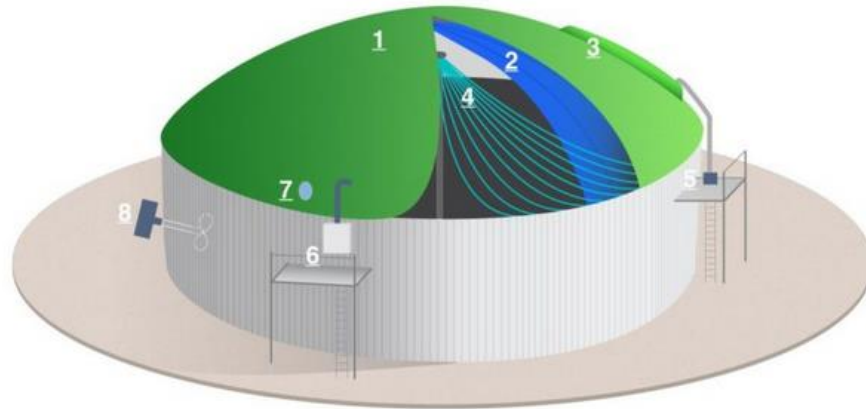


Figura 37. Gasómetro de doble membrana. Fuente: [56]

Tabla 20. Componentes gasómetro doble membrana. Fuente: [56]

COMPONENTES GASÓMETRO DOBLE MEMBRANA	
1.	Membrana exterior
2.	Membrana interior
3.	Entrada de aire
4.	Sistema limitación de bajada
5.	Ventilador
6.	Válvula sobre presión y depresión
7.	Mirilla
8.	Agitador

1.5.4.5.2. Selección del biodigestor

Se ha considerado que el **digestor de mezcla completa y con gasómetro de doble membrana** es el digestor más idóneo para este tipo de planta de generación de energía eléctrica y térmica a partir del biogás generado por los siguientes motivos:

- El volumen TOTAL del reactor ($2.583,97 \text{ m}^3$) supera el valor máximo recomendado para un reactor tipo PFR (1.000 m^3) y está en un rango normal de volumen de un tanque CSTR estándar (Detallado en el ANEXO I: CÁLCULO DE EQUIPOS).
- Simplicidad en el cálculo y control de ciertos parámetros.
- Gasómetro con un alto rendimiento y buenas características en este tipo de plantas.
- Coste reducido y versatilidad.
- Distribución óptima del calor

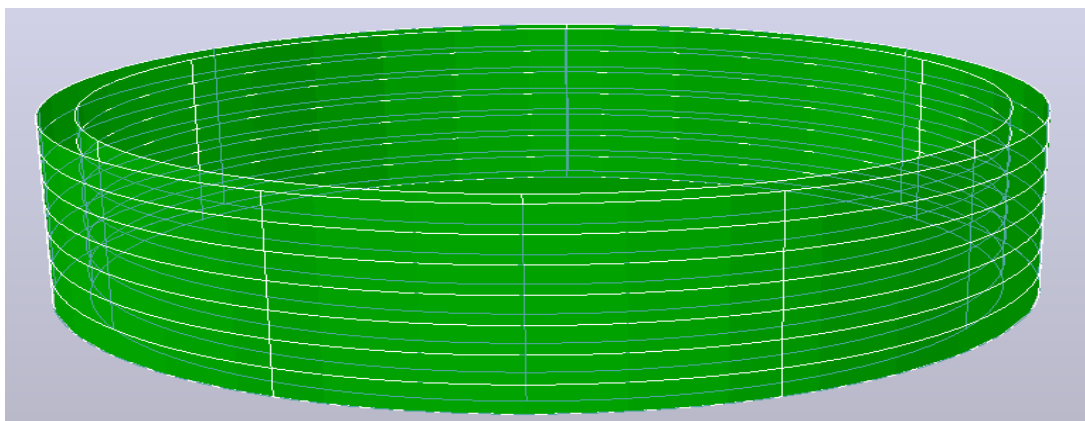


Figura 38. Representación en “AutoCAD 3D 2019” del digestor. Fuente: Elaboración propia.

• AGITACIÓN

Principalmente existen tres tipos: Los mecánicos (palas, hélices, tornillos sinfín), bombas de recirculación, inyectores de gas y circulación natural por desplazamiento de líquido interno. Suelen operar desde el lateral o desde el centro del digestor normalmente [5]; [10]; [28]; [50].

Tabla 21. Características imprescindibles del agitador para un buen funcionamiento. Fuente: Elaboración propia.

CARACTERÍSTICAS IMPRENSCINDIBLES DEL AGITADOR	
Sumergible	Dimensionado correcto (20,16 x 5,02)
Contenido de sólidos (inferior a 12 %)	pH (alrededor de 7)

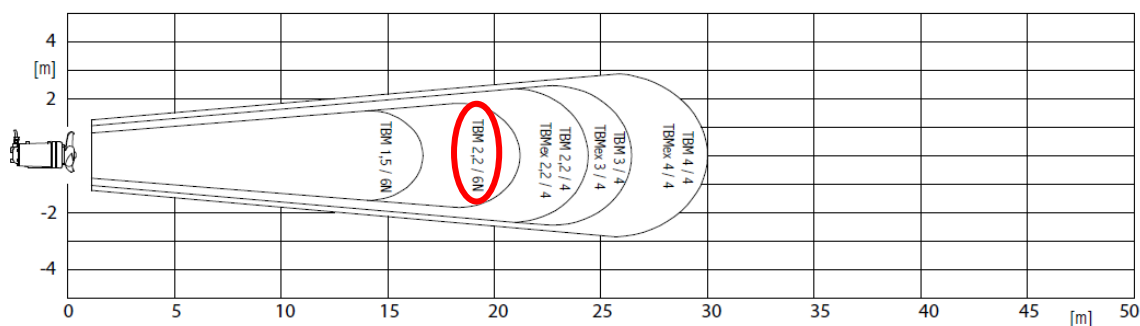


Figura 39. Rango de operación del agitador seleccionado (en rojo). Fuente: [57]

Tabla 22. Características del agitador seleccionado. Fuente: [57].

CARACTERÍSTICAS DEL AGITADOR SELECCIONADO (TBM 2,2/6N)
Motores eléctricos asíncronos trifásicos, rotor de jaula de ardilla.
2 sondas térmicas incorporadas en el devanado del estator.
Grado de protección: "IP 68".
Profundidad máxima de inmersión: 20 m.
Contenido máximo de sólidos en suspensión: 12%.
Rango permitido de pH del líquido: 5 - 12.
Aislamiento clase "F".
Temperatura máxima del líquido bombeado: 40°C
Servicio continuo

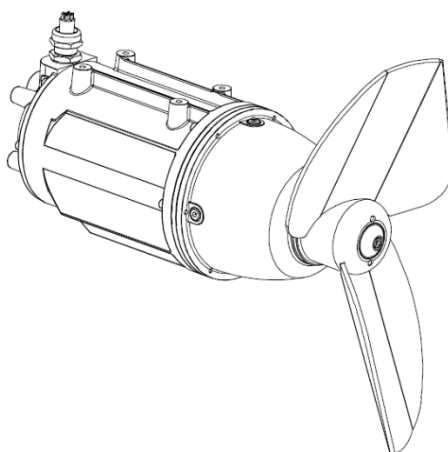


Figura 40. Agitador TBM 2,2/6N. Fuente: [57]

SISTEMA DE CALEFACCIÓN DEL DIGESTOR (2 tubos de 1 pulgada).

Por su geometría, y junto a la agitación incorporada, el digestor de mezcla completa es idóneo para la transferencia de calor desde los dos tubos de 1" (calculado en ANEXO I: CÁLCULO DE EQUIPOS) hasta el purín, lixiviado y cereal sobrante [5]; [10]; [28]; [50].

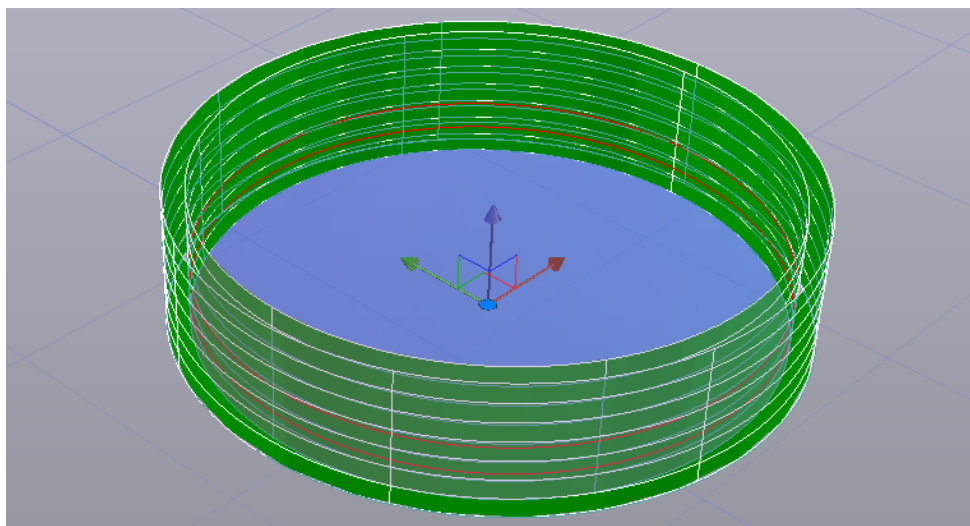


Figura 41. Representación en "AutoCAD 3D 2019" del digestor con sistema de calefacción interior. Fuente: Elaboración propia.

Las **principales características del digestor seleccionado** son las siguientes:

Tabla 23. Principales características del digestor. Fuente: Elaboración propia.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL DIGESTOR	
Diámetro interior: 17,00 m	Espesor: 0,4 m
Altura: 5,72 m	2 tubos en sistema de calefacción (1" = 2,54 cm)
Volumen del cilindro: 1.297,75 m ³	Digestor doble membrana
Volumen del gasómetro: 670,65 m ³	Temperatura sustrato interior: 32 °C
Volumen total del digestor: 2.583,97 m ³	Agitación lateral
pH: 7	TRH: 29 días

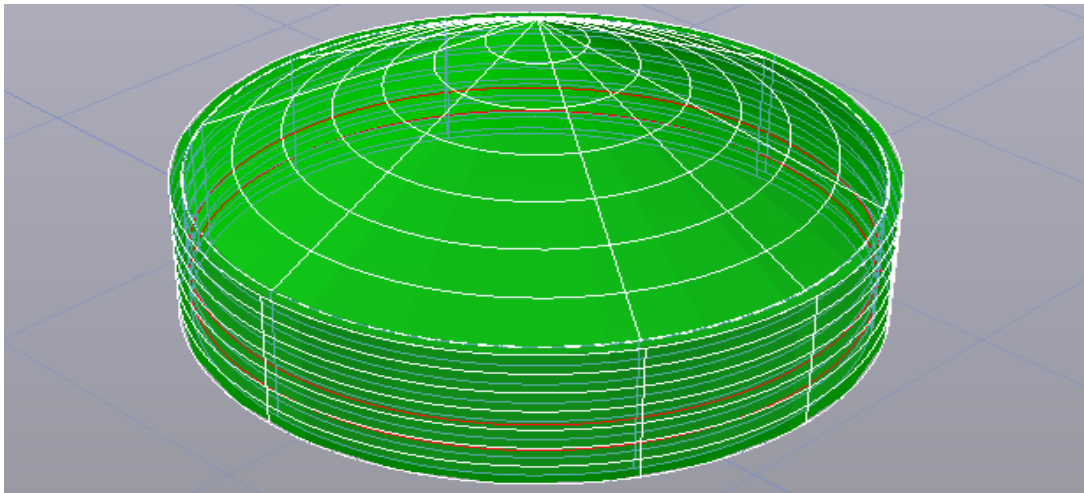


Figura 42. Representación en “AutoCAD 3D 2019” del digestor (tanque y digestor) con sistema de calefacción interior. Fuente: Elaboración propia.

Los cálculos para el óptimo funcionamiento del digestor, así como su ficha técnica, están detallados en el ANEXO I y ANEXO IV respectivamente.

1.5.4.6. ALMACENAMIENTO DEL DIGESTATO

El digestato, sustrato sólido resultante del proceso de descomposición de la materia orgánica, sale del digestor con menor carga contaminante (DBO) con respecto a la carga contaminante inicial, y se acumula en un tanque de almacenamiento. Posteriormente se separa la parte líquida y sólida.

El dimensionado técnico se encuentra detallado en el ANEXO I: CÁLCULO DE EQUIPOS.

1.5.4.7. TECNOLOGÍAS BÁSICAS DE COGENERACIÓN:

Aunque se prevé que en un futuro reciente las plantas de cogeneración a partir de energías renovables sean viables al aprovechar la energía eléctrica y térmica que producen, actualmente las plantas de cogeneración (muchas de ellas son menores de 5 MW de potencia) dependen de una remuneración extra (subvenciones) ya que por sí solas no son viables y el estado o comunidad que la financia (en un porcentaje) exige altos rendimientos. Por esta razón, se aprovecha el calor generado a partir de la producción de electricidad para otros fines y autoconsumo de la planta, elevando así su rendimiento de aprovechamiento energético.

La principal clasificación que se puede hacer entre las máquinas de combustión interna es:

- Máquinas de funcionamiento rotativo: Turbinas de gas.
- Máquinas de funcionamiento alternativo: Motor alternativo de combustión interna (MACI).

“Los sistemas de cogeneración se basan principalmente en dos tecnologías de producción de electricidad: el motor alternativo de combustión interna y la turbina de gas. También está el uso de la turbina de vapor pero al combinarse en un ciclo combinado con una turbina de gas.

- Los **motores alternativos de combustión interna** se basan en convertir la energía química contenida en un producto combustible en energía eléctrica y térmica. El principio de funcionamiento de un motor alternativo está basado en conseguir mediante los movimientos lineales y alternativos de los pistones el movimiento de giro de un eje. La energía eléctrica se obtiene mediante un alternador acoplado directamente al eje del motor, mientras que la energía térmica se obtiene en forma de gases de escape y de agua caliente de los circuitos de refrigeración.

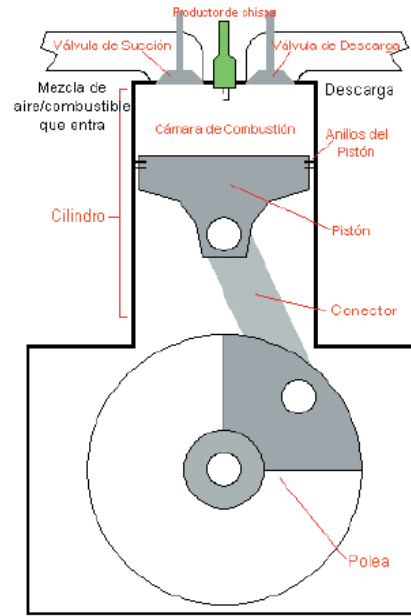


Figura 43. Motor alternativo de combustión interna. Fuente: [58]

- Las **turbinas de gas**, al igual que el motor alternativo, convierten la energía química contenida en un producto combustible en energía eléctrica y térmica. Los turbogeneradores a gas son sistemas constituidos por una turbina de gas (generalmente en ciclo simple de circuito abierto) y por toda una serie de subsistemas auxiliares que permiten su funcionamiento. Una turbina de gas en ciclo simple abierto está compuesta por un compresor rotativo, una cámara de combustión y una turbina. Las turbinas de gas siguen el ciclo de Brayton. El aire es aspirado de la atmósfera y comprimido mediante el compresor rotativo para producirse a la cámara de combustión donde los productos de la combustión se expansionan a la turbina hasta la presión atmosférica. La energía eléctrica se obtiene a partir de un alternador acoplado, directamente o mediante un reductor, al eje de la turbina que aprovecha el trabajo neto del ciclo.

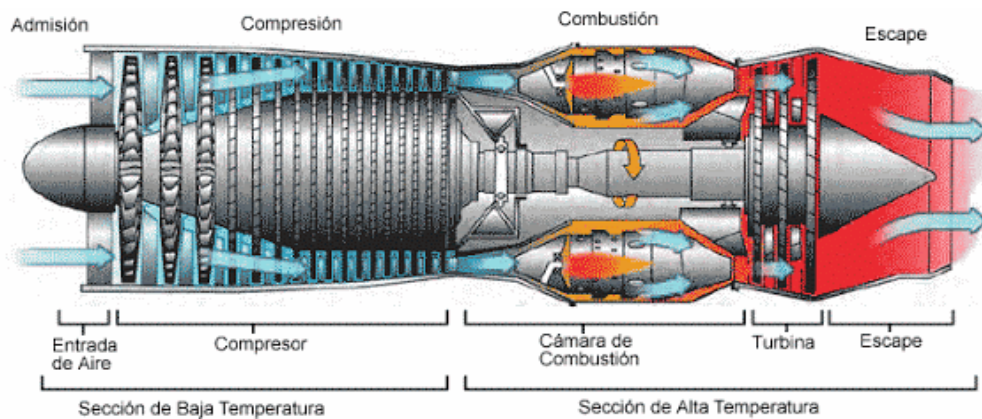


Figura 44. Esquema de la cámara de combustión de una turbina de gas. Fuente: [59]

Las **microturbinas** son una opción cada vez **más a tener en cuenta en instalaciones de pequeña y mediana potencia**. El funcionamiento es igual que una turbina pero con dimensiones y costes mucho más reducidos.

- Ciclo combinado (combinación de turbina de gas con una turbina de vapor)**
 En un ciclo combinado con turbina de gas el proceso de vapor es esencial para lograr la eficiencia del mismo. La selección de la presión y la temperatura del vapor vivo se hacen en función de las turbinas de gas y vapor seleccionadas, selección que debe realizarse con criterios de eficiencia y economía. Por ello se requiere una ingeniería apropiada capaz de crear procesos adaptados al consumo de la planta industrial asociada a la cogeneración, que al mismo tiempo dispongan de gran flexibilidad que posibilite su trabajo eficiente en situaciones alejadas del punto de diseño. Una variante del ciclo combinado expuesto, en el que la turbina de vapor trabaja a contrapresión (esto es, descomprime el vapor entre una presión elevada y una presión inferior, siempre superior a la atmosférica) es el ciclo combinado a condensación, en el que el aprovechamiento del calor se realiza antes de la turbina de vapor, quedando ésta como elemento final del proceso. El vapor de salida se condensa en un condensador que trabaja a presión inferior a la atmosférica, para que el salto térmico sea el mayor posible.
- Combinación de un motor de gas con una turbina de vapor**
 En este tipo de plantas, el calor contenido en los humos de escape del motor se recupera en una caldera de recuperación, produciendo vapor que es utilizado en una turbina de vapor para producir más energía eléctrica o energía mecánica. El circuito de refrigeración de alta temperatura del motor se recupera en intercambiadores, y el calor recuperado se utiliza directamente en la industria asociada a la planta de cogeneración. El rendimiento eléctrico en esta planta es alto, mientras que el térmico disminuye considerablemente [10].

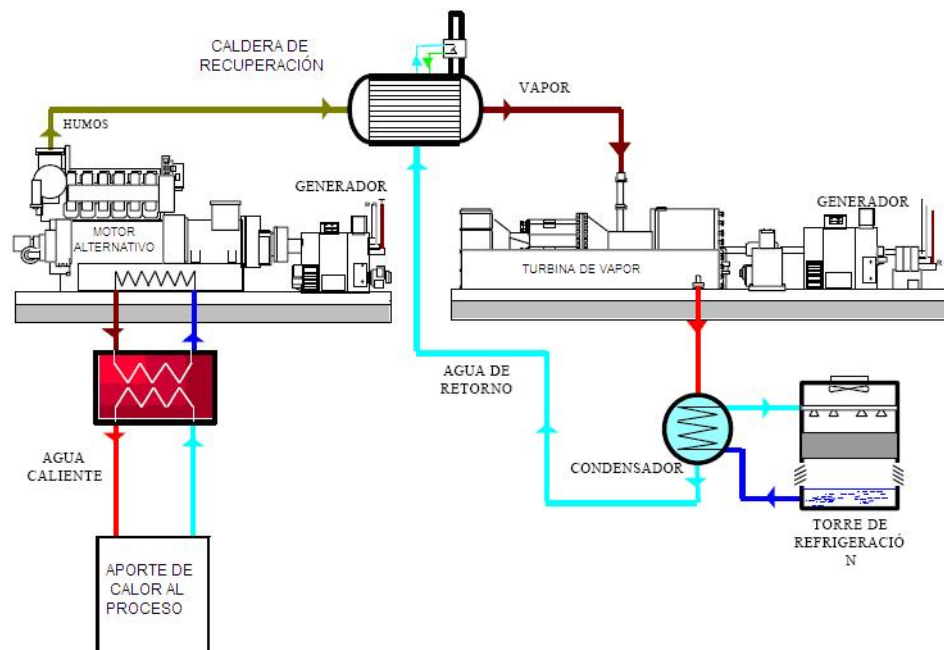


Figura 45. Cogeneración con motor de gas y turbina de vapor. Fuente: [60]

1.5.4.7.1. MICROTURBINA

“Los motores de cogeneración son la tecnología más desarrollada para el aprovechamiento de biogás de depósito controlado. No obstante, sólo resultan viables en instalaciones a partir de 500 KW... Ante esta problemática, las microturbinas se presentan como una alternativa tecnológica a los motores de cogeneración gracias a dos de sus principales características:

- Se trata de elementos modulares con capacidades unitarias entre 30 y 200 kW que pueden agruparse en serie y por tanto son aptas para cualquier tipo de instalación.
- Permiten el funcionamiento con gases de bajo poder calorífico, lo que en el caso del biogás se traduce en un contenido en metano mínimo de un 30-35 %, inferior al 40 % requerido en un motor de cogeneración.
- Se trata de elementos compactos y con pocas partes móviles por lo que presentan menor coste de mantenimiento.
- Presentan menores emisiones atmosféricas y sonoras en relación con los motores térmicos [11].”

Se considera que en este proyecto el equipo más recomendable para generación de energía eléctrica y térmica a partir del **biogás generado son tres microturbinas** por los siguientes motivos:

- La potencia energética (calor y electricidad) que puede generar esta planta es pequeña (menor de 500 kW) ya que el biogás que se genera con respecto a la cantidad total de flujo másico es un pequeño porcentaje, de ahí a la elección de microturbina en lugar de turbina o motor, sin embargo, en cuanto al digestato se obtiene un elevado porcentaje de subproducto valorizado.
- La localización en la que se diseña el presente documento (Dos Torres) está alejada de gasoductos que suministren la planta a partir de gas natural como se muestra en la siguiente Figura.

- La opción de instalar una planta satélite de Gas Natural supone un elevado coste de instalación y de mantenimiento para una planta de una potencia media como la actual (330 kW aproximadamente).



Figura 46. Situación de la planta (en rojo) en el mapa de gasoductos en España. Fuente: [61]

- Se debe tener una fuente de alimentación de reserva además del biogás producido (en este caso se ha considerado que la opción más adecuada es el diésel como se detalla en el ANEXO I: CÁLCULO DE EQUIPOS) para poder abastecer en un pequeño período de tiempo la planta, si es necesario, sin tener que realizar una parada total. Por lo que, **el combustible con el que se suministra la microturbina es a partir del biogás producido (de forma 100 % renovable)** y de forma provisional se incluye un tanque de almacenamiento con combustible diésel.
- La conexión de dos o más equipos con un alto rendimiento unitario genera una mayor cantidad de energía que con un solo equipo y de forma más eficiente (En este caso el diseño incluye tres microturbinas conectadas).

“Las microturbinas son equipos muy similares a las turbinas convencionales, pero con algunas diferencias en el modo de funcionamiento. La principal diferencia es el hecho de tener un ciclo de recuperación de calor para mejorar el rendimiento. El resto de diferencias se encuentran en el sistema de transformación de energía mecánica a eléctrica, ya que no existe una transmisión mecánica que haga funcionar el alternador directamente a 50 Hz, sino que el alternador funciona a alta frecuencia y la conversión se realice con electrónica de potencia.

El funcionamiento de una microturbina es muy sencillo. El aire es aspirado y tras pasar por un filtro de partículas es comprimido. A continuación, se hace circular por un intercambiador de calor donde absorbe parte de la energía de los gases de escape. El motivo es incrementar la temperatura previamente a la entrada a la cámara de combustión con lo que se consigue aumentar la eficiencia del proceso. Una vez en la

cámara de combustión, se realiza la inyección del biogás y se produce la combustión de la mezcla. A diferencia de los motores alternativos, las turbinas precisan de una presión del biogás de entre 3 y 5 bar, suficiente para ser inyectado a la cámara de combustión. Los gases calientes producto de la combustión se expanden en la turbina, que al girar mueve el alternador eléctrico y el compresor. Los gases de escape expandidos se hacen circular por el intercambiador de calor. La salida del alternador es corriente alterna a alta frecuencia, por lo que es necesario la incorporación de un rectificador AC/DC y de un inversor que permita obtener una corriente alterna trifásica de 50 Hz.

Entre otras características, se encuentran las siguientes:

- No existen prácticamente utilidades en turbinas grandes
- Existen microturbinas de pequeña potencia (30 kW cada una) que pueden utilizar biogás como combustible, con excelentes resultados en emisiones de NO_x
- Menos partes móviles que los motogeneradores y costes de mantenimiento menores, pero rendimiento también inferior (25 % frente al 35 %)
- Inversiones específicas elevadas, debido al pequeño tamaño de las microturbinas
- Utilización condicionada por su pequeño tamaño unitario” [10].

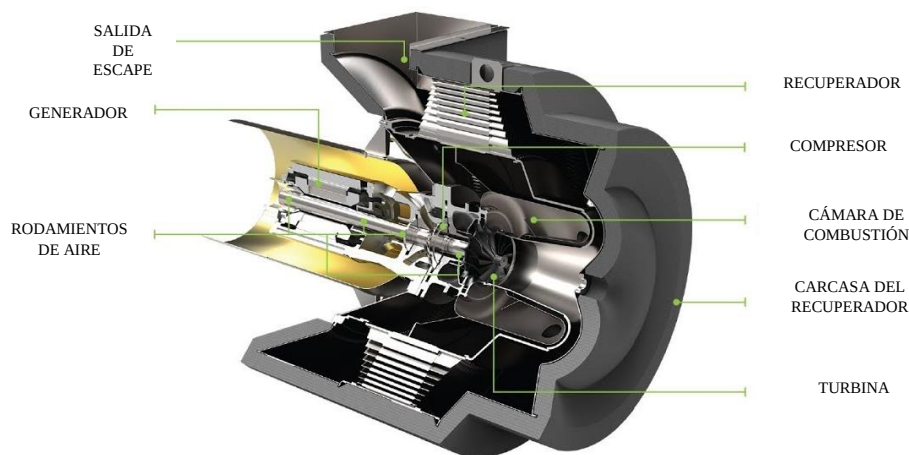


Figura 47. Principales componentes de la microturbina seleccionada. Fuente: [62]

La microturbina seleccionada (Capstone C30) tiene las siguientes características:

Tabla 24. Características de la microturbina seleccionada. Fuente: [62]

CAPSTONE C30	
Prestaciones eléctricas ISO	
Potencia neta	30 kW
Rendimiento Eléctrico neto (PCI)	26 %
Consumo de Combustible ISO	
Potencia consumida al 100% de carga	115 kW PCI
Combustibles líquidos admitidos	Diésel, biodiésel, queroseno
Combustibles gaseosos admitidos	Gas natural, GLP, biogás (>35% CH ₄ ; <70.000 ppm H ₂ S)
Presión de entrada combustibles gaseosos	3,5 - 4,8 bar(g)
Prestaciones Térmicas	
Temperatura de gases de escape	275 °C
Caudal de gases de escape	0,31 kg/s
Potencia térmica recuperable	
Agua caliente 40 - 60 °C	72 kW
Agua caliente 60 - 80 °C	65 kW
Agua caliente 70 - 90 °C	62 kW
Dimensiones y Peso	
Ancho x Largo x Alto	762 x 1.524 x 1.956 mm
Peso	
Funcionamiento en paralelo a la red (GC)	405 kg
Funcionamiento dual: paralelo / isla (DM)	578 kg

1.5.4.8. PROCESOS DE DEPURACIÓN DEL BIOGÁS

En cuanto al tipo de tratamiento que necesita el biogás obtenido para utilizarlo como combustible en las microturbinas se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- El uso que se le da al biogás obtenido es la **generación eléctrica, por lo que se le debe realizar una purificación del mismo pero en menor medida que para la inyección del biogás en red, o pilas de combustible**. Por ejemplo, para la inyección del biogás en la red de gas natural o para su uso como combustible para vehículos, se necesita un tratamiento especial (con un coste muy superior al necesario para la generación eléctrica) como es el sistema “UP-GRADING”, en el que se purifica y enriquece el metano (reduciendo el porcentaje de CO₂) presente en el biogás nombrado en la Figura 22 “Origen del biogás y aplicaciones”.

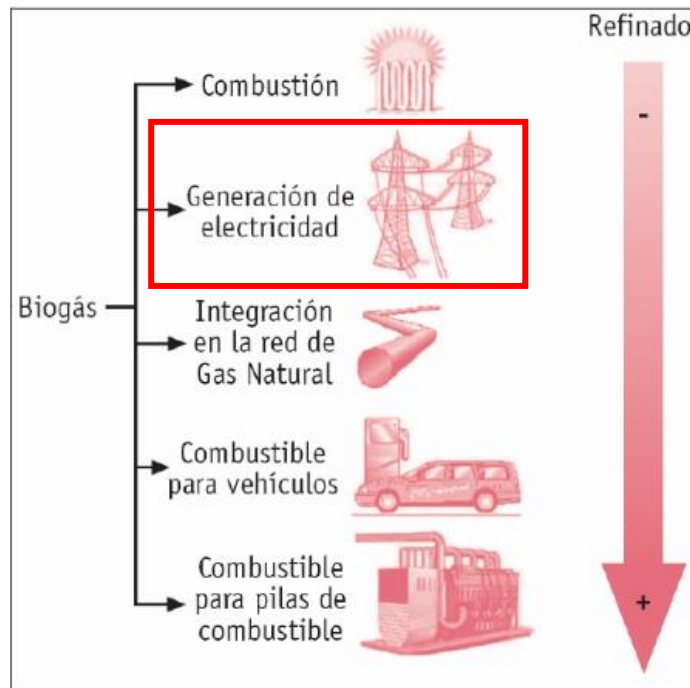


Figura 48. Exigencia de refinado según la aplicación del biogás.
Fuente: [63]

- El H_2S es un gas corrosivo, inflamable y tóxico, reconocido por su “olor a huevo podrido”. Es tóxico a partir de 500 ppm y mortal a mayor de 1000 ppm.
- El uso de un motogenerador o microturbina para la generación eléctrica requiere una limpieza del biogás “bruto” que sale del digestor, ya que al contener sulfuro de hidrógeno, si no es tratado, provoca un daño irreparable en la parte mecánica del equipo (además, en tuberías y en una gran cantidad de equipos).
- Como se muestra en la “Tabla 9. Principales características del biogás”, la composición de metano (CH_4) en el biogás resultante se encuentra entre un 55 y 70 %, mientras que en las características de la microturbina (Tabla 24. “Características de la microturbina seleccionada”) se exige un porcentaje superior al 35 %.

“Los métodos de depuración del biogás más comunes son:

a) DESULFURACIÓN: es el proceso de depuración del biogás más habitual, ya que se encuentra presente en el diseño de todas las plantas. Existen tres tipos de desulfuración:

- Microaerofílica
- **Desulfurización biológica externa**
- Por adición de sales férricas.

El funcionamiento del primero consiste en la inyección de pequeñas cantidades de aire en el espacio de cabeza del digestor donde se forman unas bacterias sulfooxidantes, que degradan el H_2S , dando lugar a azufre elemental. **En el caso de la desulfuración biológica externa, se hace pasar al biogás a través de un biofiltro con relleno plástico sobre el que se adhieren las bacterias desulfurizantes; también se elimina NH_3 .** Por último el proceso de adición de sales férricas consiste en añadir

compuestos férricos al sustrato; de este modo se producen sulfatos insolubles que evitan la salida de azufre en forma de H_2S al biogás. Con este último método conviene ser muy cuidadoso porque se puede causar la corrosión de los materiales y una gran disminución del pH del proceso. Los residuos ganaderos son los sustratos que presentan unos mayores problemas relacionados con la producción de H_2S .

b) DESHUMIDIFICACIÓN: es un proceso de reducción del agua presente en el biogás, por condensación. El gas, pasa a través de unos tubos refrigerantes que condensan el agua. Existen otros métodos de deshumidificación menos habituales, como por ejemplo el filtrado del gas, el enfriamiento con agua a $4^{\circ}C$, etc.

c) ELIMINACIÓN DE CO_2 : en el caso en el que se utilice el biogás para cualquier otro proceso que no sea su valorización en motores de cogeneración, será necesaria la eliminación del dióxido de carbono. Los métodos posibles de eliminación de CO_2 del biogás son (los métodos que a continuación se presentan, están ordenados en orden creciente en cuanto a su coste y eficiencia): lavado con agua del CO_2 , lavado con disolventes orgánicos, filtración en carbón activo (el gas circula por el carbón activo, donde se retiene el CO_2), separación por membranas (proceso de alta efectividad) y separación criogénica de las materias según el punto de ebullición (proceso que en la actualidad se encuentra en desarrollo)” [12].

Se considera que los procesos de tratamiento del biogás que se requieren y mejor se adaptan al presente proyecto son **la desulfuración biológica y la deshumidificación:**

- **DESULFURACIÓN BIOLÓGICA EXTERNA.** En este proceso el principal objetivo es la eliminación de sulfuro de hidrógeno. Como se ha comentado anteriormente existen diferentes tecnologías para el tratamiento del mismo:

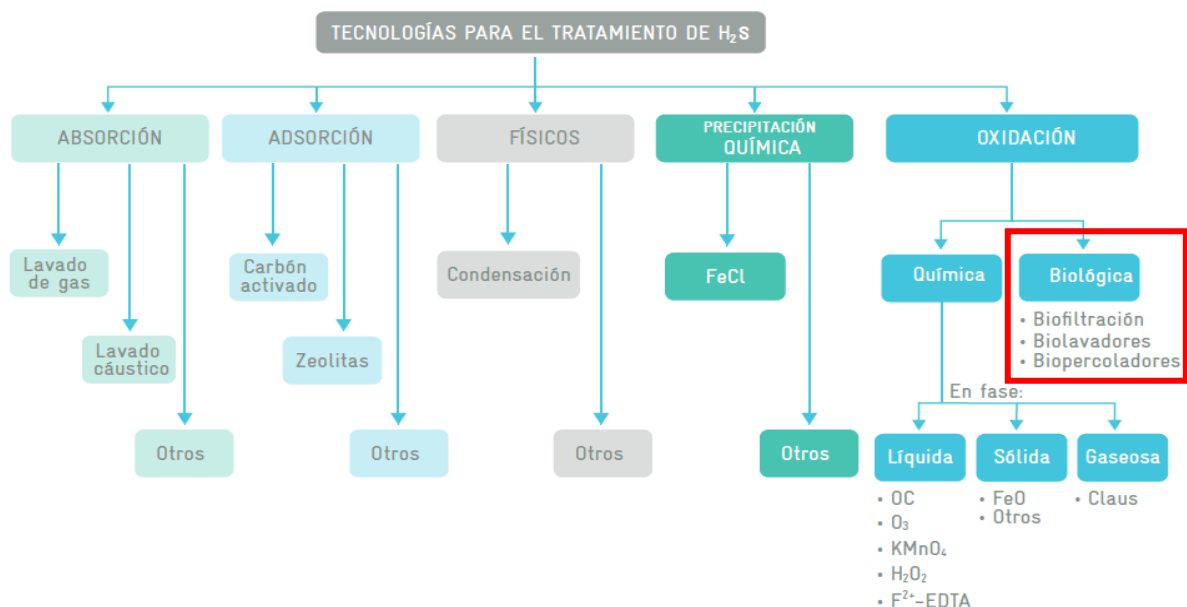


Figura 49. Tecnologías para el tratamiento de H_2S . Fuente: [64]

En este proyecto se profundiza en el proceso de oxidación biológica, en el que existen principalmente los siguientes tipos:

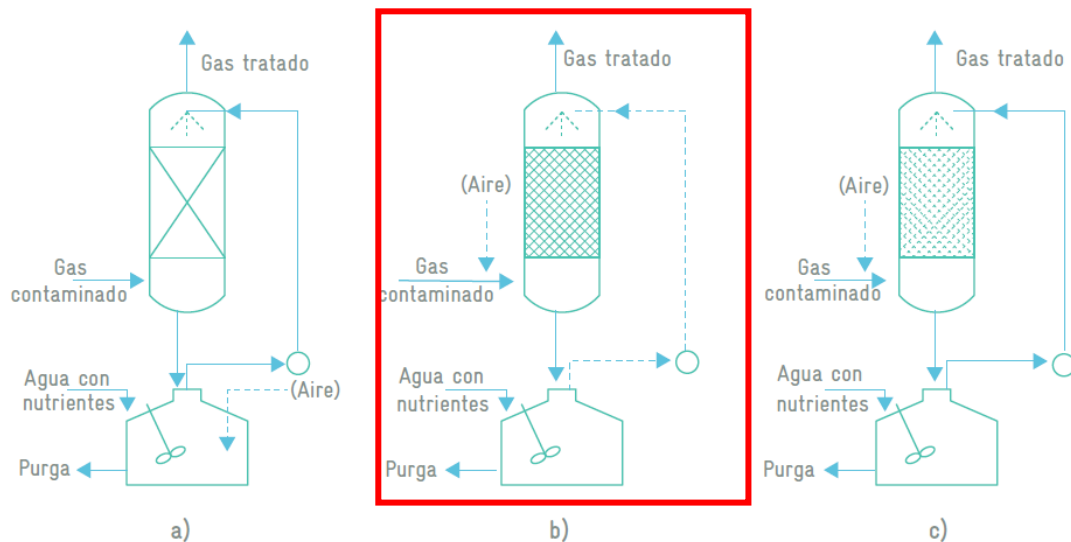


Figura 50. a. Biofiltro; b. Biofiltro percolador; c. Biolavador. Fuente: [65]

“Los equipos más usados para eliminar H_2S del biogás son los **biofiltros percoladores por la facilidad de controlar las variables fundamentales**. Los tres procesos son aplicables no solamente para la remoción de H_2S , sino también para mezclas de gases con compuestos inorgánicos y orgánicos volátiles. Por otro lado, se han desarrollado tecnologías biológicas interesantes cuyo objetivo final es lograr un proceso que permita eliminar el H_2S en forma de azufre elemental (la más sostenible desde el punto de vista ecológico) y utilizando la vía fisicoquímica para la captura del H_2S , esencialmente mediante una torre de absorción con un agente alcalino como la sosa cáustica [13].”

Por todo esto, se considera que **el tratamiento de purificación y adecuación del biogás obtenido para la generación energética de energía con tres microturbinas es a través de un biofiltro con relleno plástico (calculado en ANEXO I: CÁLCULO DE EQUIPOS)**.

- **DESHUMIDIFICACIÓN**

Para conseguir un buen funcionamiento en las microturbinas es imprescindible **eliminar la máxima cantidad posible de humedad del biogás**, por ello se necesita un grupo de deshumidificación tras el proceso de desulfuración (así se asegura que los equipos de deshumidificación trabajen con un bajo porcentaje de compuestos sulfúricos).

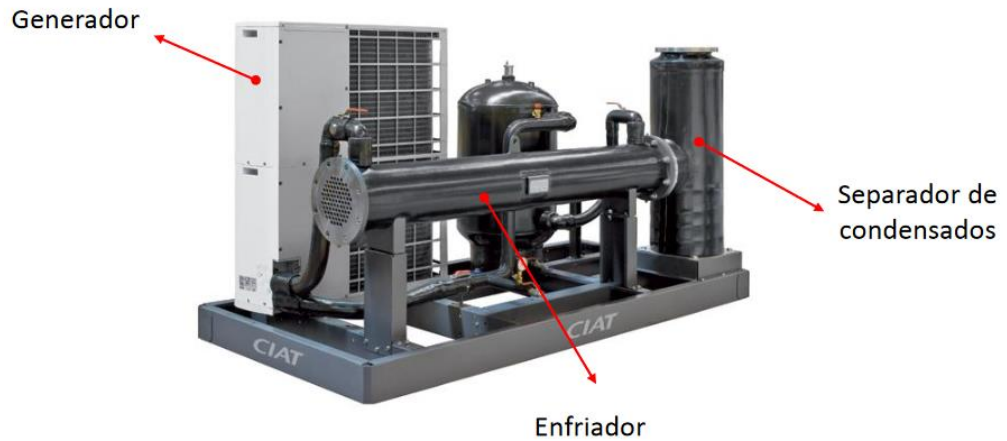


Figura 51. Grupo de deshumidificación. Fuente: [66]

El grupo de deshumidificación consiste en un generador, un enfriador y un separador de condensados:

- El generador convierte la potencia eléctrica en potencia frigorífica que la transmite al refrigerante.
- El enfriador baja la temperatura del biogás mediante un intercambiador de calor por el que circula un refrigerante ecológico (R134A, R404A o R410A principalmente)
- El separador de condensados consigue separar el agua del flujo de biogás [14].

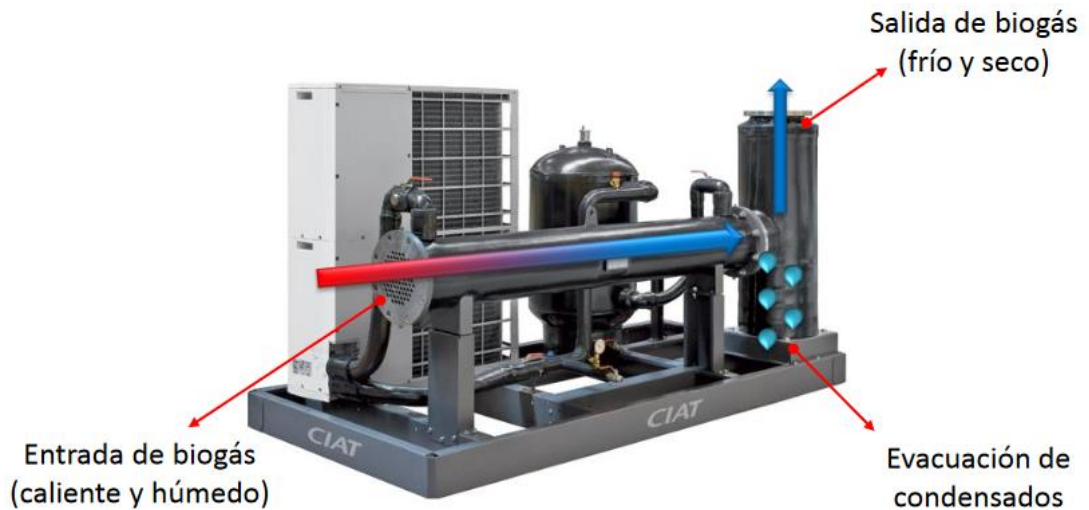


Figura 52. Principio de funcionamiento del grupo de deshumidificación. Fuente: [66]

El ciclo termodinámico que sigue el biogás en el enfriador es el siguiente:

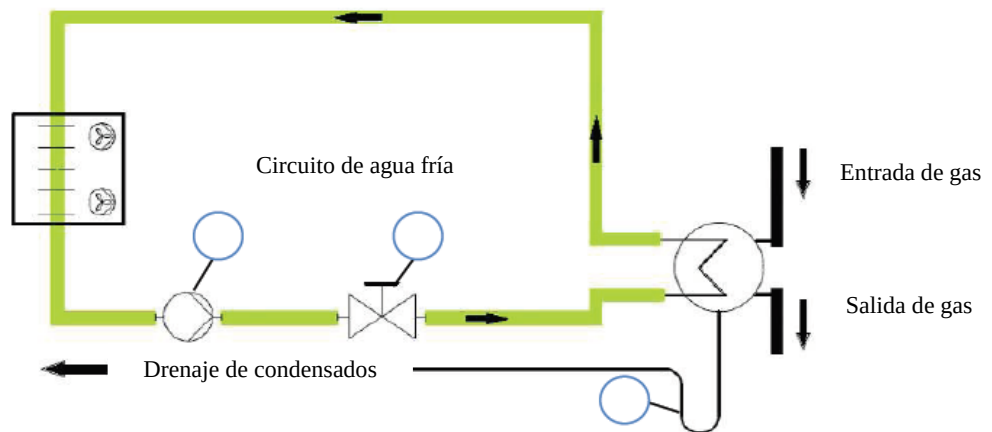


Figura 53. Ciclo termodinámico frigorífico para la separación de agua en el biogás. Fuente: [66]

1.5.4.9.ANTORCHA

La instalación de la antorcha en la planta de biogás es un sistema de seguridad que debe haber en la mayoría de procesos industriales. Con este equipo industrial la planta de biogás puede deshacerse del combustible generado excedente que sobrepase el rango de operación de las microturbinas. Existen dos tipos de antorcha:

- Antorcha de llama cerrada
- Antorcha de llama abierta

En este caso, se generan 332,17 kW, de los cuales se cubre con las microturbinas el 100 % de la potencia generada. Por ello, se dimensiona la antorcha por si superase el valor de generación energética hasta un 10 % llegándose a generar 365,39 kW:



Figura 54. Antorcha en una planta de biogás. Fuente: [67]

1.5.4.10. SEPARADOR SÓLIDO/LÍQUIDO

La función del separador consiste en separar las fases líquido y sólido del digestato (materia resultante tras el digestor anaerobio que es almacenada en el tanque de almacenamiento de digestato).

La cantidad a separar en este equipo, como se desarrolla en ANEXO I. CÁLCULO DE EQUIPOS (tras el tanque post-digestión) es de:

$$34,00 \frac{m^3}{día}$$

Se ha seleccionado el siguiente separador por los siguientes motivos:

- Para optimizar el consumo eléctrico del separador, se selecciona el siguiente separador, que es capaz de separar **hasta 20 m³/h**, de esta forma el digestato total obtenido por día en la planta se separa en **dos horas al día**.
- Según diversos estudios recientes, se ha demostrado que se incrementa la eficiencia de separación al utilizar placas con cierta inclinación que facilite la conducción del digestato. Se considera la posibilidad de añadir en la parte superior del equipo un flujo de agua (agua de autoconsumo, producida en la planta) si el digestato no fluye hacia el separador de forma óptima.



Figura 55. Imagen de la izquierda: Separador del digestato líquido/sólido SEGALÉS MS O50. Imagen de la derecha: Separador líquido/sólido KOMPACT MS 1/050 con rampa. Fuente: [68]

Gran parte de la fase líquida, tras el separador, es sometida a un proceso de ósmosis inversa, la fase sólida tras todos los procesos que ha tenido en la planta de biogás, se transforma de un residuo a un fertilizante puro (subproducto valorizado). El porcentaje que se obtiene de sólido y líquido varía en función del tamiz que se utilice (en el equipo seleccionado puede trabajar con tamices de 0,25 mm, 0,5 mm y 0,75 mm) consiguiendo hasta un 25% de materia seca en la fracción sólida [68].

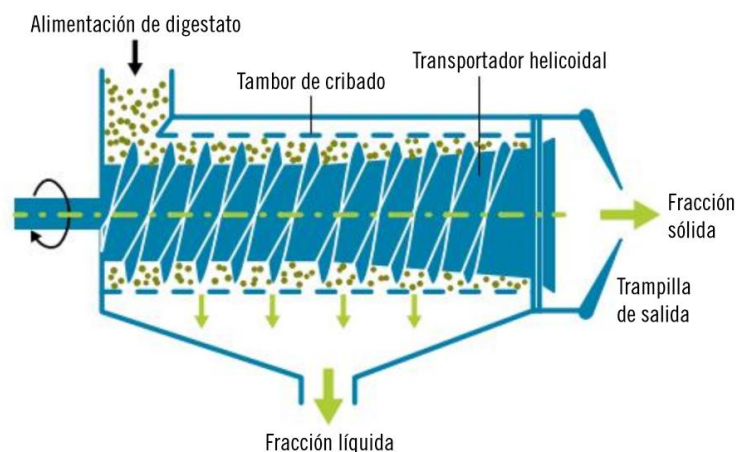


Figura 56. Funcionamiento de una prensa de tornillo para digestato de purín. Fuente: [69]

1.5.4.11. ÓSMOSIS INVERSA

Como se ha comentado en el punto anterior (1.5.4.10.SEPARADOR SÓLIDO/LÍQUIDO), la mayor parte de la fracción líquida se somete a un proceso de ósmosis. La cantidad a tratar del líquido **depende del tamiz que se utilice**. Para dimensionar el equipo de ósmosis se establece la siguiente clasificación (elaborada a partir de los cálculos obtenidos en ANEXO I. CÁLCULO DE EQUIPOS):

Tabla 25. Cantidad a osmotizar con respecto al total de digestato. Fuente: Elaboración propia

CANTIDAD TOTAL	SOLUCIÓN A TRATAR EN ÓSMOSIS
$34,00 \frac{m^3}{día}$	Líquido a tratar en ósmosis ($21 \frac{m^3}{día}$)
	Sólido ($12,55 \frac{m^3}{día}$)
	Líquido a utilizar en el separador y otros equipos ($0,45 \frac{m^3}{día}$)

Del líquido a tratar, almacenado previamente al proceso de ósmosis inversa en un depósito de almacenamiento en el que se comprueban las principales características del fluido (pH, dureza, temperatura, porcentaje de sólidos...).

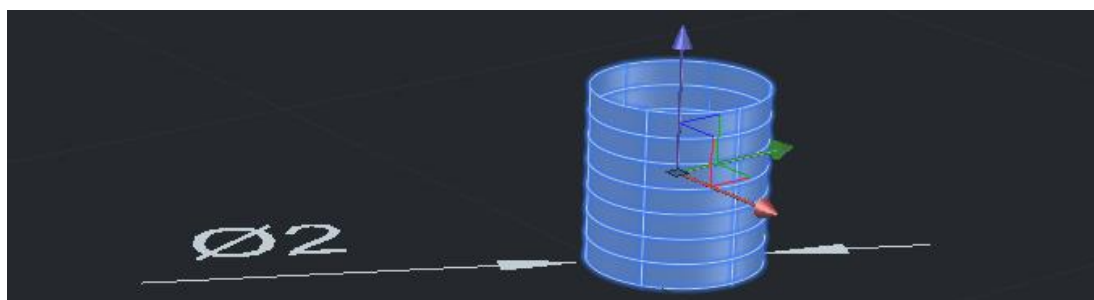


Figura 57. Tanque de almacenamiento del líquido previo al proceso de ósmosis. Fuente: Elaboración propia

La ubicación del depósito, entre el separador y antes del proceso de ósmosis asegura el correcto abastecimiento de líquido al equipo de ósmosis inversa. Posteriormente, tras el tratamiento de ósmosis se vuelve a comprobar las principales características del fluido.



*Figura 58. Sistema de ósmosis inverso IMAECO-RO 1 m³/h.
Fuente: [86]*

POSIBLES USOS DEL DIGESTATO

El digestato, tras el proceso de digestión anaerobia carece de un elevado porcentaje de contaminantes. Es por ello que tiene diversas aplicaciones. Entre ellas, destacan las siguientes:

- Aplicación como compost: Fertilizante, camas de ganado, abono verde, abono huerto y jardín, en semillero, viveros, acolchado, macetas, árboles...
- Estabilización y regeneración de taludes.
- Recuperación de terrenos empobrecidos.
- Utilización como sustrato y soporte orgánico en grandes superficies.
- Restauración de áreas de vertederos incontrolados, de restos de construcción.
- Gran herramienta contra la erosión: fijación del suelo, fijación de dunas y estabilización de terrazas.
- Formación de pantallas y barreras vegetales.
- Aplicación de filtros de tierras para la retención de malos olores.

En el presente documento, se ha considerado que la **aplicación del digestato como camas de ganado** es la más idónea por los siguientes motivos:

- Las propiedades y beneficios de la cama de ganado en explotaciones en intensivo son elevadas.
- El elevado número de vacas en intensivo en la zona forma parte de la economía circular que proporciona con este TFG el biogás en la zona.
- Se tiene en cuenta la filosofía de cooperativa “Win to Win”, en la que ambas partes (explotaciones y planta de biogás) cooperan para solucionar un problema medioambiental obteniendo ambos beneficios.

POSIBLES USOS DEL BIOGÁS Y DE LA ENERGÍA GENERADA

Como se muestra en la Figura 22. Origen del biogás y aplicaciones, el biogás tiene varias aplicaciones. Las principales son:

- Generación de calor (generación térmica) mediante caldera. Su uso se centra en calefacción en viviendas, residencias, edificios de uso público...
- Cogeneración, es decir, generación eléctrica y térmica (a través de turbinas o motores). Es principalmente utilizado en industrias.
- Células de combustible.
- Vehículos a gas.
- Redes de gas.
- Transformación a biometano e inyección a red de gas natural (gasoductos)
- Transformación a biometano y posterior transformación a hidrógeno verde (combustible, a priori, con gran proyección y posibilidades en el futuro).

En el presente documento, se ha considerado que la **cogeneración con autoconsumo e inyección a red eléctrica de la energía eléctrica sobrante** es la más idónea por los siguientes motivos:

- Necesidad de calor y electricidad en la planta (intercambiadores de calor, bombas hidráulicas, ósmosis, deshumidificador, compresor, separador...).
- La potencia obtenida en la planta (comparada con otras plantas industriales de generación de energía) es pequeña (no se plantea otra aplicación energética prioritaria antes del autoconsumo necesario en la planta).
- Se tiene en cuenta la energía eléctrica restante para verterla a la red eléctrica española, consiguiendo así fomentar la generación distribuida (generación de energía eléctrica mediante muchas pequeñas fuentes de generación eléctrica) y de forma renovable. Además, supone un ingreso económico en la planta.

1.6. ANÁLISIS DAFO

Tabla 26. Análisis DAFO. Fuente: Elaboración propia.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Valorización de un residuo Aprovechamiento de un residuo contaminante Reducción GEI Creación de empleo en zonas rurales Nuevo sistema de generación de energía	Difícil coordinación logística Coste de inversión elevados Apenas hay plantas industriales de similares características en Andalucía
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Desarrollo rural en una zona con un alto porcentaje de despoblamiento Economía circular Bioeconomía Políticas a favor de la transición energética convencional a renovable y sostenible	Sistema energético aún muy centralizado Desconocimiento social Políticas en contra de la transición energética convencional a renovable y sostenible

1.7.BIBLIOGRAFÍA

- [1] Junta de Andalucía. 2018. , Estrategia Andaluza de Bioeconomía. 2018.
Fecha de consulta: Septiembre, 2019
- [2] (MITECO), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
Calidad y evaluación ambiental.
Fecha de consulta: Septiembre, 2019
- [3] ADROCHES. *Estudio sobre la generación de residuos ganaderos en la comarca de los pedroches.*
Fecha de consulta: Septiembre, 2019
- [4] ADROCHES, S.-G. (s.f.). *Mejora del manejo, valorización y comercialización de subproductos ganaderos a través de la innovación.*
Fecha de consulta: Septiembre, 2019
- [5] IDAE, *Biomasa. Digestores Anaerobios. (s.f.).*
Fecha de consulta: Septiembre, 2019
- [6] AQUALIMPIA. (2019). *Digestion Anaerobica.*
Fecha de consulta: Septiembre, 2019
- [7] (UAB), Universitat Autònoma de Barcelona. (2017). *Purificación y usos del biogás.*
Fecha de consulta: Septiembre, 2019
- [8] UPME. (2003.). *Formulación de un programa básico de normalización para aplicaciones de energías alternativas y difusión.*
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [9] Ministerio de Agricultura, A. y. (2013). *Subproductos de origen animal no destinados a consumo humano (SANDACH).*
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [10] Renovetec. (s.f.). *Plantas de cogeneración.*
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [11] (AAE), A. A. (2011). *Estudio básico del biogás.*
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [12] Ministerio de Medioambiente y Medio Rural y Marino. (2010). *El sector del biogás agroindustrial en España.*
Fecha de consulta: Octubre, 2019

- [13] Programa Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos en México. (2017). *Guía técnica para el manejo y aprovechamiento de biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales*.
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [14] Grupo CIAT. (s.f.).
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [15] S.L, I. W. (s.f.). *Plantas de Ósmosis. Obtenido de Plantas de Ósmosis*.
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [16] Capstone. (s.f.). *Manual de usuario de la microturbina Capstone C30*.
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [17] (MITECO), M. p. (s.f.). *Calidad y evaluación ambiental*.
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [18] Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Consejería de Cultura, Junta de Andalucía. (s.f.). *Paisaje de Dos Torres (Córdoba) – Paisajes de Interés Cultural de Andalucía*.
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [19] Climate Data. (s.f.). *Datos climáticos mundiales*.
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [20] Fdez-Vítora, V. C. (s.f.). Obtenido de Auditorías Medioambientales. *Guía Metodología*.
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [21] Facultad de Informática, Universidad Complutense de Madrid. *Sistema de evaluación de impacto ambiental*.
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [22] Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Junta de Andalucía. *Informe de calidad del agua*.
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [23] Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Junta de Andalucía. *Protocolo Normalizado de Trabajo del Plan de Gestión de Subproductos Ganaderos*.
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [24] Universidad de Córdoba (UCO). *Análisis de inversiones ganaderas*.
Fecha de consulta: Octubre, 2019

- [25] Plataforma de Contratación del Sector Público
<http://contrataciondelestado.es>
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [26] Portal de la contratación pública de la Comunidad de Madrid
<http://www.madrid.org/contratospublicos/>
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [27] Portal ENAC. Entidad Nacional de Acreditación. - www.enac.es
Fecha de consulta: Octubre, 2019
- [28] Agencia Andaluza de la Energía. *Estudio básico del biogás. Septiembre, 2011.*
https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/documentos/estudio_basico_del_biogas_0.pdf
Fecha de consulta: Noviembre, 2019
- [29] Libro de Actas II Congreso Español de Gestión Integral de Deyecciones Ganaderas. ISBN: 978-84-936421-2-9.
Fecha de consulta: Noviembre, 2019
- [30] Varnero and Arellano, 1991
Fecha de consulta: Noviembre, 2019
- [31] Blog: Aguas residuales info.
Fecha de consulta: Noviembre, 2019
- [32] Confederación Hidrográfica del Guadiana. *Masas de agua.*
www.chguadiana.es
Fecha de consulta: Noviembre, 2019
- [33] ADROCHES. *Estudio sobre la generación de residuos ganaderos en la comarca de los pedroches* -
<http://www.adroches.org/dmdocuments/MemoriaTecnicaAdrochesIprodeco.pdf>
Fecha de consulta: Noviembre, 2019
- [34] II Jornada Nacional de Gestión de Residuos (Generalitat de Catalunya)
Fecha de consulta: Noviembre, 2019
- [35] Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. DERA (Datos Espaciales de Referencia de Andalucía).
Fecha de consulta: Diciembre, 2019
- [36] Ayuntamiento de Dos Torres. *Señalización y geolocalización de explotaciones ganaderas de Dos Torres.* <http://ganaderias.dostorres.es/>
Fecha de consulta: Diciembre, 2019

- [37] Visualizador Google maps. <https://www.google.es/maps/@38.445708,-4.9103948,868m/data=!3m1!1e3>.
Fecha de consulta: Diciembre, 2019
- [38] Sede electrónica del catastro. Referencia catastral: 14023A01700159
<https://www1.sedecatastro.gob.es/Cartografia/mapa.aspx?buscar=S>
Fecha de consulta: Diciembre, 2019
- [39] Deublein y Steinhauser. *Biogas from Waste and Renewable Resources*. (2008).
Fecha de consulta: Diciembre, 2019
- [40] CIEMAT. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. *Principales usos y aplicaciones de biogás*,
Fecha de consulta: Diciembre, 2019
- [41] (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). *Manual de biogás* <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
Fecha de consulta: Diciembre, 2019
- [42] IDAE. Biomasa. Digestores Anaerobios
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_Digestores_Anaerobios_A2007_0d62926d.pdf
Fecha de consulta: Diciembre, 2019
- [43] AINIA. *Procesos de biogás*.
Fecha de consulta: Diciembre, 2019
- [44] EBA Statistical Report 2018. https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2019/11/EBA_report2018_abridged_A4_vers12_220519_RZweb.pdf
Fecha de consulta: Diciembre, 2019
- [45] Flotats, Xavier et al. *Technical Report No. II concerning “Manure Processing Activities in Europe”*. <http://hdl.handle.net/2117/18944>
Fecha de consulta: Enero, 2019
- [46] GTZ GmbH. *Valorización energética de residuos ganaderos por digestión anaerobia*.
https://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=ECOREGA_Manual_Valorizacion_Energetica.pdf
Fecha de consulta: Enero, 2020
- [47] Universidad de Granada. *Microbiología. Agentes físicos*.
Fecha de consulta: Enero, 2020

- [48] Luis Arellano et al. UAB (Universitat Autònoma de Barcelona). *Purificación y usos del biogás*.
Fecha de consulta: Enero, 2020
- [49] Elblogverde
Fecha de consulta: Enero, 2020
- [50] CYTED. *Manual técnico sobre tecnologías biológicas anaerobias aplicadas al tratamiento de aguas y residuos industriales*.
Fecha de consulta: Enero, 2020
- [51] Agencia Extremeña de la Energía. Biogás. *Planta de cogeneración*.
Fecha de consulta: Febrero, 2020
- [52] RIGUAL. *Cisternas de purín*.
Fecha de consulta: Febrero, 2020
- [53] Cri-man. *Agriexpo. Bomba sumergible*.
Fecha de consulta: Febrero, 2020
- [54] RIGUAL. *Bañeras cilíndricas*.
Fecha de consulta: Febrero, 2020
- [55] BIOGUIA. *Biodigestores*.
Fecha de consulta: Febrero, 2020
- [56] UPBIOGAS. *Gasómetros*. <http://www.upbiogas.es/es/gasometros-biodigestores-biogas-fermentadores/>
Fecha de consulta: Febrero, 2020
- [57] Cri-man. *Agitador*.
Fecha de consulta: Febrero, 2020
- [58] Fundación de la energía de la comunidad de Madrid. *Guía de la cogeneración*.
Fecha de consulta: Febrero, 2020
- [59] Elmaquinante.blogspot. *Turbinas a gas*.
Fecha de consulta: Febrero, 2020
- [60] Renovetec Editorial. *Cogeneración con motor de gas y turbina de vapor*.
Fecha de consulta: Febrero, 2020
- [61] Enagás. *Mapa de infraestructuras de Enagás en España*
Fecha de consulta: Febrero, 2020

- [62] Capstone C30. *Componentes principales.*
Fecha de consulta: Febrero, 2020
- [63] Colección de informes de vigilancia tecnológica de Madrid. *Exigencia de refinado según la aplicación del biogás.*
Fecha de consulta: Marzo, 2020
- [64] Morgan Sagastume (2005).
Fecha de consulta: Marzo, 2020
- [65] Soeranu et al. (2006).
Fecha de consulta: Marzo, 2020
- [66] CIAT. *Deshumidificador.*
Fecha de consulta: Marzo, 2020
- [67] Emison. *Antorchas.*
Fecha de consulta: Marzo, 2020
- [68] Segalés. *Separador.*
Fecha de consulta: Abril, 2020
- [69] Fachverband biogás.
Fecha de consulta: Abril, 2020
- [70] AquaLimpia *¿Qué es el biogás?*
Fecha de consulta: Abril, 2020
- [71] RAE. Real Academia Española. *Definición de purín y estiércol.*
Fecha de consulta: Mayo, 2020
- [72] RAE. Real Academia Española. *Definición de residuo y subproducto.*
Fecha de consulta: Mayo, 2020
- [73] Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
Fecha de consulta: Mayo, 2020
- [74] Condorchem envitech. *Blog tratamiento de purines.*
Fecha de consulta: Mayo, 2020
- [75] Agencia Andaluza de la Energía. *Anexo II: Descripción del medio físico.*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [76] Blog Agrológica. *Tabla diámetros normalizados (interior y exterior) para tuberías de PVC.*
Fecha de consulta: Junio, 2020

- [77] Kern, Donald (1998).
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [78] T-solucion. *Intercambiadores de calor. Alfa Laval.*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [79] GIRO. *Ensayos de biodegradabilidad anaerobia.*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [80] Società Italiana Costruzioni Montaggi. *Impianti biogás e biometano.*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [81] Bioenergía. *Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de presiones*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [82] Drypack CIAT. *Deshumidificación de biogás.*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [83] Apcetechn. Blog. *Potencia activa, reactiva y aparente.*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [84] Microturbina Capstone C30. *Características y especificaciones.*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [85] Emison. *Antorchas para quemado de biogás.*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [86] Ima Water Technology S.L. *Plantas de ósmosis.*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [87] MITECO. *Calidad y evaluación ambiental. Evaluación ambiental.*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [88] Calidad del aire en Andalucía. *Ministerio para la Transición Ecológica de España, 2018.*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [89] Confederación Hidrográfica del Guadiana. *Masas de agua.*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [90] Universidad Complutense de Madrid. *Sistema de evaluación de impacto ambiental. Facultad de Informática,*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [91] Hidroar S.A. *Metodología para el cálculo de matrices ambientales.*
Fecha de consulta: Junio, 2020

- [92] INSST (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo).
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [93] JCB. *Pala cargadora de ruedas 407.*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [94] KSB productos. *Calio-therm NC.*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [95] ECOCHIMICA. *BIOLOGICAL DESULPHURIZATION TOWERS FOR BIOGAS. BIO-DESOLF® SERIES.*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [96] Compresor MAPRO CL. *Compressors for biogas.*
Fecha de consulta: Junio, 2020
- [97] IDAE. *Guía profesional de tramitación del autoconsumo.* Julio, 2020.
Fecha de consulta: Julio, 2020
- [98] EBP. Curso de formación. Especializada en biogás para profesionales. *Guía de instalador de Biogás. Módulo 4: Diseño de plantas medianas y grandes.*
Fecha de consulta: Julio, 2020
- [99] Juan Miguel Mantilla, Carlos Alberto Dunque y Carlos Humberto Galeano. *Revista Ingeniería e Investigación. Diseño y estudio económico preliminar de una planta productora de biogás utilizando residuos orgánicos de ganado vacuno.*
Fecha de consulta: Julio, 2020
- [100] INTECH GmbH. *Tipo de caloportador y velocidad de flujo en m/s.*
Fecha de consulta: Agosto, 2020
- [101] ambientum. *Usos y mercados del compost.*
Fecha de consulta: Agosto, 2020
- [102] Compostando ciencia lab. *Aplicación agrícola de los composts.*
Fecha de consulta: Agosto, 2020
- [103] Amigos de la tierra. *Usos del compost.*
Fecha de consulta: Agosto, 2020
- [104] World animal protection. *Lo que no sabías sobre las vacas*
Fecha de consulta: Agosto, 2020
- [105] Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. *Evaluación de técnicas de gestión de deyecciones en ganadería. Sectores de bovino, porcino, avicultura de carne y puesta.*
Fecha de consulta: Agosto, 2020

PROGRAMAS INFORMÁTICOS UTILIZADOS:

- GvSIG: Utilizado en la identificación de masas de agua subterránea de la zona norte de la provincia de Córdoba con respecto al territorio andaluz.
- AutoCAD 2020: Utilizado para dimensionar equipos en el programa de dibujo a partir de los cálculos obtenidos. Además, se ha utilizado en todos los planos.
- PRESTO 2020.01: Utilizado para elaborar el presupuesto del TFG (a partir de la última base de precio de Andalucía).

2. ANEXOS

ÍNDICE ANEXOS

2.1. ANEXO I: CÁLCULO DE EQUIPOS

2.2. ANEXO II: ESTUDIO AMBIENTAL

2.3. ANEXO III: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

2.3. ANEXO IV: FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS Y MAQUINARIA

2.3 ANEXO V: NORMATIVA ACTUAL

2.1.ANEXO I: CÁLCULO DE EQUIPOS

1. TANQUE DE ALIMENTACIÓN
2. INTERCAMBIADOR DE CALOR SUSTRATOS LÍQUIDOS – AGUA
3. DIGESTOR
4. TANQUE DE ENSILAJE
5. TRATAMIENTOS AL BIOGÁS
6. COMPRESOR
7. MICROTURBINA
8. TANQUE DE APOYO DIÉSEL
9. ANTORCHA
10. TANQUE DE POST-DIGESTIÓN
11. SEPARADOR
12. ÓSMOSIS INVERSA
13. INVERSOR
14. AUTOCONSUMO DE LA PLANTA DE COGENERACIÓN
15. RENDIMIENTO DE LA PLANTA DE COGENERACIÓN

2.1. ANEXO I: CÁLCULO DE EQUIPOS

Se diseña una planta de generación de biogás a partir de purines de ganado vacuno de leche, restos de cereal ensilado de trigo y maíz, y lixiviados, en Dos Torres (Córdoba):

- Como se ha comentado en la memoria del TFG, a lo largo de toda su trayectoria y principalmente en los últimos años, la cooperativa COVAP ha incrementado en gran medida sus ventas en su industria láctea consolidándose como una de las principales cooperativas a nivel nacional. Todo esto, ha provocado que se incremente el número de ganado vacuno y se desarrolle en intensivo, por lo que provoca un elevado residuo en un reducido espacio (principalmente, en Dos Torres) dentro de toda la comarca de Los Pedroches. Por ello, se trabaja a partir únicamente del ganado vacuno de leche. Se tiene en cuenta, el número de vacas de leche a partir del número de vacas en Los Pedroches (12.869 vacas). De cada 100 vacas en los Pedroches, se considera que 26,4 son vacas de leche [3]:

$$12.869 \text{ vacas} \times \frac{26,4 \text{ vacas de leche}}{100 \text{ vacas}} = 3.397 \text{ vacas de leche} \quad (\text{Ec.3})$$

- Se considera que se debe realizar el dimensionamiento de la planta de biogás a partir de un **30 % del ganado vacuno de leche total de la Comarca de Los Pedroches** por los siguientes motivos:
 - Los cálculos se realizan para gestionar una planta de biogás centralizada con el purín obtenido en un radio de 5 km (es decir, el área en el que trabaja esta planta es de 78,54 km². Este valor es pequeño comparado con la extensión total de la Comarca, 3.612 km²). Se decide trabajar en un radio de 5 km para evitar largos trayectos desde las explotaciones a la planta centralizada que provocan más contaminación e incrementan el coste de transporte y el riesgo de accidente (al necesitar mover grandes volúmenes de purín).
 - La mayoría del ganado de vacuno de leche en Los Pedroches está en los municipios de Dos Torres, Pozoblanco, Belalcázar y Añora. Aunque, como se ha visto en la memoria del TFG, el mayor número de explotaciones se encuentra en Dos Torres y Añora.
 - No todo el purín vertido a las explotaciones supera 170 kg de N/ha, aunque en los municipios en los que existe un elevado número de explotaciones con ganado en intensivo es fácil superarlo.
 - El número de explotaciones de ganado de vacuno en intensivo de Dos Torres supone un 28,7 % del total de Los Pedroches.

Es decir, los cálculos de la planta de biogás se diseñan para la generación de energía eléctrica y térmica a partir de 1.000 cabezas de ganado vacuno de leche (materia prima principal de la planta), maíz y trigo, y lixiviados:

$$3.397 \text{ vacas de leche} \times \frac{30}{100} = 1.019 \approx 1.000 \text{ vacas de leche} \quad (\text{Ec.4})$$

1. TANQUE DE ALIMENTACIÓN

El tanque de alimentación (se alimenta del residuo líquido: purín y lixiviado) queda determinado a partir del dato facilitado por la “Agència de Residus de Catalunya” ($14 \frac{m^3 \text{ purín}}{\text{año} \times \text{vaca}}$) para estimar el purín generado por cada vaca al año. Además, el tanque se dimensiona para un período máximo de 3 días (que asegura abastecimiento en caso de problemas de logística, acceso a la planta...):

Purín:

$$14 \frac{m^3 \text{ purín}}{\text{año} \times \text{vaca}} * 1.000 \text{ vacas} * \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} = 38,36 \frac{m^3}{\text{día}}$$

El cálculo de lixiviados queda determinado a partir del de purín. El purín es la materia prima principal de la planta y supone alrededor de un 70 % de la generación de energía de la planta. Además, un 20 % de cereal ensilado (maíz, trigo o avena) y 10 % de lixiviado. Esta clasificación, en volumen, se ha determinado a partir de la ficha técnica de varias plantas de biogás que se encuentran en funcionamiento y, también, a partir de varios estudios que aseguran el incremento del poder calorífico al trabajar en codigestión anaerobia. Todos estos residuos se encuentran en esta zona, ya que provienen del sector agropecuario de la zona [1]; [5]; [7]; [9]; [10]; [11]; [12]; [13]; [15].

Lixiviados: Aporta un 10 % (aproximadamente) en la generación total de energía y de materia prima de la planta (el porcentaje correspondiente a materia prima que entra en la planta y a generación de energía difiere considerablemente según las propiedades físicas y metanogénicas de cada residuo. En el caso del purín y lixiviados pueden aproximarse dichos porcentajes por su similitud de características).

$$14 \frac{m^3 \text{ purín}}{\text{año} \times \text{vaca}} * 1.000 \text{ vacas} * \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} * \frac{0,10}{0,70} = 5,48 \frac{m^3}{\text{día}}$$

Total residuos líquidos (diario):

$$38,36 \frac{m^3}{\text{día}} + 5,48 \frac{m^3}{\text{día}} = 43,84 \frac{m^3}{\text{día}}$$

Se dimensiona el tanque de alimentación para tener suministro en un período de 3 días, por lo que, al menos el tanque de alimentación debe tener el siguiente volumen:

$$43,84 \frac{m^3}{\text{día}} * 3 \text{ días} = 131,52 m^3 \quad (\text{Ec.5})$$

Para **suministrar el tanque de alimentación se utiliza un camión cisterna**. Para optimizar viajes se debe tener en cuenta la posibilidad de que las explotaciones tengan el residuo líquido (purín y lixiviado) en la misma balsa o en diferentes balsas. Para ello se realiza la siguiente distinción:

- Purín de vacuno y lixiviado en la misma balsa

En algunas explotaciones intensivas, en las mismas balsas de purín existe un cierto contenido de lixiviado, por lo que en estos casos se debe transportar **diariamente** a la planta de biogás 44 m^3 (aproximadamente) de esta mezcla sin hacer distinción:

$$43,84 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \quad (\text{Ec.6})$$

- Purín de vacuno y lixiviado en distintas balsas

En el caso en el que el purín esté almacenado en diferentes silos a los del residuo de lixiviado se debe realizar la siguiente gestión **diaria**:

Purín

$$38,36 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \quad (\text{Ec.7})$$

Lixiviado

$$5,48 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \quad (\text{Ec.8})$$

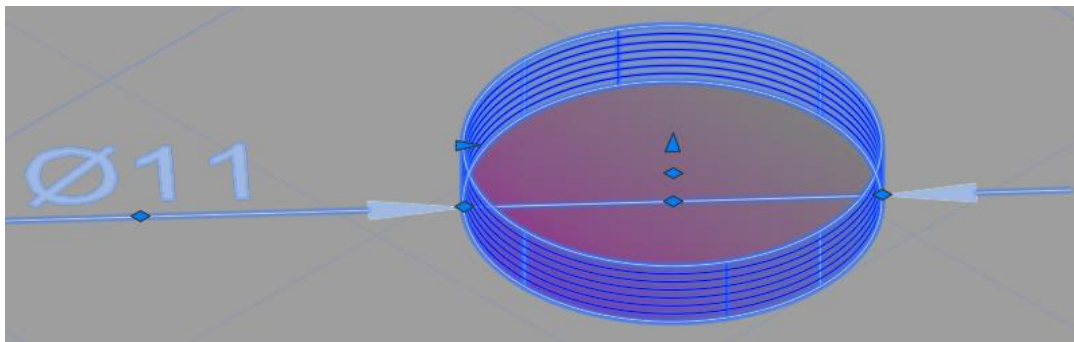


Figura 59. Tanque de alimentación en AutoCad 3D. Fuente: Elaboración propia

2. INTERCAMBIADOR DE CALOR RESIDUOS LÍQUIDOS – AGUA

Este intercambiador consigue que la mezcla de sustratos líquidos (purín y lixiviado) entre en el digestor con una temperatura más elevada y asegura la higienización de este residuo líquido. El ciclo cerrado de agua caliente proviene de la energía térmica de las microturbinas [84]. La temperatura de entrada del residuo líquido se ha estimado teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la zona (principalmente, del período invernal por ser el más desfavorable) [19].

Tabla 27. Condiciones del intercambiador agua-residuo líquido. Fuente: Elaboración propia

CONDICIONES DEL INTERCAMBIADOR AGUA-SUSTRATOS LÍQUIDOS		
AGUA	Temperatura entrada (t1)	75 °C
	Temperatura salida (t2)	55 °C
RESIDUO LÍQUIDO	Temperatura entrada (T1)	5 °C
	Temperatura salida (T2)	20 °C

○ PÉRDIDAS DE CALOR DEL RESIDUO LÍQUIDO (PDCSL).

Se calcula las pérdidas de carga para la tubería que conecta el tanque de alimentación y el digestor y, que transporta el sustrato líquido (purín y lixiviado).

Para saber el caudal que se necesita impulsar con la bomba desde el tanque de alimentación al digestor los 43,84 m³/día que entran en la planta (calculados en el apartado 1. TANQUE DE ALIMENTACIÓN del ANEXO I: CÁLCULO DE EQUIPOS), bombeando **4 veces al día para evitar que exista un choque térmico si se introduce un caudal grande**, se realiza el siguiente cálculo (se supone que cada caudal entra a lo largo de una hora) [99]:

$$\frac{43,84 \frac{m^3}{día}}{4 \frac{veces}{día}} = \frac{10,96 m^3}{cada vez} \quad (Ec. 9)$$

$$10,96 \frac{m^3}{h} = 0,003 \frac{m^3}{s}$$

Tras hallar el caudal, se procede a calcular la sección que debe tener la tubería. Para ello se procede a realizar un proceso iterativo, en el que se supone una velocidad (dentro del rango de velocidades medias), según la viscosidad del fluido caloportador. En este caso, de baja viscosidad, ya que se trabaja con el residuo líquido (purín y lixiviado) de propiedades similares a las del agua.

Para relacionar caudal, área y velocidad en dinámica de fluidos se utiliza la expresión **de flujo volumétrico o cantidad de flujo** que circula a través de una sección de tubería o canal por unidad de tiempo.

$$Q = Av$$

El valor utilizado para estimar (aproximadamente) la velocidad de flujo, en m/s, del agua, es de 2. Este valor se estima, según la **viscosidad del tipo de fluido caloportador que se utiliza (agua)**.

Tabla 28. Velocidad de flujo en m/s según la viscosidad del tipo de caloportador. Fuente: [100]

Tipo de caloportador	Velocidad de flujo en m/s
Líquidos viscosos	<1
Líquidos de viscosidad baja	1-3
Gases contaminados por polvo	5-10
Gases puros	10-15
Vapor saturado	30-50

Se supone la velocidad (2 m/s) para proceder al siguiente proceso iterativo [10]; [13]; [15]; [40]:

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0,003 \frac{m^3}{s}}{2 \frac{m}{s}} = 0,0015 m^2 \quad (\text{Ec. 10})$$

A continuación, tras hallar el área, se calcula el diámetro de la tubería:

$$A = \pi r^2$$

$$r = 0,021 m = 21 mm$$

$$d = 2 * r = 2 * 21 = 42 mm \quad (\text{Ec. 11})$$

El diámetro interior debe ser mayor de 42 mm, para ello se realiza el cálculo con varias tuberías de superior diámetro y se comparan los datos:

- CÁLCULO 1 (TUBERÍA 45,2 mm DI).

La presión utilizada es de 10 atm, ya que es la necesaria para el correcto funcionamiento de la bomba hidráulica [94].

Tabla 29. Diámetros normalizados para tuberías de PVC. Fuente: [76]

DIÁMETROS NORMALIZADOS (NOMINAL E INTERIOR) PARA TUBERIAS DE PVC				
DN (mm)	DI (mm)			
	4 atm	6 atm	10 atm	16 atm
16	–	–	–	13,6
20	–	17,5	–	17
25	22,6	22,6	22	21,2
32	29,6	29,2	28,4	27,2
40	37,2	36,4	36	34
50	47,2	46,4	45,2	42,6
63	59,4	59,2	57	53,6
75	71,4	70,6	67,8	63,8
90	86,4	84,6	81,4	76,6
110	105,6	103,6	99,4	93,6
125	120	117,6	113	106,4
140	134,4	131,8	126,6	119,2
160	153,6	150,6	144,6	136,2
180	172,8	169,4	162,8	153,2
200	192	188,2	180,8	170,4

$$A = \pi r^2 = \pi * 0,0226^2 = 0,0016 \text{ m}^2 \quad (\text{Ec. 12})$$

En este proceso iterativo, el siguiente paso es volver a calcular la velocidad a partir del dato real de tubería y su respectiva área:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,003 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,0016 \text{ m}^2}$$

$$v = 1,89 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{Ec.13})$$

El factor de fricción o coeficiente de resistencia de Darcy-Weisbach (f) es un parámetro adimensional que se utiliza en dinámica de fluidos para calcular la pérdida de carga en una tubería debido a la fricción. En tuberías lisas para determinar el factor de fricción se utiliza la ley de Blasius:

$$f = 0,3164 * Re^{-0,25} \quad (\text{Ec.14})$$

Para ello, primero se tiene que calcular el número de Reynolds (Reynolds es un valor adimensional que clasifica el movimiento del fluido en laminar y turbulento):

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu} = \frac{997 * 1,89 * 0,0452}{8,91 * 10^{-4}} = 95.951,94$$

$$95.951,94 > 4.000 \text{ TURBULENTO} \quad (\text{Ec. 15})$$

Al obtener un valor tan elevado de Reynolds con la tubería seleccionada, se procede a trabajar con el siguiente valor de tubería a 10 atm:

- CÁLCULO 2 (TUBERÍA 57 mm DI)

Tabla 30. Diámetros normalizados para tuberías de PVC. Fuente: [76]

DIÁMETROS NORMALIZADOS (NOMINAL E INTERIOR) PARA TUBERIAS DE PVC				
DN (mm)	DI (mm)			
	4 atm	6 atm	10 atm	16 atm
16	–	–	–	13,6
20	–	17,5	–	17
25	22,6	22,6	22	21,2
32	29,6	29,2	28,4	27,2
40	37,2	36,4	36	34
50	47,2	46,4	45,2	42,6
63	59,4	59,2	57	53,6
75	71,4	70,6	67,8	63,8
90	86,4	84,6	81,4	76,6
110	105,6	103,6	99,4	93,6
125	120	117,6	113	106,4
140	134,4	131,8	126,6	119,2
160	153,6	150,6	144,6	136,2
180	172,8	169,4	162,8	153,2
200	192	188,2	180,8	170,4

$$A = \pi r^2 = \pi * 0,0285^2 = 0,00255 \text{ m}^2 \quad (\text{Ec. 16})$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,003 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,00255 \text{ m}^2}$$

$$v = 1,19 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{Ec.17})$$

Comprobación de la pertenencia al Régimen Turbulento:

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu} = \frac{1000 * 1,19 * 0,057}{8,91 * 10^{-4}} = 76.127,95 \quad (\text{Ec. 18})$$

$$76.127,95 > 4.000 \text{ TURBULENTO}$$

Se elige la tubería **de 57 mm DI** (2 ¼ en pulgadas y 63 en DN) ya que el número de Reynolds (parámetro para determinar el movimiento del fluido) es muy elevado al utilizar el diámetro de tubería igual o superior con 10 atm (45,2), por lo que se considera más razonable utilizar el siguiente diámetro normalizado.

Tras el valor de 57 mm, el valor del siguiente diámetro normalizado (67,8) es muy superior al valor obtenido (42 mm) por lo que no se considera viable.

COEFICIENTE DE PÉRDIDA DE CARGA (f)

$$f = 0,3164 * Re^{-0,25} \quad (\text{Ec.19})$$

$$f = 0,3164 * 76.127,95^{-0,25} = 0,019$$

Este valor, junto a la longitud del tramo de cañería, el diámetro, la velocidad media y la gravedad conforman la siguiente expresión, con la que se halla el valor de la pérdida de carga del sustrato líquido (purín y lixiviado) [98]:

$$PDCSL = f * \left(\frac{L}{D}\right) * \left(\frac{v^2}{2g}\right) \quad (\text{Ec. 20})$$

Donde,

- L: Longitud del tramo de cañería en m (Se supone una longitud de 100 metros, de esta forma, además de considerar la distancia entre el tanque de alimentación y el digestor, se tiene en cuenta una mayor longitud que asegure el tramo del intercambiador donde se produce el intercambio térmico entre los fluidos de ambos conductos).
- D: Diámetro interior de la tubería, en m.
- v: Velocidad media en m/s (calculada en la página anterior, de 1,19 m/s).
- g: Aceleración de gravedad en m/s².

$$PDCSL = 0,019 * \left(\frac{100}{0,057}\right) * \left(\frac{1,19^2}{2*9,81}\right) = \mathbf{2,41 (mca)} \quad (\text{Ec.21})$$

Para conocer el valor de las pérdidas de carga en el sustrato líquido en atm, se procede al siguiente cálculo (se aplica en el momento de seleccionar la bomba hidráulica):

$$2,41 \text{ mca} * \frac{1 \text{ atm}}{10,33 \text{ mca}} = \mathbf{0,23 atm} \quad (\text{Ec. 22})$$

○ ENERGÍA REQUERIDA EN EL INTERCAMBIADOR

Como se ha comentado en la memoria del TFG, el intercambiador seleccionado es de **placas**, por lo que se procede a calcular:

$$Q = U * As * \Delta T_{ml} \quad (\text{Ec. 23})$$

Donde,

- Q, es la transferencia de calor que ocurre en el intercambiador (W).
- U, es el coeficiente global de transferencia de calor ($W/m^2\ ^\circ C$).
- As, es el área de transmisión de calor (m^2).
- ΔT_{ml} , es la diferencia de temperaturas en un intercambiador ($^\circ C$ o K). Los valores utilizados están recogidos en la Tabla 27. Condiciones del intercambiador agua-residuos.

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad (\text{Ec. 24})$$

$$\Delta T_1 = T^{\text{a}}_{\text{salida agua}} - T^{\text{a}}_{\text{entrada residuos liq}} = 55 - 5 = 50^\circ C$$

$$\Delta T_2 = T^{\text{a}}_{\text{entrada agua}} - T^{\text{a}}_{\text{salida residuos liq}} = 75 - 20 = 55^\circ C$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{50 - 55}{\ln\left(\frac{50}{55}\right)} = 52,46^\circ C$$

El valor de la energía de calefacción (Q) requerida es igual a [98]:

$$E. \text{Lodos} = \frac{Q_{\text{agua rec.}} * 1.000 * d * c. e * (T_{\text{salida}} - T_{\text{ingreso}})}{3600} \quad (\text{Ec. 25})$$

Donde,

- El valor del caudal de agua de recirculación (circuito cerrado) se estima en $5\ m^3/h = 120\ m^3/\text{día}$.
- La densidad del agua es de $1\ kg/l$.
- El calor específico es de $4,187\ kW/(s*kg*^\circ C)$. En el Sistema Internacional de Unidades, el calor específico se expresa en $J/(g\ K)$, que viene a ser igual a $kJ/(kg\ K)$ y, a su vez, a $kW/(s*kg*^\circ C)$.
- La temperatura de salida del residuo líquido es de $20^\circ C$
- La temperatura de entrada del residuo líquido es de $5^\circ C$.

$$E. \text{Lodos} = \frac{120 * 1.000 * 1 * 4,187 * (293 - 278)}{3.600} = 2.093,5 \frac{kW\ h}{d}$$

Debido a que el proceso en el intercambiador no tiene un rendimiento de 100% por pérdidas que pueda tener (elementos mecánicos, elementos secundarios...) se establece un valor del 85% de eficiencia [7]; [8]; [10]; [13]; [15]:

$$E. = \frac{2.093,5}{\eta_{\text{Intercambiador}}} = \frac{2.093,5}{0,85} = 2.462,94 \frac{kWh}{d} \quad (\text{Ec. 26})$$

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Energía}}{24} = \frac{2.462,94}{24} = 102,62\ kW \quad (\text{Ec. 27})$$

Se establece un valor del 80 % al tener en cuenta las pérdidas de calor en la potencia de calefacción [7]; [8]; [10]; [13]; [15]:

$$\text{Potencia calefacción} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Pérdidas de calor}} = \frac{102,62}{0,80} = 128,28 \text{ kW} \quad (\text{Ec. 28})$$

Se halla el valor de As (Área de transferencia de calor):

$$Q = U * As * \Delta T_{ml} \quad (\text{Ec. 29})$$

Donde,

- El valor de U (coeficiente global de transferencia de calor ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)) queda determinado por el tipo de fluido que se utilice y su resistencia de equivalencia ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$). De los siguientes tipos de fluido, se considera que el agua de río es el que más se asemeja a la mezcla de lixiviados y purines líquidos:

Tabla 31. Procesos de transferencia de calor (Requiv). Fuente: [77]

Tipo de fluido	Requiv ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
Agua de mar por debajo de 325°K	0,0009
Agua de mar por encima de 325°K	0,0003
Agua de alimentación de calderas por encima de 325°K	0,0005
Agua de río	0,001-0,004
Agua condensada en un ciclo cerrado	0,0005
Agua de torre de refrigeración tratada	0,001-0,002
Gasóleo ligero	0,0020
Gasóleo pesado	0,0030
Asfalto	0,0050
Gasolina	0,0010
Queroseno	0,0010
Soluciones cáusticas	0,0020
Fluido hidráulico	0,0010
Sales fundidas	0,0005
Gases de escape de un motor	0,010
Aceite combustible	0,0050
Aceites vegetales	0,0030
Vapores de alcohol	0,0001
Vapor, cojinetes sin aceite	0,0005
Vapor, con aceite	0,0010
Vapores refrigerantes, con aceite	0,0020
Aire comprimido	0,0010
Líquido refrigerante	0,0010

Por lo que el valor de U , es igual a:

$$U = \frac{1}{0,004} = 250 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

De esta forma, se procede a hallar el valor de As :

$$128.280 \text{ W} = 250 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} * As * 52,46^\circ\text{C}$$

$$As = 9,78 \text{ m}^2$$

El intercambiador seleccionado (Alfa Laval T2-BFG/18H) está diseñado para producir por defecto la siguiente transferencia energética:

Tabla 32. Parámetros de diseño del intercambiador de calor T2-BFG/18H. Fuente: Elaboración propia

FLUIDO	TEMPERATURA DE ENTRADA (°C)	TEMPERATURA DE SALIDA (°C)
AGUA	85	65
RESIDUO LÍQUIDO	10	55

Las temperaturas de diseño del intercambiador seleccionado Alfa Laval T2-BFG/18H **difieren del valor de las temperaturas del presente proyecto** (que trabaja en las condiciones de la tabla 27) por los siguientes motivos:

- El agua caliente procedente de las turbinas supera el valor de 70°C para **la higienización del residuo líquido**, pero no alcanza el valor de diseño del intercambiador (85 °C), por lo que se trabaja en un rango de temperaturas inferior al del diseño del intercambiador.
- La temperatura de salida de los residuos líquidos es de, al menos, 20°C.
- El caudal del fluido caloportador (agua) en circuito cerrado se ha estimado en 5 m³/h.
- El caudal del residuo líquido está en función de la materia introducida en el tanque de alimentación ($43,84 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 1,83 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$).

Tabla 33. Características del intercambiador de placas seleccionado (T2-BFG/18H). [78]

Potencia (kW)	Modelo	n° placas	Caudal 1 (m³/h)	DP 1 (m.c.a.)	Caudal 2 (m³/h)	DP 2 (m.c.a.)	Conex.	PVP
20	T2-BFG/6H	6	0,9	1	0,4	0,5	3/4"	595 €
40	T2-BFG/8H	8	1,8	2,2	0,8	0,9	3/4"	626 €
60	T2-BFG/11H	11	2,7	3,2	1,1	0,8	3/4"	671 €
80	T2-BFG/14H	14	3,5	3,3	1,5	1	3/4"	717 €
100	T2-BFG/18H	18	4,4	3,6	1,9	1	3/4"	779 €
120	M3-FG/16M	16	5,3	3,6	2,3	1	1"1/4	1.461 €
150	M3-FG/20M	20	6,7	3,8	2,9	1	1"1/4	1.524 €
200	M3-FG/26M	26	8,9	4,2	3,8	1	1"1/4	1.618 €
250	M3-FG/32M	32	11,1	4,7	4,8	1,1	1"1/4	1.747 €
300	M3-FG/40M	40	13,3	4,9	5,7	1,1	1"1/4	1.872 €
350	M6-MFM/12L	12	15,5	3,4	6,7	1,1	2"	2.236 €
400	M6-MFM/14L	14	17,7	3,3	7,7	1	2"	2.314 €
450	M6-MFM/16L	16	20	3,3	8,6	0,9	2"	2.392 €
500	M6-MFM/18L	18	22,2	3,3	9,6	0,9	2"	2.470 €
550	M6-MFM/20L	20	24,4	3,3	10,5	0,9	2"	2.548 €
600	M6-MFM/20L	20	26,6	3,9	11,5	1	2"	2.548 €
650	M6-MFM/22L	22	28,8	3,9	12,4	1	2"	2.670 €
700	M6-MFM/24L	24	31	3,9	13,4	1	2"	2.748 €
750	M6-MFM/26L	26	33,3	4	14,3	1	2"	2.826 €
800	M6-MFM/26L	26	35,5	4,5	15,3	1,1	2"	2.826 €

3. DIGESTOR

Como se ha explicado en la memoria, el digestor es de **mezcla completa (CSTR)**. Las características para el funcionamiento óptimo del digestor son las siguientes [5]; [10]; [11]; [15]; [16]; [30]; [43]; [55]; [98]:

Tabla 34. Características para el funcionamiento óptimo del digestor.

Fuente: [5]; [10]; [11]; [15]; [16]; [30]; [43]; [55]; [98].

CARACTERÍSTICAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL DIGESTOR	
TIPO DE DIGESTOR	MEZCLA COMPLETA
pH	7,0 ± 0,4
Temperatura	32 ± 0,5
Porcentaje de sólidos volátiles	10,00 ± 1,00 %
Tiempo de retención (TR)	Como máximo 30 días
Recirculación	No

La cantidad producida de biogás según cada residuo es la siguiente:

- **Purín de vaca:**

Se tiene en cuenta, mediante balance de masas, la cantidad de kg/día (promedio) que se producen de estiércol vacuno en la zona que se estudia.

Para ello, se tiene en cuenta lo siguiente:

- El valor de 0,9 se refiere a la densidad del purín de vacuno (900 kg/m³)
- El dato de 0,0902 SV es referido al porcentaje de Sólidos Volátiles en el purín de vacuno.
- El dato de 0,196 (m³ CH₄)/(kg SV) se refiere a la cantidad con la que se puede generar de metano en m³ a partir de un kg de SV.

Tabla 35. Resultados de ensayos de biodegradabilidad anaerobia para algunos residuos. Fuente: [79]

Parámetros	Purines cerdo	Gallinaza	Purines bovino	Tierras filtrantes de aceites	Residuos de matadero	Lodos de depuradora biológica (con grasa)
SV (g/kg)	33,9	200,8	90,2	323,2	239,2	100,8
DQO (g/kg)	56,2	264,8	80	491,6	323,30	167,0
Biodegradabilidad (%)	54,9	59	56,7	84,4	68,3	63,9
m ³ CH ₄ /kg SV	0,347	0,272	0,196	0,449	0,319	0,373
m ³ biogás/ton (65% CH ₄)	18,1	84,1	27,2	223,3	117,6	57,8

$$14 \frac{m^3 \text{ purín}}{\text{año} * \text{vaca}} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} * 1.000 \text{ vacas} * \frac{1000 \text{ dm}^3 \text{ o l}}{1 \text{ m}^3} * \frac{0,9 \text{ kg}}{1 \text{ l}} = 34.520,55 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$34.520,55 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 0,0902 \text{ SV} * \frac{0,196 \text{ m}^3 \text{ CH}_4}{\text{kg SV}} = 610,30 \frac{\text{m}^3 \text{ CH}_4}{\text{día}} \quad (\text{Ec. 30})$$

Ya que, aproximadamente, en la composición del biogás, el CH₄ supone un valor de 65 % (Tabla 10):

$$\frac{610,30 \text{ m}^3 \text{ CH}_4}{\text{día}} * \frac{100 \text{ m}^3 \text{ biogás}}{65 \text{ m}^3 \text{ CH}_4} = 938,92 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}} \quad (\text{Ec. 31})$$

- **Lixiviado:**

Se considera que por su volumen de líquido y características en la composición química, tiene un potencial de producción de biogás similar al del purín. El porcentaje de biogás obtenido corresponde, aproximadamente, en volumen, a un 10 % del lixiviado, 70 % de purín y 20 % de cereal ensilado [1]; [5]; [7]; [13].

$$938,92 \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{día}} * \frac{10}{70} = 134,13 \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{día}}$$

- **Cereal ensilado:** El residuo del purín y lixiviado suponen un 80 % del biogás obtenido ($1.408,37 \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{día}}$). El 20 % restante en la generación de energía, en volumen, corresponde al cereal ensilado.

$$938,92 \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{día}} * \frac{20}{70} = 268,26 \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{día}}$$

La cantidad de maíz o cereal es la correspondiente a la capa superficial del cereal ensilado (y por ello, sobrante). A continuación se calcula el volumen necesario de ensilado (aunque este volumen supone un 20 % del biogás generado, en cantidades másicas es un valor muy inferior a los volúmenes másicos de purín y lixiviado).

El valor de **419,39 es obtenido teniendo en cuenta los valores de trigo, maíz y cebada** según la Tabla 5. Producción de biogás a partir de residuos vegetales [3]; [4]; [9]; [11]; [12].

$$268,26 \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{día}} = X \frac{kg}{\text{día}} * \frac{1 t}{1000 kg} * \frac{419,39 m^3}{1 t}$$

$$X = 639,65 \frac{kg}{\text{día}}$$

$$639,65 \frac{kg}{\text{día}} * \frac{1 l \text{ o } dm^3}{0,7 kg} * \frac{1 m^3}{1000 dm^3} = 0,91 m^3 \quad (\text{Ec. 32})$$

Aunque la parte sobrante del cereal ensilado de maíz o trigo no corresponde a un gran volumen (solo 639,65 kg/día), **si supone un elevado incremento para la producción de biogás (en este caso, alrededor del 20%)**, puesto que su potencial de producción de biogás (mediante digestión anaerobia) es elevado.

El **volumen total de biogás producido** es el siguiente:

$$938,92 \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{día}} + 134,13 \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{día}} + 268,26 \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{día}} \\ = 1.341,31 \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{día}} \quad (\text{Ec. 33})$$

Aunque el dimensionamiento de los equipos se realiza para conseguir $1.341,31 \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{día}}$ se tiene en cuenta a efectos económicos (posibles subvenciones, rendimientos anuales...) que el funcionamiento de la planta es de **10 meses al año**:

$$1.341,31 \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{día}} * \frac{300 \text{ días}}{1 \text{ año}} = 402.392,75 \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{año}}$$

El **Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)** necesario es el siguiente:

$$TRH = (-51,227 * \ln(T^{\circ}C) + 206,72) \quad (\text{Ec.34})$$

$$TRH = (-51,227 * \ln(32) + 206,72) \approx \mathbf{29 \text{ días}} \quad (\text{Ec.35})$$

El dato de **29 días** de tiempo de retención hidráulica es obtenido a partir del rango establecido en tabla 34 diseñado para un reactor de mezcla completa.

Una vez calculado todo esto, se procede a calcular el **volumen del digestor**:

Para hallar el valor del volumen del digestor se necesita conocer **el tiempo de retención hidráulico en el digestor** (calculado a partir de la ecuación anterior) y **el volumen diario necesario en el digestor**.

Las cantidades para alimentar el digestor (purín de vacuno y lixiviado entran en el digestor desde el tanque de alimentación) son:

Tabla 36. Volumen diario de residuo necesario en el digestor. Fuente: Elaboración propia.

VOLUMEN DIARIO NECESARIO EN EL DIGESTOR	
PURIN DE VACUNO	38,36 m ³
LIXIVIADOS	5,48 m ³
PARTE RESIDUAL DE CEREAL ENSILADOS	0,91 m ³
TOTAL	44,75 m³

Por lo que el **volumen del digestor** es el siguiente [1]; [5]; [7]; [10]; [11]:

1. CILINDRO DEL DIGESTOR

$$44,75 \text{ m}^3 * 29 \text{ días} = 1.297,75 \text{ m}^3 \quad (\text{Ec.36})$$

Las dimensiones del digestor CSTR son:

$$\pi * r^2 * h \geq 1.297,75 \text{ m}^3 \quad (\text{Ec.37})$$

Al establecer el radio interior del digestor en 8,5 m, se deduce que la altura (h) es igual a 5,72 m [1]; [5]; [7]; [11].

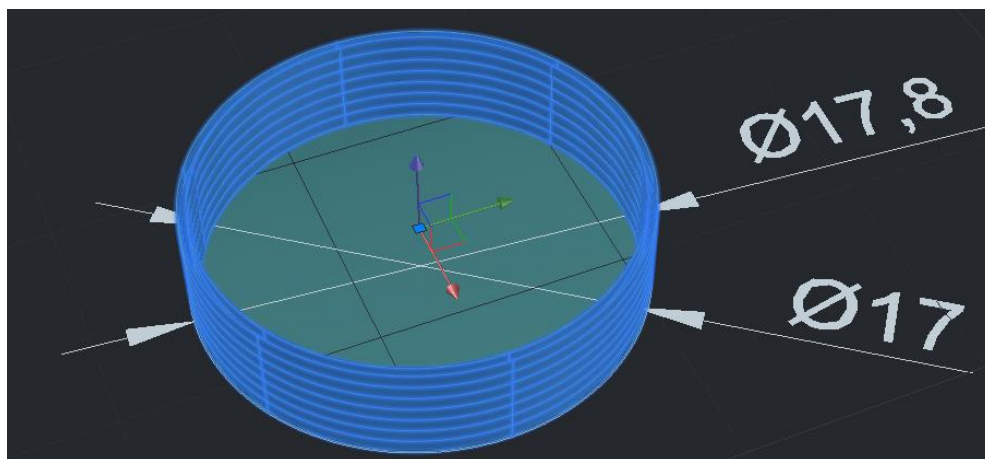


Figura 60. Dimensiones interiores y exteriores del digestor CSTR. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. Volumen cilindro del digestor. Fuente: Elaboración propia.

VOLUMEN CILINDRO DEL DIGESTOR	
Radio interior	8,5 m
Altura (h)	5,72 m
Volumen del cilindro del digestor	1.297,75 m³

2. GASÓMETRO o CÚPULA

En cuanto a la cúpula del biodigestor, **se diseña para el almacenamiento de hasta 12 horas del biogás.**

A continuación se calcula el biogás que se obtiene cada 12 horas:

$$1.341,31 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} * 12 \text{ h de almac.} = 670,65 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{12 \text{ horas}} \quad (\text{Ec.38})$$

Para comprobar que el resultado obtenido para el diseño de almacenamiento de biogás es correcto, se compara dicho resultado con la mitad del volumen de una esfera se asimila al de la cubierta del digestor:

$$\text{VOLUMEN ESFERA: } \frac{4}{3} * \pi * R^3 \quad (\text{Ec. 39})$$

$$\text{MITAD VOLUMEN DE ESFERA: } \frac{2}{3} * \pi * R^3$$

$$\frac{2}{3} * \pi * 8,5^3 = 1.286,22 \geq 670,65 \frac{m^3}{12 \text{ horas}}$$

De esta forma, el **volumen total del digestor** es:

$$1.297,75 \text{ m}^3 + 1.286,22 \text{ m}^3 = 2.583,97 \text{ m}^3 \quad (\text{Ec.40})$$

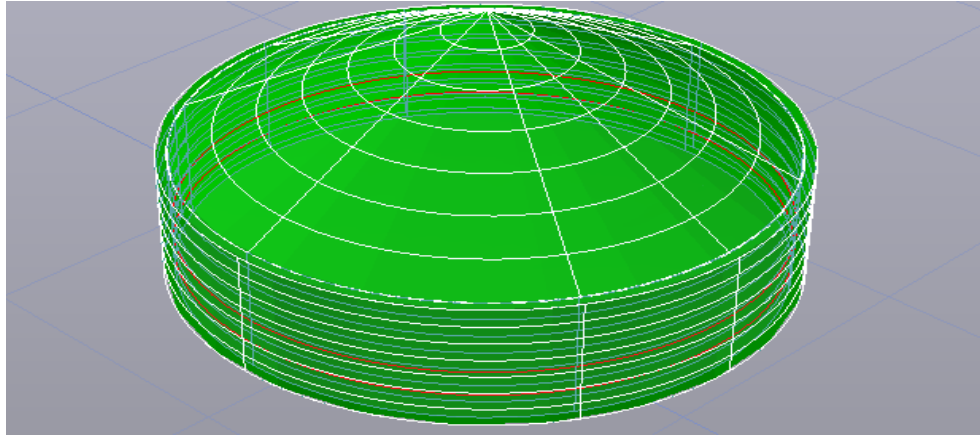


Figura 61. Diseño completo del digestor (incluida la calefacción), en AutoCAD 3D.
Fuente: Elaboración propia.

BALANCE DE MASA GLOBAL DE PROCESO:

Se resumen los datos obtenidos, para a continuación, realizar el balance de masa:

Tabla 38. Balance de masa global de proceso. Fuente: Elaboración propia.

DATOS PARA EL BALANCE DE MASA	
Carga diaria de purín	34.520,55 kg/día
Carga diaria de cereal ensilado	639,65 kg/día
Carga diaria de lixiviado	3.835,62 kg/día
Producción diaria de biogás	1.341,31 m ³ /día

Carga total que recibe el digestor diariamente:

$$34.520,55 \frac{kg}{día} + 639,65 \frac{kg}{día} + 3.835,62 \frac{kg}{día} = 38.995,81 \frac{kg}{día} \quad (\text{Ec. 41})$$

El balance de masa del digestato y de biogás producido a partir del residuo inicial se calcula a continuación:

$$1.341,31 \frac{m^3}{día} \times 1,2 \frac{kg}{m^3} = 1.609,57 \frac{kg \text{ biogás}}{día} \quad (\text{Ec. 42})$$

$$38.995,81 \frac{kg}{día} - 1.609,57 \frac{kg}{día} = 37.386,24 \frac{kg}{día} \quad (\text{Ec. 43})$$

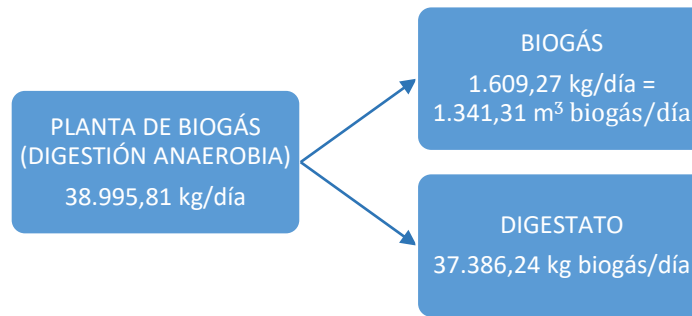


Figura 62. Proporción de biogás y digestato en la planta de digestión anaerobia.
Fuente: Elaboración propia.

Volumen digestato:

$$\frac{37.386,24 \frac{kg}{día}}{1.100 \frac{kg}{m^3}} = 34,00 \frac{m^3}{día} \quad (Ec. 44)$$

Carga Orgánica Volumétrica del digestor (COV). Para un buen funcionamiento debe estar **en el rango entre 2 y 3**:

$$\frac{Carga\ diaria\left(\frac{m^3}{día}\right) \times \% MV \times \rho\ digestato\left(\frac{kg}{m^3}\right)}{Volúmen\ útil\ digestor\ (m^3)} \quad (Ec. 45)$$

$$COV = \frac{(34,00 \times 0,10 \times 1100)}{1.305,14} = 2,86 \frac{kg}{m^3\ día} \quad (Ec. 46)$$

BALANCE DE ENERGÍA DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN EN EL INTERIOR DEL DIGESTOR:

Rango de temperaturas óptimo en el proceso de digestión anaerobia:

Tabla 39. Rango de temperaturas óptimo en el proceso de digestión anaerobia. Fuente: [11]

Bacterias	Rango de Temperaturas			Tiempo de retención (días)	Sensibilid. (°C/hora)
	Mínimo	Óptimo	Máximo		
Psicrofílicas	4-10	15-18	25-30	>100	2
Mesofílicas	15-20	28-37	35-45	30-60	1
Termofílicas	25-45	50-60	75-80	10-16	0,5

Para conocer la potencia de calefacción necesaria en el interior del digestor y así alcanzar la temperatura de mesofílica establecida, se procede a calcular las pérdidas que se deben asumir por transferencia de calor (y que elevan el valor inicial de potencia estimado para alcanzar la temperatura de 32 °C).

Para ello, es importante determinar que materiales forman parte en la estructura del digestor. En la mayoría de las plantas de biogás, gracias a sus propiedades químicas y económicas, el digestor (principal equipo) se construye a partir de hormigón en el cilindro y de PVC en la cúpula [5]; [10]; [11]; [28]; [40]; [41]; [98]; [99].

Tabla 40. Características estándar en la construcción del digestor. Fuente: Elaboración propia

CARACTERÍSTICAS ESTÁNDAR EN LA CONSTRUCCIÓN	
CILINDRO o TANQUE	HORMIGÓN
CÚPULA o CUBIERTA	PVC

- PÉRDIDAS POR TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL DIGESTOR
 - Pérdidas por transferencia de calor de la **cubierta al exterior**.
Se suponen los siguientes datos para calcular de **forma orientativa** las pérdidas por transferencia de calor en el digestor (se tiene en cuenta la temperatura de invierno (5°C) por ser el caso más desfavorable (es decir, el período del año que más calor requiere y menor temperatura ambiental existe). El valor de la transferencia de calor se utiliza según el material utilizado, en este caso PVC. La temperatura del gasómetro se ha establecido en 25 °C, valor inferior al mesofílico de los tubos e inferior a la temperatura en el interior del cilindro del digestor. El espesor de la cubierta no se ha tenido en cuenta, al considerarse como un espesor normal que queda incluido en el parámetro U. El área utilizada es la mitad del área de la esfera. El valor de la temperatura ambiente se ha estimado en 5°):

Tabla 41. Pérdidas por transferencia de calor de la cubierta al exterior.

DATOS PARA LA TRANSFERENCIA DE CALOR DE LA CUBIERTA AL EXTERIOR	
$U_{cubierta}$ (W/m ² K)	1,2
$T_{ambiente}$ (°C)	5
$T_{interior}$ mesofílica gasóm. (°C)	25
Área ($2 * \pi * (R)^2$), m ²	$2 * \pi * (8,5)^2 = 453,96$

$$Q_{cubierta} = U_{cubierta} * A * (T_{interior} - T_{ambiente}) \quad (\text{Ec.47})$$

$$Q_{cubierta} = 1,2 * 453,96 * (25 - 5) = 10.895,04 \text{ W}$$

- Pérdidas por transferencia de calor de los **laterales del digestor al exterior** (se ha considerado el valor de la temperatura lateral del digestor en 28°C, valor inferior al mesofílico de los tubos. El espesor del lateral no se ha tenido en cuenta, al considerarse como un espesor normal que queda incluido en el parámetro U).

Tabla 42. Pérdidas por transferencia de calor de los laterales del digestor al exterior.
Fuente: Elaboración propia.

DATOS PARA LA TRANSFERENCIA DE CALOR DE LOS LATERALES AL EXTERIOR	
$U_{\text{laterales}} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	1,1
$T_{\text{ambiente}} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	5
$T_{\text{interior mesofílica lateral}} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	28
$\text{Área } [(2 * \pi * r) * h], \text{ m}^2$	$2 * \pi * 8,5 * 5,72 = 307,10$

$$Q_{\text{laterales}} = U_{\text{hormigón}} * A * (T_{\text{interior}} - T_{\text{ambiente}})$$

$$Q_{\text{laterales}} = 1,1 * 307,10 * (28 - 5) = 7.725,33 \text{ W}$$

- Pérdidas por transferencia de calor del **digestor al suelo** (La temperatura del suelo se ha considerado en 20).

Tabla 43. Pérdidas por transferencia de calor del digestor al suelo.
Fuente: Elaboración propia.

DATOS PARA LA TRANSFERENCIA DE CALOR DE LOS LATERALES AL EXTERIOR	
$U_{\text{suelo}} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	1,1
$T_{\text{ambiente suelo (EN CONTACTO CON EL DIGESTOR)}} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	20
$T_{\text{interior mesofílica ópt.}} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$	28
$\text{Área, (m}^2\text{)}$	$\pi * 8,5^2 = 228,98$

$$Q_{\text{suelo}} = U_{\text{hormigón}} * A * (T_{\text{interior}} - T_{\text{suelo}})$$

$$Q_{\text{suelo}} = 1,1 * 228,98 * (28 - 20) = 1.997,43 \text{ W}$$

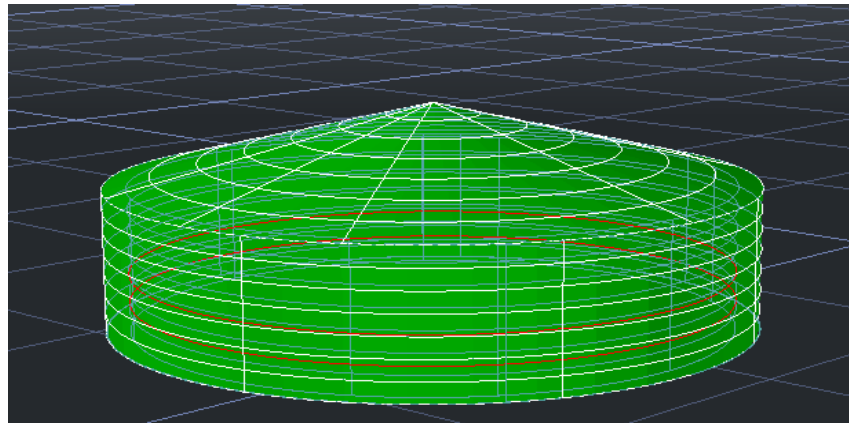


Figura 63. Representación del digestor (incluido el gasificador y los tubos de calefacción). AutoCAD 2020 3D. Fuente: Elaboración propia.

$$Q_{\text{TOTAL}} = 10.895,04 \text{ W} + 7.725,33 \text{ W} + 1.997,43 \text{ W} = 20.617,80 \text{ W}$$

(Ec. 48)

- POTENCIA CALEFACCIÓN NECESARIA [98]:

$$E. \text{ Lodos} = \frac{Q_{\text{lodos}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right) * 1.000 * d \left(\frac{\text{kg}}{\text{l}} \right) * c.e \left(\frac{\text{kW}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) * (T_{\text{reactor}} - T_{\text{ingresso}})}{3600}$$

Donde,

$$\circ Q_{\text{lodos}} = 44,75 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \text{ es extraído de la tabla 35}$$

$$E. \text{ Lodos} = \frac{44,75 * 1.000 * 0,9 * 4,187 * (305 - 288)}{3.600} = 796,30 \frac{\text{kW h}}{\text{d}}$$

(Ec. 49)

El rendimiento del intercambiador es del 85 % [7]; [8]; [10]; [13]; [15]:

$$E. = \frac{796,30}{\eta_{\text{Intercambiador}}} = \frac{796,30}{0,85} = 936,83 \frac{\text{kWh}}{\text{d}} \quad (\text{Ec. 50})$$

La potencia de calefacción necesaria es:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Energía}}{24} = \frac{941,66}{24} = 39,04 \text{ kW} \quad (\text{Ec. 51})$$

$$\text{Potencia calefacción} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Pérdidas de calor} * } = \frac{39,04}{1 - 0,346} = \mathbf{59,65 \text{ kW}} \quad (\text{Ec. 52})$$

* *Pérdidas de calor* = Las pérdidas de calor (como se ha calculado en el anterior apartado) son de 20.617,80 W, lo que suponen con respecto al total un 34,55 %:

$$x = \frac{20,62}{39,04 + 20,62} * 100 \approx 34,55 \%$$

- TUBOS CALEFACTORES EN EL INTERIOR DEL DIGESTOR (INTERCAMBIADOR DE CALOR AGUA-RESIDUOS):

Se considera el agua como el fluido más idóneo en el intercambiador para la transferencia de calor a los residuos (purín de vaca, cereal ensilado y lixiviado) por diversas razones:

- Temperaturas iguales o inferiores a 60°C por lo que no existe la posibilidad de que se evapore.
- Circuito de calefacción cerrado, esto quiere decir que el agua se recircula constantemente sin que exista un constante consumo de agua incontrolado.
- El valor de la temperatura de entrada se ha establecido en 14 °C. Por un lado, el residuo líquido que ha sido sometido al proceso de higienización entra a 20 °C al digestor. Por otro lado, este residuo líquido **es mezclado con el residuo sólido que se encuentra a una temperatura inferior**. Además, el residuo líquido tiene pérdida de temperatura a lo largo del conducto, por lo que el valor de la temperatura final de todo el sustrato (líquido y sólido) es inferior a 20°C.

Tabla 44. Condiciones del intercambiador agua-residuos. Fuente: Elaboración propia

CONDICIONES DEL INTERCAMBIADOR AGUA-RESIDUOS		
AGUA	Temperatura entrada	60°C
	Temperatura salida	45°C
RESIDUOS	Temperatura entrada	14°C
	Temperatura salida	32°C

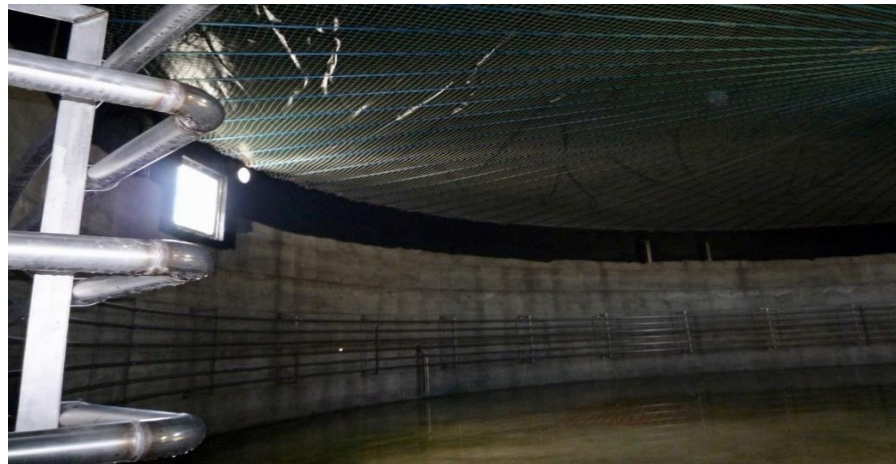


Figura 64. Tubos de calefacción en el interior del digestor anaerobio. Fuente: [80]

$$Q = U * As * \Delta T_{ml} \quad (\text{Ec. 53})$$

Donde,

- Q, es la transferencia de calor que ocurre en el intercambiador (W). Calculada en el apartado anterior (59,65 kW).
- U, es el coeficiente global de transferencia de calor (W/m² °C)
- As, es el área de los tubos del serpentín (m²)
- ΔT_{ml} , es la diferencia de temperaturas en un intercambiador a contracorriente (°C o K). Las temperaturas utilizadas están recogidas en la Tabla 27. Condiciones del intercambiador agua-residuos.

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad (\text{Ec. 54})$$

$$\Delta T_1 = T^a_{\text{salida agua}} - T^a_{\text{entrada biomasa}} = 45 - 14 = 31^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = T^a_{\text{entrada agua}} - T^a_{\text{salida biomasa}} = 60 - 32 = 28^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{31 - 28}{\ln\left(\frac{31}{28}\right)} = 29,5^\circ\text{C}$$

Se averigua el valor de As:

$$Q = U * A_s * \Delta T_{ml}$$

Procesos de transferencia de calor (Requiv). Fuente: [77]

Tipo de fluido	Requiv (m ² K/W)
Agua de mar por debajo de 325 °K	0,0009
Agua de mar por encima de 325 °K	0,0003
Agua de alimentación de calderas por encima de 325 °K	0,0005
Agua de río	0,001-0,004
Agua condensada en un ciclo cerrado	0,0005
Agua de torre de refrigeración tratada	0,001-0,002
Gasóleo ligero	0,0020
Gasóleo pesado	0,0030
Asfalto	0,0050
Gasolina	0,0010
Queroseno	0,0010
Soluciones cáusticas	0,0020
Fluido hidráulico	0,0010
Sales fundidas	0,0005
Gases de escape de un motor	0,010
Aceite combustible	0,0050
Aceites vegetales	0,0030
Vapores de alcohol	0,0001
Vapor, cojinetes sin aceite	0,0005
Vapor, con aceite	0,0010
Vapores refrigerantes, con aceite	0,0020
Aire comprimido	0,0010
Líquido refrigerante	0,0010

$$59.652 \text{ W} = 250 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} * A_s (\text{m}^2) * 29,5 (^\circ\text{C o K})$$

$$A_s = 8,09 \text{ m}^2$$

A continuación se realizan algunos cálculos interpolando a partir de un diámetro estimado (en pulgadas (")), y centímetros, según los principales diámetros de PVC):

- Tubería de 1/2" (1,5 cm)

$$As = \pi * D * L$$

$$L = \frac{As}{\pi * D} = \frac{8,12}{\pi * 0,015} = 171,64$$

$$\text{Número de tubos} = \frac{171,64}{2 * \pi * r} = \frac{171,64}{2 * \pi * 8,5} = 3,21 \approx 3 \text{ tubos}$$

- Tubería de 3/4" (2,0 cm)

$$As = \pi * D * L$$

$$L = \frac{As}{\pi * D} = \frac{8,12}{\pi * 0,020} = 128,73$$

$$\text{Número de tubos} = \frac{128,73}{2 * \pi * r} = \frac{128,73}{2 * \pi * 8,5} = 2,41 \approx 2 \text{ tubos}$$

- Tubería de 1" (2,54 cm)

$$As = \pi * D * L$$

$$L = \frac{As}{\pi * D} = \frac{8,12}{\pi * 0,0254} = 101,36$$

$$\text{Número de tubos} = \frac{101,36}{2 * \pi * r} = \frac{101,36}{2 * \pi * 8,5} = 1,90 \approx 2 \text{ tubos}$$

- Tubería de 1 1/4" (3,2 cm)

$$As = \pi * D * L$$

$$L = \frac{As}{\pi * D} = \frac{8,12}{\pi * 0,032} = 80,46$$

$$\text{Número de tubos} = \frac{80,46}{2 * \pi * r} = \frac{80,46}{2 * \pi * 8,5} = 1,50 \text{ tubos}$$

- Tubería de 1 1/2" (4,0 cm)

$$As = \pi * D * L$$

$$L = \frac{As}{\pi * D} = \frac{8,12}{\pi * 0,040} = 64,37$$

$$\text{Número de tubos} = \frac{64,37}{2 * \pi * r} = \frac{64,37}{2 * \pi * 8,5} = 1,21 \approx 1 \text{ tubo}$$

- Tubería de 2" (5,08 cm)

$$As = \pi * D * L \quad (\text{Ec. 55})$$

$$L = \frac{As}{\pi * D} = \frac{8,12}{\pi * 0,0508} = 50,68$$

$$\text{Número de tubos} = \frac{50,68}{2 * \pi * r} = \frac{50,68}{2 * \pi * 8,5} = 0,95 \approx 1 \text{ tubo} \quad (\text{Ec. 56})$$

Tras considerar tuberías de varios diámetros y según diferentes referencias bibliográficas se considera que la **tubería de 1"** (el número de tubos en el digestor es de **2 tubos**) es un diámetro de tubería muy utilizado por defecto en industria y similar a multitud de equipos industriales, por lo que es más fácil ajustar ambos diámetros sin necesidad de provocar posibles problemas por variaciones de diámetros y presiones. Al ser 2 tubos en lugar de 1 y, digestor de mezcla completa facilita la transferencia de calor desde los tubos a todo el digestor [5]; [7]; [10]; [11]; [41]; [42]; [50]; [55].

Tabla 45. Características de instalación de calefacción. Fuente: [5]; [7]; [10]; [41]; [42]; [55].

Características de instalación de calefacción	
Debe instalarse a 0,5 m del fondo del digestor	
Separación de la pared de 5 a 10 cm	
Las tuberías deben estar separadas horizontalmente	
Las tuberías deben estar separadas al menos por 0,5 m entre ellas	
El sistema de calefacción debe cubrir al menos 1/3 de la altura del digestor	

Por todo esto, se estiman las siguientes alturas (h) para los tubos de calefacción:

Tabla 46. Altura (h) de los tubos de calefacción en el digestor. Fuente: Elaboración propia.

ALTURA (h) DE LOS TUBOS DE CALEFACCIÓN (1")	
Tubo 1	1 m
Tubo 2	2,5 m

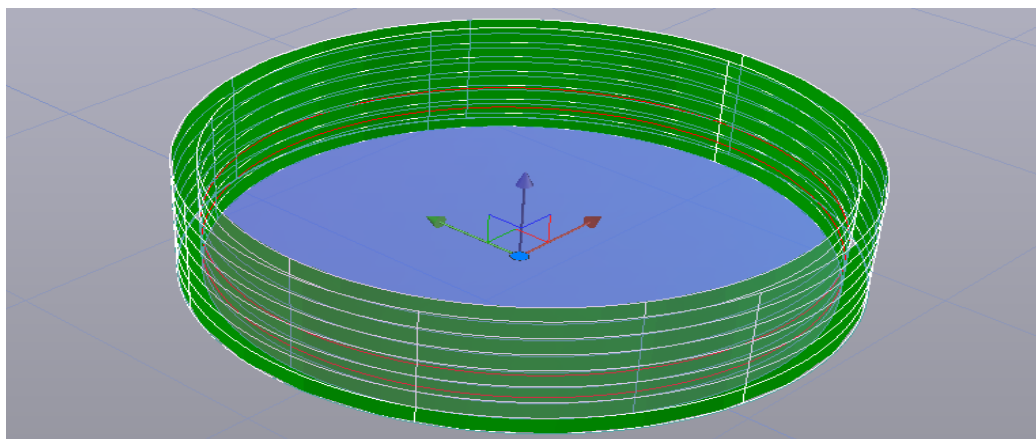


Figura 65. Tubos de calefacción en el digestor anaerobio.
Fuente: Elaboración propia con AutoCad 3D

CAUDAL MÁSSICO DE AGUA

La cantidad de agua necesaria a aportar desde las microturbinas en circuito cerrado para la transferencia de energía térmica se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$Q = \dot{m}_{agua} (h_2 - h_1) \quad (\text{Ec. 57})$$

Tabla 47. Entalpía agua saturada. Fuente: Elaboración propia.

ENTALPÍA AGUA SATURADA		
h_1	45°C	188,45 kJ/kg
h_2	60°C	251,13 kJ/kg

PROPIEDADES DEL AGUA SATURADA (LÍQUIDO-VAPOR): TABLA DE TEMPERATURAS

Tabla 48. Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): tabla de temperaturas. Fuente: [81]

	Volumen específico			Energía interna		Entalpía			Entropía	
	m ³ / kg			kJ / kg		kJ / kg			kJ / kg K	
	Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Vapor	Líquido	Vapor
35	0,05628	1,0060	25,216	146,67	2423,4	146,68	2418,6	2565,3	0,5053	8,3531
36	0,05947	1,0063	23,940	150,85	2424,7	150,86	2416,2	2567,1	0,5188	8,3336
38	0,06632	1,0071	21,602	159,20	2427,4	159,21	2411,5	2570,7	0,5458	8,2950
40	0,07384	1,0078	19,523	167,56	2430,1	167,57	2406,7	2574,3	0,5725	8,2570
45	0,09593	1,0099	15,258	188,44	2436,8	188,45	2394,8	2583,2	0,6387	8,1648
50	0,1235	1,0121	12,032	209,32	2443,5	209,33	2382,7	2592,1	,7038	8,0763
55	0,1576	1,0146	9,568	230,21	2450,1	230,23	2370,7	2600,9	,7679	7,9913
60	0,1994	1,0172	7,671	251,11	2456,6	251,13	2358,5	2609,6	,8312	7,9096
65	0,2503	1,0199	6,197	272,02	2463,1	272,06	2346,2	2618,3	,8935	7,8310
70	0,3119	1,0228	5,042	292,95	2469,6	292,98	2333,8	2626,8	,9549	7,7553
75	0,3858	1,0259	4,131	313,90	2475,9	313,93	2321,4	2635,3	1,0155	7,6824
80	0,4739	1,0291	3,407	334,86	2482,2	334,91	2308,8	2643,7	1,0753	7,6122
85	0,5783	1,0325	2,828	355,84	2488,4	355,90	2296,0	2651,9	1,1343	7,5445
90	0,7014	1,0360	2,361	376,85	2494,5	376,92	2283,2	2660,1	1,1925	7,4791
95	0,8455	1,0397	1,982	397,88	2500,6	397,96	2270,2	2668,1	1,2500	7,4159
100	1,014	1,0435	1,673	418,94	2506,5	419,04	2257,0	2676,1	1,3069	7,3549

$$\dot{m}_{agua} = \frac{Q}{(h_2 - h_1)} = \frac{59,65 \text{ kW}}{251,13 - 188,45} = 0,96 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \text{ o } \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$v = \frac{\dot{m}_{agua}}{d} = \frac{0,96 \frac{kg}{s}}{1000 \frac{kg}{m^3}} = 9,60 * 10^{-4} \frac{m^3}{s} = 3,44 \frac{m^3}{h} \quad (Ec. 58)$$

4. TANQUE DE ENSILAJE

Una vez que se ha calculado el volumen necesario (639,65 kg/día) a introducir en el digestor del cereal ensilado (trigo, avena o maíz) se procede al dimensionado del equipo y a su logística con un camión con bañera cilíndrica.

Se representa a continuación el tanque de ensilaje:

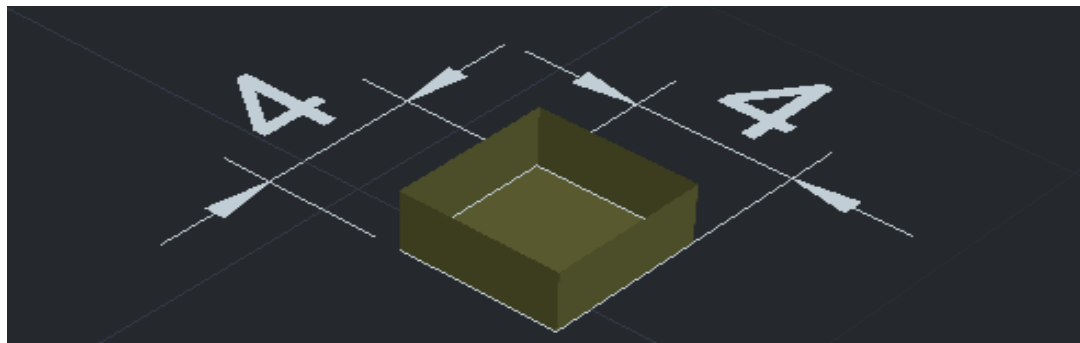


Figura 66. Tanque de ensilaje. AutoCAD 3D. Fuente: Elaboración propia

Como se ha explicado en la memoria del TFG, **el sustrato sólido (cereal ensilado), que supone alrededor de un 20 %, en volumen, del biogás generado en la planta, se almacena en el tanque de ensilaje y, accede al digestor por gravedad** (al situarse en una cota superior a la de la entrada del digestor y disponer de suelo inclinado) cuando un sensor se lo permite (tal y como se ha calculado en la (ec.32)).

$$639,65 \frac{kg}{día} * \frac{1 l o dm^3}{0,7 kg} * \frac{1 m^3}{1000 dm^3} = 0,91 \frac{m^3}{día}$$

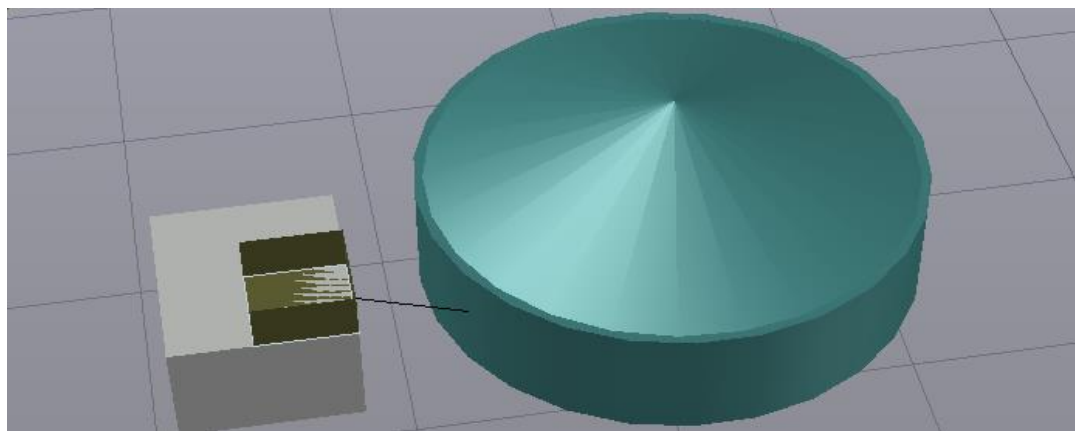


Figura 67. Conexión del tanque de ensilaje y el digestor. AutoCAD 3D. Fuente: Elaboración propia

El residuo sólido llega a la planta de biogás mediante una **bañera cilíndrica** (detallada en el apartado 2.4. ANEXO IV: FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS Y MAQUINARIA).

La cantidad que el sensor permite dejar entrar de residuo sólido al digestor al día es de:

$$0,91 \frac{m^3 \text{ residuo sólido}}{\text{día}}$$

Por lo que, cada carga completa que llega a la planta de residuo sólido en la bañera cilíndrica (carga de 32 m³) puede abastecer al digestor durante:

$$\frac{32 m^3 \text{ tanque de ensilaje}}{0,91 \frac{m^3 \text{ residuo sólido}}{\text{día}}} = 35 \text{ días}$$

5. TRATAMIENTOS AL BIOGÁS

Del biogás “bruto” que se obtiene del digestor en este proceso de purificación se le elimina, principalmente, el sulfuro de hidrógeno y el agua que contiene.

5.1. ELIMINACIÓN DE H₂S

Tabla 49. Datos a tener en cuenta en la selección del biofiltro.
Fuente: [5]; [7]; [10]; [41]; [42]; [55]; [56]; [62]; [86]; [95]; [98].

DATOS A TENER EN CUENTA EN LA SELECCIÓN DEL BIOFILTRO	
Caudal producido de biogás	1.341,31 m ³ biogás/día = 55,89 m ³ /h
Cantidad de H ₂ S en el biogás	0,8 % (9,55 m ³ H ₂ S/día)
Cantidad máxima permitida de H ₂ S	200 ppm = 0,02 %

Según la Tabla 5 “Componentes del biogás en función del sustrato utilizado”, el valor de ácido sulfhídrico (nombre de IUPAC: sulfuro de hidrógeno) para residuos ganaderos puede oscilar entre 0 y 1 %, por lo que podría ascender el volumen de H₂S hasta [5]; [7]; [10]; [41]; [42]; [55]; [56]; [62]; [86]; [95]; [98]:

$$1.341,31 \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{día}} * \frac{1 m^3 H_2S}{100 m^3 \text{ biogás}} = 13,41 \frac{m^3 H_2S}{\text{día}}$$

$$13,41 \frac{m^3 H_2S}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 h} = 0,56 \frac{m^3 H_2S}{h}$$

Esta cantidad de sulfuro de hidrógeno es muy elevada ya que no puede superar 200 ppm (0,02 %) por lo que debe ser eliminada (el mayor porcentaje posible).

Este proceso se realiza en un biofiltro (tal y como se especifica en la Memoria del TFG punto 1.5.4. Funcionamiento de la planta de biogás), para asegurar que el biogás con el que se trabaja en las microturbinas cumple con los requisitos establecidos.

El rendimiento del biofiltro para conseguir eliminar el sulfuro de hidrógeno es de:

$$\eta = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \quad (\text{Ec. 59})$$

Donde,

- C_{in} : Es el valor de concentración de H_2S en el biogás a la entrada del biofiltro (ppm)
- C_{out} : Es el valor de concentración de H_2S en el biogás a la salida del biofiltro (ppm)

$$\eta = \frac{8000 - 200}{8000} = 97,5 \%$$

La cantidad de sulfuro de hidrógeno (H_2S) eliminado es de:

$$w = \frac{(C_{in} - C_{out}) \times \text{flujo biogás}}{1000}$$

Donde,

- C_{in} : Es el valor de concentración de H_2S en el biogás a la entrada del biofiltro (ppm)
- C_{out} : Es el valor de concentración de H_2S en el biogás a la salida del biofiltro (ppm = mg/l)
- Densidad del biogás (kg/m^3)
- Flujo del biogás ($m^3/día$)

$$w = \frac{(8000 - 200)}{1000} \frac{kg}{m^3} \times 13,41 \frac{m^3 H_2S}{día} = 104,62 \frac{kg}{día}$$

$$104,62 \frac{kg}{día} \times \frac{1m^3}{1,2kg} = 87,19 \frac{m^3}{día}$$

Por lo tanto, el volumen del filtro necesario en este proyecto es el siguiente:

$$87,19 \frac{m^3}{día} = 0,024 \frac{m^3}{s}$$

Tiempo de residencia 20 segundos

$$\text{Volumen filtro} = 0,024 \frac{m^3}{s} \times 20 s = 0,48 m^3$$

Si se supone que el valor del radio del biofiltro es de 40 cm (diámetro de 80 cm), el valor de la altura del biofiltro es de [7]; [10]; [41]; [69]; [95]:

$$\text{Volumen filtro} = \pi \times r^2 \times h = 0,48 m^3 \quad (\text{Ec. 60})$$

$$h = 0,96 m$$

5.2. ELIMINACIÓN DE AGUA

Para conseguir un buen funcionamiento del biogás en las microturbinas es imprescindible eliminar el máximo porcentaje posible de humedad del gas.

Tabla 50. Datos a tener en cuenta en la selección del deshumificador. Fuente: Elaboración propia.

DATOS A TENER EN CUENTA EN LA SELECCIÓN DEL DESHUMIFICADOR	
Caudal producido de biogás	1.341,31 m ³ biogás/día = 55,89 m ³ biogás/h

El equipo seleccionado (detallado en el apartado 2.4.ANEXO IV: FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS Y MAQUINARIA) detalla en su ficha técnica el caudal de biogás con el que trabaja, por ello, para la selección de este equipo no se realizan cálculos.

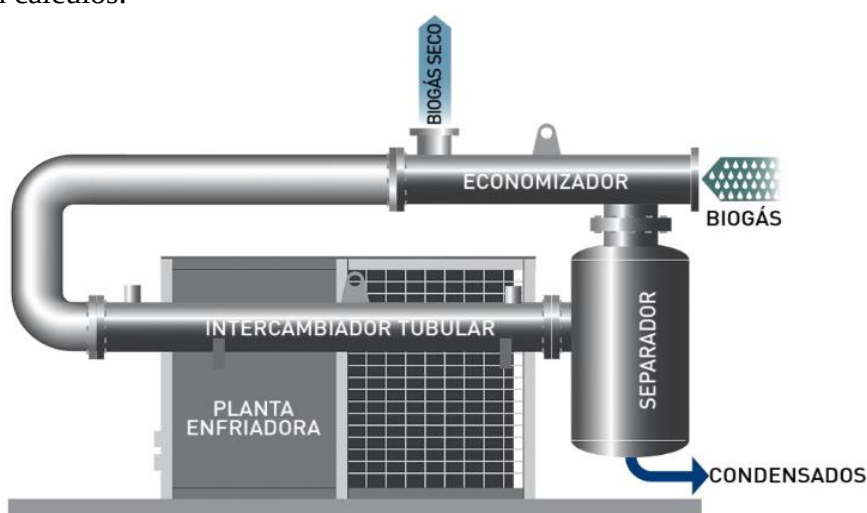


Figura 68. Principales componentes de un deshumificador de biogás. Fuente: [82]

Se supone que el caudal que se elimina en este equipo es de 8,50 m³/día que corresponde a un 0,7 % [28]; [30]; [39]; [66]; [82].

6. COMPRESOR

Como se ha comentado en la memoria del TFG, el biogás obtenido, tras los procesos de eliminación de H₂S y H₂O, tiene que llegar con una presión determinada a las microturbinas (3,5 – 4,8 bar) por lo que requiere un compresor que aumente la presión de dicho gas [84]; [96].

El caudal de biogás disponible tras los equipos de eliminación de H₂S y H₂O es de:

$$\begin{aligned}
 & 1.341,31 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}} - 87,19 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}} - 8,50 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}} \\
 & = 1.245,62 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}}
 \end{aligned}$$

Para seleccionar el compresor en ANEXO IV. FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS Y MAQUINARIA que mejor se adapte a las condiciones de la planta de biogás, además de m^3/h , se trabaja en CFM (Se supone que se está convirtiendo entre ft^3/min y m^3/h , por lo que $1 \text{ m}^3/\text{h}$ es igual a $0,58857777 \text{ CFM}$):

$$1.245,62 \frac{\text{m}^3 \text{biogás}}{\text{día}} * \frac{1 \text{día}}{24 \text{ h}} = 51,90 \frac{\text{m}^3 \text{biogás}}{\text{h}}$$

$$51,90 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{h}} * 0,5885777 \text{ CFM} = 30,55 \text{ CFM}$$

7. MICROTURBINA

La potencia máxima que pueden generar las microturbinas se calcula a partir del Poder Calorífico Inferior (PCI). Como se ha especificado anteriormente, es de $6,4 \text{ kWh}/\text{m}^3$ [5]; [11]; [84].

$$1.245,62 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}} * \frac{1 \text{día}}{24 \text{ h}} = 51,90 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\frac{6,4 \text{ kW h}}{\text{m}^3} * 51,90 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 332,17 \text{ kW} \quad (\text{Ec. 61})$$

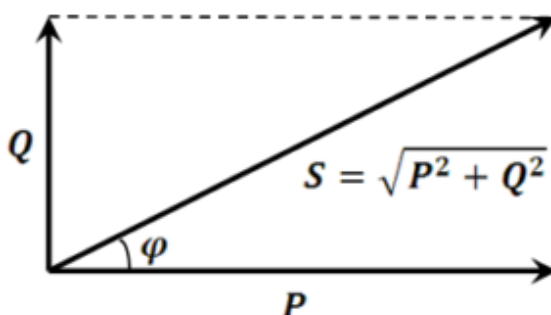


Figura 69. Potencia activa, reactiva y aparente. Fuente: [83]

****Se estima un factor de potencia (ϕ) de 0,85**

Tabla 51. Potencias obtenidas en la planta de biogás. Fuente: Elaboración propia.

POTENCIAS OBTENIDAS EN LA PLANTA DE BIOGÁS SEGÚN LA ENERGÍA PRIMARIA DISPONIBLE**	
Potencia activa total (P)	332,17 kW
Potencia aparente total (S)	390,79 kVA
Potencia reactiva total (Q)	205,86 VAr

Para determinar la microturbina que mejor se adapte a esta potencia se procede al siguiente cálculo:

Se supone que la generación de energía eléctrica de la microturbina puede llegar a ser hasta de 30 % [10]; [11]; [16]; [83]; [84],

$$332,17 \text{ kW} * 0,30 = 99,65 \text{ kW} \quad (\text{Ec. 62})$$

Para incrementar el rendimiento de la planta se aconseja utilizar varios equipos que trabajen en paralelo. En este caso se ha propuesto que sean **3 microturbinas las que estén conectadas en paralelo**, por lo que la potencia que puede llegar a generar como máximo (según la energía primaria disponible estipulada) cada una de las microturbinas es de:

$$\frac{99,65 \text{ kWe}}{3} = 33,22 \frac{\text{kWe potencia eléctrica}}{\text{microturbina}}$$

La cantidad de biogás generada de la que **se alimenta cada una de las microturbinas** es de:

$$\begin{aligned} 1.494,74 \frac{\text{kg}}{\text{día}} &= 1.245,62 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{día}} \\ \frac{1.245,62}{3} &= 415,21 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{día microturbina}} \end{aligned} \quad (\text{Ec. 63})$$

La microturbina seleccionada es la siguiente:

Tabla 52. Características de la microturbina Capstone C30. Fuente: [84]

CAPSTONE C30	
Prestaciones eléctricas ISO	
Potencia neta eléctrica	30 kWe
Rendimiento Eléctrico neto (PCI)	26 %
Consumo de Combustible ISO	
Potencia consumida al 100% de carga	115 kW PCI
Combustibles líquidos admitidos	Diésel, biodiésel, queroseno
Combustibles gaseosos admitidos	Gas natural, GLP, biogás (>35% CH ₄ ; <70.000 ppm H ₂ S)
Presión de entrada combustibles gaseosos	3,5 - 4,8 bar(g)
Prestaciones Térmicas	
Temperatura de gases de escape	275 °C
Caudal de gases de escape	0,31 kg/s
Potencia térmica recuperable	
Agua caliente 40 - 60 °C	72 kWt
Agua caliente 60 - 80 °C	65 kWt
Agua caliente 70 - 90 °C	62 kWt
Dimensiones	
Ancho x Largo x Alto	762 x 1.524 x 1.956 mm
Peso	
Funcionamiento en paralelo a la red (GC)	405 kg
Funcionamiento dual: paralelo / isla (DM)	578 kg

Por lo que el rendimiento de cada microturbina al utilizar $415,21 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{día microturbina}}$ es de:

$$6,4 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} * 415,21 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = 110,72 \frac{\text{kW}}{\text{cada microturbina}} \quad (\text{Ec. 64})$$

$$\frac{110,72 \text{ kW}}{\text{cada microturbina}} * \frac{1 \text{ microturbina}}{115 \text{ kW potencia máxima}} = 96,28 \%$$

Actualmente, **el proyecto está dimensionado para el uso de tres microturbinas** aunque se pueden añadir más microturbinas, si se cree conveniente a lo largo de la vida útil de la planta (hasta un máximo de 10 microturbinas Capstone C30).

8. TANQUE DE APOYO DIÉSEL

Para asegurar el funcionamiento de la planta en caso de algún tipo de imprevisto, se diseña un tanque en el que se almacene diésel y asegure en un período máximo de 3 días el abastecimiento de las microturbinas (**únicamente para casos excepcionales**).

Para dicho dimensionamiento, se tiene en cuenta, el Poder Calorífico Inferior del diésel o gasóleo (9,98 kWh/l) y el período de 3 días (que se considera un período lógico para volver a abastecer a las microturbinas de biogás en caso de fallo en la obtención de biogás, problemas con la materia de prima en el acceso a la planta, problema interno...) [1]; [11]; [16]; [51]; [60]:

$$X(l) = \frac{72 \text{ h} * 332,17 \text{ kW}}{9,98 \frac{\text{kWh}}{\text{l}}}$$

$$X = 2.396 \text{ l} \approx 2,40 \text{ m}^3$$

El volumen del tanque de apoyo diésel es de 2.396 l o dm^3 . Se diseña el tanque de la siguiente manera en AutoCAD (h: 0,77m, d: 2 m):

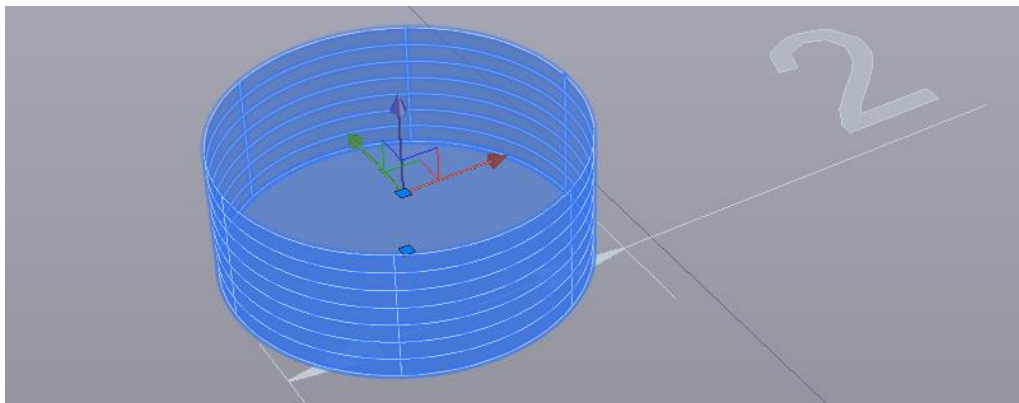


Figura 70. Tanque de almacenamiento de gasoil (Provisión para 3 días). Fuente: Elaboración propia.

La planta está diseñada para la generación de energía eléctrica y térmica con el biogás producido, siguiendo la filosofía de **la economía circular y utilización de energías renovables en lugar de energías procedentes de combustibles fósiles**.

9. ANTORCHA

La instalación de la antorcha en la planta de biogás es un sistema de seguridad que debe haber en la mayoría de procesos industriales.

Con este equipo industrial la planta de biogás puede deshacerse del combustible excedente generado que sobrepase el rango de operación de las microturbinas.

En este caso, aunque se aprovecha la totalidad de la materia prima disponible en los tanques de almacenamiento (con valor en potencia neta total de 332,17 kW) se dimensiona la antorcha por si superase este valor en un 10 % y alcanzase 365,39 kW:

$$332,17 \text{ kW} * 1,1 = 365,39 \text{ kW} \quad (\text{Ec. 65})$$

$$365,39 \text{ kW} - 332,17 = 33,22 \text{ kW} \quad (\text{Ec. 66})$$

$$33,22 \text{ kW} * \frac{1 \text{ m}^3}{6,4 \text{ kW h}} = 5,19 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad (\text{Ec. 67})$$

ANTORCHAS DE LLAMA CERRADA

Tabla 53. Antorchas de llama cerrada. Fuente: [85]

MODELO	CAUDAL (m ³ /h)	Tubo (mm)	Cuerpo interior	Quema dor	Cuerpo exterior	Precio (€)
ATP - 1	0'2-1	20	Ø 50 x 100	ø 30	Ø 0'2 * 1	6.780
ATP - 3	1 - 3	20	Ø 75 x 150	ø 35	Ø 0'25 *	7.562
ATP - 5	2 - 5	20	Ø 100 x 175	ø 40	Ø 0'3 *	8.240
ATP - 7	3 - 7	20	Ø 125 x 200	ø 50	Ø 0'35 *	8.730
ATP - 10	5 - 10	20	Ø 150 x 250	ø 60	Ø 0'4 * 2	9.120
ATP - 15	8 - 15	25	Ø 175 x 300	ø 75	Ø 0'5 * 2	9.850
ATP - 20	10 - 20	30	Ø 200 x 350	ø 90	Ø 0'5 * 2	10.570
ATP - 25	15 - 25	50	Ø 250 x 400	ø 110	Ø 0'6 * 3	12.925
ATP - 50	25 - 50	50	Ø 300 x 450	ø 115	Ø 0'6 * 3	14.555
ATP - 75	50 - 75	60	Ø 300 x 500	ø 125	Ø 0'7 * 3	15.600
ATP - 100	75 - 100	60	Ø 325 x 500	ø 130	Ø 0'8 * 3	16.785

ANTORCHAS DE LLAMA ABIERTA

Tabla 54. Antorchas de llama abierta. Fuente: [85]

MODELO	CAUDAL (m ³ /h)	Tubo (mm)	Cuerpo	Quemador	Precio (€)
FOP - 1	0'2-1	20	ø 50 * 100	ø 30	3.160
FOP - 3	1 - 3	20	ø 75 * 150	ø 35	3.980
FOP - 5	2 - 5	20	ø 100 * 175	ø 40	4.160
FOP - 7	3 - 7	20	ø 125 x 200	ø 50	5.020
FOP - 10	5 - 10	20	ø 150 x 250	ø 60	5.765
FOP - 15	8 - 15	25	ø 175 x 300	ø 75	6.340
FOP - 20	10 - 20	30	ø 200 x 350	ø 90	6.750
FOP - 25	15 - 25	50	ø 250 x 400	ø 110	8.120
FOP - 50	25 - 50	50	ø 300 x 450	ø 115	9.210
FOP - 75	50 - 75	60	ø 300 x 500	ø 125	10.540
FOP - 100	75 - 100	60	ø 325 x 500	ø 130	12.785



Figura 71. Antorcha en una planta de biogás. Fuente [85]

10. TANQUE DEL DIGESTATO (POST-DIGESTION)

Como se calculó en la ecuación 43, el volumen del digestato es:

$$\frac{37.386,24 \frac{kg}{día}}{1.100 \frac{kg}{m^3}} = 34,00 \frac{m^3}{día}$$

El biogás es una tecnología que produce por un lado un gas (con el que se puede generar energía) y un digestato (convertido en un subproducto de una alta pureza).

Este digestato apenas reduce el volumen con respecto a la materia introducida al principio de la planta, por ello se debe tener en cuenta que **tras el proceso de digestión anaerobia se vuelve a tener un volumen similar al introducido**, por ello se dimensiona a continuación el volumen del tanque de digestato (3 meses) [10]; [11]; [42]; [45]; [51]; [98];

$$34,00 \frac{m^3}{día} * 90 \text{ días} = 3.060,00 m^3 \quad (\text{Ec. 68})$$

$$3.060,00 m^3 = \pi * r^2 * h \quad (\text{Ec. 69})$$

$$\text{Si } r = 15 \text{ m, } h = 4,33 \quad (V = 3.060,70) \quad (\text{Ec. 70})$$

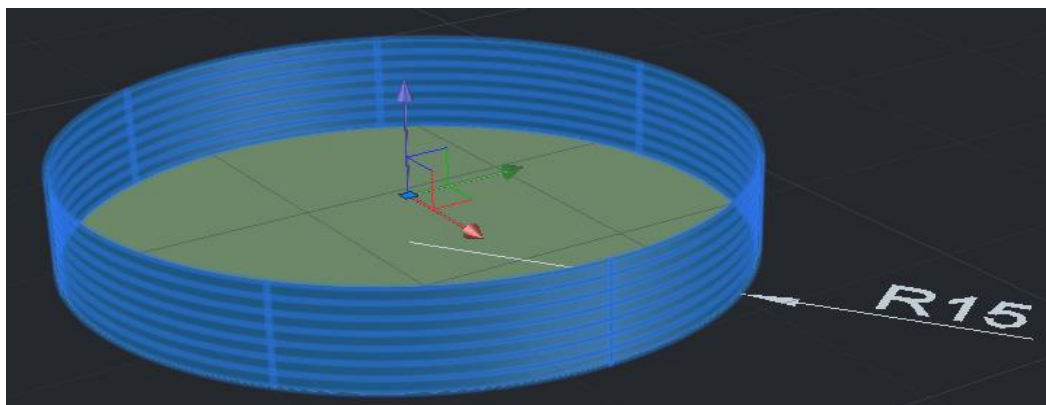


Figura 72. Tanque de postdigestión. Fuente: Elaboración propia

11. SEPARADOR

La función del separador, como su nombre indica, consiste en separar las fases líquido y sólido. En la fase sólida (digerido) interesa que exista la menor cantidad de humedad posible, todo ello depende del tamiz que se utilice. La fase líquida, tras el separador es osmotizada en un proceso de ósmosis inverso. La fase sólida, tras todos los procesos que ha tenido en la planta de biogás se transforma de un residuo a un fertilizante puro (subproducto valorizado). Se puede utilizar también como cama de ganado [68]; [69].

La cantidad a separar en este equipo (tras el tanque post-digestión) es de:

$$34,00 \frac{m^3}{día}$$

Se ha seleccionado el siguiente separador por los siguientes motivos:

- Para optimizar el consumo eléctrico del separador, se selecciona el siguiente separador, que según su ficha técnica, es capaz de separar hasta 20 m³/h, de esta forma el digestato total obtenido por día en la planta se separa en dos horas al día.
- Según diversos estudios recientes, se ha demostrado que se incrementa la eficiencia de separación al utilizar placas con cierta inclinación que facilite la conducción del digestato. Se considera la posibilidad de añadir en la parte superior del equipo un flujo de agua (agua de autoconsumo, producida en la planta) si el digestato no fluye hacia el separador de forma óptima.



Figura 73. Separador sólido/líquido SEGALÉS KOMPACK MS 1/050 con rampa. Fuente: Segalés.

12. ÓSMOSIS INVERSA

Tabla 55. Cantidad a osmotizar con respecto al total de digestato. Fuente: Elaboración propia.

CANTIDAD TOTAL	SOLUCIÓN A TRATAR EN ÓSMOSIS
$34,00 \frac{m^3}{día}$	Líquido a tratar en ÓSMOSIS ($21 \frac{m^3}{día}$)
	Sólido ($12,55 \frac{m^3}{día}$)
	Líquido a utilizar en otros equipos ($0,45 \frac{m^3}{día}$)

El líquido a tratar, es almacenado previamente a la ósmosis inversa en un **depósito de almacenamiento** (6,28 m³) en el que se comprueba las principales características del fluido (pH, dureza, temperatura, porcentaje de sólidos...).

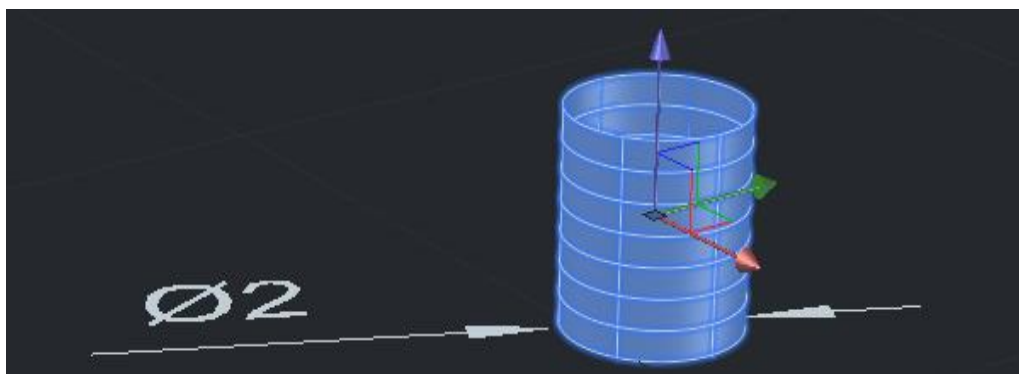


Figura 74. Tanque de almacenamiento del líquido previo al proceso de ósmosis. AutoCAD 3D.
Fuente: Elaboración propia

Este depósito debe instalarse tras el separador y antes de la ósmosis. Además, se asegura el correcto abastecimiento de líquido al equipo de ósmosis inversa. Posteriormente, tras el tratamiento de ósmosis, se vuelve a comprobar las principales características del fluido. El equipo se ha elegido según la cantidad de fluido que puede tratar (se muestra en el ANEXO IV. Ficha técnica de equipos y maquinaria).



Figura 75. Sistema de ósmosis inversa IMAECO-RO 1 m³/h.
Fuente: [86]

13. INVERSOR

“La electrónica de potencia digital controla el funcionamiento del sistema MicroTurbine y todas las operaciones del subsistema. La electrónica de potencia digital cambia la potencia de AC de frecuencia variable del generador a la tensión de CC y luego a la corriente de AC de frecuencia constante. Durante el arranque, la electrónica de potencia digital funciona como un variador de frecuencia y motoriza el generador hasta que la MicroTurbina ha alcanzado el encendido y la MicroTurbina tiene energía disponible. La electrónica de potencia digital vuelve a funcionar como una unidad durante el enfriamiento para eliminar el calor almacenado en el recuperador y dentro del motor MicroTurbine para proteger los componentes del sistema” [16].

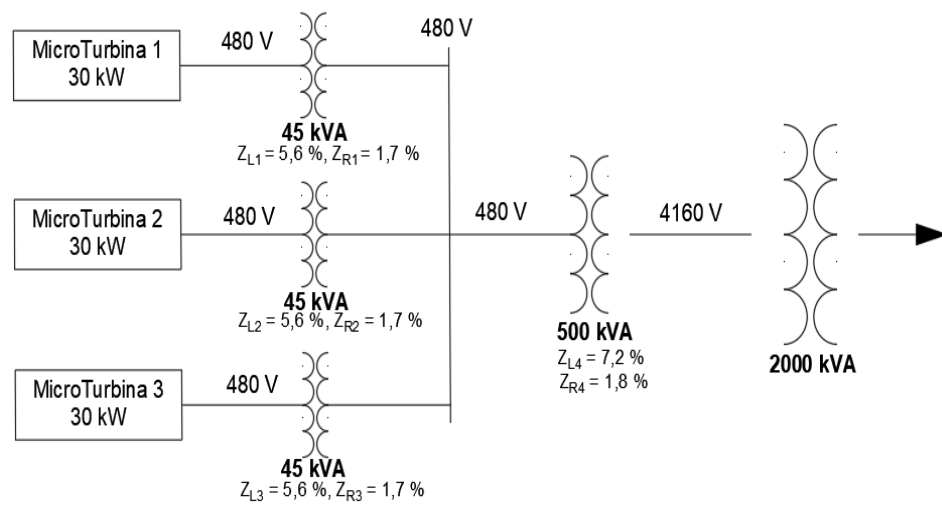


Figura 76. Impedancia total de las tres microturbinas. Fuente: Elaboración propia

La impedancia total es igual a: $Z_L = 0,5 \%$, $Z_R = 1 \%$ (Ec. 71)

$$Z_L(\text{MT1}) = 5,6\% (30/45) + 7,2\% (90/500) + 5\% (90/2000) + 0,5\% = 7,78\%$$

$$Z_L(\text{MT2}) = 5,6\% (30/45) + 7,2\% (90/500) + 5\% (90/2000) + 0,5\% = 7,78\%$$

$$Z_L(\text{MT3}) = 5,6\% (30/45) + 7,2\% (90/500) + 5\% (90/2000) + 0,5\% = 7,78\%$$

$$Z_R(\text{MT1}) = 1,7\% (30/45) + 1,8\% (90/500) + 1,3\% (90/2000) + 1\% = 3,05\%$$

$$Z_R(\text{MT2}) = 1,7\% (30/45) + 1,8\% (90/500) + 1,3\% (90/2000) + 1\% = 3,05\%$$

$$Z_R(\text{MT3}) = 1,7\% (30/45) + 1,8\% (90/500) + 1,3\% (90/2000) + 1\% = 3,05\%$$

14. AUTOCONSUMO DE LA PLANTA DE COGENERACIÓN

14.1.POTENCIA ELÉCTRICA

Tabla 56. Autoconsumo de la energía eléctrica generada. Fuente: Elaboración propia.

	EQUIPO	UNID.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ELÉCTRICO	PORCENTAJE DE AUTOCONSUMO
GENERADO	MICROTURBINA C30	3	30,00 kWe	90,00 kWe	
CONSUMIDO	AGITADOR	1	2,20 kWe	2,20 kWe	
	SEPARADOR	1	2,50 kWe	2,50 kWe	
	ÓSMOSIS	1	4,00 kWe	4,00 kWe	
	BOMBA HIDRÁULICA 1	1	0,75 kWe	0,75 kWe	
	BOMBAS HIDRÁULICA 2 y 3	2	0,25 kWe	0,50 kWe	
	DESHUMIDIFICADOR	1	5,00 kWe	5,00 kWe	
	OTROS EQUIPOS (Filtro de desulfuración, Compresor,	1	7,70 kWe	7,70 kWe	
	TOTAL CONSUMIDO			22,65 kWe	
	AUTOCONSUMO EN ELECTRICIDAD			$\frac{22,65}{90}$	25,2 %
	VERTIDO EN RED			$\frac{67,35}{90}$	74,8 %

14.2.ENERGÍA TÉRMICA

Tabla 57. Autoconsumo de la energía térmica generada. Fuente: Elaboración propia

	EQUIPO	UNID.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL TÉRMICO	PORCENTAJE DE AUTOCONSUMO
GENERADO	MICROTURBINA C30	3	65,00 kWt	195,00 kWt	
CONSUMIDO	INTERCAMBIAD. RESIDUOS LÍQUIDOS - AGUA	1	128,28 kWt	128,28 kWt	
	TUBOS DIGESTOR	1	59,65 kWt	59,65 kWt	
AUTOCONSUMO EN CALOR				$\frac{128,28 + 59,65}{195,00}$	
					96,37 %

14.3.PÉRDIDAS DE CALOR

Tabla 58. Pérdidas de calor. Fuente: Elaboración propia.

PÉRDIDAS DE CALOR	RENDIM. P.C.
$1 - \frac{(22,65 + 67,35 + 128,28 + 59,65)}{345,00}$	19,44 %

14.4.AUTOCONSUMO TOTAL

Tabla 59. Autoconsumo total utilizado en la planta. Fuente: Elaboración propia.

AUTOCONSUMO	POT. GENERADA (kW)			POT. CONSUMIDA (kW)	PORCENTAJE SOBRE EL TOTAL (%)
	POT. (kW)	Nº EQUIP	POT. TOTAL (kW)		
ELECTRICIDAD	30,00	3	90,00	22,65	6,57
CALOR	65,00	3	195,00	187,93	54,47
POTENCIA NETA TOTAL	115,00	3	345,00	345,00	61,04

15. RENDIMIENTO DE LA PLANTA DE COGENERACIÓN

Tabla 60. Rendimiento de la planta de cogeneración. Fuente: Elaboración propia.

AUTOCONSUMO	POT. GENERADA (kW)			POT. CONSUMIDA y VERTIDA (kW)	RENDIMIENTO SOBRE EL TOTAL (%)
	POT. (kW)	Nº EQUIP	POT. TOTAL (kW)		
ELECTRICIDAD	30,00	3	90,00	22,65 + 67,35	26,09
CALOR	65,00	3	195,00	187,93	54,47
POTENCIA NETA TOTAL	115,00	3	345,00	345,00	80,56

2.2.ANEXO II: ESTUDIO AMBIENTAL

Según la Ley 21/2013, la definición de estudio ambiental es la siguiente:

a) *“Evaluación ambiental”*: proceso a través del cual se analizan los efectos significativos que tienen o pueden tener los planes, programas y proyectos, antes de su adopción, aprobación o autorización sobre el medio ambiente, incluyendo en dicho análisis los efectos de aquellos sobre los siguientes factores: la población, la salud humana, la flora, la fauna, la biodiversidad, la geodiversidad, la tierra, el suelo, el subsuelo, el aire, el agua, el clima, el cambio climático, el paisaje, los bienes materiales, incluido el patrimonio cultural, y la interacción entre todos los factores mencionados.

La evaluación ambiental incluye tanto la evaluación ambiental estratégica, que procede respecto de los planes o programas, como la evaluación de impacto ambiental, que procede respecto de los proyectos. En ambos casos la evaluación ambiental podrá ser ordinaria o simplificada y tendrá carácter instrumental respecto del procedimiento administrativo de aprobación o de adopción de planes y programas, así como respecto del de autorización de proyectos o, en su caso, respecto de la actividad administrativa de control de los proyectos sometidos a declaración responsable o comunicación previa.

b) *“Impacto o efecto significativo”*: alteración de carácter permanente o de larga duración de uno o varios factores mencionados en la letra a).

En el caso de espacios Red Natura 2000: efectos apreciables que pueden empeorar los parámetros que definen el estado de conservación de los hábitats o especies objeto de conservación en el lugar o, en su caso, las posibilidades de su restablecimiento.

El presente estudio ambiental se basa en la **Ley 9/2018**, de 5 de diciembre que Evaluación Ambiental que incluye algunas modificaciones a la conocida **Ley 21/2013**, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

El ámbito de aplicación de la evaluación de impacto ambiental se detalla en el artículo 7 de la Ley 21/2013:

Artículo 7. Ámbito de aplicación de la evaluación de impacto ambiental.

1. Serán objeto de una evaluación de impacto ambiental ordinaria los siguientes proyectos:

a) Los comprendidos en el anexo I, así como los proyectos que, presentándose fraccionados, alcancen los umbrales del anexo I mediante la acumulación de las magnitudes o dimensiones de cada uno de los proyectos considerados.

b) Los comprendidos en el apartado 2, cuando así lo decida caso por caso el órgano ambiental, en el informe de impacto ambiental de acuerdo con los criterios del anexo III.

c) Cualquier modificación de las características de un proyecto consignado en el anexo I o en el anexo II, cuando dicha modificación cumple, por sí sola, los umbrales establecidos en el anexo I.

d) Los proyectos incluidos en el apartado 2, cuando así lo solicite el promotor.

2. Serán objeto de una evaluación de impacto ambiental simplificada:

a) Los proyectos comprendidos en el anexo II.

b) Los proyectos no incluidos ni en el anexo I ni el anexo II que puedan afectar de forma apreciable, directa o indirectamente, a Espacios Protegidos Red Natura 2000.

c) Cualquier modificación de las características de un proyecto del anexo I o del anexo II, distinta de las modificaciones descritas en el artículo 7.1.c) ya autorizados, ejecutados o en proceso de ejecución, que pueda tener efectos adversos significativos sobre el medio ambiente. Se entenderá que esta modificación puede tener efectos adversos significativos sobre el medio ambiente cuando suponga:

1. ° Un incremento significativo de las emisiones a la atmósfera.
2. ° Un incremento significativo de los vertidos a cauces públicos o al litoral.
3. ° Incremento significativo de la generación de residuos.
4. ° Un incremento significativo en la utilización de recursos naturales.
5. ° Una afección a Espacios Protegidos Red Natura 2000.
6. ° Una afección significativa al patrimonio cultural.

d) Los proyectos que, presentándose fraccionados, alcancen los umbrales del anexo II mediante la acumulación de las magnitudes o dimensiones de cada uno de los proyectos considerados.

e) Los proyectos del anexo I que sirven exclusiva o principalmente para desarrollar o ensayar nuevos métodos o productos, siempre que la duración del proyecto no sea superior a dos años.

Un estudio de impacto medioambiental es: “Estudio elaborado por el promotor que, siendo parte integrante del plan o programa, identifica, describe y evalúa los posibles efectos significativos sobre el medioambiente que puedan derivarse de la aplicación del plan o programa, así como unas alternativas razonables, técnica y ambientalmente viables, que tengan en cuenta los objetivos y el ámbito territorial de aplicación del plan o programa, con el fin de prevenir o minimizar los efectos adversos sobre el medioambiente de la aplicación del plan o programa [17].”

El procedimiento a seguir para este determinado estudio es el siguiente:

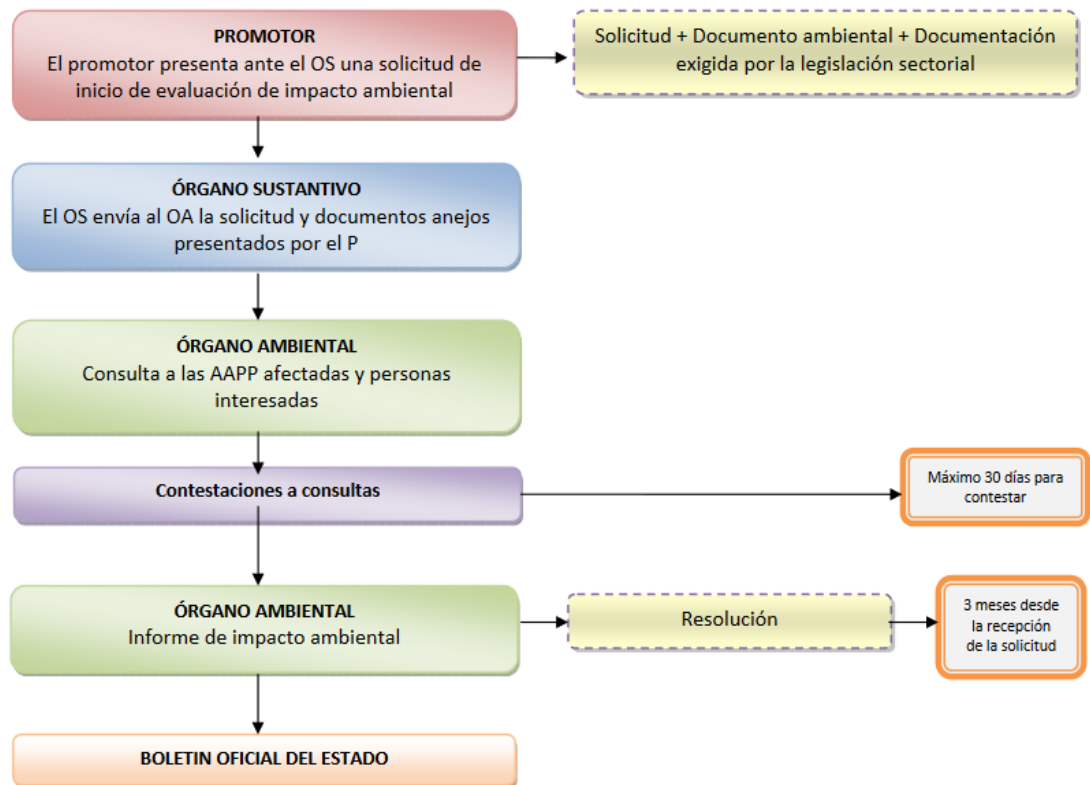


Figura 77. Procedimiento a seguir para el estudio ambiental del proyecto. Fuente: [87]

ÍNDICE ANEXO II

2.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y SUS ACCIONES

2.2.2. EXAMEN DE ALTERNATIVAS TÉCNICAMENTE VIABLES

2.2.3. INVENTARIO AMBIENTAL

2.2.4. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS EN LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS

2.2.4.1. VALORACIÓN CUALITATIVA

2.2.4.2. VALORACIÓN CUANTITATIVA

2.2.5. PROPUESTA DE MEDIDAS PROTECTORAS Y CORRECTORAS.

2.2.6. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

2.2.7. DOCUMENTO DE SÍNTESIS

2.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y SUS ACCIONES

El impacto que se genera en el proyecto, **en torno a sus acciones**, se divide en dos fases:

- Impacto en la fase de construcción: Se refiere al proceso de limpieza y desbroce del terreno, al paso de máquinas pesadas...
- Impacto en la fase de funcionamiento: Se refiere a la carga y transporte

2.2.2. EXAMEN DE ALTERNATIVAS TÉCNICAMENTE VIABLES

El presente estudio se sitúa en la zona norte de la provincia de Córdoba (España), en el municipio de **Dos Torres** perteneciente a la comarca natural de Los Pedroches (a 96 kilómetros de su capital, Córdoba).

Las principales vías de acceso al municipio de Dos Torres son:

- Por la carretera de Córdoba-Almadén, utilizando el desvío de Alcaracejos.
- A través de El Viso en dirección a Pozoblanco o viceversa.



Figura 78. Localización del municipio de Dos Torres. Mapa 1:2500000
Fuente: [18]

“En un territorio donde la planicie y la horizontalidad son dominantes destaca la localidad de Dos Torres, cuyo hito principal es la iglesia de la Asunción, rodeada de varias ermitas (San Bartolomé, San Roque, Santa Ana y San Sebastián). Más allá de este primer borde, pero también internándose en la población, se encuentran numerosas vías pecuarias a las que se añade la red viaria actual, que ha inducido una importante centralidad a esta localidad dual [18].”



Figura 79. Localización de Dos Torres en un mapa 1:250000
Fuente: [18]

“La delimitación propuesta para el ámbito de este paisaje cultural adopta la forma de una ancha faja que alcanza por el oeste al río Guadarramilla y por el norte al cerro Mingo (583 m) y la dehesa de Valbuena, siendo estos puntos cardinales y los intermedios los que marcan la transición hacia la campiña adehesada. Por el este, los límites se extienden hasta la zona de La Boticaria y por el sur alcanza hasta una zona a medio camino de la vecina población de Añora, ambos sectores caracterizados por parcelas más irregulares, sensiblemente mayores y con menos arbolado, que ofrecen en su conjunto un paisaje puramente campañés [18].”



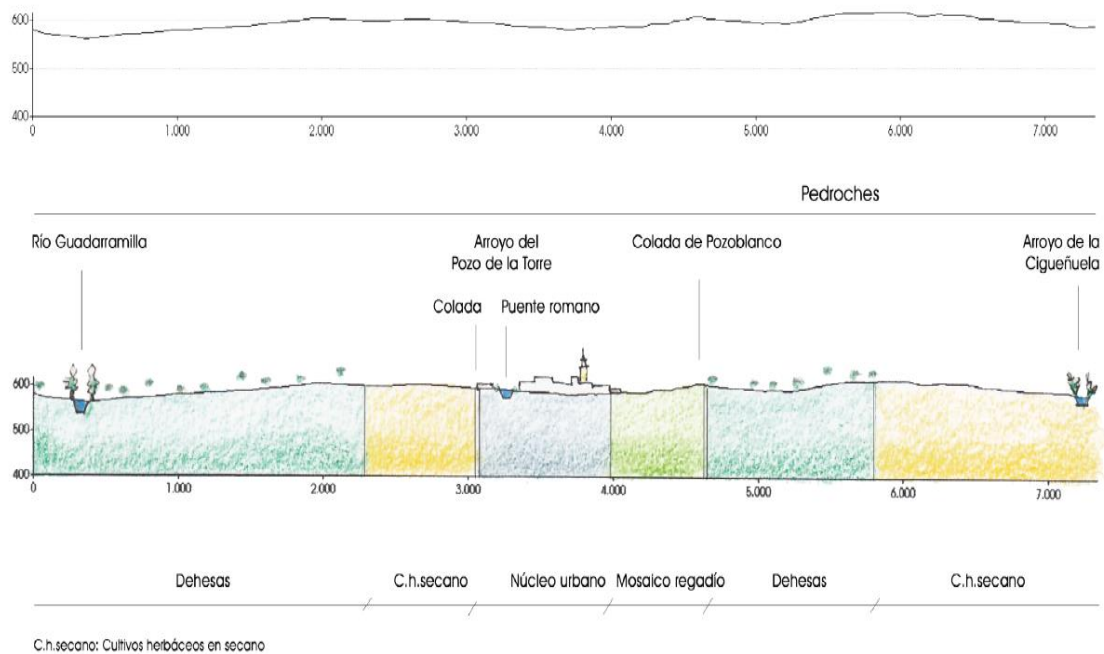


Figura 80. Perfil y esquema de Dos Torres.
Fuente: [18]

El plano general de Dos Torres, en el que se incluye los municipios, ríos y principales carreteras en su entorno es el siguiente:

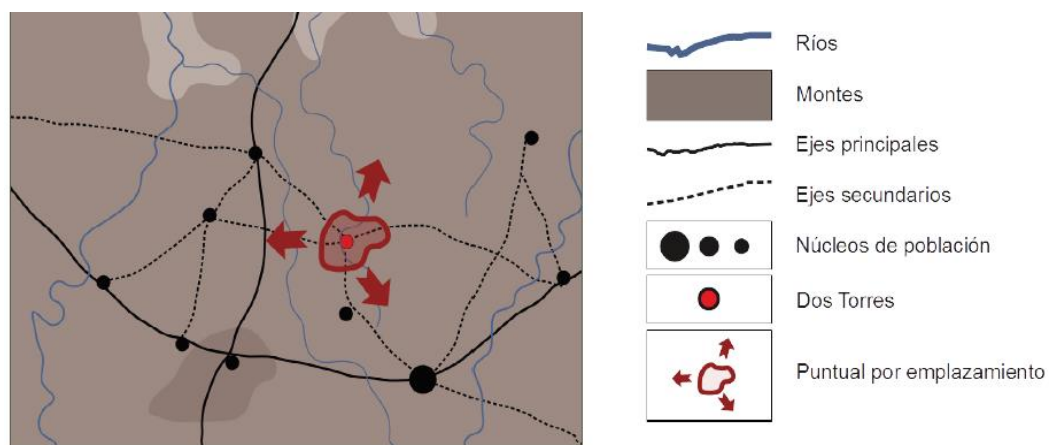


Figura 81. Esquema territorial. Fuente: [18]

La localización del proyecto (como se ha visto en la memoria del proyecto) se ha escogido teniendo en cuenta, entre otros, los siguientes parámetros:

- Superficie de casi **60.000 m²**, bien conectada a la red de carreteras nacionales que facilita el paso de vehículos pesados.
- Zona cercana a muchas de las principales explotaciones ganaderas del municipio (muy próxima a la ganadería **“Vistahermosa”** que es una de las explotaciones ganaderas con mayor número de ganado vacuno).
- Cercano al casco urbano pero respetando una distancia superior a un kilómetro que asegura evitar molestias correspondientes a ruido, olor, tránsito constante de maquinaria...
- No existe en dicha parcela un tipo de ecosistema que se pueda ver alterado ni eliminado como puede ser árboles, ríos, animales,...
- Localizado en un área reconocido como polígono por lo que se puede cambiar el uso del suelo de agrario a industrial.
- Posibilidad de ampliación, si se necesitase, posteriormente, aumentar la superficie de la planta de biogás (si se considerase oportuno añadir otros procesos industriales como un número mayor de tanques de almacenamiento, estercoleros para la fracción sólida, un segundo digestor...).

2.2.3. INVENTARIO AMBIENTAL

Referente al inventario ambiental se hace la siguiente clasificación:

2.2.3.1.FACTORES

1. CALIDAD DEL AIRE
2. CALIDAD DEL AGUA
3. CALIDAD DEL SUELO
4. RUIDO
5. CLIMA
6. PATRIMONIO HISTÓRICO Y ARQUEOLÓGICO

2.2.3.2.TIPO DE SUELO

2.2.3.1. FACTORES

1. CALIDAD DEL AIRE

En la localidad de Dos Torres, así como en su entorno (Comarca De Los Pedroches) **no existe, actualmente, ninguna estación fija que determine la calidad del aire**, así como el nivel de CO₂, NO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2,5} y SO₂.

En la provincia de Córdoba, actualmente, sí existen otras estaciones fijas que determinan la calidad del aire de la zona en la que se encuentran.

En el caso de Córdoba capital (situada a 96 km de distancia) si existen indicadores de calidad de aire (como es el caso de la estación ubicada en Lepanto, en el Parque Joyero o la Asomadilla), pero en este TFG, no se ha trabajado con dichos datos debido a que la situación de **Córdoba capital con la de Dos Torres es totalmente diferente**. Esto es debido principalmente a dos motivos:

1. Las condiciones geográficas de Córdoba, a 106 msnm (metros sobre el nivel del mar), con una densidad de población de 260,11 hab/km² que provoca un alto y con un elevado porcentaje de industrias, es totalmente diferente a las condiciones geográficas de Dos Torres, a 587 msnm, con una densidad de población de 19 hab/km² y con una escasa industria a su alrededor.
2. Las condiciones de calidad del aire en Córdoba capital, así como otros puntos geográficos del centro de la provincia de Córdoba, se han visto alteradas en las últimas décadas por la Central Térmica de Puente Nuevo (con una producción superior de 320 MW de electricidad a partir de carbón) hasta su reciente cierre, el pasado 30 de junio de 2020.

Por todo esto se tiene en cuenta el estudio de la calidad del aire del Ministerio de 2018.

Tabla 61. Calidad del aire en Andalucía. Fuente: [88]

Código	Nombre de la zona	Contaminante evaluado (*)	Tipo (**)	Área (km²)	Población (habitantes)
ES0104	Zona industrial de Bahía de Algeciras	SO ₂ , NO ₂ , PM10, PM2,5, Pb, C ₆ H ₆ , CO, O ₃ , metales y B(a)P	nonag	583,28	236.770
ES0108	Zona industrial de Bailén	SO ₂ , NO ₂ , PM10, PM2,5, Pb, C ₆ H ₆ , CO, O ₃ , metales y B(a)P	nonag	117,14	18.085
ES0111	Córdoba	SO ₂ , NO ₂ , PM10, PM2,5, Pb, C ₆ H ₆ , CO, O ₃ , metales y B(a)P	ag	141,03	326.609
ES0116	Zona industrial de Carboneras	SO ₂ , NO ₂ , PM10, PM2,5, Pb, C ₆ H ₆ , CO, O ₃ , metales y B(a)P	nonag	695,23	36.397
ES0118	Granada y Área Metropolitana	SO ₂ , NO ₂ , PM10, PM2,5, Pb, C ₆ H ₆ , CO, O ₃ , metales y B(a)P	ag	561,16	490.728
ES0119	Málaga y Costa del Sol	SO ₂ , NO ₂ , PM10, PM2,5, Pb, C ₆ H ₆ , CO, O ₃ , metales y B(a)P	ag	1.239,69	1.210.160
ES0121	Nueva zona industrial de Huelva	SO ₂ , NO ₂ , PM10, PM2,5, Pb, C ₆ H ₆ , CO, O ₃ , metales y B(a)P	nonag	1.073,91	239.022
ES0122	Nueva zona de núcleos de 50.000 a 250.000 habitantes	SO ₂ , NO ₂ , PM10, PM2,5, Pb, C ₆ H ₆ , CO, O ₃ , metales y B(a)P	nonag	1.312,46	609.087
ES0123	Nueva zonas rurales	SO ₂ , NO ₂ , Pb, C ₆ H ₆ , O ₃ , metales y B(a)P	nonag	75.831,15	3.140.245
ES0124	Nueva zona de la Bahía de Cádiz	SO ₂ , NO ₂ , PM10, PM2,5, Pb, C ₆ H ₆ , CO, O ₃ , metales y B(a)P	ag	2.079,87	755.739
ES0125	Nueva zona Sevilla y Área Metropolitana	SO ₂ , NO ₂ , PM10, PM2,5, Pb, C ₆ H ₆ , CO, O ₃ , metales y B(a)P	ag	2.177,68	1.320.100
ES0126	Nueva zonas rurales 2	PM10, PM2,5 y CO	nonag	75.653,34	3.131.798
ES0127	Nueva zona industrial de Puente Nuevo	SO ₂ , NO ₂ , PM10, PM2,5, Pb, C ₆ H ₆ , CO, O ₃ , metales y B(a)P	nonag	663,87	5.165
ES0128	Zona Villanueva del Arzobispo	PM10, PM2,5 y CO	nonag	177,81	8.447

(*) Metales: la zona evalúa arsénico, cadmio y níquel.

(**) Tipo de zona: Ag = Aglomeración, nonag = no aglomeración.

Zonas de calidad del aire en Andalucía

ES0104, ZONA INDUSTRIAL DE BAHÍA DE ALGECIRAS	ES0121, NUEVA ZONA INDUSTRIAL DE HUELVA
ES0108, ZONA INDUSTRIAL DE BAILÉN	ES0122, NUEVA ZONA DE NÚCLEOS DE 50.000 A 250.000 HABITANTES
ES0111, CÓRDOBA	ES0123, NUEVAS ZONAS RURALES
ES0116, ZONA INDUSTRIAL DE CARBONERAS	ES0124, NUEVA ZONA DE LA BAHÍA DE CÁDIZ
ES0118, GRANADA Y ÁREA METROPOLITANA	ES0125, NUEVA ZONA SEVILLA Y ÁREA METROPOLITANA
ES0119, MÁLAGA Y COSTA DEL SOL	ES0127, NUEVA ZONA INDUSTRIAL DE PUENTE NUEVO

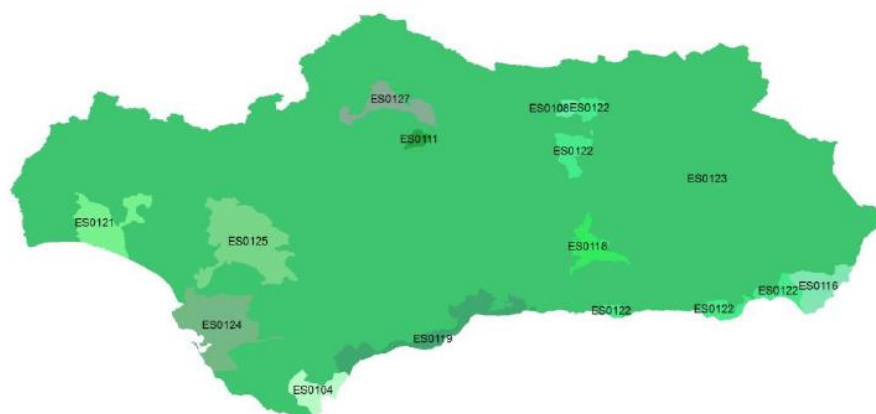


Figura 82. Valores de SO₂, NO₂, Pb, C₆H₆, O₃, metales y B(a)P de Andalucía. Fuente: [88]

Los valores de SO₂, NO₂, Pb, C₆H₆, O₃, metales y B(a)P, se les clasifica en esta zona como de No Aglomeración.

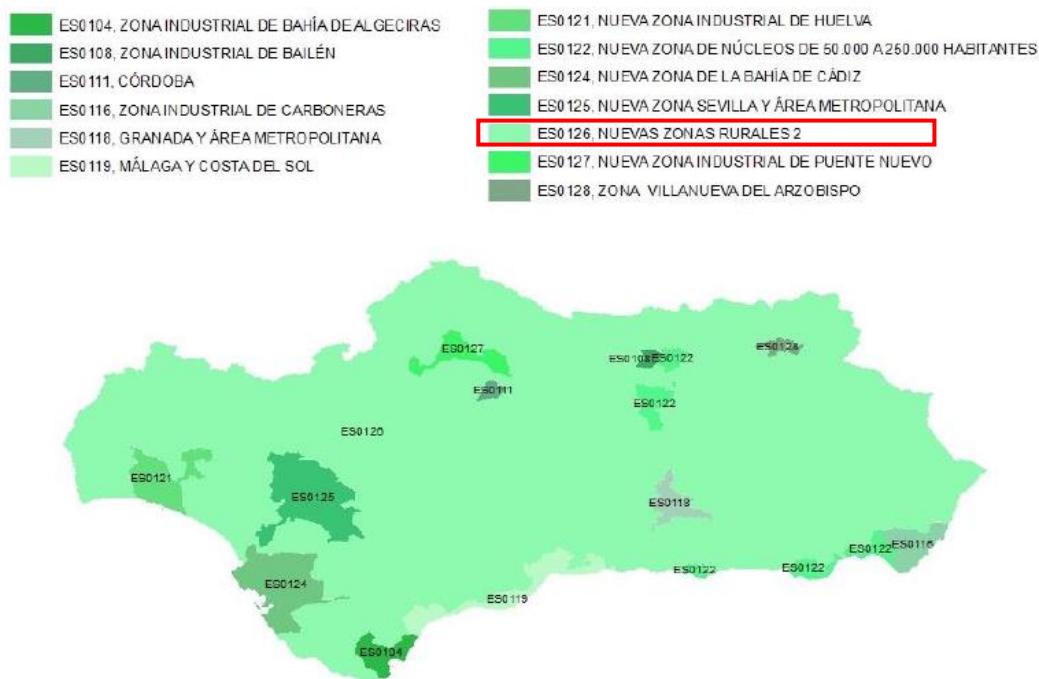


Figura 83. Los valores de PM₁₀, PM_{2.5} y CO₂. Fuente: [88]

A los valores de PM₁₀, PM_{2.5} y CO₂ se les clasifica en esta zona como de No Aglomeración.

2. CALIDAD DEL AGUA.

Como se puede ver en la próxima Figura, la masa de aguas subterráneas de Los Pedroches (Los Pedroches, en amarillo) queda fuera del mapa de Andalucía, ya que esta zona pertenece a la Confederación Hidrográfica Del Guadiana que principalmente engloba las comunidades autónomas de Extremadura y Castilla-La Mancha y, en menor medida, Andalucía (zona norte de Córdoba como es el actual caso y, zona norte de Huelva).

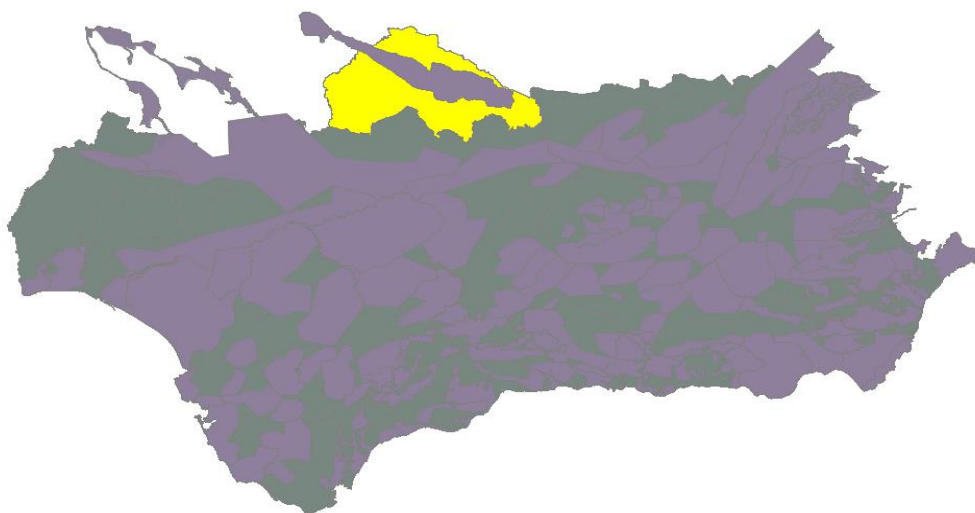


Figura 84. Identificación de masas de agua subterráneas en Andalucía (identificación zona norte de Córdoba).
Fuente: Elaboración propia con gvSIG

Esta contaminación se identifica en aguas subterráneas y superficiales que a partir de ahora en el TFG se identifica como masas de agua, según el Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO): “Una masa de agua superficial es una parte diferenciada y significativa de agua superficial como un lago, un embalse, una corriente, río o canal, parte de una corriente, río o canal, unas aguas de transición o un tramo de aguas costeras [2].”

Todo esto se ve reflejado en la calidad de sus aguas (subterránea y superficial):



Figura 85. Identificación de la masa de agua de Los Pedroches perteneciente a la Confederación Hidrográfica del Guadiana. Fuente: [89]

Para conocer el estado actual de las masas de agua superficial y subterránea se ha accedido a la página de la Confederación Hidrográfica del Guadiana y se ha comprobado que la situación de cada una de ellas, por un lado en cuanto a las aguas superficiales se puede apreciar a continuación que están clasificadas en el estado de **“peor que bueno”**.

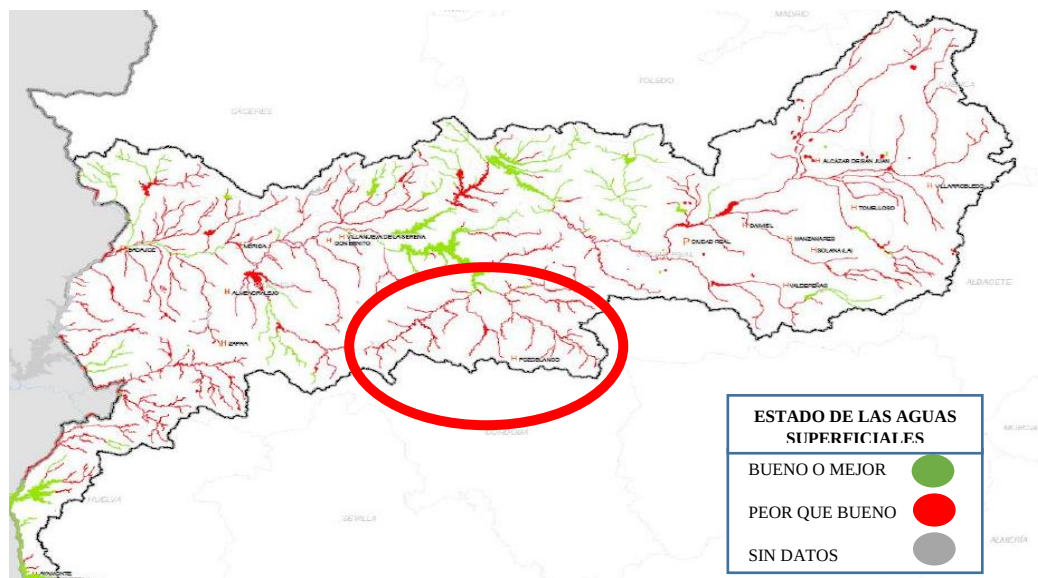


Figura 86. Estado de las masas de agua superficiales referentes a la zona norte de la provincia de Córdoba.
Fuente: [89]

En cuanto a las aguas subterráneas se puede comprobar que también se encuentran en una **situación de contaminación y mal estado**:

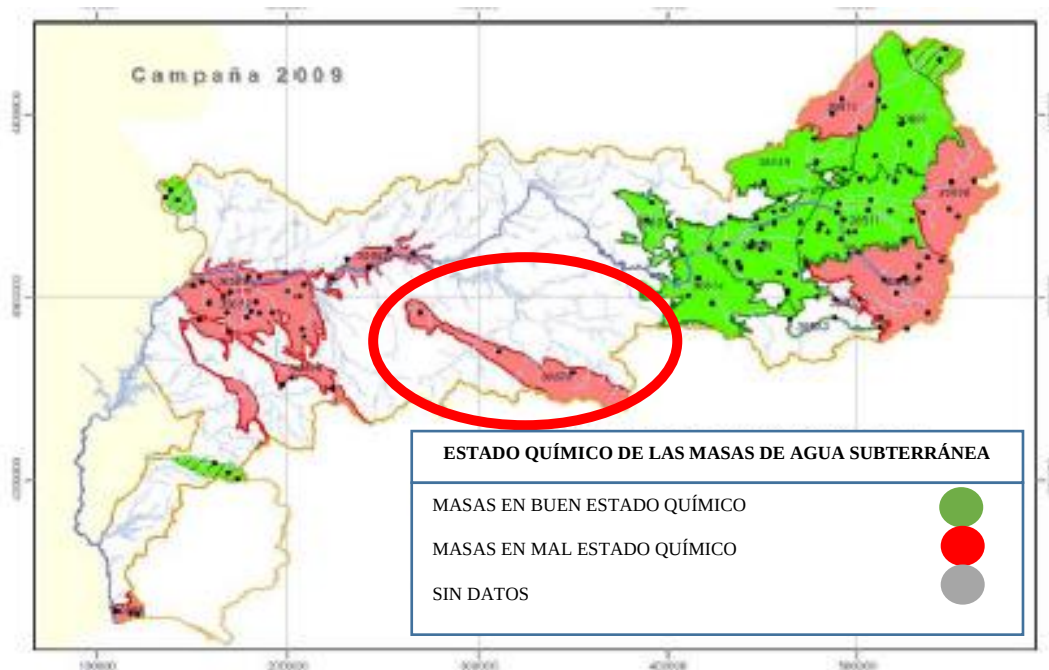


Figura 87. Estado de las masas de agua subterráneas referentes a la zona norte de la provincia de Córdoba.
Fuente: [89]

El agua superficial y subterránea es en este proyecto un **factor determinante** por los siguientes motivos:

- La zona de estudio pertenece a la zona de vulnerabilidad por lo que se determina que la cantidad crítica de kg de N/ha es de 170.
- La zona de vulnerabilidad se determina por tener un elevado número de explotaciones **intensivas de ganado vacuno**, lo que provoca que el

estiércol y purín generado por las vacas esté concentrado en un espacio reducido si se compara con explotaciones en las que el ganado se cría de manera extensiva.

- Esta contaminación se produce al verter estos residuos ganaderos (sin haber sido previamente tratados) a las explotaciones.
- Esta zona, una de las zonas con mayor altura sobre el nivel del mar de la confederación del Guadiana, en la que nacen varios ríos, que ya desde el curso alto (nacimiento del río) arrastran un elevado porcentaje de residuos (reconocido en la normativa de masas de agua como “**peor que bueno**”, porcentaje característico de muchos ríos en el curso de desembocadura cuando han ido incorporando residuos a lo largo de todo su recorrido), por lo que se debe dar una solución para que estos ríos no tengan esos residuos desde su curso alto (nacimiento).

3. CALIDAD DEL SUELO

El suelo es, al igual que el agua, un factor importante en el presente documento. El purín generado por el ganado vacuno en intensivo en las explotaciones de Dos Torres (Córdoba) es vertido al campo como fertilizante sin ser procesado. Es decir, actualmente, el suelo perteneciente a explotaciones de ganado vacuno se ve afectado por el gran porcentaje de nitratos (NO_3^-) y fosfatos (PO_4^{3-}) que contiene. El nitrógeno es un buen parámetro para el control de vertidos tanto directos (escorrentía) como indirectos (percolación) mientras que el fósforo debido a su poca movilidad en el perfil del suelo sólo es buen indicador de vertidos directos. Esto provoca principalmente dos consecuencias contaminantes:

- La escorrentía (agua de lluvia que discurre por la superficie de un terreno) arrastra estas partículas contaminantes, por esta razón se prohíbe el vertido de purín en meses de lluvia y nieve. Debido a la infiltración (el paso del agua a través del suelo), el agua con contaminantes llega a los acuíferos.
- También se volatilizan partículas del purín a la atmósfera provocando malos olores (por esta razón también se limita el vertido de purín en meses estivales).

Otros parámetros como, la Demanda Química de Oxígeno (DQO) o, la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), no influyen significativamente en el suelo, dado que la gran superficie de los microporos del suelo unido al gran volumen de aire en ellos crea condiciones que permiten a una gran población microbiana asentarse y consumir los productos demandantes de oxígeno.

4. RUIDO

El nivel de ruido en la provincia de Córdoba es muy variable. En el centro de la provincia (donde se encuentra Córdoba capital) este valor es elevado (teniendo en cuenta, la densidad de población e industrias existentes en un reducido espacio).

Sin embargo, en el norte de la provincia de Córdoba, el nivel de ruido es bajo. Esto es debido a su escasa industria y baja densidad de población (que conlleva, entre otros aspectos, menor densidad de tráfico) [4]; [18]; [33].

5. CLIMA

5.1.TEMPERATURA DE DOS TORRES

“Con un promedio de 26.4 °C, julio es el mes más cálido. Las temperaturas medias más bajas del año se producen en enero, cuando está alrededor de 6.4 °C [19].”

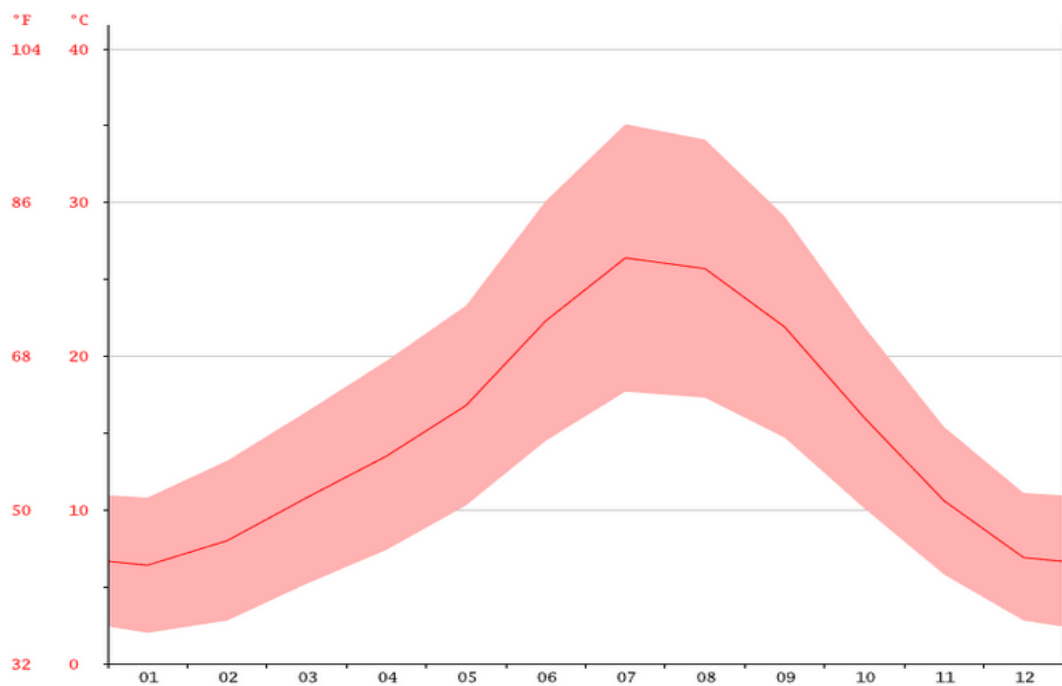


Figura 88. Temperatura promedio en Dos Torres (Córdoba). Fuente: [19]

5.2.PLUVIOMETRÍA DE DOS TORRES

“Es uno de los puntos críticos en la producción de subproductos ganaderos en una ganadería. La pluviometría media de Comarca es escasa, de 422 litros por m² con cierta variabilidad interanual [3].”

5.3.TABLA CLIMÁTICA DE DOS TORRES:

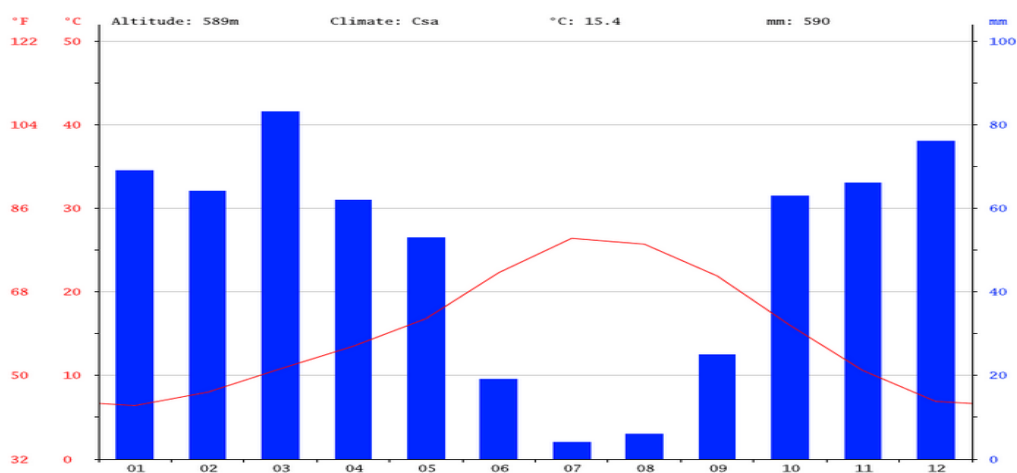
“La precipitación varía 79 mm entre el mes más seco y el mes más húmedo. La variación en las temperaturas durante todo el año es 20.0 °C [19].”

Tabla 62. Tabla climática de Dos Torres. Fuente: [19]

	Temperatura máx. (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura mín. (°C)	Precipitación (mm)
Enero	10.8	6.4	2	69
Febrero	13.2	8	2.8	64
Marzo	16.4	10.8	5.2	83
Abril	19.7	13.5	7.4	62
Mayo	23.3	16.8	10.3	53
Junio	30.1	22.3	14.5	19
Julio	35.1	26.4	17.7	4
Agosto	34.1	25.7	17.3	6
Septiembre	29.1	21.9	14.7	25
Octubre	21.9	16	10.1	63
Noviembre	15.4	10.6	5.8	66
Diciembre	11.1	6.9	2.8	76

5.4.CLIMOGRAMA DE DOS TORRES:

“El mes más seco es julio. Hay 4 mm de precipitación en julio. La mayor cantidad de precipitación ocurre en marzo, con un promedio de 83 mm [19].”



Gráfica 1. Fuente: Climograma de Dos Torres (Córdoba). Fuente: [19]

La escasa precipitación que recibe esta zona junto al alto número de ganado vacuno en intensivo hace que cada año existan más dificultades de agua principalmente en los meses estivales y posteriores (julio, agosto, septiembre y octubre).

6. PATRIMONIO HISTÓRICO Y ARQUEOLÓGICO

“El municipio de Dos Torres ha tenido en los últimos años una compleja tramitación urbanística, debido a que mientras se redactaba el planeamiento actualmente vigente -con suspensiones- (Plan General de Ordenación Urbanística de Dos Torres), se aprobaban modificaciones puntuales de las Normas Subsidiarias anteriores. Esta tramitación simultánea ha ido implicando algunos desajustes en el planeamiento aprobado que han formado parte de las suspensiones del PGOU.

En concreto las modificaciones puntuales del planeamiento general de los últimos años han sido: Modificación 1: Sector SUO Residencial UR-1 (aprobación definitiva: 20/10/04), Modificación 2: Redelimitación unidades de ejecución UE-4 y UE-6 (aprobación definitiva: 01/04/06), modificación 3: División en dos del sector UI-2 (aprobación definitiva: 15/06/06).

Se ha consultado la documentación disponible del PGOU actualmente vigente, que fue aprobado definitivamente de forma parcial el 23/04/2008 (publicado en BOJA el 25/03/09), resultando destacable en el municipio la creación de un amplio catálogo:

- Catálogo del Conjunto Histórico de Dos Torres.*
- Catálogo de Patrimonio Edificado.*
- Catálogo de Patrimonio Arqueológico.*
- Catálogo de Espacios urbanos de Carácter Singular.*
- Catálogo de itinerarios periurbanos, sitios y lugares, vistas, escudos y portadas, cercados de carácter singular, arquitectura rural de interés y otros elementos.*

Respecto a la clasificación de suelos, destacan del suelo no urbanizable (SNU) los siguientes:

- 1. SNUEP de “cauces, márgenes y riberas”, “vías pecuarias” e “infraestructuras territoriales.”*
- 2. SNUEP de “interés ambiental”, “paisajística” y de “recursos culturales”.*
- 3. SNU de carácter natural o rural.*
- 4. Sistemas generales.*

Se ha de indicar igualmente, que son cuantiosas las suspensiones que este planeamiento tiene respecto a su articulado por distintos motivos. Algunas relativas a las actuaciones permitidas en el suelo no urbanizable, otras en relación a la protección del patrimonio, a la adecuación al modelo territorial del Plan de Ordenación de Territorio de Andalucía, etc...

Mientras tanto y hasta que no se produzca la aprobación definitiva del documento del PGOU, el municipio se encuentra en un periodo transitorio donde se tienen en cuenta tanto las Normas Subsidiarias del 1994 como el documento aprobado provisionalmente en 2009, este último en los artículos que carecen de suspensión, siendo el criterio de la aplicación el del más restrictivo de ellos [18].”

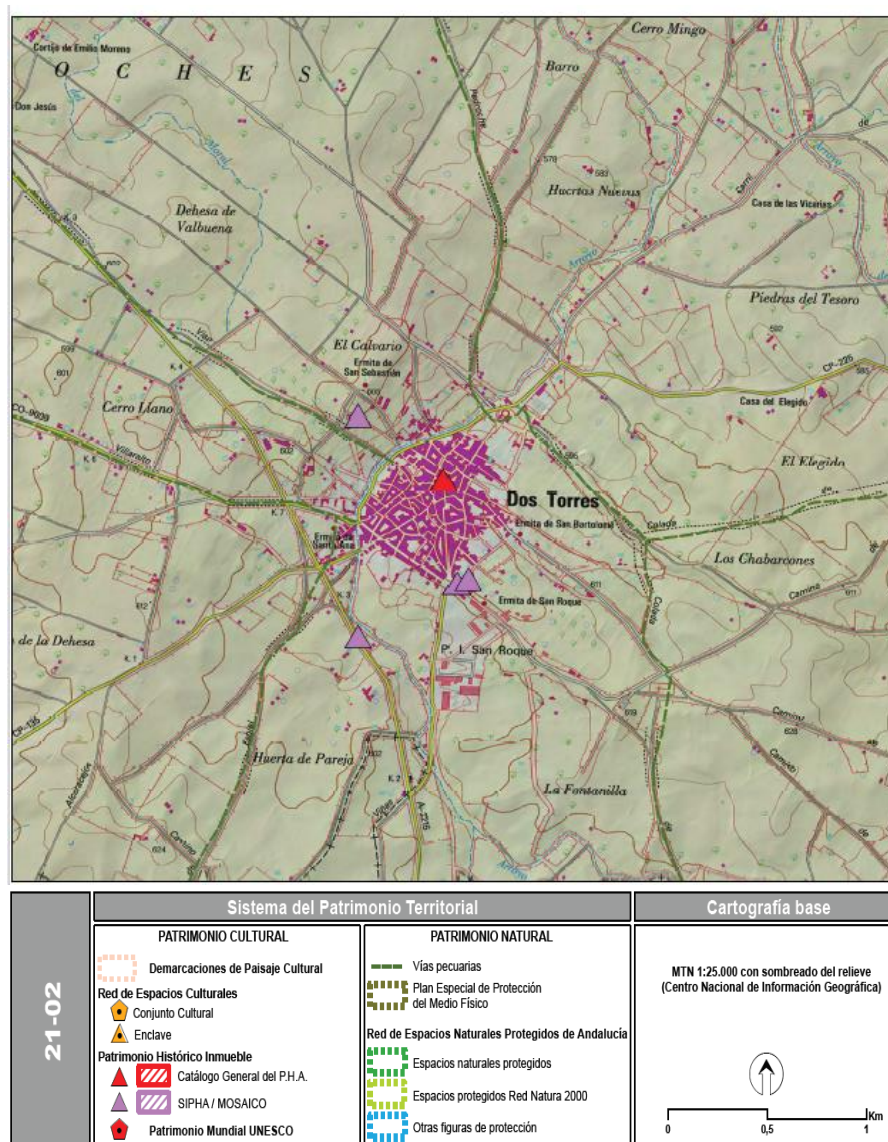


Figura 89. Patrimonio territorial protegido.
Fuente: [18]

2.2.3.2. TIPO DE SUELO

“Se caracteriza por ser un suelo cuyos materiales originales son granitos y se clasifica como un suelo **typic xerochrepts**. Formado por cuatro horizontes:

- Horizonte A11 (0-10 cm.); pardo amarillento oscuro; arenoso-franco; estructura migajosa fina.
- Horizonte A12 (10-20 cm.); pardo amarillento oscuro; franco-arenoso; estructura migajosa.
- Horizonte B (20-40 cm.); pardo fuerte; franco-arenoso; estructura subangular gruesa.
- Horizonte C (40- cm.); franco-arenoso; estructura prismática media [75]”.

Tabla 63. Matriz de identificación de impactos. Fuente: Elaboración propia.

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS												
					FASE DE CONSTRUCCIÓN					FASES DE FUNCIONAMIENTO		
					Desbroce y explanación	Mejora de accesos	Movimiento de maquinaria	Cerramientos y señalización	Emplazamiento de instalaciones y maquinaria	Recepción y acopio de materia prima	Funcionamiento	Gestión de residuos
FACTORES DEL MEDIO	MEDIO FÍSICO	MEDIO INERTE	ATMÓSFERA	Calidad del aire	x		x			x		x
				Nivel de ruido	x	x	x	x	x	x		
			AGUA	Calidad del agua								
			SUELO	Uso del suelo	x	x		x	x	x		
		MEDIO BIÓTICO	FAUNA	Especies afectadas	x	x		x		x		
			FLORA	Especies afectadas	x		x					
		MEDIO PERCEPTUAL	PAISAJE	Calidad del paisaje	x	x		x	x			
	MEDIO SOCIO ECONÓMICO Y CULTURAL	SOCIO ECONÓMICO	ECONOMÍA SOCIOCULTURAL	Generación de empleo	x	x	x		x	x	x	x
				Calidad de vida								x
		CULTURAL	PATRIMONIO HISTÓRICO	Patrimonio histórico cultural								

2.2.4. IDENTIFICACIÓN

En cuanto a la parte de identificación, se clasifica de la siguiente manera:

2.2.4.1.VALORACIÓN CUALITATIVA

2.2.4.2.VALORACIÓN CUANTITATIVA

2.2.4.3.CONCLUSIONES DE LA VALORACIÓN

2.2.4.1. VALORACIÓN CUALITATIVA

“Los elementos de la matriz de importancia identifican el impacto ambiental (IA_{ij}) generado por una acción simple de una actividad (A_i) sobre un factor ambiental considerado (F_j).

El impacto se mide en base al grado de manifestación cualitativa del efecto que quedará reflejado en lo que definimos como importancia del impacto.

La importancia del impacto es pues, el ratio mediante el cual se mide cualitativamente el impacto ambiental, en función, tanto del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cualitativo, tales como extensión, tipo de efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad [20].”

La importancia del impacto se determina a partir de la siguiente expresión:

$$I = \pm[3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

(Ec.72)

Donde,

- $\pm$ = Naturaleza del impacto.
- I = Importancia del impacto
- IN = Intensidad o grado probable de destrucción
- EX = Extensión o área de influencia del impacto
- MO = Momento o tiempo entre la acción y la aparición del impacto
- PE = Persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto
- RV = Reversibilidad
- SI = Sinergia o reforzamiento de dos o más efectos simples
- AC = Acumulación o efecto de incremento progresivo
- EF = Efecto (tipo directo o indirecto)
- PR = Periodicidad
- MC = Recuperabilidad o grado posible de reconstrucción por medios humanos.

“El signo del efecto, y por tanto del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que actúan sobre los distintos factores considerados.

INTENSIDAD (IN)

Valor de incidencia del acto relativo al factor en el lugar específico en el que actúa. El intervalo de valoración está comprendido entre 1 (afección mínima) y 12 (destrucción total del factor en el área que se produce el efecto)

EXTENSION (EX)

Área de influencia teórica del efecto en relación con el total del entorno considerado.

MOMENTO (MO)

Plazo de manifestación del impacto. Corresponde al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio.

PERSISTENCIA (PE)

Tiempo de permanencia del efecto desde su aparición.

REVERSIBILIDAD (RV)

Probabilidad de retroceder a las condiciones en las que se encontraba antes de la actuación.

SINERGIA (SI)

Refuerzo de varios efectos simples. Se produce cuando la coexistencia de varios efectos simples produce un efecto superior a su suma simple.

ACUMULACIÓN (AC)

Incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada la acción que lo genera.

EFEECTO (EF)

Relación causa-efecto, es decir, forma de manifestación del efecto sobre el factor, como consecuencia de una acción.

PERIODICIDAD (PR)

Regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera periódica, de forma impredecible en el tiempo o constante en el tiempo.

RECUPERABILIDAD (MC)

Posibilidad de recuperación mediante intervención externa [21]”.

El desarrollo de la ecuación es llevado a cabo mediante el modelo propuesto en la siguiente tabla:

Tabla 64. Parámetros de la valoración cualitativa. Fuente: [20; 21; 90]

Signo		Intensidad (i)	
Beneficioso	+	Baja	1
Perjudicial	-	Total	12
Extensión (EX)		Momento (MO)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	8
Crítica	12		
Persistencia (PE)		Reversibilidad (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (SI)		Acumulación (AC)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
Efecto (EF)		Periodicidad (PR)	
Indirecto	1	Irregular	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC)		$I = \pm [3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$	
Recup. Inmediato	1		
Recuperable	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

Tabla 65. Calificación del impacto ambiental por valores de I. Fuente: [20; 21; 91]

Valor I	Calificación	Significado
$I < 25$	BAJO o IRRELEVANTE	La afectación del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del proyecto en cuestión
$25 < I < 50$	MODERADO	La afectación del mismo no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas
$50 < I < 75$	SEVERO	La afectación de este exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es en un período prolongado.
$I > 75$	CRÍTICO	La afectación del mismo es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. No hay posibilidad de recuperación alguna.

MATRIZ DE IMPORTANCIA (VALORACIÓN CUALITATIVA).

$$I = \pm [3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC] \quad (\text{Ec.73})$$

- Calidad del aire
 - Desbroce y explanación:
 $I = - [3*1 + 2*2 + 8 + 1 + 1 + 2 + 4 + 4 + 2 + 2] = - 31$
 - Movimiento de maquinaria:
 $I = - [3*12 + 2*2 + 4 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 2] = - 62$
 - Recepción y acopio de materia prima:
 $I = + [3*1 + 2*2 + 2 + 2 + 1 + 2 + 4 + 4 + 2 + 2] = + 26$
 - Gestión de residuos:
 $I = + [3*1 + 2*4 + 8 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 2] = + 37$
- Nivel de ruido
 - Desbroce y explanación:
 $I = - [3*12 + 2*4 + 8 + 2 + 2 + 2 + 1 + 1 + 2 + 2] = - 64$
 - Mejora de accesos:
 $I = - [3*1 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 2] = - 27$
 - Movimiento de maquinaria:
 $I = - [3*12 + 2*4 + 8 + 1 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 1] = - 68$
 - Cerramientos y señalización:
 $I = - [3*1 + 2*2 + 4 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 2] = - 29$
 - Emplazamiento de instalaciones y maquinaria:
 $I = - [3*1 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 4 + 2] = - 29$
 - Recepción y acopio de materia prima:
 $I = - [3*1 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 2] = - 27$
- Uso del suelo
 - Desbroce y explanación:
 $I = - [3*12 + 2*4 + 8 + 2 + 2 + 4 + 4 + 1 + 1 + 4] = - 70$
 - Mejora de accesos:
 $I = - [3*1 + 2*4 + 2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 4] = - 33$
 - Cerramientos y señalización:
 $I = - [3*1 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 1] = - 26$
 - Emplazamiento de instalaciones y maquinaria:
 $I = - [3*1 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 2] = - 27$
 - Recepción y acopio de materia prima:
 $I = - [3*1 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 4 + 2] = - 29$

- Especies afectadas (fauna)
 - Desbroce y explanación:

$$I = - [3*1 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 1 + 1 + 2 + 2] = - 21$$
 - Mejora de accesos:

$$I = - [3*12 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 2] = - 60$$
 - Cerramientos y señalización:

$$I = - [3*1 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 2] = - 27$$
 - Recepción y acopio de materia prima:

$$I = - [3*1 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 2] = - 27$$
- Especies afectadas (flora)
 - Desbroce y explanación:

$$I = - [3*12 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 1 + 1 + 2 + 2] = - 54$$
 - Movimiento de maquinaria

$$I = - [3*1 + 2*2 + 4 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 2] = - 29$$
- Calidad del paisaje
 - Desbroce y explanación:

$$I = - [3*1 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 1 + 1 + 2 + 2] = - 21$$
 - Mejora de accesos:

$$I = - [3*12 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 4] = - 62$$
 - Cerramientos y señalización:

$$I = - [3*1 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 4] = - 29$$
 - Emplazamiento de instalaciones y maquinaria:

$$I = - [3*12 + 2*2 + 2 + 4 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 4] = - 64$$
- Generación de empleo
 - Desbroce y explanación:

$$I = + [3*1 + 2*2 + 4 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 1 + 2] = + 28$$
 - Mejora de accesos:

$$I = + [3*1 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 2] = + 27$$
 - Movimiento de maquinaria:

$$I = + [3*12 + 2*2 + 4 + 4 + 2 + 2 + 1 + 1 + 2 + 2] = + 54$$
 - Emplazamiento de instalaciones y maquinaria:

$$I = + [3*1 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 2] = + 27$$
 - Recepción y acopio de materia prima:

$$I = + [3*1 + 2*2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 2] = + 27$$
 - Funcionamiento:

$$I = + [3*12 + 2*2 + 4 + 2 + 2 + 2 + 1 + 4 + 2 + 4] = + 61$$
 - Gestión de residuos:

$$I = + [3*1 + 2*2 + 4 + 2 + 2 + 2 + 1 + 4 + 2 + 4] = + 25$$
- Calidad de vida
 - Gestión de residuos:

$$I = + [3*12 + 2*8 + 4 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 2 + 4] = + 76$$

Tabla 66. Matriz de importancia. Fuente: Elaboración propia.

MATRIZ DE IMPORTANCIA													
					FASE DE CONSTRUCCIÓN					FASES DE FUNCIONAMIENTO			TOTAL ACCIONES
					Desbroce y explanación	Mejora de accesos	Movimiento de maquinaria	Cerramientos y señalización	Emplazamiento de instalaciones y maquinaria	Recepción y acopio de materia prima	Funcionamiento	Gestión de residuos	
FACTORES DEL MEDIO	MEDIO FÍSICO	MEDIO INERTE	ATMÓSFERA	Calidad del aire	-31		- 62			+ 26		+ 37	-30
				Nivel de ruido	-64	-27	- 68	- 29	- 29	- 27			-244
			AGUA	Calidad del agua									
				SUELO	Uso del suelo	- 70	- 33		- 26	- 27	- 29		
		MEDIO BIÓTICO	FAUNA	Especies afectadas	- 21	- 60		- 27		- 27			- 135
			FLORA	Especies afectadas	- 54		- 29						- 83
		MEDIO PERCEPTUAL	PAISAJE	Calidad del paisaje	- 21	- 62		- 29	- 64				- 176
	MEDIO SOCIO ECONÓMICO	SOCIO ECONÓMICO	ECONOMÍA SOCIOCULTURAL	Generación de empleo	+ 28	+ 27	+ 54		+ 27	+ 27	+ 61	+ 25	+ 249
				Calidad de vida								+ 76	+ 76
		CULTURAL	PATRIMONIO HISTÓRICO	Patrimonio histórico cultural									
TOTAL FACTORES					- 233	-155	-105	-111	-93	-30	+61	+138	-528

2.2.4.2. VALORACIÓN CUANTITATIVA

2.2.4.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1. PROCESO TECNOLÓGICO UTILIZADO A NIVEL GLOBAL DE LA PLANTA:

- Utilización del purín procedente de vacuno y acumulado en balsas, para generar energía en lugar de verterlo de nuevo en la explotación para su uso como fertilizante.
- Uso del biogás generado en la planta como combustible (100 % renovable) en lugar de la utilización de gas natural o diésel
- Purificación mediante ósmosis inversa del purín para su reconversión en agua y así poderla utilizar de nuevo en la planta y explotaciones
- Alto porcentaje de autoconsumo energético de la planta

2. PROCESO TECNOLÓGICO UTILIZADO A NIVEL LOCAL EN CADA EQUIPO:

- Recolección y transporte del residuo:

Por un lado, el residuo líquido (purín y lixiviado) llega a la planta de biogás (al tanque de alimentación) mediante un camión cisterna. Este, se ha dimensionado para la demanda necesaria y se ha tenido en cuenta la optimización de viajes con el fin de evitar un mayor número de emisiones de CO₂ y evitar el número de trayectos).

Por otro lado, el residuo sólido (cereal ensilado) llega a la planta de biogás mediante una bañera cilíndrica y es llevado al tanque de ensilaje.
- Mezclado y proceso de higienización

El purín y lixiviado antes de llegar al digestor son mezclados en un tanque (tanque de alimentación) y sometidos a un proceso térmico que tiene por objetivo la higienización de los residuos líquidos y un precalentamiento para evitar un choque térmico en el digestor.
- Agitación y calor

En el digestor, para conseguir la descomposición de la materia orgánica y obtener biogás se somete a todo el residuo (purín, lixiviados y cereal ensilado) a un proceso de agitación continua a una temperatura de 32° C durante 29 días.

- Separación líquido y sólido

El digestato (purín tras el proceso de digestión anaerobia) tras pasar por el digestor es conducido al tanque de digestato. Posteriormente, se lleva a un equipo de centrifugación en el que se separa la parte líquida y sólida.

- Proceso de purificación del líquido (Ósmosis inversa)

La fase líquida es purificada en un proceso de ósmosis inversa.

- Eliminación del sulfuro de hidrógeno y vapor de agua.

El biogás bruto obtenido en el gasificador del digestor contiene elevadas partículas de sulfuro de hidrógeno que deben ser eliminadas para evitar que ciertos equipos puedan ser deteriorados (principalmente conductos y tuberías).

Sin embargo, las partículas de agua suponen problemas para equipos como son las microturbinas, por lo que se eliminan mediante una trampa de condensados.

2.2.4.2.2. VALORACIÓN CUANTITATIVA DE MAGNITUDES

El principal objetivo que tiene la valoración cuantitativa es que se calcule el efecto que tiene cada uno de los factores del medio sin y con las medidas correctoras propuestas en el presente documento.

Para ello, se ha representado el efecto que se tendría con y sin medidas correctoras en las siguientes gráficas:

- Sin la planta de biogás (Rojo)
- Con la planta de biogás (Verde)

Además, para calcular el valor del impacto sufrido en cada uno de los factores del medio se emplea la siguiente ecuación:

$$V_j = [(I_j/I_{max})(M_j)^2]^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Ec. 74})$$

Donde,

- I_j = Valor de la importancia
- I_{max} = Valor de la máxima importancia
- M_j = Valor de la magnitud en unidades conmensurables [20]

1. CALIDAD DEL AIRE

Para la calidad del aire, además de la ecuación en la página anterior mencionada, se utiliza la siguiente ecuación:

$$OR = [3,5 * \sum \frac{C}{C_s}]^{1,37} \quad (\text{Ec. 75})$$

	SO ₂	PART. SUSP.	NO ₂	C _N H _N	CO	PART. SEDIM.	PB	Cl ₂	COMP. FLUOR	%
V A L O R	2200	1800	1000	800	60	1800	40	275	120	0
	1800	1400	900	650	55	1400	30	250	100	10
	1400	1000	750	500	50	1000	20	175	80	20
	700	600	600	350	40	750	15	125	60	30
	500	400	350	250	30	500	10	75	40	40
	350	250	200	140	20	300	4	50	20	50
A N A L Í T I C O	250	200	150	100	15	200	3	30	15	60
	150	150	100	75	10	150	2	20	01	70
	100	100	50	50	5	100	1.5	10	5	80
	75	50	25	25	2.5	50	1	5	2.5	90
	<50	<25	<10	<01	<1	<25	<0.25	<2.5	<1	
Unidad medida	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	%

Tabla 67. Valores analíticos para determinar la calidad del aire. Fuente: [20; 21; 91]

$$OR = [3,5 * \sum \frac{C}{C_s}]^{1,37} \quad (\text{Ec. 76})$$

Donde,

- Sin la planta de biogás (Rojo)
- Con la planta de biogás (Verde)

$$OR_{sin \text{ biogás}} = [3,5 * (\frac{50}{350} + \frac{150}{250} + \frac{10}{200} + \frac{50}{140} + \frac{1}{20} + \frac{0,25}{4})]^{1,37} = 7,66$$

$$OR_{con \text{ biogás}} = [3,5 * (\frac{250}{350} + \frac{100}{250} + \frac{100}{200} + \frac{100}{140} + \frac{15}{20} + \frac{2}{4})]^{1,37} = 31,91$$

Tabla 68. Valores del indicador ORAQI y su Indicador de Calidad del Aire (ICA).

Indicador ORAQI	Indicador de calidad ICA
0	1.00
10	0.90
20	0.80
30	0.70
40	0.58
50	0.50
100	0.40
200	0.38
300	0.00

El valor de 7,66 en la Tabla 72 es de 0,9234

El valor de 31,91 en la Tabla 72 es de 0,6771

Magnitud del impacto en unidades inconmensurables:

$$31,91 - 7,66 = 24,25$$

Magnitud del impacto en unidades conmensurables:

$$0,68 - 0,92 = -0,24$$

Valor del impacto:

$$V_j = [(I_j/I_{\max})(M_j)^2]^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Ec. 77})$$

SIN PLANTA DE BIOGÁS:

$$V_j = [(\frac{-71}{-290})(-0,24)^2]^{\frac{1}{3}} = 0,242$$

CON PLANTA DE BIOGÁS:

$$V_j = [(\frac{-127}{-41})(-0,24)^2]^{\frac{1}{3}} = -0,563$$

2. NIVEL DE RUIDO

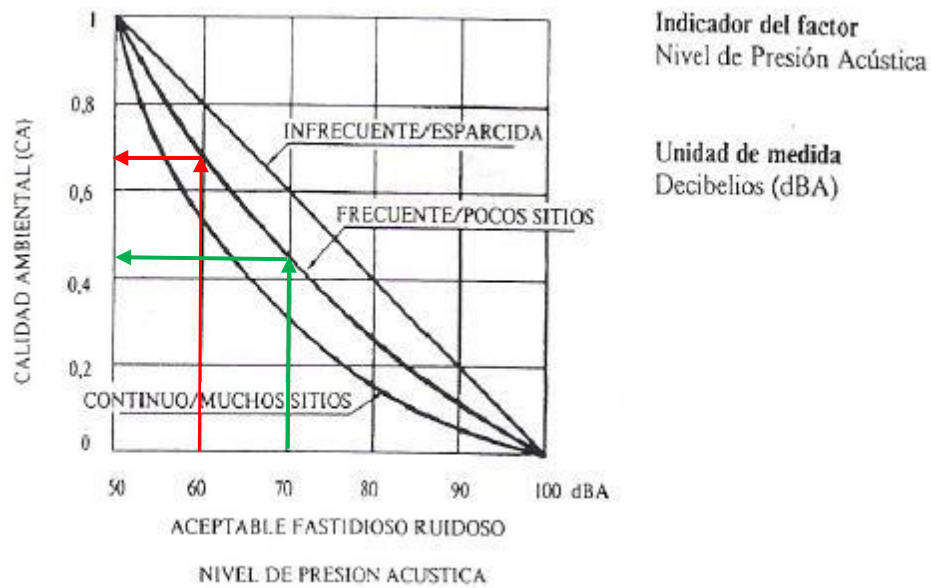


Figura 90. Nivel de ruido. Fuente: [20; 21; 91]

Diferencia en el nivel de presión acústica (eje de ordenadas, en dBA):

$$70 - 60 = 10$$

Diferencia en la calidad ambiental (eje de abscisas):

$$0,45 - 0,68 = -0,23$$

Donde,

- Sin planta de biogás (Rojo): Calidad ambiental = 0,68
- Con planta de biogás (Verde): Calidad ambiental = 0,45

Para calcular el valor del impacto de ruido sufrido se emplea la siguiente ecuación:

$$V_j = [(I_j/I_{\max})(M_j)^2]^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Ec. 78})$$

Donde,

- I_j = Valor de la importancia
- $I_{\max}$ = Valor de la máxima importancia
- M_j = Valor de la magnitud en unidades conmensurables

SIN PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = [(-31/-290)(-0,23)^2]^{\frac{1}{3}} = 0,178$$

CON PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = [(-72/-41)(-0,23)^2]^{\frac{1}{3}} = 0,453$$

3. CALIDAD DEL AGUA

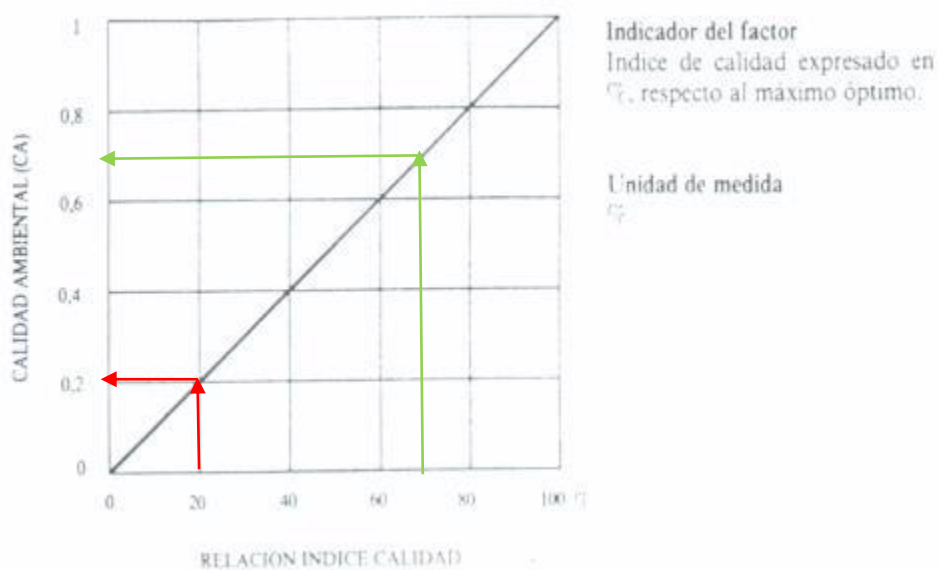


Figura 91. Calidad del agua. Fuente: [20; 21; 91]

Magnitud del impacto en unidades inconmensurables:

$$70 - 20 = 50$$

Magnitud del impacto en unidades conmensurables:

$$0,70 - 0,20 = 0,50$$

Para calcular el valor del impacto de la calidad del agua sufrido se emplea la siguiente ecuación:

$$V_j = [(I_j/I_{\max})(M_j)^2]^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Ec. 79})$$

Donde,

- I_j = Valor de la importancia
- $I_{\max}$ = Valor de la máxima importancia
- M_j = Valor de la magnitud en unidades conmensurables

SIN PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = [(-94/-290)(0,50)^2]^{\frac{1}{3}} = 0,433$$

CON PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = [(80/-41)(0,50)^2]^{\frac{1}{3}} = -0,787$$

4. USO DEL SUELO

Indicador:	Uso del suelo		
Descripción:	Medida de la utilización de los suelos en el área de incidencia del proyecto.		
Método de Cálculo:	$US = 100 \times \frac{\sum w_i S_i}{S_T}$ Donde w_i es el coeficiente de ponderación según el uso del suelo (1: natural, 0.8: forestal, 0.6: agrícola, 0.4: zona urbana, 0.2 industrial), S_i representa la superficie total del uso i, y S_T, la superficie total del área de incidencia del proyecto.		
Unidades:	Porcentaje (%)		
Valoración de la Magnitud:			
Valor:	Etiquetas lingüísticas:	Magnitud:	
0- 20 %	Muy Bajo	Muy Alta	
20-40 %	Bajo	Alta	
40-60 %	Moderado	Aceptable	
60-80 %	Alto	Baja	
80-100 %	Muy Alto	Muy Baja	

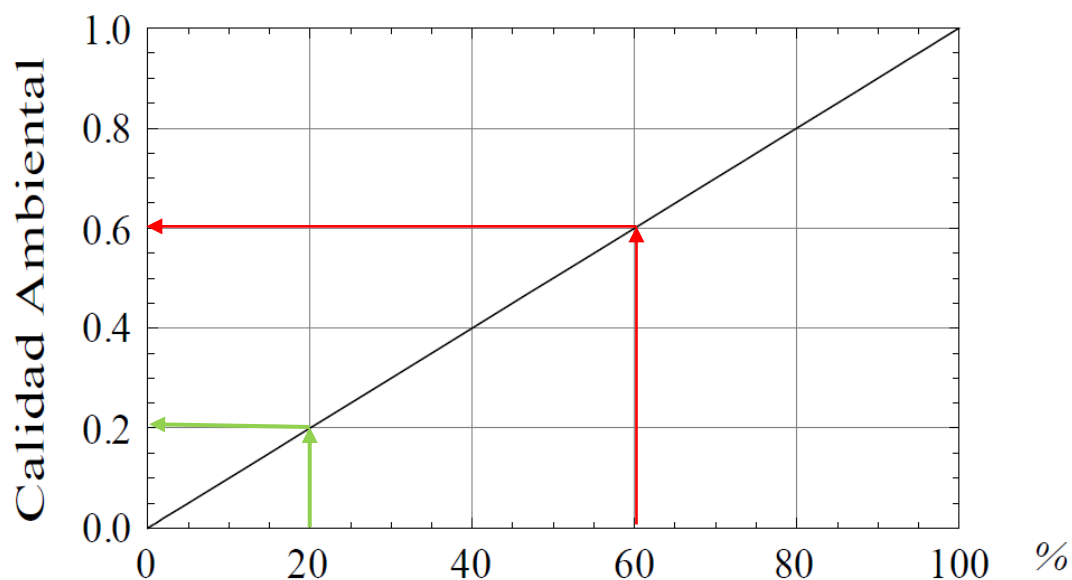


Figura 92. Uso del suelo. Fuente: [20; 21; 91]

Magnitud del impacto en unidades inconmensurables:

$$60,00 - 20,00 = 40,00$$

Magnitud del impacto en unidades conmensurables:

$$0,60 - 0,20 = 0,40$$

Valor del impacto:

$$V_j = [(I_j/I_{\max})(M_j)^2]^{\frac{1}{3}} \quad (Ec. 80)$$

SIN PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = [(-94/-290)(0,40)^2]^{\frac{1}{3}} = 0,373$$

CON PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = [(78/-41)(0,40)^2]^{\frac{1}{3}} = -0,673$$

5. DIVERSIDAD (ABUNDANCIA DE ESPECIES)

Indicador:	<i>Diversidad</i>	
Descripción:	Número de especies por mil individuos.	
Método de Cálculo:	Estimación o medida directa por métodos de campo.	
Unidades:	‰	
Valoración de la Magnitud:		
Valor:	Etiquetas lingüísticas:	Magnitud:
0-2	Nula	Muy Alta
2-4	Aceptable	Alta
4-6	Moderada	Aceptable
6-8	Elevada	Baja
Mayor de 8	Muy Elevada	Muy Baja

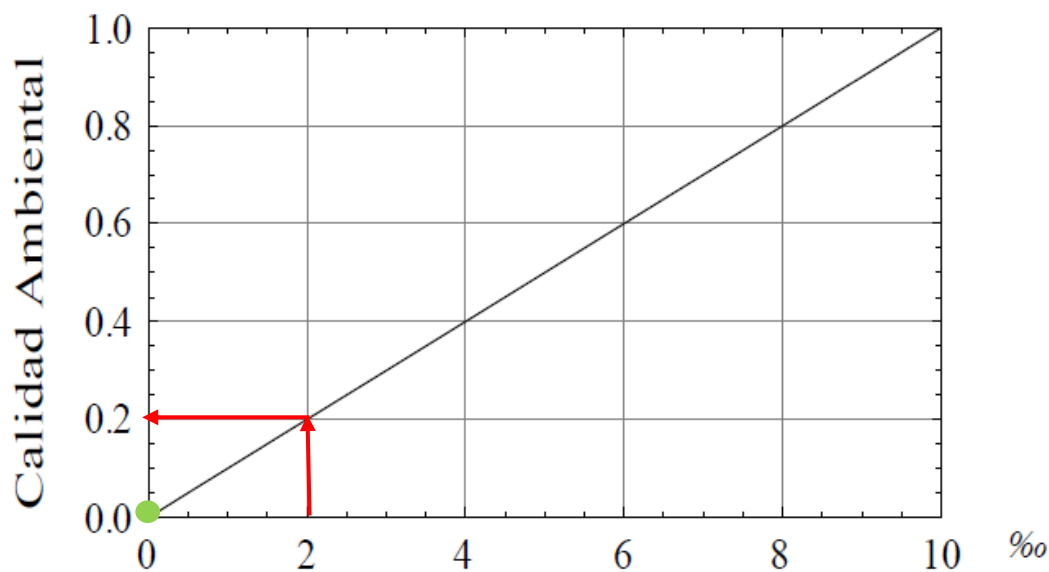


Figura 93. Diversidad. Fuente: [20; 21; 91]

Para calcular el valor del impacto de la diversidad de especies sufrido se emplea la siguiente ecuación:

$$V_j = [(I_j/I_{\max})(M_j)^2]^{\frac{1}{3}} \quad (Ec. 81)$$

Donde,

- I_j = Valor de la importancia
- $I_{\max}$ = Valor de la máxima importancia
- M_j = Valor de la magnitud en unidades conmensurables

Magnitud del impacto en unidades inconmensurables:

$$2,00 - 0,00 = 2,00$$

Magnitud del impacto en unidades conmensurables:

$$0,20 - 0,00 = 0,20$$

Valor del impacto:

$$V_j = [(I_j/I_{\max})(M_j)^2]^{\frac{1}{3}}$$

SIN PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = [(-63/-155)(0,20)^2]^{\frac{1}{3}} = 0,253$$

CON PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = [(-63/-189)(0,20)^2]^{\frac{1}{3}} = 0,237$$

1. MOVILIDAD DE ESPECIES

Indicador:	<i>Movilidad de especies</i>	
Descripción:	Medida de la superficie de hábitats afectados por el proyecto.	
Método de Cálculo:	$ME = 100 \times \frac{S}{S_T}$ Donde <i>S</i> representa la superficie total de hábitat afectados por el proyecto, y <i>S_T</i>, la superficie total del proyecto.	
Unidades:	Porcentaje (%)	
Valoración de la Magnitud:		
Valor:	Etiquetas lingüísticas:	Magnitud:
80-100 %	Muy Alta	Muy Baja
60-80 %	Alta	Baja
40-60 %	Moderada	Aceptable
20-40 %	Baja	Alta
0- 20 %	Muy Baja	Muy Alta

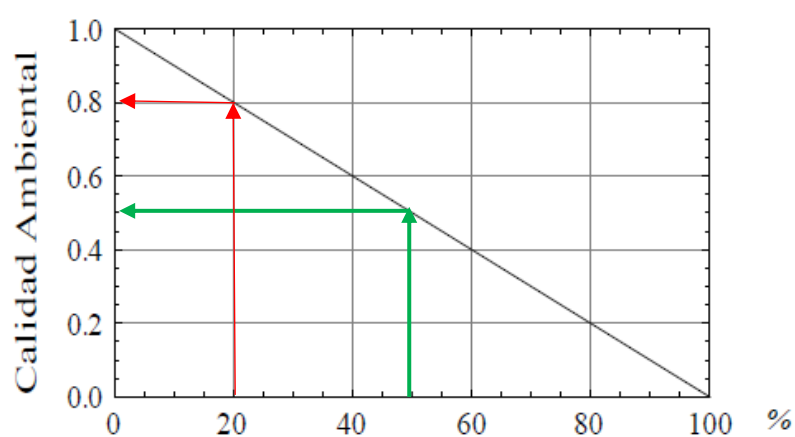


Figura 94. Movilidad de especies. Fuente: [20; 21; 91]

Magnitud del impacto en unidades inconmensurables:

$$50,00 - 20,00 = 30,00$$

Magnitud del impacto en unidades conmensurables:

$$0,80 - 0,50 = 0,30$$

Valor del impacto:

$$V_j = [(I_j/I_{\max})(M_j)^2]^{\frac{1}{3}} \quad (Ec. 82)$$

SIN PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = [(-63/-155)(0,30)^2]^{\frac{1}{3}} = 0,332$$

CON PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = [(-63/-189)(0,30)^2]^{\frac{1}{3}} = 0,311$$

6. ESPECIES VEGETALES

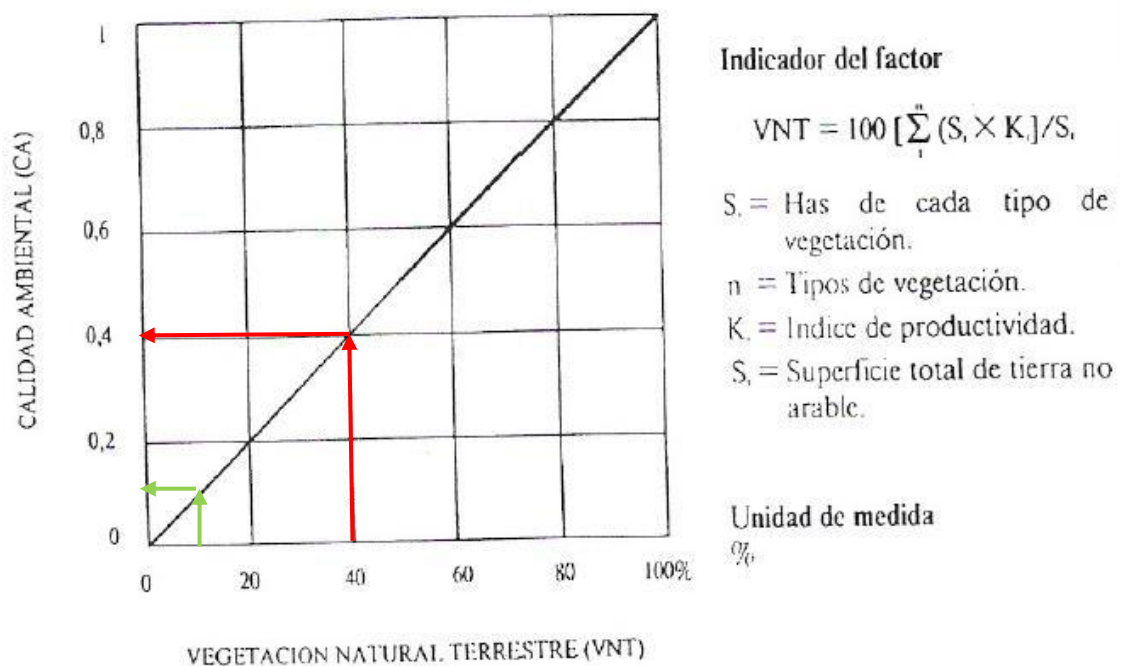


Figura 95. Especies vegetales. Fuente: [20; 21; 91]

Magnitud del impacto en unidades inconmensurables:

$$40,00 - 10,00 = 30,00$$

Magnitud del impacto en unidades conmensurables:

$$0,40 - 0,10 = 0,30$$

Valor del impacto:

$$V_j = [(I_j/I_{\max})(M_j)^2]^{\frac{1}{3}} \quad (Ec. 83)$$

SIN PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = [(-29/-155)(0,30)^2]^{\frac{1}{3}} = 0,256$$

CON PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = [(-63/-189)(0,30)^2]^{\frac{1}{3}} = 0,311$$

1. CALIDAD DEL PAISAJE (Cuenca visual afectada)

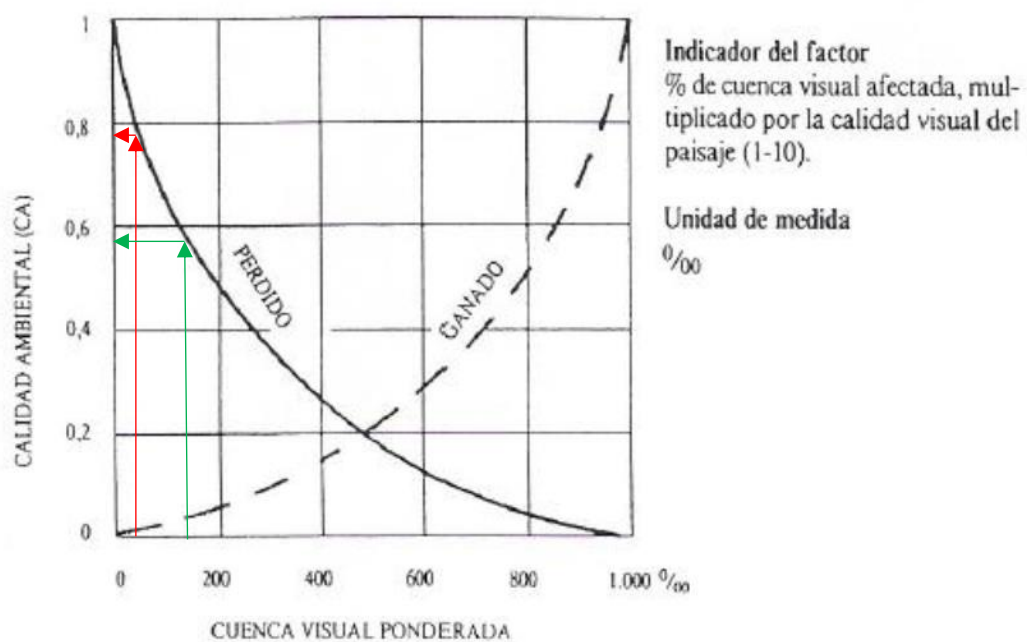


Figura 96. Calidad del paisaje. Fuente: [20; 21; 91]

Magnitud del impacto en unidades inconmensurables:

$$150 - 50 = 100$$

Magnitud del impacto en unidades conmensurables:

$$0,57 - 0,78 = -0,21$$

Valor del impacto:

$$V_j = [(I_j/I_{\max})(M_j)^2]^{\frac{1}{3}} \quad (Ec.84)$$

SIN PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = \left[\left(\frac{-86}{-148} \right) (-0,21)^2 \right]^{\frac{1}{3}} = 0,295$$

CON PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = \left[\left(\frac{-136}{-202} \right) (-0,21)^2 \right]^{\frac{1}{3}} = 0,310$$

7. FRAGILIDAD DEL MEDIO

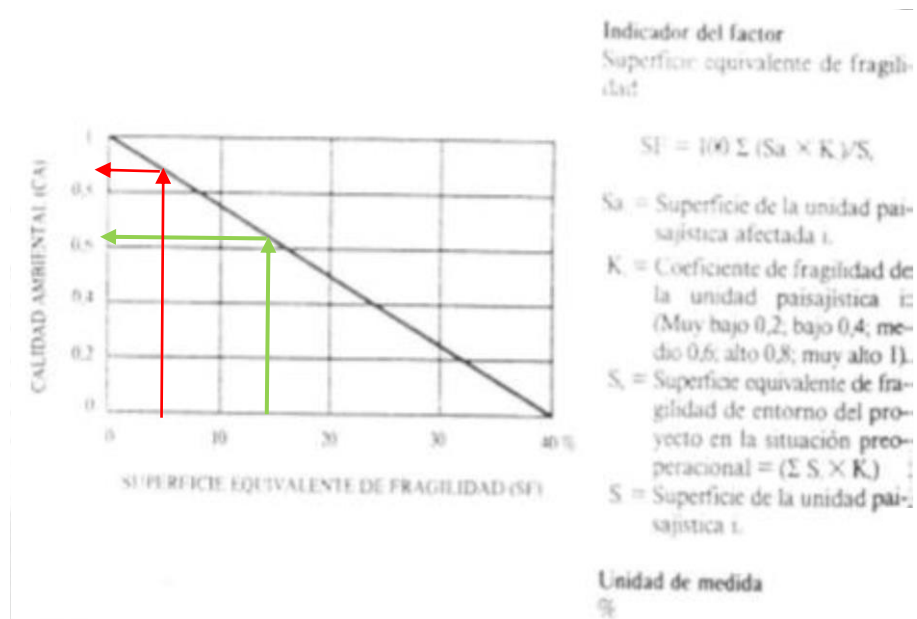


Figura 97. Fragilidad del medio. Fuente: [20; 21; 91]

Magnitud del impacto en unidades inconmensurables:

$$5 - 15 = -10$$

Magnitud del impacto en unidades conmensurables:

$$0,90 - 0,65 = 0,25$$

Valor del impacto:

$$V_j = [(I_j/I_{\max})(M_j)^2]^{\frac{1}{3}} \quad (Ec.85)$$

SIN PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = \left[\left(\frac{-62}{-148} \right) (0,25)^2 \right]^{\frac{1}{3}} = 0,297$$

CON PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = \left[\left(\frac{-66}{-202} \right) (0,25)^2 \right]^{\frac{1}{3}} = 0,273$$

8. GENERACIÓN DE EMPLEO

Indicador:	<i>Nivel de empleo</i>		
Descripción:	Variación del índice de empleo en la zona del entorno del proyecto		
Método de Cálculo:	$NE = 100 \times \frac{P_E}{P}$ Donde P _E es la población empleada en actividades relacionadas con la minería y P, la población en el entorno del proyecto.		
Unidades:	Porcentaje (%)		
Valoración de la Magnitud:			
Valor:	Etiquetas lingüísticas:	Magnitud:	
80-100 %	Muy Alto	Muy Alta	
60-80 %	Alto	Alta	
40-60 %	Notable	Aceptable	
20-40 %	Moderado	Baja	
0- 20 %	Bajo	Muy Baja	

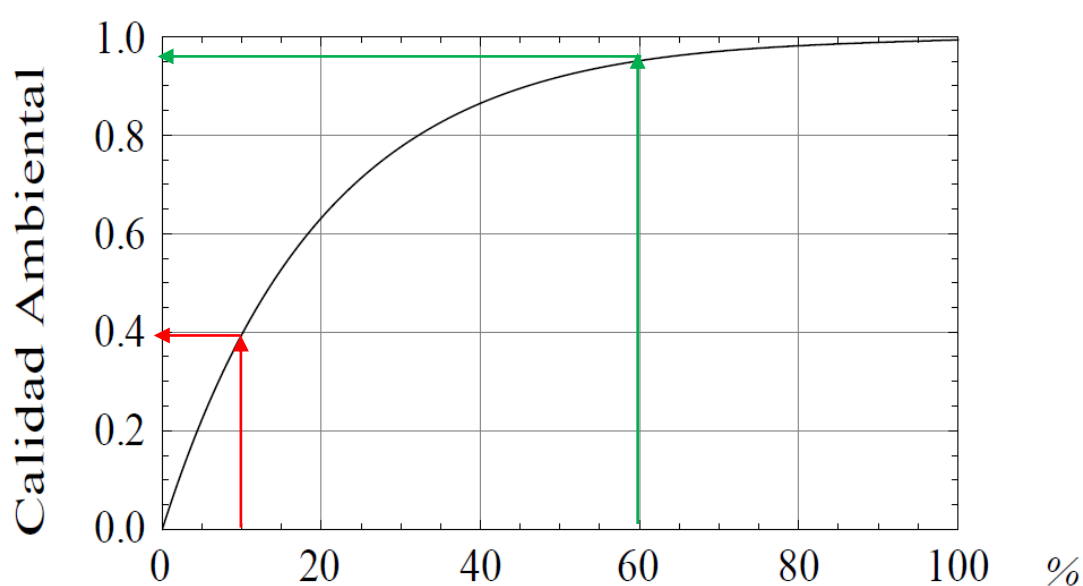


Figura 98. Generación de empleo. Fuente: [20; 21; 91]

Magnitud del impacto en unidades inconmensurables:

$$60 - 10 = 50$$

Magnitud del impacto en unidades conmensurables:

$$0,95 - 0,4 = 0,55$$

Valor del impacto:

$$V_j = [(I_j/I_{\max})(M_j)^2]^{\frac{1}{3}} \quad (Ec.86)$$

SIN PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = [(+52/+134)(0,55)^2]^{\frac{1}{3}} = 0,490$$

CON PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = [(+156/+372)(0,55)^2]^{\frac{1}{3}} = 0,502$$

9. INCREMENTO DE LOS INGRESOS (GANANCIAS POR ACTIVIDAD)

Indicador:	<i>Incremento de los ingresos</i>		
Descripción:	Crecimiento de los ingresos para la economía nacional		
Método de Cálculo:	Crecimiento con respecto a los datos históricos.		
Unidades:	Miles de dólares (MM)		
Valoración de la Magnitud:			
Valor:	Etiquetas lingüísticas:	Magnitud:	
0- 5 %	Bajo	Muy Baja	
5-10 %	Moderado	Baja	
10-15 %	Notable	Aceptable	
15-25 %	Alto	Alta	
Mayor de 25%	Muy Alto	Muy Alta	

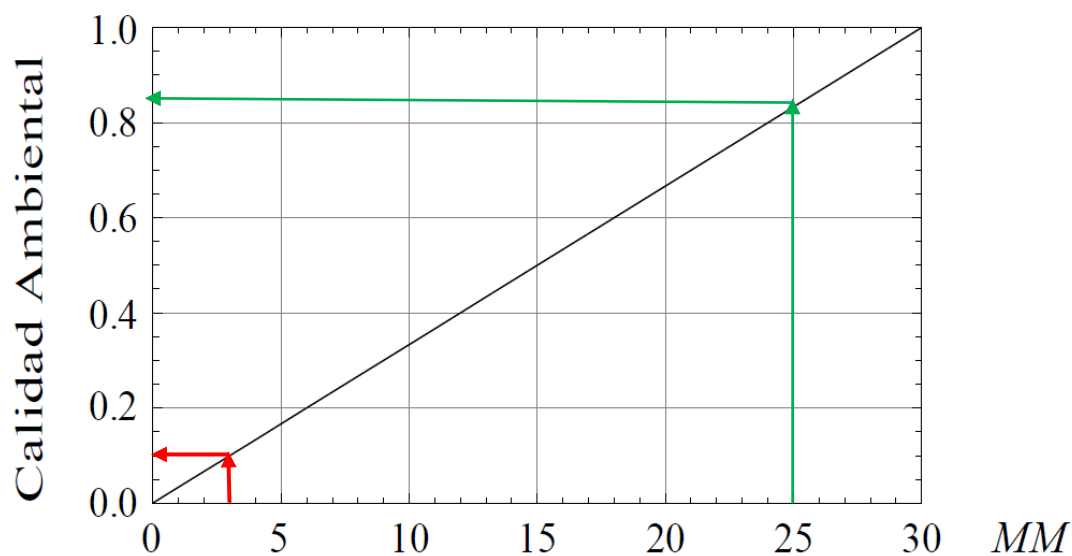


Figura 99. Incremento de los ingresos. Fuente: [20; 21; 91]

Magnitud del impacto en unidades inconmensurables:

$$25 - 3 = 22$$

Magnitud del impacto en unidades conmensurables:

$$0,85 - 0,10 = 0,75$$

Valor del impacto:

$$V_j = [(I_j/I_{\max})(M_j)^2]^{\frac{1}{3}} \quad (Ec.87)$$

SIN PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = \left[\left(\frac{+54}{+134} \right) (0,75)^2 \right]^{\frac{1}{3}} = 0,610$$

CON PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = \left[\left(\frac{+148}{+372} \right) (0,75)^2 \right]^{\frac{1}{3}} = 0,607$$

10. CALIDAD DE VIDA

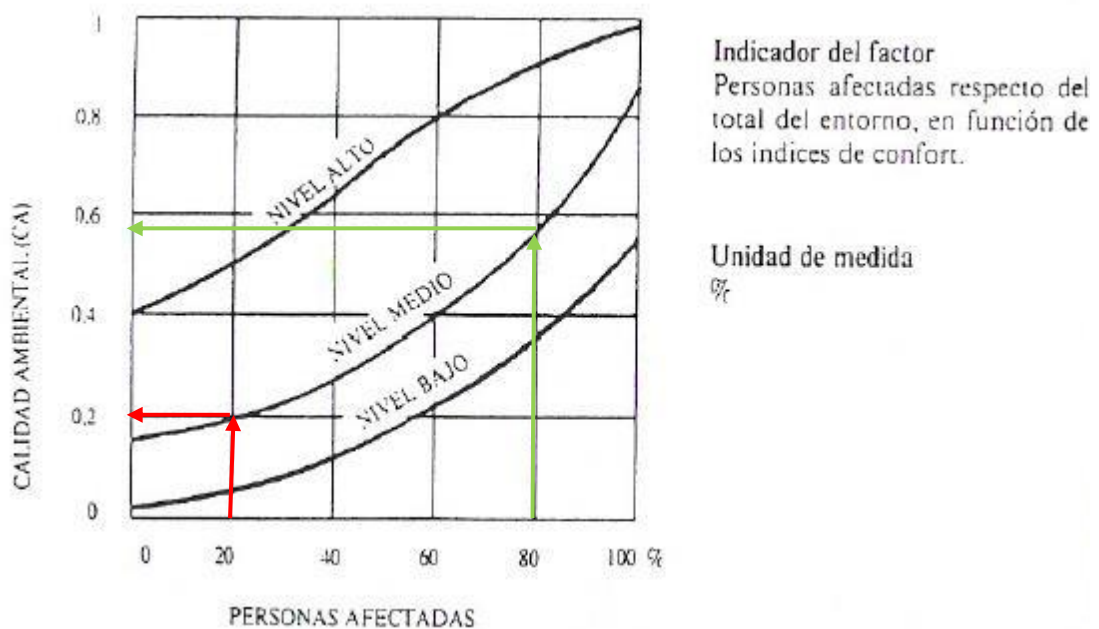


Figura 100. Calidad de vida. Fuente: [20; 21; 91]

Magnitud del impacto en unidades inconmensurables:

$$80 - 20 = 60$$

Magnitud del impacto en unidades conmensurables:

$$0,55 - 0,20 = 0,35$$

Valor del impacto:

$$V_j = [(I_j/I_{\max})(M_j)^2]^{\frac{1}{3}} \quad (Ec. 88)$$

SIN PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = \left[\left(\frac{+28}{+134} \right) (0,35)^2 \right]^{\frac{1}{3}} = 0,295$$

CON PLANTA DE BIOGÁS

$$V_j = \left[\left(\frac{+68}{+372} \right) (0,35)^2 \right]^{\frac{1}{3}} = 0,282$$

2.2.4.2.3. INFORME FINAL

El informe final del estudio ambiental se realiza teniendo en cuenta una ponderación de diferentes factores del medio. Esta ponderación es conocida como valor UIP (Unidad de Importancia Ponderal) y tiene en cuenta tanto el medio físico como el medio socio económico y cultural del estudio ambiental. El valor de todos los factores varía dependiendo de su importancia en cada proyecto y el sumatorio total del UIP es de 1000.

Tabla 69. Unidad de importancia ponderal. Valor UIP. Fuente: Elaboración propia.

FACTORES DEL MEDIO				
MEDIO FÍSICO	INERTE	AIRE	Calidad del aire	90
			Nivel de ruido	80
		HIDROLOGÍA	Calidad del agua	110
		SUELO	Uso del suelo	100
	BIÓTICO	FAUNA	Abundancia de especies	60
			Movilidad de especies	60
		VEGETACIÓN	Especies vegetales	50
	PERCEPTUAL		Cuenca visual afectada	90
			Fragilidad del medio	80
		TOTAL MEDIO FÍSICO		
MEDIO SOCIO ECONÓMICO Y CULTURAL	SOCIO ECONÓMICO	ECONOMÍA	Generación de empleo	90
			Ganancias por actividad	90
		SOCIOCULTURAL	Calidad de vida	100
	TOTAL MEDIO SOCIO ECONÓMICO Y CULTURAL			280
IMPORTANCIA ACCIONES				1000

Tabla 70. Matriz sin medidas correctoras. Fuente: Elaboración propia.

MATRIZ SIN PLANTA DE BIOGÁS																		
FACTORES DEL MEDIO				Maquinaria y equipos	Almacenam. de residuos	Vibraciones	Actividades productivas	Infraestructuras	Acopio de materiales	Gestión de residuos	Consumo eléctrico	Coste anual	Transporte de mercancía	Impermeabil.	IMPORTANCIA FACTORES	VALOR DEL IMPACTO	UIP	IMPACTO NETO
MEDIO FÍSICO	INERTE	AIRE	Calidad del aire	- 21	- 23				- 27						- 290	0,242	90	+ 21,78
			Nivel de ruido	- 31										0,178		80	+ 14,24	
		HIDROLOGÍA	Calidad del agua		- 68				- 86				+60	0,433		110	+ 47,63	
		SUELO	Uso del suelo		- 68				- 86				+60	0,373		100	+ 37,30	
	BIÓTICO	FAUNA	Abundancia de especies			- 63								- 155	0,253	60	+ 15,18	
			Movilidad de especies			- 63									0,332	60	+ 19,92	
		VEGETACIÓN	Especies vegetales				- 29									0,256	50	+ 12,80
	PERCEPTUAL	PAISAJE	Cuenca visual afectada		- 26			-26	- 34						- 148	0,295	90	+ 26,55
			Fragilidad del medio		- 31			-31								0,297	80	+ 23,76
	MEDIO SOCIO ECONÓMICO	SOCIO ECONÓMICO	ECONOMÍA	Generación de empleo							+ 26			+26		+134	0,490	90
Ganancias por actividad											+28	+26			0,610		90	+ 54,90
SOCIO CULTURAL			Calidad de vida					+28									0,295	100
IMPORTANCIA ACCIONES				- 52	- 216	- 126	- 1	- 57	- 61	- 146	+ 28	+ 26	+ 26	+ 120	- 459	VALOR IMPACTO NETO		+ 347,66

Tabla 71. Matriz con medidas correctoras. Fuente: Elaboración propia.

MATRIZ CON PLANTA DE BIOGÁS																		
FACTORES DEL MEDIO				Maquinaria y equipos	Almacenam. de residuos	Vibraciones	Actividades productivas	Infraestruct.	Acopio de materiales	Gestión de residuos	Consumo eléctrico	Coste anual	Transporte de mercancía	Impermeabil.	IMPORTANCIA FACTORES	VALOR DEL IMPACTO	UIP	IMPACTO NETO
MEDIO FÍSICO	INERTE	AIRE	Calidad del aire	-69	-23	-35									-41	0,563	90	+50,67
			Nivel de ruido	-72												0,453	80	+36,24
		HIDROLOGÍA	Calidad del agua		-68					+88				+60		-0,787	110	-86,57
		SUELO	Uso del suelo		- 68					+86				+60		-0,673	100	-67,30
	BIÓTICO	FAUNA	Abundancia de especies			- 63									-189	0,237	60	+14,22
			Movilidad de especies			- 63										0,311	60	+18,66
		VEGETACIÓN	Especies vegetales				-63									0,311	50	+15,55
	PERCEPTUAL	PAISAJE	Cuenca visual afectada		- 30			-72	-34						-202	0,310	90	+27,90
			Fragilidad del medio		- 31			-35								0,273	80	+21,84
MEDIO SOCIO ECONÓMICO Y CULTURAL	SOCIO ECONÓMICO	ECONOMÍA	Generación de empleo							+78			+78		+372	0,502	90	+45,18
			Ganancias por actividad								+74	+74				0,607	90	+54,63
		SOCIO CULTURAL	Calidad de vida				+68									0,282	100	+28,20
IMPORTANCIA ACCIONES				- 141	- 220	- 161	+ 5	- 107	- 34	+ 252	+ 74	+ 74	+ 78	+ 120	- 60	VALOR IMPACTO NETO		+159,22

a. CONCLUSIONES DE LA VALORACIÓN

El porcentaje obtenido en las matrices, (34,77 % en la matriz sin planta de biogás y 15,92 % en la matriz con planta de biogás), significa, que en el caso actual, es decir, sin planta de biogás, el impacto que sufre es moderado (entre 25 y 50 %), mientras que **si se lleva a cabo el proyecto descrito en este documento el impacto ambiental pasaría de moderado a irrelevante (menor de 25 %).**

Según la Tabla 68. *“Calificación del impacto ambiental por valores de I.”* la valoración de irrelevante en el estudio ambiental significa lo siguiente:

“La afectación del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del proyecto en cuestión”

2.2.5. MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS DEL ESTUDIO AMBIENTAL

Las medidas a realizar para mejorar el impacto ambiental generado por el proyecto se clasifican en:

- Medidas preventivas: Tienen como objetivo evitar la aparición de impactos ambientales de carácter negativo o mitigar estos anticipadamente.
- Medidas correctoras: No eliminan el impacto ambiental de carácter negativo, pero sí lo atenúan en cierta medida, disminuyendo así su importancia, es decir, son capaces de minimizar el impacto.
- Medidas compensatorias: Son las actuaciones que se realizan cuando el impacto es inevitable o de difícil corrección. Tienden a compensar el efecto negativo mediante efectos positivos relacionados con el mismo.

En el presente documento, según las conclusiones de la valoración del estudio ambiental, (punto 2.2.5.CONCLUSIONES DE LA VALORACIÓN) el proyecto con medidas correctoras, se clasifica como irrelevante, por lo que se considera incluir únicamente medidas preventivas (sin tener en cuenta medidas correctoras ni compensatorias):

- Calidad del aire
Con el fin de evitar un aumento en el nivel de partículas en suspensión, se instalará una lona en el depósito en el que se almacene el fertilizante una vez se han separado sus fases.
- Nivel de ruido
Se realizará el transporte de sustratos sólidos y líquidos en periodo diurno, con el fin de minimizar los ruidos y vibraciones ocasionados por los vehículos de la planta.
- Cuenca visual afectada
Se diseñará la envolvente del digestor y el gasómetro en un tono verdoso (en el que se consiga un equilibrio con el paisaje de la zona, que está caracterizado por su abundancia de encinas (*Quercus ilex*)).

Se instalará la antorcha de llama cerrada en lugar de llama abierta para evitar impacto visual.

2.2.6. PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El plan de vigilancia ambiental establece el conjunto de acciones que se llevarán a cabo de forma planificada para el correcto funcionamiento de la planta.

A continuación se muestran las siguientes indicaciones a realizar en la planta de biogás, ordenadas por periodicidad:

Tabla 72. Plan de vigilancia ambiental. Fuente: Elaboración propia.

ACCIÓN	PERIODICIDAD
Control del proceso de la planta	Diaria
Control del acceso a zonas de carga y descarga	Diaria
Seguridad y salud	Diaria
Gestión de los residuos producidos	Diaria
Gestión del biogás producido	Diaria
Planificación de la logística de sustratos líquidos y sólidos	Semanal
Seguimiento de las emisiones atmosféricas	Semanal
Seguimiento de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas	Semanal
Seguimiento de la gestión de los residuos generados	Semanal
Seguimiento de la contaminación del suelo	Semanal
Seguimiento de la contaminación acústica	Semanal
Revisión de maquinaria	Anual
Revisión de vehículos	Anual
Revisión de equipos y valvulería	Anual

2.2.7. DOCUMENTO DE SÍNTESIS

En este documento no se elabora el documento de síntesis, aunque si se menciona que es el apartado 7 de una clasificación estándar de un impacto de evaluación ambiental.

2.3.ANEXO III. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Las siguientes tablas de seguridad y salud tienen por objetivo identificar los riesgos laborales que puedan ser evitados, relacionar los posibles riesgos según el tipo de operación a realizar e informar de las debidas condiciones de seguridad y salud a adoptar. Tabla resumen de operaciones y riesgos:

Tabla 73. Operaciones y riesgos. Fuente: [92]

OPERACIONES	RIESGOS
Conducción de vehículos	Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos Atropellos o golpes con vehículos
Vertido o descarga de residuos	Caída de personas a distinto nivel Caída de personas al mismo nivel Caída de objetos desprendidos Pisadas sobre objetos Golpes/cortes por objetos o herramientas Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos Sobreesfuerzos Exposición a sustancias nocivas o tóxicas Atropellos o golpes con vehículos Exposición a agentes químicos (polvo) Exposición a agentes biológicos
Compactación de residuos	Caída de personas a distinto nivel Caída de personas al mismo nivel Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos Exposición a sustancias nocivas o tóxicas Exposición a ruido Exposición a agentes químicos Exposición a agentes biológicos
Toma de muestras	Caída de personas a distinto nivel Exposición a sustancias nocivas o tóxicas Exposición a agentes químicos
Análisis y caracterización de residuos, aguas y lixiviados	Exposición a sustancias nocivas o tóxicas Exposición a agentes químicos Contacto con sustancias cáusticas o corrosivas
Control de procesos	Caída de personas a distinto nivel Caída de personas al mismo nivel Contactos eléctricos Contacto con sustancias cáusticas o corrosivas Explosiones Exposición a agentes químicos Exposición a ruido
Descarga y adición de reactivos	Explosión a sustancias nocivas o tóxicas Contacto con sustancias cáusticas o corrosivas

	Exposición a agentes químicas
Mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos	Caída de personas a distinto nivel Caída de personas al mismo nivel Pisadas sobre objetos Choques contra objetos inmóviles Golpes/cortes por objetos o herramientas Proyección de fragmentos o partículas Atrapamiento por o entre objetos Sobreesfuerzos Contactos eléctricos Exposición a sustancias nocivas o tóxicas Contacto con sustancias cáusticas o corrosivas Explosiones Exposición a agentes químicos Exposición a agentes biológicos
Inespecíficas	Caída de personas al mismo nivel Atropellos o golpes con vehículos Accidentes causados por seres vivos

Principalmente, se debe tener especial atención, y seguir las medidas preventivas mostradas a continuación:

Tabla 74. Caídas de personas al mismo nivel. Fuente: [92]

CAÍDA DE PERSONAS AL MISMO NIVEL	
Operaciones	Vertido o descarga de residuos, compactación de residuos, mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos, control de procesos y desplazamientos en el conjunto de la instalación (inespecíficos)
Áreas	Plataforma de descarga, compactación, laboratorio, tratamiento de lixiviados y biogás
Causas	Tropiezos y resbalones por falta de orden y limpieza y por inestabilidad del firme (zonas no asfaltadas, plaza de descarga, humedad en el firme, etc).
Medidas preventivas	
Establecimiento de vías específicas para la circulación de peatones, debido mantenerse limpia y libres de obstáculos. Prohibición de caminar directamente sobre los residuos. Obligación de utilizar calzado de seguridad con suela antideslizante. Obligación de recoger y almacenar adecuadamente los equipos de trabajo y las herramientas siempre que no se estén utilizando. Señalización de los trabajos que supongan la ocupación de áreas de paso. Prestar atención a los desplazamientos entre los distintos puntos donde realiza sus tareas, especialmente cuando las superficies estén húmedas o sean inestables. Realizar una inspección ocular de la zona antes de iniciar un trabajo para detectar la posible existencia de objetos o cualquier elemento que pueda ser origen de un tropiezo. Obligación de recoger los derrames o pérdidas de productos procediéndose inmediatamente a su limpieza.	

Tabla 75. Caídas de personas a distinto nivel. Fuente: [92]

CAÍDA DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL	
Operaciones	Vertido o descarga de residuos, compactación de residuos, mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos, control de procesos y desplazamientos en el conjunto de la instalación (inespecíficos)
Áreas	Plataforma de descarga, compactación, laboratorio, tratamiento de lixiviados y biogás
Causas	Acceso a vehículos, medios de acceso y aseguramiento para trabajos en altura en plantas.
Medidas preventivas	
Vehículos	Subir o bajar del vehículo siempre de cara a la cabina, evitando saltos y movimientos bruscos, prohibiéndose el acceso encaramándose a través de ruedas, cubiertas, cadenas o guardabarros. Prohibición de acceso cuando los vehículos se encuentren en movimiento. Prohibición de acceso a puntos elevados encaramándose a horquillas o cucharas. Obligación de utilizar calzado de seguridad con suela antideslizante.
Retirada del toldo (camiones)	Disponibilidad de una zona específica en la instalación para la retirada de toldos. Disponibilidad de plataformas dotadas con barandillas para facilitar la retirada de los toldos. Prohibición de retirar los toldos con las cajas o contenedores sobre los vehículos (obligación de retirar el toldo con caja en el suelo). Prohibición de subir a la caja de los camiones y caminar sobre los residuos para retirar el toldo.
Operaciones de mantenimiento y limpieza	Establecimiento de procedimientos específicos para aquellas operaciones que impliquen la realización de trabajos en altura. Dotación de protecciones colectivas a todas las plataformas de trabajo elevadas existentes en la instalación. Obligación de utilizar arnés o cinturón de seguridad anclado en un punto seguro, siempre que se realicen trabajos a alturas superiores a 3,5 m. Formación de los trabajadores sobre trabajos en altura. Disponibilidad de medios de acceso adecuados y homologados para cada una de las operaciones a realizar. Balizamiento y señalización de todos los desniveles existentes (taludes, arquetas, etc).

Tabla 76. Choques contra objetos inmóviles. Fuente: [92].

CHOQUES CONTRA OBJETOS INMÓVILES	
Operaciones	Mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos.
Áreas	Tratamiento de lixiviados y biogás
Causas	Golpes o choques con estructuras de las plantas al trabajar frecuentemente en espacios reducidos
Medidas preventivas	
Señalización y protección de todos los salientes y esquinas que estén a una altura inferior a 2,5 m. Señalización de las vías de paso y balización adecuada de las zonas a las que no es necesario acceder. Habilitación de zonas de paso para los operarios y prohibición de paso entre las estructuras salvo que sea imprescindible. Obligación de utilizar casco de seguridad en las instalaciones de las plantas de tratamiento de lixiviados y biogás. Diseño de oficina y básculas con unas dimensiones suficientemente amplias en pasillos, zonas de paso y acceso al puesto de trabajo, espacios bajo mesas, etc. Prohibición del almacenamiento de objetos junto a las mesas de trabajo	

Tabla 77. Golpes/cortes por objetos o herramientas. Fuente: [92]

GOLPES/CORTES POR OBJETOS O HERRAMIENTAS	
Operaciones	Vertido o descarga de residuos, mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos.
Áreas	Plataforma de descarga y tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	No respetar las distancias de seguridad respecto a otros vehículos, utilización incorrecta de herramientas o equipos y manipulación de objetos y/o residuos.
Medidas preventivas	
Limpieza de las zonas de trabajo y de los vehículos antes de realizar labores de mantenimiento y limpieza. Obligación de establecer distancias de seguridad que impida la aproximación a vehículos en movimiento cuando están realizando operaciones aproximación al vaso y descarga (señalización). Formación de los trabajadores en la correcta manipulación de residuos. Prohibición de efectuar operaciones de recuperación de residuos en las instalaciones. Utilización obligatoria de guantes anticorte y antiperforación en la manipulación de cualquier residuo. Prohibición a los conductores de alejamiento de sus vehículos y circulación libre por la plaza de descarga. Prohibición de descenso del vehículo salvo que sea estrictamente necesario. Realización las operaciones de mantenimiento en compactadoras fuera de la zona de compactación. Obligación de proveer a los operarios de herramientas de corte adecuadas para realizar operaciones de mantenimiento	

Tabla 78. Contactos eléctricos. Fuente: [92]

CONTACTOS ELÉCTRICOS	
Operaciones	Mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos y control de procesos.
Áreas	Tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Manipulación de cuadros eléctricos, contactos accidentales con cuadros o instalación eléctrica, instalación eléctrica en mal estado o trabajar con herramientas eléctricas en mal estado, contacto directo con transformadores de corriente al realizar operaciones de limpieza húmeda en las instalaciones y en el caso de operaciones de mantenimiento por manipulación de equipos, máquinas o cuadros sin haber desconectado previamente la corriente eléctrica.
Medidas preventivas	
La instalación eléctrica de la planta y de los equipos debe cumplir con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), realizándose las revisiones periódicas correspondientes. Autorización de los operarios sólo para poner en marcha o parar los equipos, no para manipular la instalación o los cuadros eléctricos. Las operaciones de mantenimiento o reparación que supongan la manipulación de la instalación o de cuadros eléctricos deben ser realizadas exclusivamente por personal cualificado y acreditado. Obligación de comunicar a los responsables de la planta la detección de toda anomalía. Las partes activas de las instalaciones deben estar recubiertas con materiales aislantes y los cables canalizados de forma protegida frente a posibles deterioros y contactos de personas. Elaboración e implantación de procedimientos de consignación y desconexión de la red durante las operaciones de mantenimiento y limpieza de las instalaciones, estando prohibida de realización de cualquier manipulación de la instalación eléctrica o de los equipos de trabajo si no se ha desconectado previamente la corriente eléctrica. Los cuadros eléctricos deben estar claramente señalizados y permanecer cerrados con llave, que solamente puede ser utilizada por personal autorizado. Prohibición de acceso y manipulación a las instalaciones de transformación de energía en corriente eléctrica (señalización). Prohibición de proyectar agua sobre los cuadros eléctricos o de control de los equipos de trabajo. Formación específica para realizar estas operaciones de forma segura	

Tabla 79. Exposición a sustancias nocivas o tóxicas. Fuente: [92].

EXPOSICIÓN A SUSTANCIAS NOCIVAS O TÓXICAS	
Operaciones	Vertido o descarga de residuos, compactación de residuos, toma de muestras, análisis y caracterización de residuos, aguas y lixiviados, mantenimiento y limpieza de equipos e instalaciones y descarga y adición de reactivos.
Áreas	Plataforma de descarga, compactación, laboratorio y tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Ausencia o incumplimiento de procedimientos de trabajo en las operaciones de descarga de vehículos, no respetar distancias de seguridad en operaciones de descarga de residuos, presencia de residuos que por sus características puedan generar o desprender vapores o gases tóxicos o nocivos. Incumplimiento o inexistencia de procedimientos de trabajo en espacios confinados o para la realización de operaciones de mantenimiento en pozos de vertedero. Incorrecta señalización de las instalaciones, riesgos, y equipos de protección a utilizar o la no utilización de EPI específicos para cada ocasión. Carencia o formación deficiente de los operarios.
Medidas preventivas	
Establecimiento de procedimientos específicos para la descarga de residuos susceptibles de desprender gases peligrosos, prohibiéndose permanecer a menos de 20 m de distancia de un vehículo que esté realizando una descarga de residuos con estas características. Obligación de que las cabinas de las palas cargadoras y de las compactadoras cierren herméticamente, dispongan de sistema de filtración de aire, de máscaras de escape y de detectores portátiles de SH₂. Realización de controles periódicos de los residuos depositados para detectar, controlar y eliminar posibles vertidos incontrolados. Inclusión en el plan de emergencia de la instalación la posible entrada de un residuo incontrolado. Procedimientos específicos para el trabajo en pozos, estaciones de bombeo y espacios confinados, incluyendo instrucciones detalladas, permisos de trabajo y de acceso, actuación en caso de emergencia, EPI necesarios, necesidad de presencia de recursos preventivos y la formación adecuada para estas operaciones. En estas operaciones debe ser obligatoria la utilización de equipos autónomos o semiautónomos de respiración o máscara de protección de vías respiratorias con filtro polivalente y protección ocular, así como estar provisto de un detector portátil multicanal (H₂S, CO, O₂ y CH₄). Formación específica para los trabajadores que pueden tener contacto con productos químicos sobre sistemas de información y comunicación de la peligrosidad de los mismos (etiquetado y fichas datos de seguridad). Prohibición de trabajar con máquinas o vehículos que generen humos de escape en espacios mal ventilados, y si ello es necesario, debe garantizarse que el intercambio de aire sea suficiente.	

Tabla 80. Contacto con sustancias causticas o corrosivas. Fuente: [92].

CONTACTO CON SUSTANCIAS CAUSTICAS O CORROSIVAS	
Operaciones	Análisis y caracterización de residuos, aguas y lixiviados, mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos, control de procesos y descarga y adición de reactivos.
Áreas	Laboratorio, tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Manipulación incorrecta de productos químicos, rotura de depósitos, tuberías o juntas, ausencia de procedimientos específicos para la realización de operaciones de mantenimiento o de limpieza en plantas de tratamiento de lixiviados
Medidas preventivas	
Obligación de utilizar EPI (gafas, guantes, pantallas, etc.) siempre que se manipulen productos químicos. Formación específica en operaciones de manipulación de reactivos y productos químicos y disponibilidad de las fichas de datos de seguridad (FDS) de los productos existentes. Procedimientos de trabajos seguros para cada una de las operaciones (mantenimiento, carga y descarga de productos químicos) que se realicen en la planta. Existencia de procedimientos de acceso a los cubetos, que deberá incluir permiso de trabajo debidamente cumplimentado y firmado por el responsable de la planta (señalización). Todos los depósitos de productos, así como las canalizaciones (tuberías) deben estar claramente identificados y señalizados	

Tabla 81. Explosiones. Fuente: [92].

EXPLOSIONES	
Operaciones	Control de procesos y mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos.
Áreas	Tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Generación de gases inflamables (CH ₄ , CO) por descomposición de la materia orgánica
Medidas preventivas	
Aplicación del Real Decreto 68/2003, de 12.6 (M. Pres, BOE 18.6.2003) sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo (ATEX).	

Tabla 82. Atropellos o golpes con vehículos. Fuente: Explosiones. Fuente: [92]

ATROPELLOS O GOLPES CON VEHÍCULOS	
Operaciones	Conducción de vehículos, vertido o descarga de residuos y desplazamientos por el conjunto de la instalación (inespecíficas).
Áreas	Plataforma de descarga y vías de circulación del vertedero.
Causas	Circulación constante de camiones y maquinaria pesada por el conjunto del vertedero.
Medidas preventivas	
Prohibición (señalización) de circular a pie a personas no autorizadas por zona de descarga y por los viales del vertedero. Obligatoriedad por parte de los trabajadores de utilizar en todo momento ropa de alta visibilidad y de estar permanentemente atentos a las circunstancias del tráfico en la planta. Prohibición de acercarse a los vehículos durante las operaciones de aproximación o descarga. Prohibición de que los conductores de los vehículos desciendan de los mismos salvo que sea totalmente imprescindible, en cuyo caso deben permanecer en todo momento próximos a los mismos.	

Tabla 83. Exposición a agentes químicos. Fuente: [92]

EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS	
Operaciones	Vertido o descarga de residuos, compactación de residuos, toma de muestras, análisis y caracterización de residuos, aguas y lixiviados, mantenimiento y limpieza de instalaciones y equipos, con-trol de procesos y descarga y adición de reactivos.
Áreas	Plataforma de descarga, compactación, laboratorio y tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Generación de polvo en operaciones de descarga y de compactación, manipulación de productos químicos y presencia de agentes químicos (COV, SH ₂ , CH ₄ , etc.) debido a la descomposición de la materia orgánica.
Medidas preventivas	
Formación específica para los trabajadores que pueden tener contacto con productos químicos sobre sistemas de información y comunicación de la peligrosidad de los mismos. Existencia de instrucciones para el control de la exposición a los humos y gases generados en trabajos de soldadura (operaciones de mantenimiento). Rociado periódico con agua de los viales y zonas sin asfaltar. Disponibilidad de las fichas de datos de seguridad (FDS) de todos los productos que se utilizan en la instalación. Realización de una evaluación específica del riesgo de exposición a agentes químicos en toda la instalación, y de acuerdo con los resultados, establecer las medidas de prevención y protección según el RD 374/2001, relativo a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. Prohibición de trabajar con equipos de trabajo (vehículos o máquinas) que generen humos de escape en espacios mal ventilados, y si ello fuese necesario, debe garantizarse un intercambio de aire suficiente. Obligación de utilización de EPI en todas aquellas operaciones en las que utilicen productos peligrosos.	

Realización de controles periódicos de los residuos depositados para detectar, controlar y eliminar posibles vertidos incontrolados.
Dotación de sistemas de ventilación y de renovación de aire en las cabinas de las palas cargadoras y de las compactadoras y obligación de mantenerlas herméticamente cerradas

Tabla 84. Exposición a agentes biológicos. Fuente: Exposición a agentes químicos. Fuente: [92]

EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS	
Operaciones	Vertido o descarga de residuos, compactación de residuos y mantenimiento, limpieza de instalaciones y equipos.
Áreas	Plataforma de descarga, compactación y tratamiento de lixiviados y biogás.
Causas	Presencia de residuos con materia orgánica en distintas fases de descomposición.
Medidas preventivas	
Realización de la evaluación específica del riesgo de exposición a agentes biológicos, y en función de los resultados obtenidos, establecer las medidas de prevención y protección necesarias según el RD 664/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Obligación de que las cabinas de las palas cargadoras y compactadoras puedan cerrarse herméticamente y dispongan de un sistema de ventilación autónomo dotado de filtros adecuados y prohibición de llevar las ventanillas abiertas. Procedimiento de mantenimiento periódico preventivo de los sistemas de ventilación las cabinas de las palas cargadoras y compactadoras. Utilización de mascarilla con filtro FFP3, gafas de seguridad, traje, calzado y guantes impermeables durante las operaciones de limpieza con agua a presión. Limpieza de las instalaciones, equipos o máquinas previa a su mantenimiento o reparación.	

2.4.ANEXO IV. FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS Y MAQUINARIA

1. BOMBA HIDRÁULICA HIGIENIZACIÓN (ALIMENTACIÓN – DIGESTOR)
2. BOMBA HIDRÁULICA INTERCAMBIADOR (AGUA-AGUA)
3. BOMBA HIDRÁULICA (TUBOS CALEFACCIÓN DIGESTOR)
4. CAMIÓN CISTERNA
5. CONTENEDOR DE CARGA (CEREAL ENSILADO)
6. PALA CARGADORA
7. AGITADOR
8. DESHUMIDIFICADOR
9. BIOFILTRO DE DESULFURACIÓN
10. MICROTURBINA
11. SEPARADOR SÓLIDO/LÍQUIDO
12. ÓSMOSIS INVERSA
13. COMPRESOR POST-FILTRO

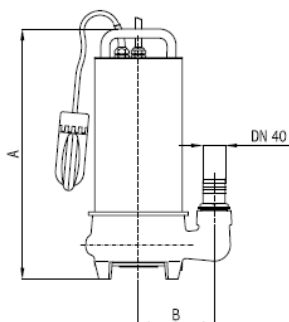
1. BOMBA HIDRÁULICA HIGIENIZACIÓN (ALIMENTACIÓN – DIGESTOR)

Modelo bomba	Motor		Amp 400V	Caudal m³ / hora											Salida Ø
	CV	KW		0	3,6	7,2	10,8	12,6	14,4	16,2	18	19,8	21,6	25,2	
				Altura en metros											
PTS 0.75-40	1	0,75	1,9	13,5	13,3	12,8	11,8	11	10,1	9,2	8	6,6	4,9		40
PTS 1.1-40	1,5	7,3	2,5	17,5	17,4	16,9	15,9	15,2	14,3	13,3	12,2	10,9	9,4	5,9	

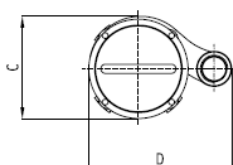


Senza Galleggiante
Without Float
Sans Flotteur
PTS 0,75 - 40 M
PTS 1,1 - 40 M
PTS 0,75 - 40 T
PTS 1,1 - 40 T

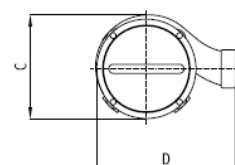
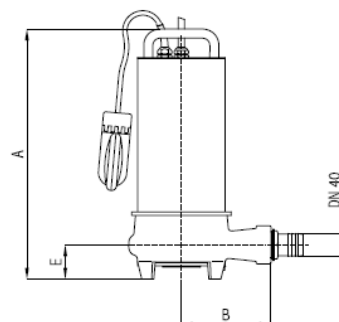
Con Galleggiante
With Float
Avec Flotteur
PTS 0,75 - 40 MG
PTS 1,1 - 40 MG
PTS 0,75 - 40 TG
PTS 1,1 - 40 TG



VERTECALE
VERTICAL
VERTICALE



ORIZZONTALE
HORIZONTAL
HORIZONTALE

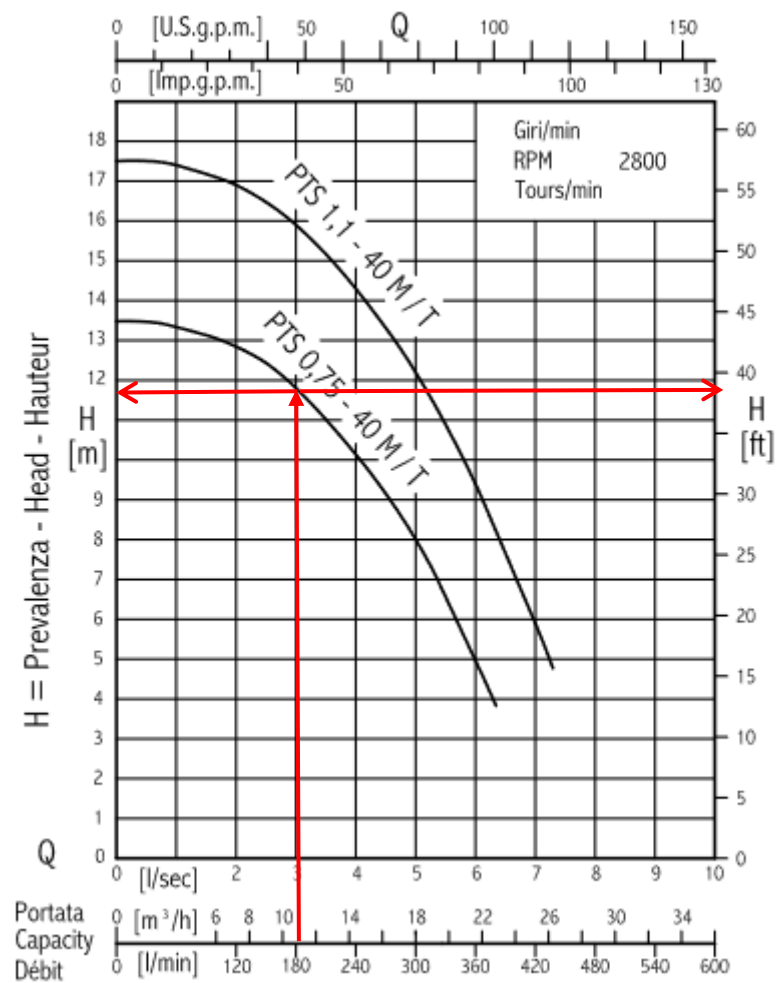


DIMENSIONI INGOMBRO [mm] - OVERALL DIMENSIONS [mm] - DIMENSIONS [mm]											PESO WEIGHT POIDS
ELETTROPOMPA TIPO ELECTRIC PUMP TYPE ELECTROPOMPE TYPE	DN	VERTICALE VERTICAL VERTICALE				ORIZZONTALE HORIZONTAL HORIZONTALE					
		A	B	C	D	A	B	C	D	E	
PTS 0,75 - 40 M	40	440	133	177	257	440	153	177	240	60	24
PTS 0,75 - 40 MG											24
PTS 1,1 - 40 M											24
PTS 1,1 - 40 MG											24
PTS 0,75 - 40 T		399				399					24
PTS 0,75 - 40 TG		440				440					24
PTS 1,1 - 40 T		399				399					24
PTS 1,1 - 40 TG		440				440					24

Tabla 85. Características de la bomba seleccionada CRI MAN - PTS 0,75 – 40 M/T [53].

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA SELECCIONADA (CRI MAN - PTS 0,75 – 40 M/T)	
Sistema chopper*	Sumergible
Caudal: 10,8 m ³ /h	Altura (H): 11,8 m
50 Hz	Máx. temperatura del líquido: 40°C
DN 40 (1 ½")	kW: 0,75 (CV: 1)

Sistema chopper*: Bombas Centrifugas diseñadas para picar sólidos en suspensión que contenga el líquido que se está impulsando en rubros de ganado, biogás e industria en general, donde se requiera picar los sólidos.

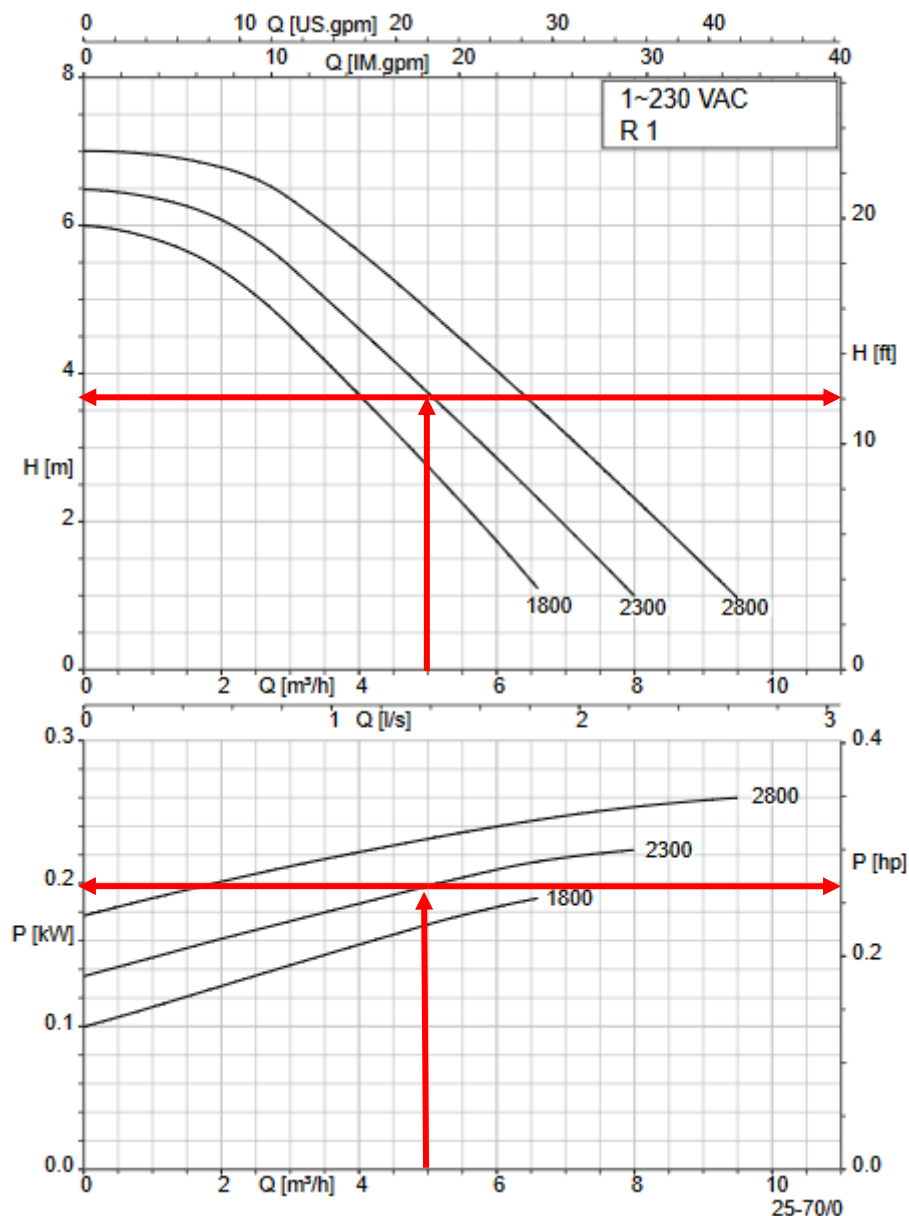


2. BOMBA HIDRÁULICA INTERCAMBIADOR (AGUA-AGUA)

La bomba seleccionada para la recirculación del agua caliente desde el intercambiador de calor con la energía térmica procedente de las turbinas hasta el intercambiador a ciclo cerrado es la siguiente:

KSB CALIO-THERM NC 25-70

Baugröße	Anschluss		PN [bar]	n		P ₁ [W]	Meldekontakte	I _N	Mat.-Nr.	[kg]
	Rohrleitung	Pumpe		min.	max.			1~230 VAC, 50 Hz		
				[min ⁻¹]	[min ⁻¹]			[A]		
20-15	R 3/4	G 1 1/4	10	1300	2800	26 - 34	-	0,11 - 0,15	29134843	2,7
20-30	R 3/4	G 1 1/4	10	1300	2800	27 - 35	-	0,12 - 0,15	29134844	2,7
25-40-130	R 1	G 1 1/2	10	1800	2800	33 - 44	-	0,14 - 0,19	29134845	2,7
25-40	R 1	G 1 1/2	10	1800	2800	33 - 44	-	0,14 - 0,19	29134846	2,8
25-60	R 1	G 1 1/2	10	1800	2800	6 - 85	-	0,03 - 0,50	29134847	2,8
25-70	R 1	G 1 1/2	10	1800	2800	220 - 260	-	1,03 - 1,13	29134848	6,5



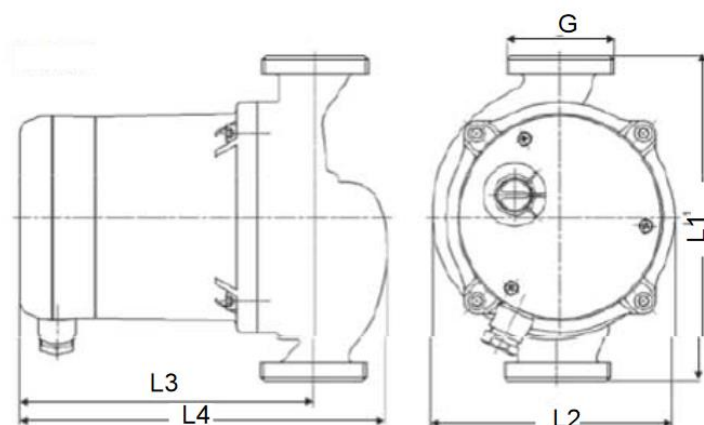


Fig. 3: Dimensions of size 25-70

Tabla 86. Características de la bomba seleccionada KSB CALIO-THERM NC 25-70. Fuente: [94]

Dimensions

Size	Connection			L1	L2	L3	L4
	Rp	G	DN	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
20-15	$\frac{3}{4}$	$1 \frac{1}{4}$	-	150	98	108	145
20-30	$\frac{3}{4}$	$1 \frac{1}{4}$	-	150	98	108	145
25-40-130	1	$1 \frac{1}{2}$	-	130	98	108	145
25-40	1	$1 \frac{1}{2}$	-	180	98	108	145
25-60	1	$1 \frac{1}{2}$	-	180	98	108	145
25-70	1	$1 \frac{1}{2}$	-	180	135,5	166	206

Installation information

Permissible installation positions

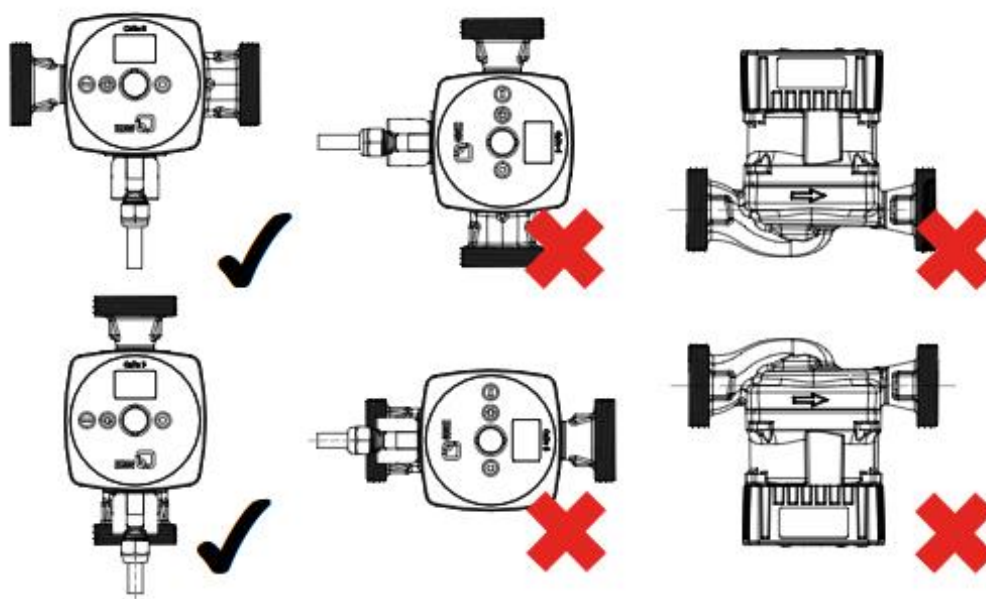


Fig. 4: Permissible installation positions

3. BOMBA HIDRÁULICA (TUBOS CALEFACCIÓN DIGESTOR)

La bomba seleccionada **para la recirculación del agua caliente desde el intercambiador con las turbinas hasta los tubos calefactores del digestor a ciclo cerrado** es la siguiente:

KSB CALIO-THERM NC 25-70

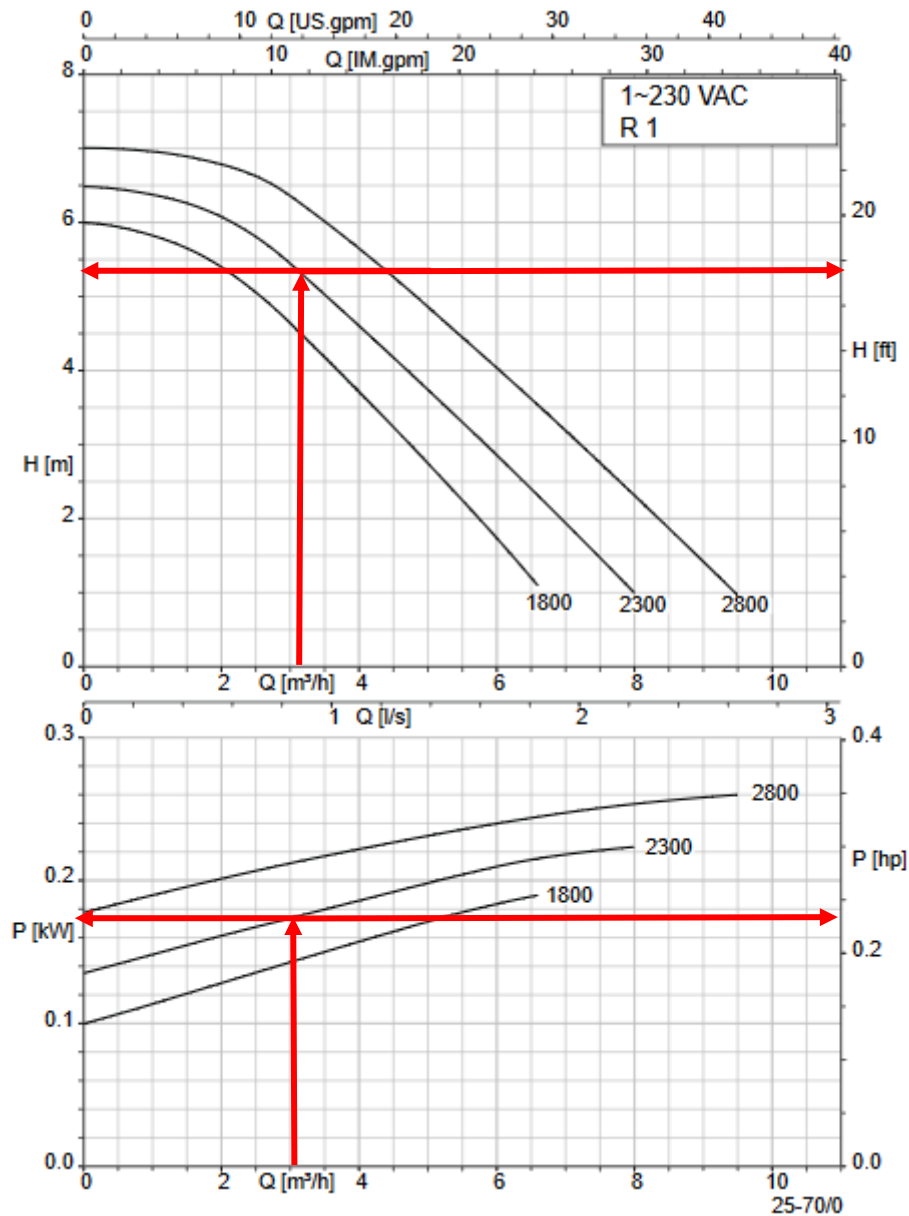


Tabla 87. Características de la bomba seleccionada KSB CALIO-THERM NC 25-70. Fuente: [94]

Baugröße	Anschluss		PN [bar]	n		P ₁ [W]	Meldekante	I _N	Mat.-Nr.	[kg]
	Rohrleitung	Pumpe		min.	max.			1~230 VAC, 50 Hz		
				[min ⁻¹]	[min ⁻¹]			[A]		
20-15	R 3/4	G 1 1/4	10	1300	2800	26 - 34	-	0,11 - 0,15	29134843	2,7
20-30	R 3/4	G 1 1/4	10	1300	2800	27 - 35	-	0,12 - 0,15	29134844	2,7
25-40-130	R 1	G 1 1/2	10	1800	2800	33 - 44	-	0,14 - 0,19	29134845	2,7
25-40	R 1	G 1 1/2	10	1800	2800	33 - 44	-	0,14 - 0,19	29134846	2,8
25-60	R 1	G 1 1/2	10	1800	2800	6 - 85	-	0,03 - 0,50	29134847	2,8
25-70	R 1	G 1 1/2	10	1800	2800	220 - 260	-	1,03 - 1,13	29134848	6,5

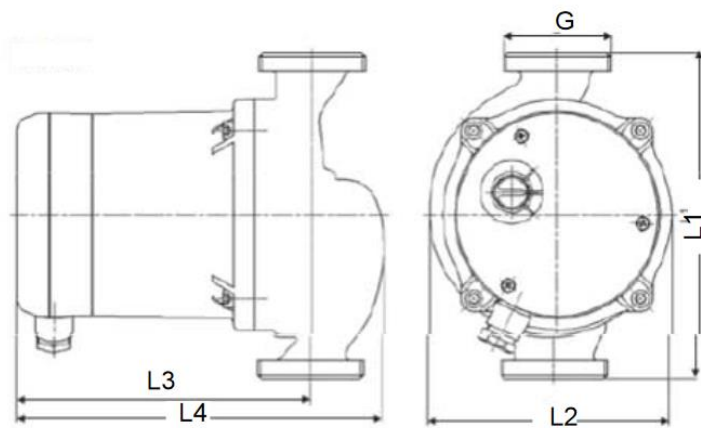


Fig. 3: Dimensions of size 25-70

Dimensions

Size	Connection			L1	L2	L3	L4
	Rp	G	DN	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
20-15	3/4	1 1/4	-	150	98	108	145
20-30	3/4	1 1/4	-	150	98	108	145
25-40-130	1	1 1/2	-	130	98	108	145
25-40	1	1 1/2	-	180	98	108	145
25-60	1	1 1/2	-	180	98	108	145
25-70	1	1 1/2	-	180	135,5	166	206

Installation information

Permissible installation positions

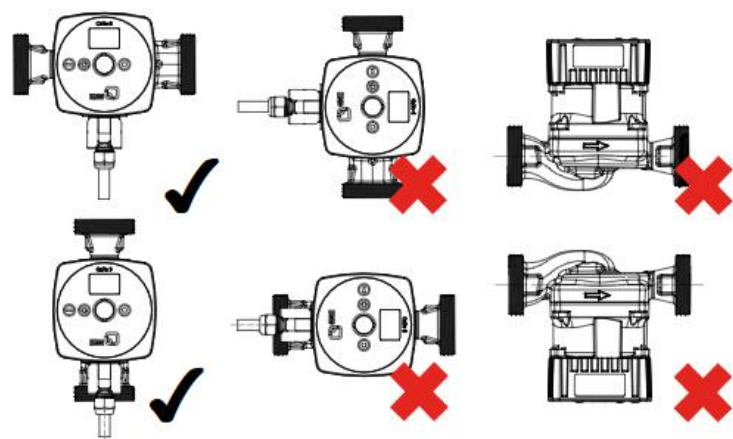
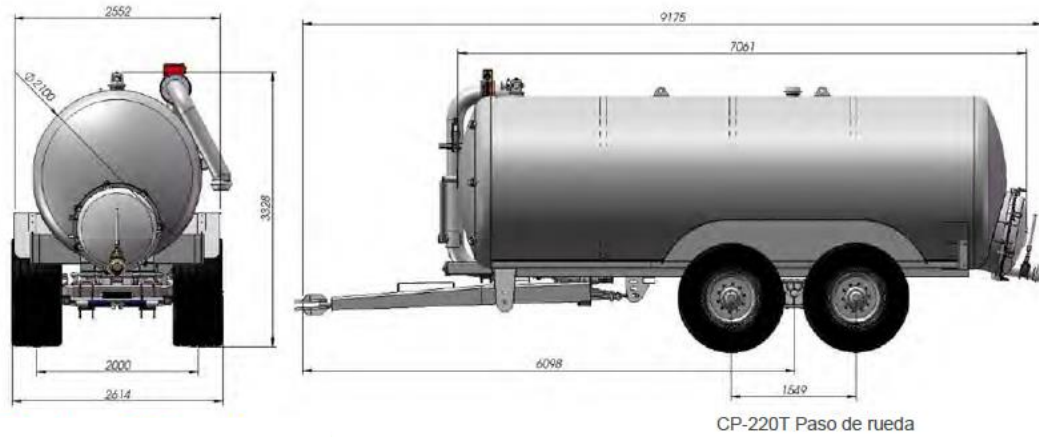


Fig. 4: Permissible installation positions

4. CAMIÓN CISTERNA

CISTERNAS 2 EJES BOGIE

Cisternas de 2 Ejes Bogie



CP-220T Paso de rueda

Tabla 88. Características de la cisterna RIGUAL CP-220T. Fuente: [52]

MODELO	CP-80T	CP-100T	CP-120T	CP-140T	CP-160T	CP-180T	CP-200T	CP-220T	CP-240T
ELEMENTOS DE SERIE									
MMA (Kg)	11.200	13.800	16.180	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000
Carga (L)	8.000	10.000	12.000	14.000	16.000	18.000	20.000	22.000	24.000
Diámetro (mm)	1500	1700	1700	1800	2000	2000	2000	2100	2200
Espesor Virola	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Nº de rom-peolas	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Puerta trasera de limpieza	Puerta apertura total	Puerta parcial D.1000	Puerta parcial D.1000	Puerta parcial D.1000	Puerta parcial D.1000	Puerta parcial D.1000	Puerta parcial D.1000	Puerta parcial D.1000	Puerta parcial D.1000
Medida eje/tambor freno/vía	90X90X8/300X60/1800	90X90X8/350X60/1900	90X90X8/350X60/900	90X90X8/350X60/1900	100X100X10/400X80/2000	100X100X10/400X80/2000	100X100X10/400X80/2000	100X100X10/400X80/2000	100X100X10/400X80/2000
Suspensión	BOGIE 14000KG	BOGIE 14000KG	BOGIE 14000KG	BOGIE 18000KG	BOGIE 18000KG	BOGIE 21000KG	BOGIE 26000KG	BOGIE 26000KG	BOGIE 26000KG
Eje enganche	70	70	70	70	90	90	90	90	90
Lanza (mm)	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	3200	3200
Pie de Apoyo	Mecánico	Mecánico	Mecánico	Hidráulico	Hidráulico	Hidráulico	Hidráulico	Hidráulico	Hidráulico
Depresor	MEC8000/M	JUROP PN84	JUROP PN84	JUROP PN106	JUROP PN140	JUROP PN140	JUROP PN140	JUROP PN140	JUROP PN140
Salida Tajadera	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Instalación de luces	Reglamentaria	Reglamentaria	Reglamentaria	Reglamentaria	Reglamentaria	Reglamentaria	Reglamentaria	Reglamentaria	Reglamentaria
Ruedas	(4) 385/65 R22,5 (Ren)	(4) 385/65 R22,5 (Ren)	(4) 385/65 R22,5 (Ren)	(4) 385/65 R22,5 (Ren)	(4) 445/65 R22,5 (Nv)	(4) 445/65 R22,5 (Nv)	(4) 445/65 R22,5 (Nv)	(4) 445/65 R22,5 (Nv)	(4) 445/65 R22,5 (Nv)

La carga del camión cisterna es de 22.000 l = 22 m³, por lo que se necesitan 2 viajes diarios para suministrar los 44 m³ requeridos en el tanque de alimentación cada día.

Cisternas de 2 Ejes Bogie



VENTAJAS

- Fácil de maniobrar gracias a la situación de sus ejes en la parte trasera.
- Mayor estabilidad y mejor arrastre gracias al peso proporcionado en el enganche del tractor y a la gran superficie que proporciona el modelo Bogie.
- Cisternas con soldadura robotizada de alta calidad.
- Fabricación propia del 80% de los componentes con maquinaria de alta tecnología.



CP-220 con paso de rueda.



CP-220 galvanizada con paso de rueda, brazo de carga doble y acelerador de carga.

CARACTERISTICAS GENERALES Y CAPACIDADES

- De **8.000 L** hasta **24.000 L**.
- Construcción : en acero, galvanizado, INOX.
- Cargas mediante aspiración con un compresor-depresor.
- Apta para cargas de purines, agua, lodos y residuos líquidos.
- Hasta 8.000 L puerta trasera de limpieza completa con cáncamos de seguridad.// A partir de 10.000 lts puerta parcial de limpieza de 1.000mm con cáncamos de seguridad.
- Tajaderas hidráulicas de Ø125 y Ø150.
- Mangueras: 5 mts de manguera de aspiración multiflex.
- Abanico aspensor trasero. (diferentes modelos disponibles)
- Indicador de nivel.
- Indicador de presión y vacío. (manovacúmetro)
- Válvulas de seguridad de presión y vacío. Reguladas s/ marcado CE
- Decantador galvanizado. (CP-161 en adelante)
- Cajón y bidón en CP-140 y modelos siguientes.

Chasis y Suspensiones

- Todos los modelos incorporan bastidor.
- **BOGIES Industriales de fundición.**
- Rompeolas interior. (1 a 3 en función del modelo) (Homologados CE)
- Pie de apoyo hidráulico con bomba manual desde CP-140 en adelante.
- Ballesta en lanza de altura regulable desde CP-120 en adelante.
- Enganche de anilla homologado.
- Varias opciones de aplicadores.

Acabado

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Pintura electro estática y secado al horno// Galvanizado// INOX.• Instalación de luz reglamentaria.• Caja y bidón. (CP140 en adelante)• Marcado CE. | Legislación circulación España <ul style="list-style-type: none">• Válvula de freno de serie a partir de 10.000Kgs.• Placas vehículo largo en modelo CP-180 en adelante. |
|--|--|

5. BAÑERA AGRÍCOLA CILÍNDRICA

BAÑERAS CILINDRICAS 3 EJES (2+1)

RIGUAL

Bañeras Agrícolas Monocasco 3 Ejes (2+1)



Figura 101. Características de la bañera cilíndrica. Fuente: [54]

VENTAJAS

- Esta gama **“SERIE L” 3 Ejes (2+1)** se ha diseñado buscando la máxima polivalencia, siendo apta para la carga a granel y la carga paletizable con un fácil desmontaje de sus laterales.
- Fácil enganche y desenganche gracias a su eje delantero y muelle en lanza.
- Su eje delantero permite girar en un espacio reducido.

CARACTERISTICAS GENERALES

Capacidades y Volúmenes

- Volúmenes de **25 a 34m³**.
- Pesos específicos de cargas:
 - Trigo: 750kg/m³
 - Maíz: 800Kg/m³
 - Cebada: 650kg/m³
 - Centeno: 800kg/m³

Chasis

- Chasis de tubo estructural con índice de carga superior a la carga establecida.
- El chasis con fabricación a máxima anchura (1.055mm) dando así máxima estabilidad y máximo refuerzo a los ejes.

Caja

- Caja policéntrica facilitando la descarga.
- Caja especial grandes volúmenes.
- Opción montaje alzas ligeras y fáciles de montar.

Puerta

- Puerta trasera mecánica automática.
- Portilla central de descarga.

Acabado

- Granallado, pintura electroestática y secado al horno.
- INOX.

Legislación circulación España

- Vehículos equipados con 3 ejes MMA 24.000kgs.
- Válvula de freno de serie a partir de 10.000Kgs.
- Placas vehículo largo en todos los modelos.



Bañera CIL750 detalle frontal.



Bañera CIL750 detalle puerta mecánica Automática.

6. PALA CARGADORA

ESPECIFICACIONES

PALA CARGADORA DE RUEDAS 406/407/409

DIMENSIONES ESTÁTICAS

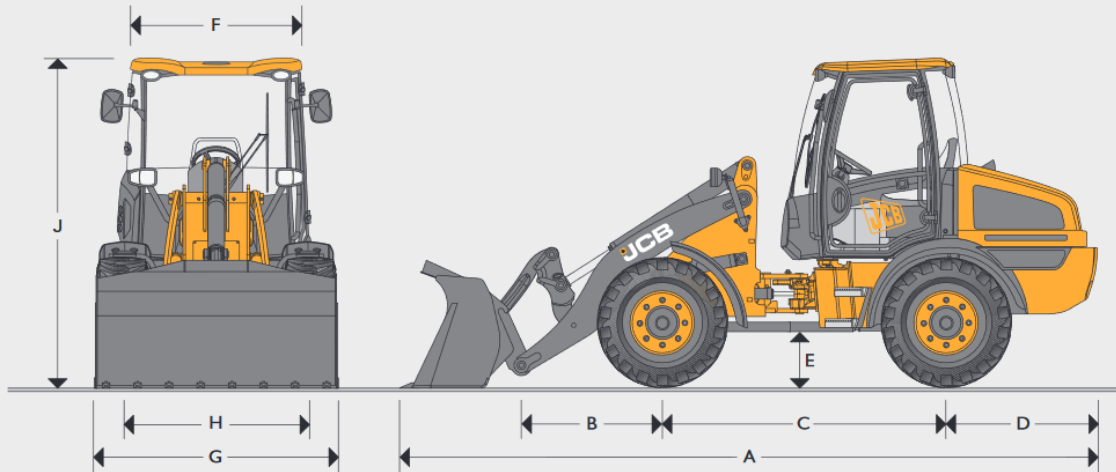


Tabla 89. Características de la pala cargadora. Fuente: [93]

			406	407	409
A	Longitud total	mm	5.133	5.133	5.465
B	Distancia del eje al bulón de cuchara	mm	906	906	1.130
C	Distancia entre ejes	mm	2.100	2.100	2.205
D	Distancia del eje al contrapeso	mm	1.268	1.268	1.295
E	Altura libre mínima	mm	330	330	472
F	Ancho sobre la cabina	mm	1.468	1.468	1.468
G	Ancho sobre neumáticos	mm	1.727	1.727	1.898
H	Ancho de vía	mm	1.390	1.390	1.490
J	Altura sobre la cabina	mm	2.500	2.500	2.643
	Peso del eje delantero	kg	1.475	1.395	1.850
	Peso del eje trasero	kg	3.398	3.668	4.076
	Peso total	kg	4.873	5.063	5.926
	Radio de giro interior	mm	2.010	2.010	2.079
	Radio de giro máximo sobre la cuchara	mm	4.160	4.160	4.432
	Ángulo de articulación	grados	±40°	±40°	±40°
	Radio máximo sobre el neumático	mm	3.800	3.800	3.979
	Ancho máximo entre neumáticos	mm	1.761	1.761	1.900

Los datos de los modelos 406/407 se basan en una máquina equipada con un cazo de 0.8 m³ montado con bulón, con cuchillas y neumáticos SLR4 de 12.5-18 de Solideal.

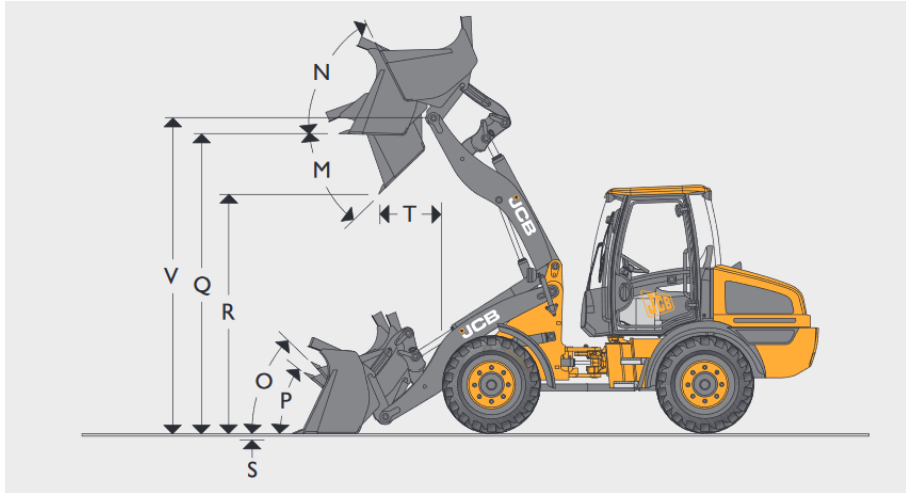
Los datos del modelo 409 se basan en una máquina equipada con un cazo de 1.0 m³ montado con bulón, con cuchillas y neumáticos SGL de 16.0/70-20 de Goodyear.

MOTOR				
		406	407	409
Tipo		4 tiempos, mecánico	4 tiempos, sistema common rail electrónico	4 tiempos, sistema common rail electrónico
Modelo		JCB Diesel by Kohler: KDI 2504 M	JCB Diesel by Kohler: KDI 2504 TCR	KDI 2504 TCR de JCB Diesel by Kohler
Capacidad	litros	2,482	2,482	2,482
Aspiración		Aspiración normal	Turbo	Turbo
Cilindros		4	4	4
Potencia bruta máx. SAE J1995/ISO 14396	kW (CV)	36,4 (49) a 2.600 rpm	48 (64) a 2.200 rpm	55,4 (74) a 2.200 rpm
Par máximo	Nm a 1.500 rpm	170	300	300
Emisiones		Fase IIIA	Fase IIIB y T4F	Fase IIIB y T4F

TRANSMISIÓN				
		406	407	409
Tipo		Hidrostática	Hidrostática	Hidrostática
Modelo		Rexroth A6VM: 2 velocidades	Rexroth A6VM: 2 velocidades	Rexroth A6VM: 2 velocidades
Modelo (opciones de 40 km/h)		N/D	N/D	Rexroth A6VM: 3 velocidades
Gama baja	km/h	6	6	6
Gama alta	km/h	20	20	20
Alta velocidad (opcional)	km/h	N/D	N/D	40

EJES				
		406	407	409
Tipo		Vigüeta recta	Vigüeta recta	Vigüeta recta
Marca y modelo		Dana III	Dana III	Dana III

DIRECCIÓN	Sistema de dirección hidráulica servoasistida con dirección de emergencia.			
------------------	--	--	--	--



DIMENSIONES DE LA CARGADORA												
Modelo (suponiendo que la máquina está equipada con neumáticos SLR4 de 12.5-18 de Solideal).			406					407				
	Tipo de cazo		Trabajos generales	Trabajos generales	Trabajos ligeros	Trabajos ligeros	Cuchara bivalva 6 en 1	Trabajos generales	Trabajos generales	Trabajos ligeros	Trabajos ligeros	Cuchara bivalva 6 en 1
	Equipo del cazo		Dientes o cuchilla		Cuchilla		Dientes o cuchilla	Dientes o cuchilla		Cuchilla		Dientes o cuchilla
	Capacidad del cazo (SAE colmada)	m³	0,8	1	1,2	1,4	0,75	0,8	1	1,2	1,4	0,75
	Ancho del cazo	mm	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900
	Peso del cazo	kg	287	322	353	384	435	287	322	353	384	435
	Densidad máxima del material	kg/m³	2.050	1.620	1.320	1.120	2.100	2.050	1.620	1.320	1.120	2.100
	Carga de vuelco recta	kg	4.225	4.148	4.055	4.014	4.33	4.323	4.245	4.149	4.108	4.127
	Carga de vuelco totalmente girada	kg	3.250	3.191	3.120	3.088	3.102	3.326	3.265	3.193	3.160	3.174
	Carga útil	kg	1.625	1.595	1.560	1.544	1.551	1.663	1.633	1.596	1.580	1.587
	Fuerza de arranque máxima	kN	41,9	36,5	32,2	29,7	41,9	41,9	36,5	32,2	29,7	41,9
M	Ángulo de descarga máximo	grados	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
N	Ángulo de recogida a altura máxima	grados	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
O	Recogida en transporte	grados	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
P	Recogida a nivel del suelo	grados	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Q	Altura de carga	mm	2.991	2.991	2.991	2.991	2.991	2.991	2.991	2.991	2.991	2.991
R	Altura de descarga (descarga a 45°)	mm	2.489	2.418	2.348	2.295	2.489	2.489	2.418	2.348	2.295	2.489
S	Profundidad de excavación	mm	105	105	105	105	106	105	105	105	105	106
T	Alcance a altura de descarga	mm	764	835	905	958,5	764	764	835	905	958,5	764
	Alcance máximo (descarga a 45°), brazo horizontal	mm	1.494	1.465	1.635	1.689	1.494	1.494	1.465	1.635	1.689	1.494
	Peso operativo (con operador de 80 kg y depósito de combustible lleno)	kg	4.873	4.907	4.938	4.969	5.020	5.063	5.097	5.128	5.159	5.210
V	Altura de volteo	mm	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120	3120

7. AGITADOR

Como se ha especificado anteriormente, las dimensiones del digestor son las siguientes:

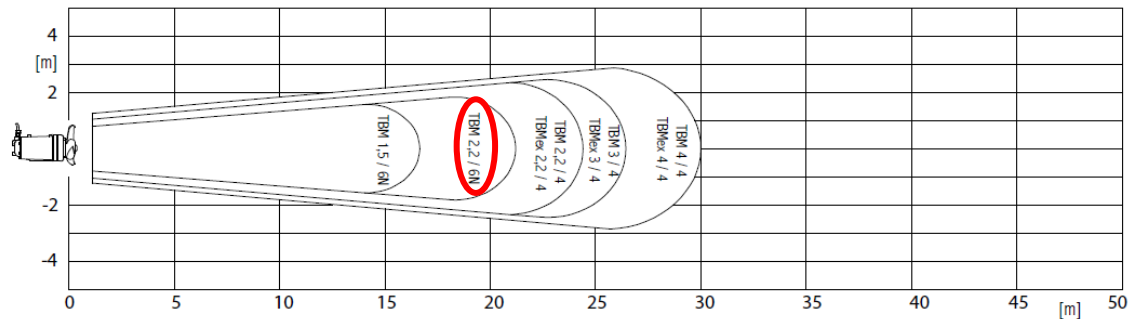
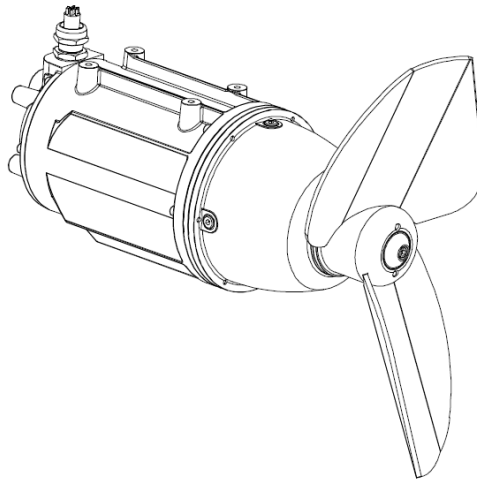


Tabla 90. Características del agitador seleccionado. Fuente: [57]

CARACTERÍSTICAS DEL AGITADOR SELECCIONADO
Motores eléctricos asíncronos trifásicos, rotor de jaula de ardilla.
2 sondas térmicas incorporadas en el devanado del estator.
Grado de protección: "IP 68".
Profundidad máxima de inmersión: 20 m.
Contenido máximo de sólidos en suspensión: 12%.
Rango permitido de pH del líquido: 5 - 12.
Aislamiento clase "F".
Temperatura máxima del líquido bombeado: 40°C
Servicio continuo





Miscelatori sommergibili orizzontali
Submersible horizontal mixers
Mélangeurs immergés horizontaux

SERIE "TBM"
"TBMex"

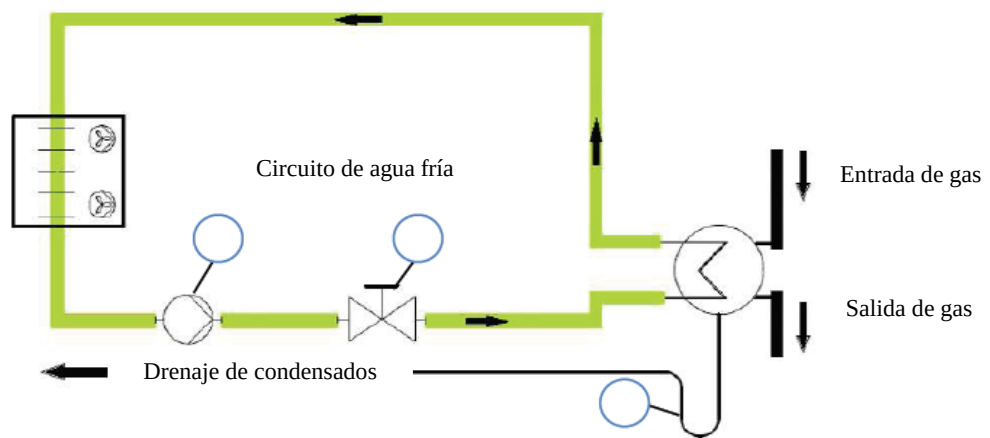
CARATTERISTICHE MOTORI TRIFASE - 50Hz - ALIMENTAZIONE 400 V ±10% 50 Hz - THREE-PHASE- MOTOR FEATURES - VOLTAGE RATING 400 V ±10% CARACTERISTIQUES DES MOTEURS TRIPHASES - 50Hz - ALIMENTATION 400 V ±10%										CARACTERISTIC. MISCELATORE MIXER CHARACTERISTICS CARACTERISTIQU. MELANGEUR				
Standard	Tipo Type	Atex II 2G ExII BT5Gb II 2G ck T5	Potenza Mot. Motor Rating Puissance Mot.	Avvolgimen. Windings Bobinage	Absorbimento Absorption Intensité	Cavo - Cable - Cable			Avviamento		N° pale Blades N. Pales N.	Giri/min RPM T/min	Portata Capacity Debit	Spirita ass.* Axial force* Poussée axi.*
			[kW]	[V]	[A (400V)]	N°cavi N°cables N°cables	N° conduttori cavo N° of wires N° conducteurs câble	[mm²] Cable length [m] Longueur câble	Diretto Direct Direct	Δ-Δ		n	(m³/h)	[N]
TBM 1,5 / 6N			1,5	230-400	4,2	1	9 x 1,5	10	Δ		3	925	643	230
TBM 2,2 / 6N			2,2		5,9				Δ			940	876	313
TBM 2,2 / 4	TBMex 2,2 / 4	2,2	5,3		Δ					2	323	1333	441	
TBM 3 / 4	TBMex 3 / 4	3	6,4		Δ						323	1581	580	
TBM 4 / 4	TBMex 4 / 4	4	400-690	9,1	Δ Δ-Δ						320	2146	853	
TBM 5,5 / 4N	TBMex 5,5 / 4	5,5		12,5	9 x 2,5		Δ Δ-Δ				326	2391	981	
TBM 7,5 / 4N	TBMex 7,5 / 4	7,5		15,8			Δ Δ-Δ				328	3254	1520	
TBM 9 / 4N	TBMex 9 / 4	9		19			Δ Δ-Δ				328	3628	1826	
TBM 11 / 4	TBMex 11 / 4	11		23,5	(7 x 10) + (3 X 1,5)	9 x 4			Δ Δ-Δ		3	351	3977	2158
TBM 15 / 4N	TBMex 15 / 4	15		30					Δ Δ-Δ			351	5335	2697
TBM 18,5 / 4N	TBMex 18,5 / 4	18,5		36					Δ Δ-Δ			354	6884	3826
TBM 22 / 4		22		42					Δ Δ-Δ			275	9165	4775
TBM 25 / 4		25		47					Δ Δ-Δ			275	10138	5369

Tipo Type Type	Paranco con verricello e tubo guida Hoist winch and rail pipe Treuil poulie et tuyau guide		Kit di sollevamento Lifting kit Potence		Fermacavo Cable stop Arrêt de câble
TBM 1,5 - 2,2 / 6N	GVT 80 / 5		KIT PVT 80 KIT PXT 80		FC 16
TBM 2,2 - 3 - 4 / 4					
TBMex 2,2 - 3 - 4 / 4	GVT 100 / 5				FC 20
TBM 5,5 - 7,5 - 9 / 4N					
TBMex 5,5 - 7,5 - 9 / 4			KIT PVT 100 KIT PXT 100		

8. DESHUMIDIFICADOR

Tabla 91. Características del deshumidificador utilizado. Fuente: [66]

CARACTERÍSTICAS DESHUMIDIFICADOR AQUALIMPIA
Caudal de gas: 10 - 6,000 m ³ / h
Contenido de H ₂ S: hasta 20,000 ppm (2.0% en volumen)
Temperatura del gas en la entrada: hasta 105 ° C
Temperatura del gas a la salida: hasta 3-5 ° C
Presión de gas en la entrada: -100 a +500 mbar
Temperatura ambiente: -20 ° C a + 45 ° C



9. BIOFILTRO DE DESULFURACIÓN

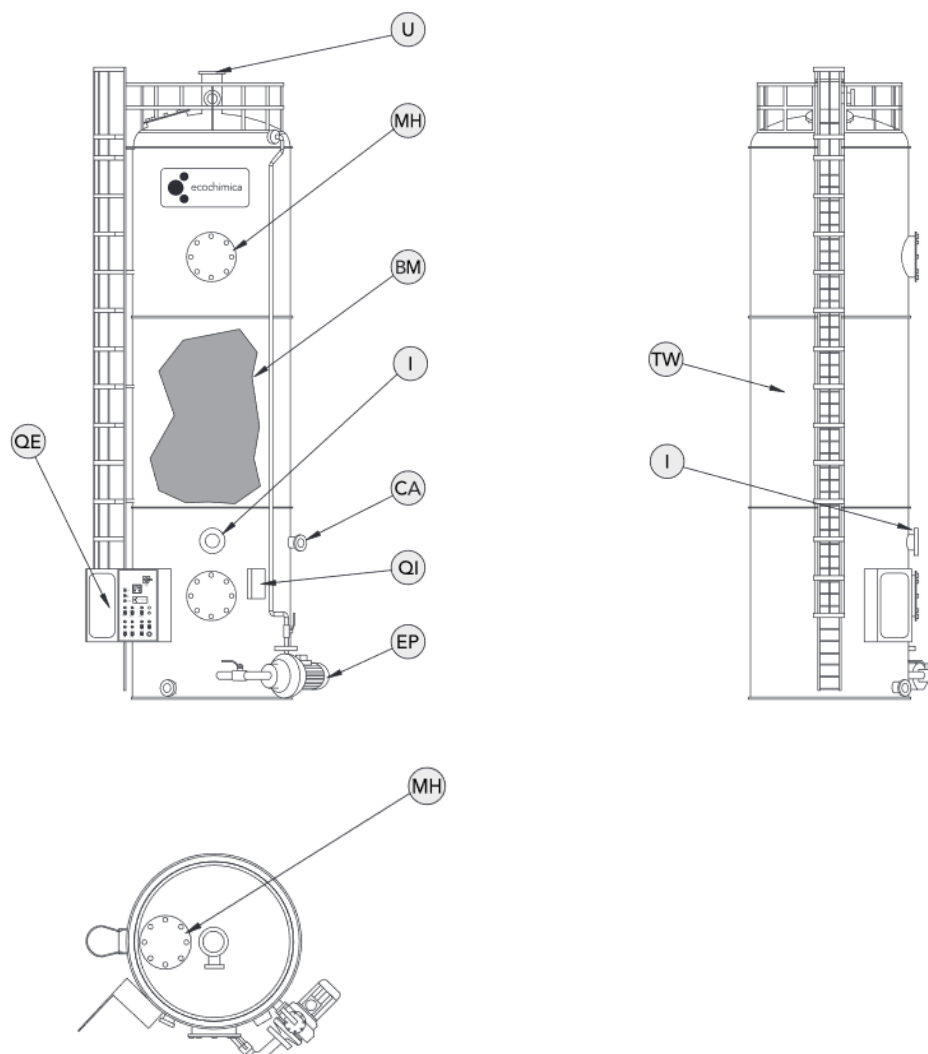


Tabla 92. Características del filtro de desulfuración seleccionado. Fuente: [95]

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
BM	Lecho de biofiltro
CA	Aire comprimido de oxigenación
EP	Bomba eléctrica de recirculación
I	Entrada de aire a tratar
MH	Compuerta de inspección
QE	Cuadro eléctrico
QI	Panel hidráulico
TW	Torre
U	Salida del biogás tratado

“En las plantas de producción de biogás para la fermentación anaerobia, el metano producido también contiene una cantidad significativa de sulfuro de hidrógeno altamente corrosivo para la planta de producción de energía. Nuestros sistemas BIO-DESOLF® permiten reducir el contenido de sulfuro de hidrógeno mediante un tratamiento biológico sin el uso de reactivos químicos. El manejo adecuado de BIO-DESOLF® proporciona el control de los siguientes parámetros operativos: temperatura, pH, cantidad de oxígeno y suministro de nutrientes. La eficiencia de BIO-DESOLF® bajo condiciones óptimas de operación es mayor al 90%. En los sistemas donde se producen variaciones significativas en la tasa de flujo de biogás y la concentración de H_2S , recomendamos instalar un BIO-DESOLF® aguas abajo de un desulfurador químico (DESOLF-VTR®) para garantizar una muy alta eficiencia de eliminación de H_2S incluso con fluctuaciones importantes en la tasa de flujo de biogás o en la concentración de H_2S en el gas a tratar.

Ecochimica srl diseña sistemas de desulfuración para las necesidades únicas de cada cliente.”



10. MICROTURBINA.

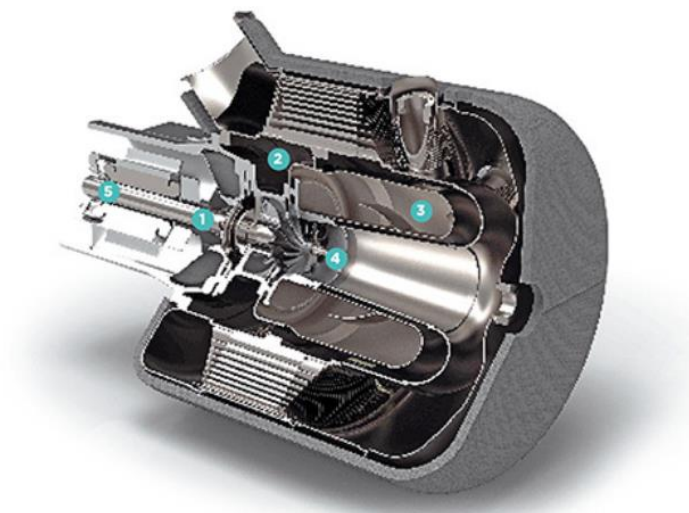
Según los cálculos realizados en el “ANEXO I. CÁLCULO Y DISEÑO DE EQUIPOS” al determinar el número recomendado de microturbinas que trabajen a su máxima potencia en paralelo se considera que **es de 3 microturbinas**.

No obstante, si tras este primer diseño de la planta, se cree conveniente aumentar el número de microturbinas, se debe tener en cuenta que el número máximo de microturbinas (del modelo CAPSTONE C30) posibles a conectar en paralelo es de 10.

Las **principales características de la microturbina CAPSTONE C30** seleccionada son las siguientes:

CAPSTONE C30	
Prestaciones eléctricas ISO	
Potencia neta eléctrica	30 kWe
Rendimiento Eléctrico neto (PCI)	26 %
Consumo de Combustible ISO	
Potencia consumida al 100% de carga	115 kW PCI
Combustibles líquidos admitidos	Diésel, biodiésel, queroseno
Combustibles gaseosos admitidos	Gas natural, GLP, biogás (>35% CH ₄ ; <70.000 ppm H ₂ S)
Presión de entrada combustibles gaseosos	3,5 - 4,8 bar(g)
Prestaciones Térmicas	
Temperatura de gases de escape	275 °C
Caudal de gases de escape	0,31 kg/s
Potencia térmica recuperable	
Agua caliente 40 - 60 °C	72 kWt
Agua caliente 60 - 80 °C	65 kWt
Agua caliente 70 - 90 °C	62 kWt
Dimensiones y Peso	
Ancho x Largo x Alto	762 x 1.524 x 1.956 mm
Peso	
Funcionamiento en paralelo a la red (GC)	405 kg
Funcionamiento dual: paralelo / isla (DM)	578 kg

Tabla 93. Características de la microturbina CAPSTONE C30. Fuente: [16; 62; 84]



“Es una turbina de un solo escalón –el aire sólo se comprime una vez–. Primero, el aire se comprime en el compresor centrífugo (1). Después, ese aire entra en el recuperador (2), donde se calienta usando calor procedente del escape –eso mejora la eficiencia–. Tras el recuperador, el aire entra en la cámara de combustión (3), donde se inyecta el combustible, que se inflama al instante. El flujo de gases calientes pasa por la turbina (4) moviéndola. Al girar, la turbina arrastra al compresor... y acciona también el generador eléctrico (5).”

El motor MicroTurbine es una turbina de combustión que incluye un compresor, cámara de combustión, turbina, generador. Los componentes rotativos están montados en un solo eje soportado por cojinetes de aire patentados y giran hasta 96,000 RPM. El generador de imanes permanentes se enfría por el flujo de aire hacia la MicroTurbina. La salida del generador es voltaje variable, frecuencia variable AC. El generador se utiliza como motor durante los ciclos de arranque y enfriamiento.”

11. SEPARADOR SÓLIDO/LÍQUIDO DEL DIGESTATO



Figura 102. Separador de fases seleccionado. Fuente: [68]

“Sólido - separador de líquidos. Rendimiento de 5 a 20 m³/h.

Posibilidad de 0.25, 0.50 y 0.75 mm. Tungsteno reforzado tornillo de acero inoxidable mejora en mayor resistencia al desgaste y una vida más larga, sin afectar las características del trabajo.

Al presionar puertas con contrapesos, nos permite regular en todo momento el% de materia seca de la fracción sólida (arriba a 25% DM).

El detector de señal de enchufe sólido detiene la bomba y el separador cuando la compactación no es posible.

Consumo 2,45 kW/h (de 0,02 a 0,03 € m³). Una granja con 2000 cerdos de engorde gasta menos de 100 € / año

Equipamiento construido en acero inoxidable.”

Se debe incluir además del separador, la rampa que facilite y mejore el rendimiento del equipo, floculante y disolvente.

Flocculant

A flocculant is a chemical substance commonly organic that agglutinates solids in suspension once its coagulation has been carried out, causing its precipitation. This allows a better separation and higher yield of nutrients in the solid fraction.

Therefore we get a higher% of nitrogen in this fraction.

We can apply it in the liquid fraction once already separated before passing it through a second filter.

Separation equipment to work with flocculant

The separation equipment consists of a ramp with a Johnson mesh screen and special float antirotation brushes.



Thinner

Product for the elimination of sediments in the pits facilitating the homogenization of the slurry.

Improves sanitary conditions, reduces bad odors and harmful gases.

Chemical product for the homogenization of slurry

Improves sanitary conditions, reduces bad odors and harmful gases.

It stops and prevents the bacterial fermentation of the slurry, which translates into the following benefits:

- A fluid, homogeneous and without sediment slurry.
- A slurry easier to handle and remove from the pit.
- A saving of time and work.
- Less gas and bad odors, which allows to improve the environmental conditions of the facilities.
- DESFÉS is a biodegradable product.



HOW TO USE:

1. Mix DESFÉS with water according to the dosage indicated on the package.
2. Before emptying (3-4 days) distribute the product once mixed between the grids.
3. Emptying the pits.

12. ÓSMOSIS INVERSA

Las principales características del equipo de ósmosis inversa seleccionado (IMAECO 1 m³/h) son:

“SISTEMA DE MEMBRANAS IMAECO-RO 1 m³/h

- *Producción: 1000 l/h*
- *Rechazo: 1/3 del caudal*
- *Potencia: 4 kW*
- *N.º membranas: 3/80x40*
- *Especificaciones comunes a todos los modelos:*
- *Expulsión de sal mínima: 99 %.*
- *Presión del agua de alimentación: mínimo 1 kg/cm.*
- *Presión máxima de operación: 18 kg/cm².*
- *Presión de agua de entrada máxima: 6 kg/cm².*
- *Temperatura del agua alimentación: mínimo 10°C máximo 30°C.*
- *Máxima salinidad del agua: 2000 mg/l.*
- *Prefiltración: partículas de hasta 5 micras.*

MICROFILTRACIÓN:

- *Estará compuesta por un filtro de cartucho de ancho estándar, cuya misión es la filtración de las partículas presentes en el agua.*
- *Filtración: 5 micras.*
- *Remueve partículas de menor tamaño que pueden dañar las membranas*
- *Carcasa de fácil manejo para sustitución de los cartuchos cuando sea necesario*

BOMBA DE ALTA PRESIÓN:

- *Bomba centrífuga que asegura mantener la presión adecuada de forma automática para que el proceso osmótico se lleve a cabo de forma eficiente.*

MEMBRANA DE ÓSMOSIS INVERSA:

- *Membranas de poliamida, con giro en espiral de alto rechazo de sales y compuesto nocivo. Nuestros modelos de membranas utilizan las últimas tecnologías del mercado para garantizar durabilidad y eficiencia.*
- *Alto rechazo de sales de distintas características*
Membrana diseñada para una larga vida y fácil limpieza (más de 3 años de duración, si se siguen los requerimientos de limpieza) [15].”



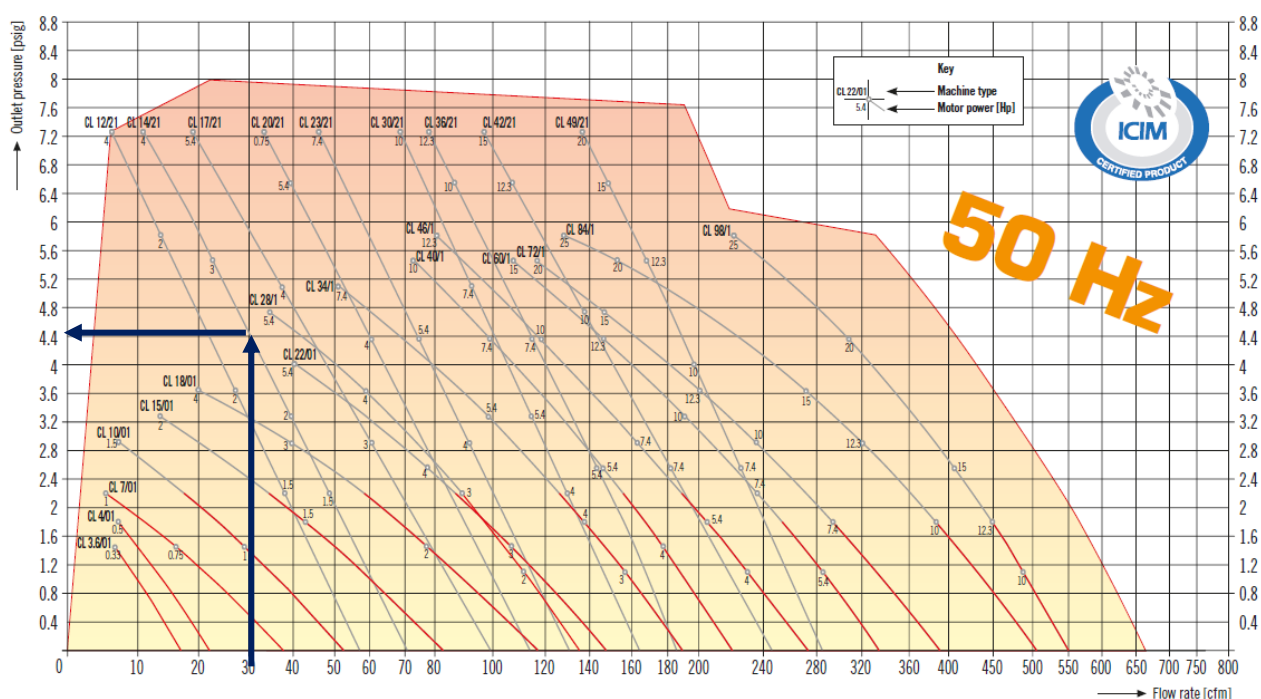
*Figura 103. Sistema de ósmosis inverso IMAECO-RO 1 m³/h.
Fuente: [86]*

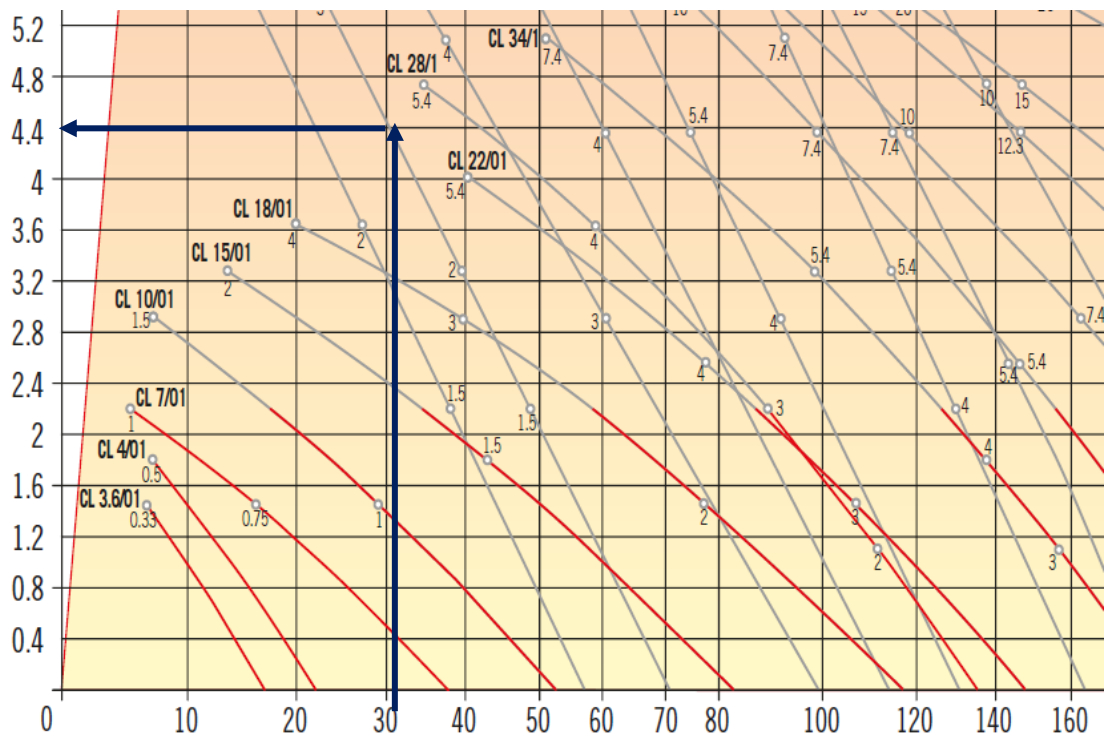
13. COMPRESOR

DATOS A TENER EN CUENTA EN LA SELECCIÓN DEL COMPRESOR	
Presión de salida del biofiltro	1 bar
Presión de entrada (al compresor) combustibles gaseosos	3,5 - 4,8 bar(g)
Caudal producido de biogás	1.245,62 m ³ biogás/día = 51,90 m ³ /h = 865,014 l/min = 30,55 CFM*

“SOPLANTES Y COMPRESORES REGENERATIVOS PARA BIOGÁS Y GAS NATURAL:

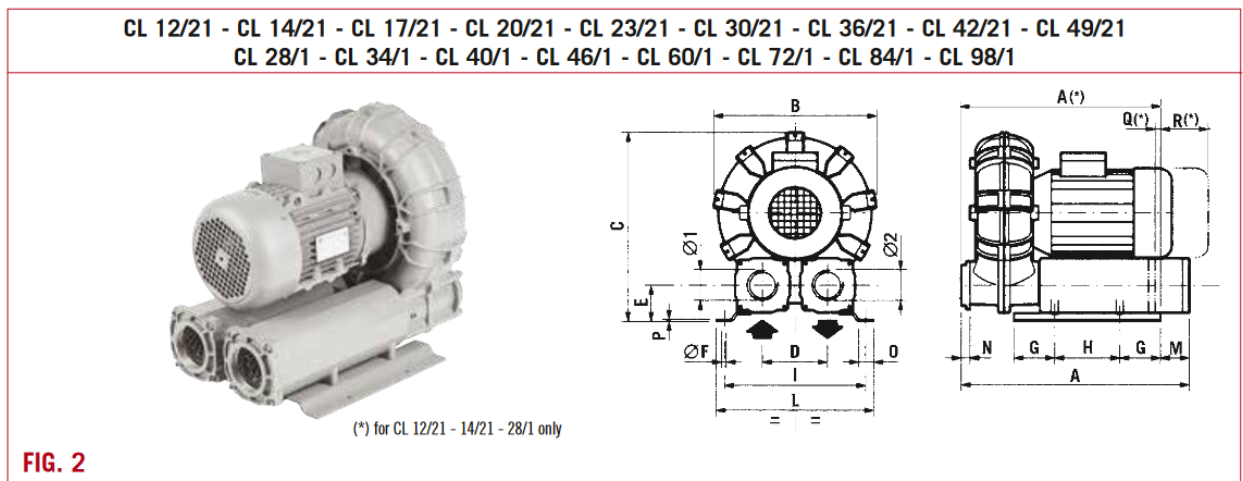
El soplador regenerativo aumenta la presión del gas aspirado mediante la creación, en el canal toroidal periférico, de una serie de vórtices provocados por el empuje centrífugo del impulsor. Mientras el impulsor está girando, las paletas empujan el gas hacia adelante y, debido al empuje centrífugo, hacia afuera, produciendo un movimiento helicoidal. Durante este movimiento, el gas se recomprime repetidamente con el consiguiente aumento de presión lineal a lo largo del canal” [96].





*CFM: Se supone que se está convirtiendo entre ft³/min y m³/h, por lo que 1 m³/h es igual a 0,58857777 CFM

DATOS TÉCNICOS DEL COMPRESOR MAPRO CL 14/21 SELECCIONADO:



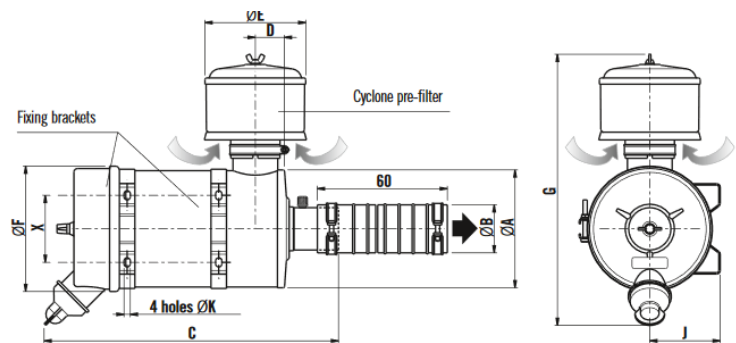
Machine Type	Reference figure	A	B	C	D	E	ØF	G	H	I	L	M	N	O	P	Q	R	NPT female thread ports		Weight [lb]
																		inlet Ø1	outlet Ø2	

CL 2R22	Fig. 3	18.46	12.32	12.83	10.71	5.04	0.55	6.1	4.13	10.24	11.73	16.77	9.49	4.13	0.16	1.69	5.31	1" 1/4	1" 1/4	53
CL 2R32	Fig. 3	19.49	13.03	13.58	11.46	5.12	0.55	6.1	4.13	11.42	12.8	16.97	9.57	4.49	0.16	1.85	5.31	1" 1/4	1" 1/4	64
CL 2R42	Fig. 3	20.83	14.29	14.84	12.56	5.63	0.55	6.69	5.12	12.40	13.62	17.17	9.57	4.92	0.16	2.05	5.31	1" 1/4	1" 1/4	86
CL 12/21	Fig. 2	17.32	13.78	16.54	5.12	3.11	0.35	3.94	6.3	11.34	12.91	-	0.75	1.38	0.2	0.24	1.57	1" 1/2	1" 1/2	93
CL 14/21	Fig. 2	17.52	14.57	17.32	5.12	3.11	0.35	3.94	6.3	11.34	12.91	-	0.75	1.38	0.2	0.24	1.57	2"	2"	93
CL 17/21	Fig. 2	22.05	15.75	18.5	6.3	3.54	0.35	3.94	6.3	13.66	15.24	2.76	0.87	1.38	0.2			2" 1/2	2" 1/2	119
CL 20/21	Fig. 2	21.65	16.38	19.29	6.3	3.54	0.35	3.94	6.3	13.66	15.24	2.76	0.87	1.38	0.2			2" 1/2	2" 1/2	146
CL 23/21	Fig. 2	23.23	17.32	20.28	6.3	3.54	0.35	3.94	6.3	13.66	15.24	2.76	0.87	1.38	0.2			2" 1/2	2" 1/2	181
CL 30/21	Fig. 2	27.56	17.32	20.47	7.09	3.82	0.43	2.36	12.99	15.75	17.72	4.72	0.87	1.77	0.2			3"	3"	194
CL 36/21	Fig. 2	26.57	18.35	21.65	7.09	3.82	0.43	2.36	12.99	15.75	17.72	4.72	0.87	1.77	0.2			3"	3"	198
CL 42/21	Fig. 2	30.12	19.88	24.21	7.09	4.21	0.43	2.36	12.99	16.54	18.5	7.28	0.67	1.77	0.2			3"	3"	234
CL 49/21	Fig. 2	29.53	20.94	25.2	7.09	4.21	0.43	2.36	12.99	16.54	18.5	7.28	0.67	1.77	0.2			4"	4"	247
TBT/M	Fig. 4	28.54	21.89	44.09	8.66	32.87	0.63	0.98	15.43	11.81	15.75	2.56	5.51	1.97	0.31	3.94	52.17	4"	4"	485

Dimensions [in]
Weights shown are for the machines fitted with the largest motor power

Filters for blowers								
Filter type	Machine type	Ø A	Ø B	C	D	E	Weight	Cartridge type
		"gas	[in]				[lb]	
F5G	CL 2R22	1" 1/4	5.91	6.02	5.31	3.43	0.5	C6...(•)
	CL 2R32							
	CL 2R42							
F8/1G	CL 12/21	—	7.48	9.49	10.28	5.71	0.91	C8...(•)
	CL 14/21							
	CL 17/21			9.61	10.63		1	
	CL 20/21							
	CL 23/21							
	CL 28/1			9.49	10.67		0.91	
F10/1G	CL 34/1			9.61	10.63		1	
	CL 30/21	—	9.84	11.97	12.83	7.48	1.09	C10...(•)
	CL 36/21							
	CL 40/1			12.09	11.81			
	CL 46/1							
	CL 60/1			11.97	12.83			
F14G	CL 42/21	—	14.88	16.18	12.99	11.73	3.4	C14...(•)
	CL 49/21							
	CL 72/1							
	CL 84/1							
	CL 98/1							
F14	TBT/M	7.64	14.88	1.06	—	10.67	2.45	C14...(•)

Two-stage filters for blowers													
Filter type	Machine type	Ø A	Ø B	C	D	Ø E	Ø F	G	X	Ø K	J	Weight	Cartridge type
		[in]										[lb]	
FDS 7/6	CL 12/21 - 14/21	6.5	2.36	16.46	1.65	5.63	7.01	14.57	3.74	0.35	3.94	1.81	CH6
FDS 8	CL 17/21 - 20/21 - 23/21 - 28/1 - 34/1	7.99	2.76	20.39	2.44	10.63	8.46	19.69	4.25	0.35	4.72	2.72	CH8
FDS 10	CL 30/21 - 36/21 - 40/1	10.24	3.5	24.57	2.87	10.63	10.83	20.47	5	0.45	5.75	4.99	CH10
FDS 14/10	CL 42/21 - 46/1 - 60/1	11.81	4.49	20.47	2.87	10.63	12.6	21.46	5.98	0.51	6.89	5.44	CH12
FDS 15/14	CL 49/21 - 72/1 - 84/1	11.81	5	24.41	3.82	12.09	12.44	22.44	5.98	0.51	6.89	6.35	CH15
FDS 17/14	CL 98/1	13.98	5.98	27.44	4.25	12.09	14.69	25.39	7.99	0.51	8.11	9.07	CH17



2.5.ANEXO V: NORMATIVA ACTUAL

El presente TFG está diseñado para generar energía eléctrica y térmica a partir del propio biogás que se genera mediante la digestión anaerobia de purines de vaca, es decir:

- Se evita el uso de combustibles fósiles (petróleo, gas natural o carbón) para la generación total o parcial de energía, quedando esta exclusivamente generada por un combustible renovable (biogás).
- El biogás utilizado en la planta es de propia generación en el digestor anaerobio (autoconsumo).
- El uso de diésel en las microturbinas es de uso temporal (por ejemplo: avería en el digestor) evitando su uso siempre que sea posible.
- La planta de biogás genera energía (eléctrica y térmica) de autoconsumo con excedentes (es decir, la energía restante es vertida a red como se resumen en el punto 2.4.1.1.INSTALACIÓN CON EXCEDENTES).
- La normativa vigente en la actualidad (Mayo de 2020) y a tener en cuenta para instalaciones de autoconsumo con excedentes de energía es:
 - **RD 244/2019. ANEXO II**
 - **Manual para la tramitación administrativa de las instalaciones de generación de energía eléctrica en régimen de autoconsumo en la Comunidad Autónoma de Andalucía, actualizado a 18/11/2019.**
 - **Guía profesional de tramitación del autoconsumo. IDAE.**

“Durante la tramitación administrativa de las instalaciones en autoconsumo, existen trámites que deben realizarse a través de la comunidad autónoma en la que se ubique la instalación.

A continuación se describen los detalles específicos para las comunidades autónomas que disponen ya de un procedimiento administrativo específico para autoconsumo, trámites que en la actualidad se están adaptando a lo establecido en el RD 244/2019, por lo que a medida que estos se modifiquen se reflejarán en próximas versiones de la presente Guía.

En Andalucía no existe un procedimiento específico para la tramitación de las instalaciones en autoconsumo sino que se incluyen como instalaciones eléctricas de generación.

Las instalaciones con hasta 100 kW de potencia instalada conectadas a red, se tramitarán a través de la herramienta telemática PUES.

La normativa que regula este procedimiento telemático es el Decreto 59/2005 de 1 de marzo, por el que se regula el procedimiento para la instalación, ampliación, traslado y puesta en funcionamiento de los establecimientos industriales, así como el control, responsabilidad y régimen sancionador de los mismos (BOJA nº 118 de 20/06/2005) y sus órdenes de desarrollo (incluidas las instalaciones energéticas de potencia no superior a 100 kW).

- **TECI** (Tramitador Electrónico de Certificados de Instalación)

Las instalaciones de baja tensión que no requieran proyecto ni certificado de dirección técnica se tramitarán a través del Sistema TECI que permite la presentación telemática de los certificados de instalación (CI), la documentación técnica correspondiente (MTD) y la puesta en servicio de estas instalaciones.

El sistema TECI se regula por la Orden de 24 de octubre de 2005 (BOJA nº217 de 7 de noviembre de 2005).

- **PUES** (Puesta En Servicio)

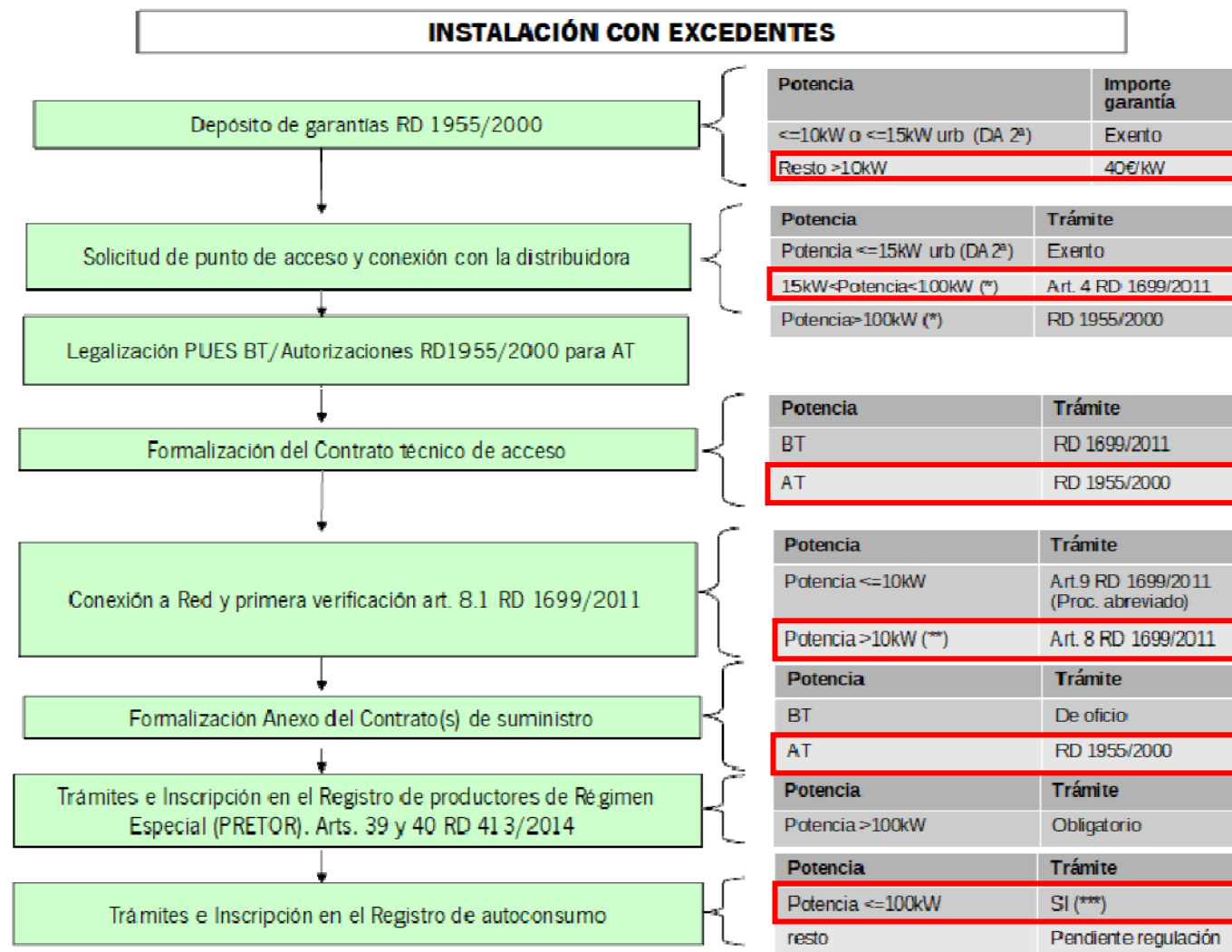
En lo relativo a las instalaciones en autoconsumo, permite la tramitación telemática de la puesta en servicio de las instalaciones no sometidas a autorización administrativa que no se encuentren en el ámbito del sistema TECI.

El sistema PUES se regula por Orden de 5 de marzo de 2013, por la que se dictan normas de desarrollo del Decreto 59/2005 (BOJA nº 48 de 11 de marzo de 2013).”[97]

2.3.1. JUNTA DE ANDALUCÍA: INSTALACIÓN CON EXCEDENTES (Manual de autoconsumo de la comunidad de Andalucía tras el RD 244/2019). En el presente caso es para una potencia eléctrica de 90 kWe.

	SIN EXCEDENTES						CON EXCEDENTES					
Potencia	<=100kW				>100kW		<=100kW				>100kW	
	Aplica	Observaciones		Aplica		Observaciones	Aplica	Observaciones		Aplica	Observaciones	
Punto de acceso y conexión	NO						SI	Excepto <=15kW en suelo urbanizado (Disp. Ad. 2ª)		SI		
Legalización en industria	SI	suministro en BT	PUES*	SI	suministro en BT	autorizaciones no incluidas en RD 1955/2000	SI	suministro en BT	PUES	SI	suministro en BT	no permitidas ITC-BT-40
		suministro en AT	PUES		suministro en AT	autorizaciones RD 1955/2000		suministro en AT	autorizaciones RD 1955/2000 **		suministro en AT	autorizaciones RD 1955/2000
CTA	NO						SI	Excepto <=15kW en suelo urbanizado		SI		
Modificación Contrato de Acceso	SI	De oficio a la distribuidora					SI	Los comunicados en PUES, de oficio a la distribuidora		SI		
Contador de Generación	NO			NO			NO	SI en caso art.10.3 RD244/2019		NO	SI en caso art.10.3 RD244/2019	

Resumen tramitación en Industria			
		<=100kW	>100kW
Suministro del consumidor en BT	Sin excedentes	PUES*	Autorización, pero no en el ámbito del RD 1955/2000
	Con excedentes	PUES	no permitidas en la ITC-BT-40
Suministro del consumidor en AT	Sin excedentes	PUES	RD1955/2000
	Con excedentes	RD1955/2000**	RD1955/2000



- Además de la normativa mostrada anteriormente se debe tener en cuenta también (para un futuro próximo) la correspondiente al nuevo marco político (2021 – 2030):
 - **1. PNACC 2021 – 2030 (Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático).** Indicador 22. Energía primaria consumida de origen renovable y autóctono.
 - **2. Proyecto de ley de cambio climático y transición energética.** Artículo 10. Fomento y objetivos de los gases renovables.1.El Gobierno fomentará, mediante la aprobación de planes específicos, la penetración de los gases renovables, incluyendo el biogás, el biometano, el hidrógeno y otros combustibles en cuya fabricación se hayan usado exclusivamente materias primas y energía de origen renovable o permitan la reutilización de residuos orgánicos o subproductos de origen animal o vegetal.
 - **3. RD 23/2020.**

1. PNACC 2021 – 2030

“La introducción de energías renovables en la industria contribuye a avanzar hacia la descarbonización de la economía y al aprovechamiento de alternativas energéticas competitivas. Según “La Energía en España 2016” la demanda de energía final en el sector industrial supuso alrededor del 24% en el año 2015. Esta demanda se cubrió con un 7% de fuentes de energía renovable (principalmente biomasa). Existe, por tanto, un potencial para que tanto la biomasa, como otras fuentes de energías renovables térmicas (en especial el biogás y la solar térmica), contribuyan de forma más significativa a la descarbonización del sector industrial. En cuanto a las posibilidades del autoconsumo eléctrico en el sector industrial, aunque no ha sido apenas desarrollado hasta la fecha, también existe un potencial a aprovechar.

Hasta la fecha la promoción de gases renovables se ha limitado principalmente al biogás. El biogás, en términos de reducción de emisiones de GEI consigue, no solo la derivada del uso de un combustible 100% renovable, sino también una reducción adicional de emisiones no energéticas (principalmente CH₄), asociadas a una mejor gestión de los residuos municipales, los lodos de depuradora y los residuos tanto agrícolas y ganaderos como de la industria agroalimentaria.

Las medidas aplicadas para la retribución a la generación eléctrica de las plantas de biogás no han tenido los resultados esperados, estando el aprovechamiento en España muy por debajo del potencial existente y muy alejado del obtenido en otros países de la Unión Europea. En los últimos años, ha adquirido relevancia la depuración de biogás hasta biometano para, una vez cumplidos determinados requisitos de calidad, poder ser inyectado en las redes de gas natural. Esto supone una mejora en las posibilidades de aprovechamiento energético del biogás. El biogás es el gas renovable que tiene la primacía en el corto y medio plazo, por aspectos de desarrollo tecnológico, potencial disponible y costes de producción. Tras su enriquecimiento hasta biometano, puede tener los mismos usos y usuarios y utilizar la misma infraestructura que el gas natural. Es especialmente interesante para descarbonizar aquella demanda, habitualmente ligada a usos térmicos en la industria, que es difícil de descarbonizar con otras renovables. Adicionalmente, su producción y uso está ligado a la gestión de residuos y a la economía circular

Por otro lado, el PNIEC contempla también medidas específicas para fomentar la innovación y la competitividad. Una de ellas es reforzar la colaboración público-privada en el marco de la Alianza por la Investigación y la Innovación Energéticas (ALINNE), que tiene entre sus objetivos maximizar el impacto en la competitividad de las actividades de investigación. También se incide en la necesidad de trabajar en el marco de la estrategia europea, el SET PLAN (European Strategic Energy Technology Plan), que busca acelerar el desarrollo y despliegue de tecnologías bajas en carbono. En concreto, se está trabajando ya en grupos en necesidades de investigación, innovación y competitividad (I+I+C) en energía solar fotovoltaica, solar de concentración, eólica, geotérmica, tecnologías oceánicas, captura, almacenamiento y uso de carbono, bioenergía y biocombustibles, baterías, nuevos materiales y tecnologías para la eficiencia energética en edificios, eficiencia energética en la industria, sistemas de energía inteligente y ciudades inteligentes y sostenibles, entre otros.”

Las principales líneas de actuación en las que se puede clasificar el presente TFG en el PNACC son:

“4. Impactos sobre el agua y los sistemas hídricos continentales:

- 4.1.a Reducción de alteraciones del régimen hidrológico y del transporte de sedimentos, con la mejora calidad de los sistemas fluviales.*
- 4.1.b Alteraciones del régimen hidrológico y del transporte de sedimentos, con un empeoramiento de la calidad de los sistemas fluviales.*
- 4.2. Reducción de la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales por actividades agrarias e industrias asociadas.***
- 4.3.a Eliminación de cambios de temperatura de las aguas superficiales por sistemas de refrigeración.*
- 4.3.b Cambios de temperatura de las aguas superficiales por sistemas de refrigeración.*
- 4.4. Riesgo de contaminación de aguas subterráneas y superficiales por el contenido mineral de los flujos geotérmicos.*
- 4.5. Riesgo de contaminación de aguas subterráneas y superficiales por metales pesados y nitratos.*
- 4.6.a Reducción del consumo de recursos hídricos.*
- 4.6.b Aumento del consumo de recursos hídricos.*
- 4.7. Riesgo de contaminación de las aguas en operaciones de construcción y demolición.*

11. Impactos sobre los residuos:

- 11.1. Generación de residuos de la construcción o demolición de obras.*
- 11.2. Generación de residuos industriales y de minería.*
- 11.3.a Reducción de la generación de residuos peligrosos.*
- 11.3.b Generación de residuos peligrosos.*
- 11.4. Generación de residuos de equipos obsoletos, aparatos electrónicos y vehículos.*
- 11.5.a Reducción de la generación de residuos radioactivos.*
- 11.5.b Generación de residuos radioactivos.*
- 11.6. Mejora en la gestión y reducción de residuos por el aprovechamiento de subproductos agrarios.*
- 11.7. Mejora en la gestión y reducción de residuos municipales y urbanos, aprovechamiento de lodos de depuradoras, residuos agropecuarios y otros.***
- 11.8. Reducción de los residuos de competencia municipal e incremento de su reutilización y reciclaje.*
- 11.9. Aprovechamiento de purines para la fertilización agrícola.”*

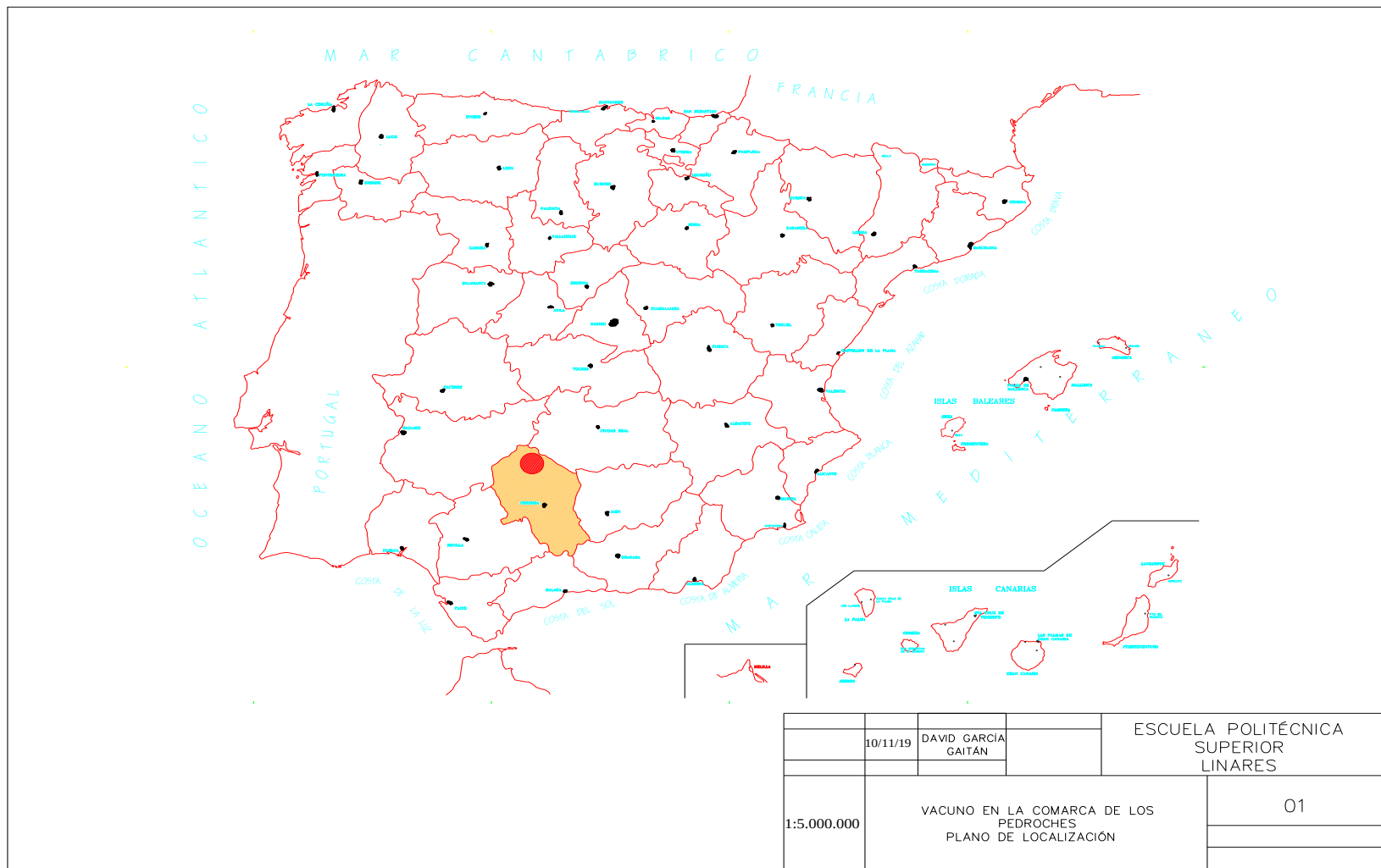
PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA 2021-2030			COMPONENTES PRINCIPALES	Cambio climático	Calidad del aire	Geología y suelos	Agua y sistema acuáticos continentales	Biodiversidad (fauna, flora y hábitats terrestres)	Medio marino	ENP y Red Natura 2000	Paisaje, patrimonio cultural y bienes materiales	Población y salud humana	Usos del suelo, desarrollo social y económico	Generación de residuos	Consumo de recursos
DESCARBONIZACIÓN	ACCIONES Y TRANSFORMACIONES CON EFECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS														
1.5	Incorporación de renovables en el sector industrial	Incremento del autoconsumo eléctrico en el sector industrial	AC SI CI	1.1	2.1a 2.1b	13.1 13.11 13.2b						9.1 9.6	10.2 10.3 10.6 10.7	11.7	12.1a
		Incremento del autoconsumo para usos térmicos (biomasa, biogás) en el sector industrial	AC SI BM GB CI	1.1	2.1a 2.1b							9.1 9.6	10.2 10.3 10.6 10.8	11.7 11.8	12.1a
1.6	Marco para el desarrollo de las energías renovables térmicas	Incremento de demanda de fuentes térmicas renovables en el sector de usos térmicos,	BM RR GR PP	1.1	2.1a 2.1b							9.1 9.4 9.6	10.2 10.3 10.6 10.7 10.8	11.6a 11.7	12.1a
		Integración de energías renovables térmicas en edificación	AC SR	1.1	2.1a 2.1b	13.1						9.1 9.4 9.6	10.2 10.3 10.6 10.7 10.8	11.6a 11.7	12.1a
1.7	Biocombustibles avanzados en el transporte	Incremento en la producción, adecuación y consumo de biocombustibles avanzados para el transporte (especialmente relevante en vehículos pesados y aviación)	GR	1.1	2.1a							9.1	10.1 10.2 10.3	11.6a 11.7	12.1a 12.3
		Desarrollo de nuevas Instalaciones para la producción de biocarburantes avanzados (biometano inyectado en red) y adaptación de las existentes (plantas de biometización)	GR	1.1	2.1a							9.1	10.2	11.6 11.7	12.1a 12.3

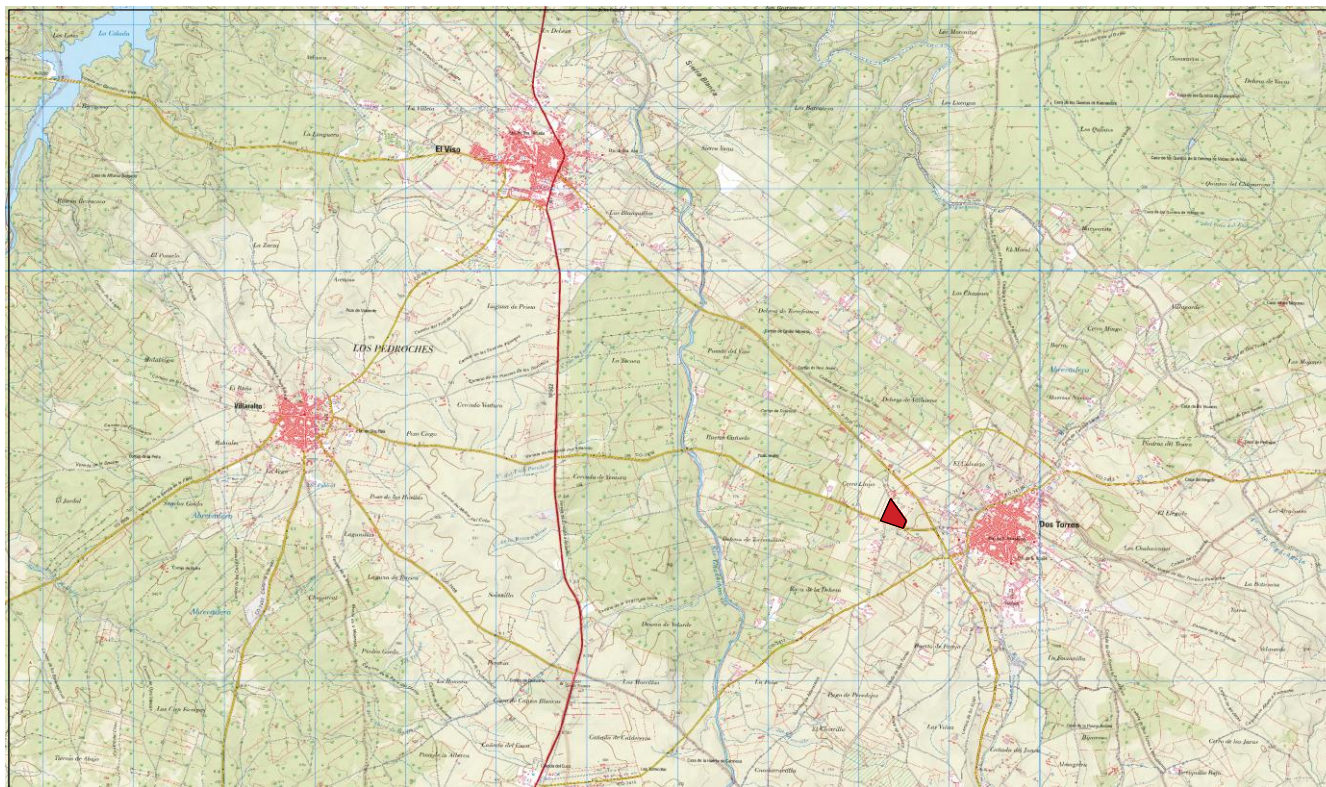
PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA 2021-2030			COMPONENTES PRINCIPALES	Cambio climático	Calidad del aire	Geología y suelos	Agua y sistema acuáticos continentales	Biodiversidad (fauna, flora y hábitats terrestres)	Medio marino	ENP y Red Natura 2000	Paisaje, patrimonio cultural y bienes materiales	Población y salud humana	Usos del suelo, desarrollo social y económico	Generación de residuos	Consumo de recursos
DESCARBONIZACIÓN		ACCIONES Y TRANSFORMACIONES CON EFECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS													
1.8	Promoción de gases renovables	Producción y aprovechamiento de biogás (usos eléctricos y térmicos). Aprovechamiento de los residuos municipales, lodos de depuradora y residuos ganaderos.		GR	1.1	2.1a 2.3		13.4				9.1	10.2 10.3 10.9	11.7	12.1a 12.3
		Instalaciones de producción de biocarburantes avanzados (biometano inyectado en red) y adaptación de las existentes (plantas de biometización)		GR	1.1	2.1a 2.3		13.4				9.1	10.2 10.3	11.7	12.1a 12.3
		Incorporación del hidrógeno y del metano como vectores energéticos a medio y largo plazo, mediante el desarrollo de instrumentos técnicos y administrativos específicos		GR	1.1	2.1a						9.1	10.2 10.3 10.5 10.6 10.9		12.1a 12.3
1.9	Plan de renovación tecnológica en proyectos ya existentes de generación eléctrica con energías renovables	Renovación tecnológica de centrales minihidráulicas		RR CI	1.1	2.1a		4.1b 13.3				9.1		11.1 11.2	12.1a 12.2
		Renovación tecnológica de parques eólicos		RR CI	1.1	2.1a	13.3	13.3		13.3	13.3	9.1	13.3	11.1 11.2	12.1a 12.2
		Renovación tecnológica de parques fotovoltaicos		RR CI	1.1	2.1a	13.3	13.3		13.3	13.3	9.1	13.3	11.1 11.2	12.1a 12.2
		Renovación tecnológica de instalaciones de biomasa		RR CI	1.1	2.1a						9.1	13.3	11.6	12.1a
		Renovación tecnológica de instalaciones de biogás		RR CI	1.1	2.1a						9.1	13.3	11.6 11.7	12.1a

DIMENSION 1: DESCARBONIZACIÓN		DESPLIEGUE E INTEGRACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES												TRANSFORMACIONES SECTORIALES						ACCIONES TRANSVERSALES						
Componentes principales Medidas		EO	FV	ST	HD	GT	EM	BM	GB	RR	RN	RT	AG	AC	ST	SI	SR	GR	SA	SF	GF	PP	IE	TJ	CI	IT
		Eólica terrestre	Solar fotovoltaica	Solar termoelectrica	Hidráulica	Geotérmica	Energías del mar y eólica marina	Biomasa	Gases renovables y biocombustibles	Renovación tecnológica renovables	Reducción energías no renovables	Redes de transporte y distribución	Almacenamiento y gestión suministro	Autoconsumo energético	Transporte	Sector industrial	Sector residencial y servicios	Gestión de residuos	Sector agrario y ganadero	Sector forestal	Gases fluorados	Participación	Instrumentos económicos g	Dimensión social: Transición Justa.	Conocimiento e información	Integración ambiental y territorial
1.1	Desarrollo de nuevas instalaciones de generación eléctrica con renovables	*									*											*			*	*
1.2	Gestión de la demanda, almacenamiento y flexibilidad												*									*			*	
1.3	Adaptación de redes eléctricas para la integración de renovables											*														
1.4	Desarrollo del autoconsumo con renovables y la generación distribuida													*			*		*	*		*		*		
1.5	Incorporación de renovables en el sector industrial							*	*					*		*									*	
1.6	Marco para el desarrollo de las energías renovables térmicas							*	*	*				*			*									
1.7	Biocombustibles avanzados en el transporte								*						*										*	
1.8	Promoción de gases renovables								*				*			*		*	*						*	
1.9	Plan de renovación tecnológica en proyectos ya existentes de g.e. con energías renovables									*															*	
1.10	Promoción de la contratación bilateral de energía eléctrica renovable																						*			

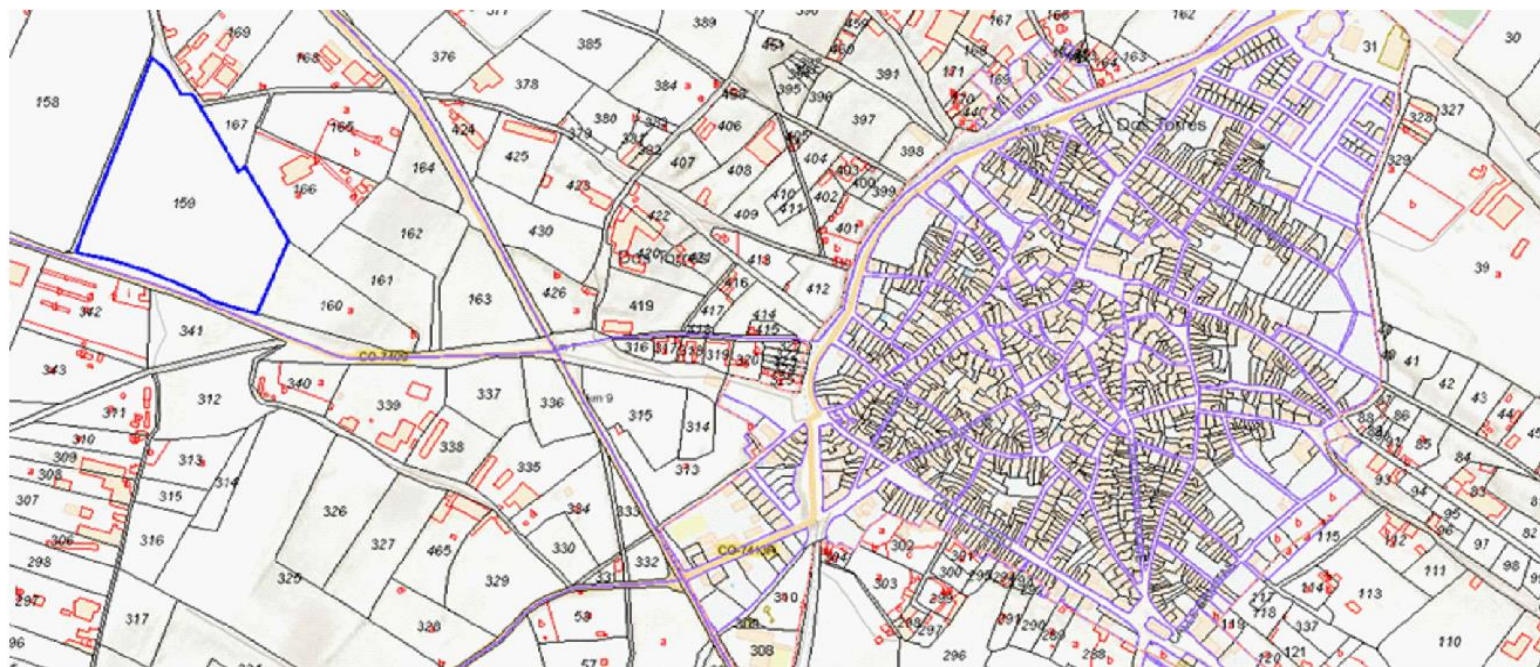
3. PLANOS

- 3.1.PLANO DE LOCALIZACIÓN. ESCALA (1:5.000.000)
- 3.2.PLANO DE LOCALIZACIÓN. ESCALA (1:50.000)
- 3.3.PLANO DE LOCALIZACIÓN. ESCALA (1:8.000)
- 3.4.PLANO DE EMPLAZAMIENTO. ESCALA (1:8.000)
- 3.5.PLANO DE EMPLAZAMIENTO. ESCALA (1:4.000)
- 3.6.DISTRIBUCIÓN EN PLANTA. ESCALA (1:1.000)
- 3.7.DISTRIBUCIÓN EN PLANTA. CONEXIÓN DE EQUIPOS (CIRCUITOS). ESCALA (1:1.000)
- 3.8.DISTRIBUCIÓN EN PLANTA. CONEXIÓN DE EQUIPOS (CIRCUITOS) Y VOLÚMENES. ESCALA (1:1.000)
- 3.9.PLANO Y ALZADO DEL DIGESTOR. ESCALA (1:200)
- 3.10. DETALLE DEL DIGESTOR. ESCALA (1:100)
- 3.11. DETALLE DEL DIGESTOR 3D. ESCALA (1:100)
- 3.12. DETALLE DEL DIGESTOR 3D. ESCALA (1:100)
- 3.13. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA. ESCALA (S/E)
- 3.14. DETALLE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA. ESCALA (S/E)





	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	10/01/20	DAVID GARCÍA GAITÁN			
ESCALA:	GESTIÓN DE LOS PURINES GENERADOS POR VACUNO EN LA COMARCA DE LOS PEDROCHES PLANO DE LOCALIZACIÓN			Nº PLANO	02
1:50.000				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



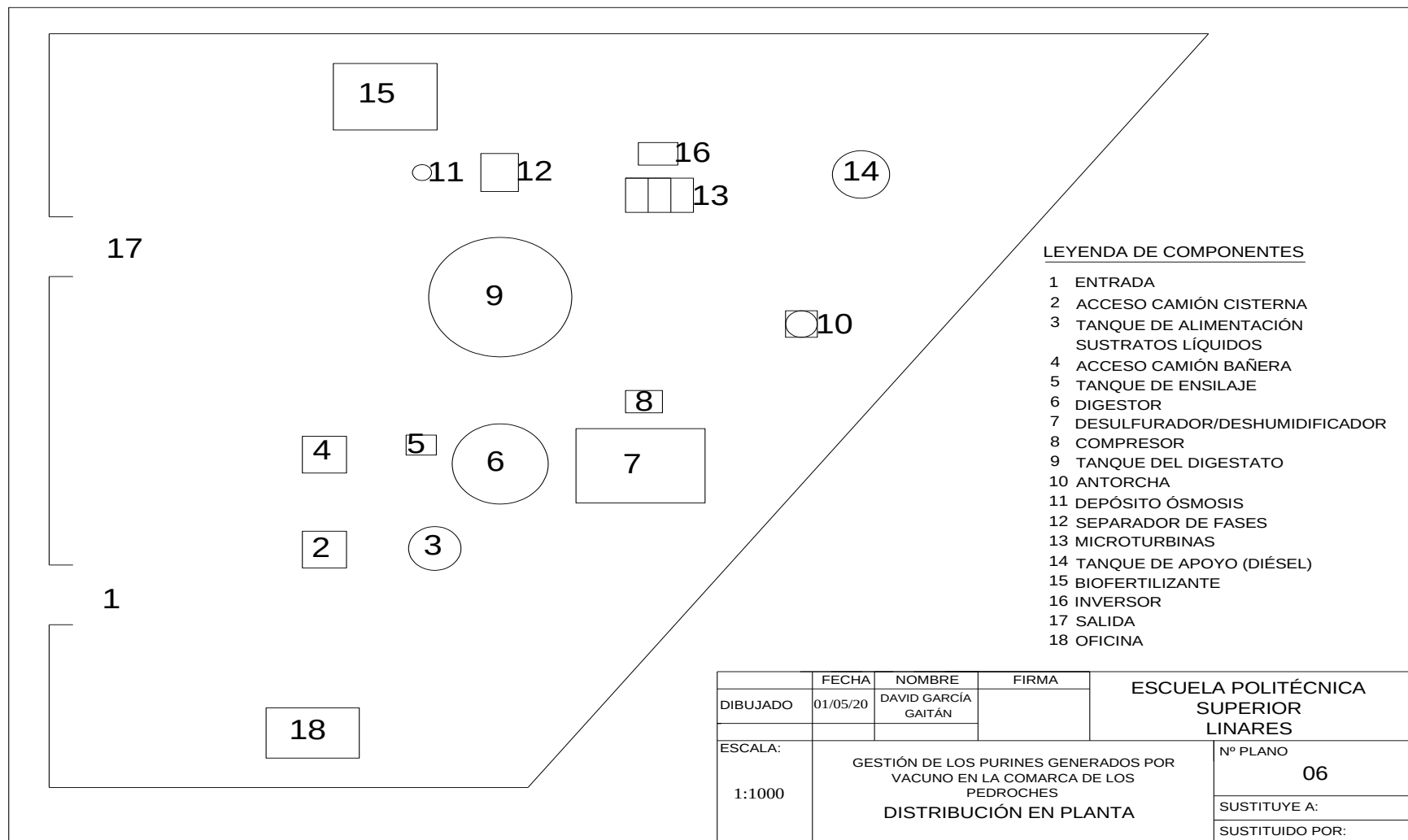
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/01/20	DAVID GARCÍA GAITÁN		
ESCALA:	GESTIÓN DE LOS PURINES GENERADOS POR VACUNO EN LA COMARCA DE LOS PEDROCHES PLANO DE LOCALIZACIÓN			Nº PLANO
1:8000				03
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

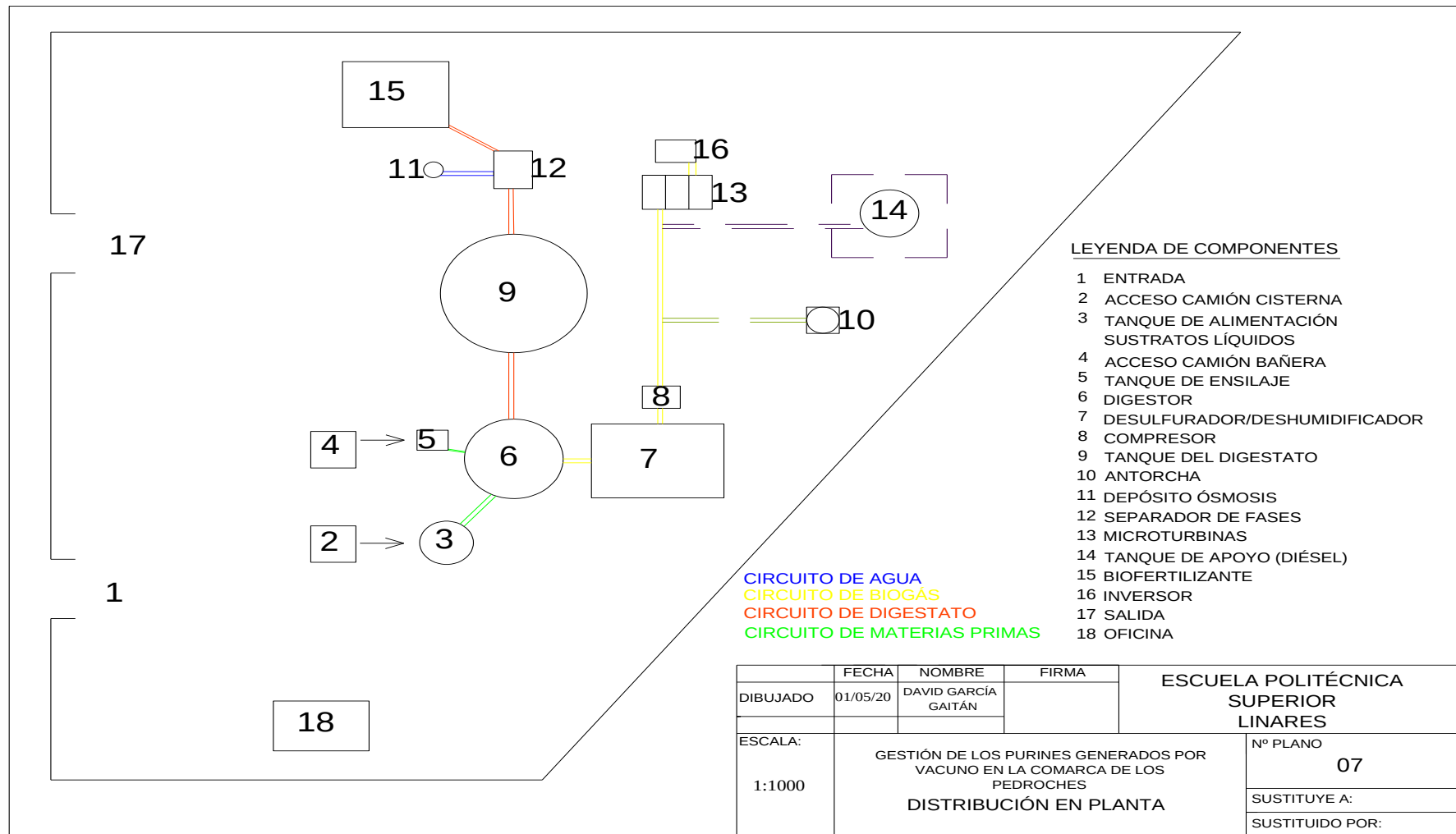


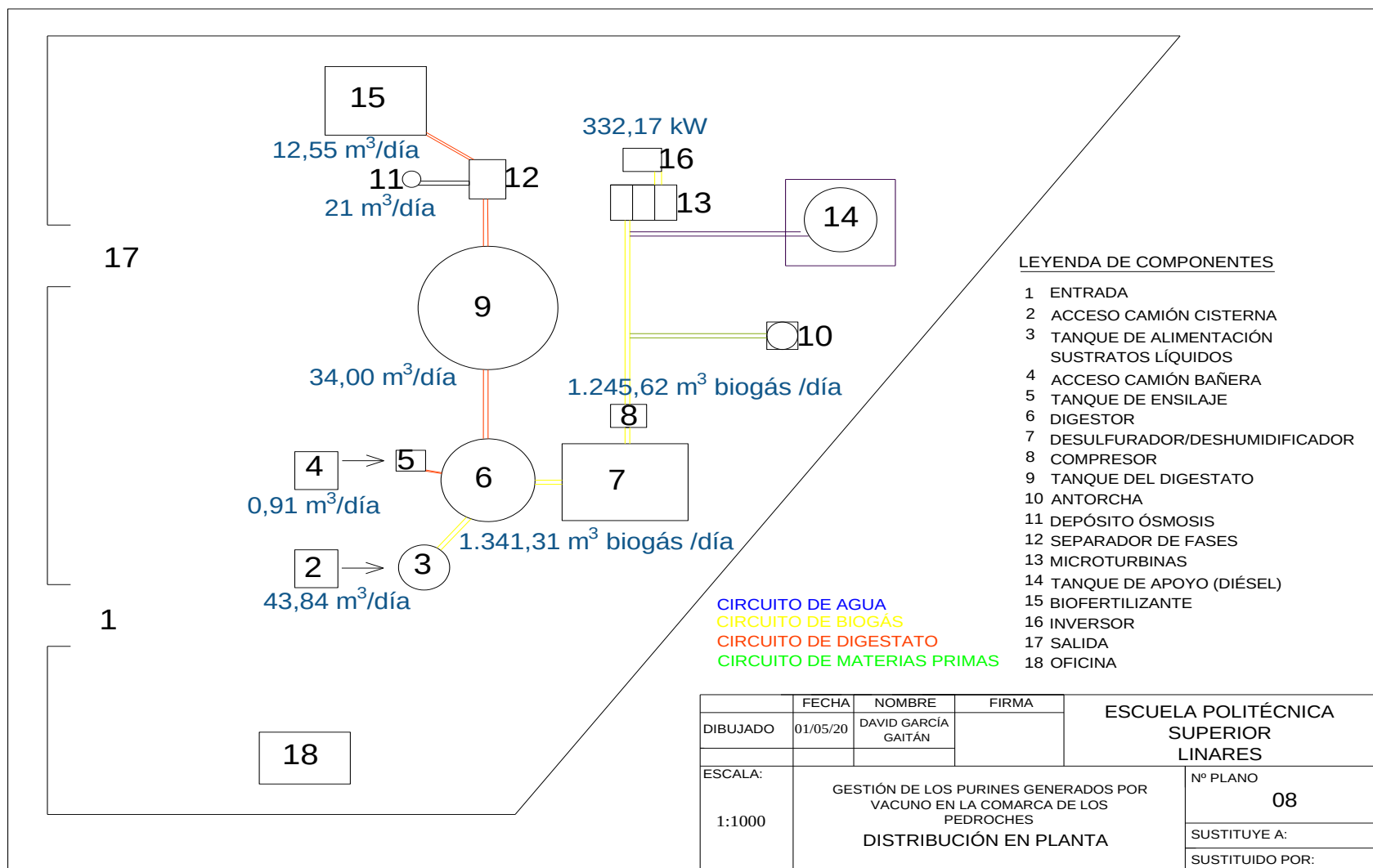
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	15/04/20	DAVID GARCÍA GAITÁN		
ESCALA:	GESTIÓN DE LOS PURINES GENERADOS POR VACUNO EN LA COMARCA DE LOS PEDROCHES PLANO DE EMPLAZAMIENTO			Nº PLANO
1:8.000				04
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

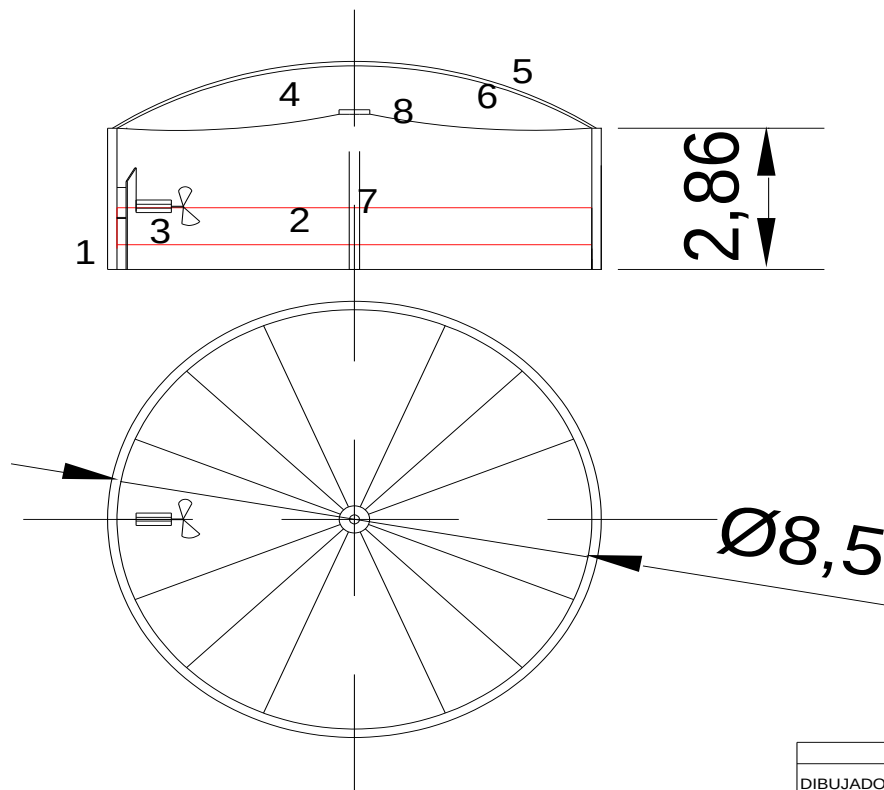


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	15/04/20	DAVID GARCÍA GAITÁN			
ESCALA:	GESTIÓN DE LOS PURINES GENERADOS POR VACUNO EN LA COMARCA DE LOS PEDROCHES PLANO DE EMPLAZAMIENTO			Nº PLANO	05
1:4000				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	





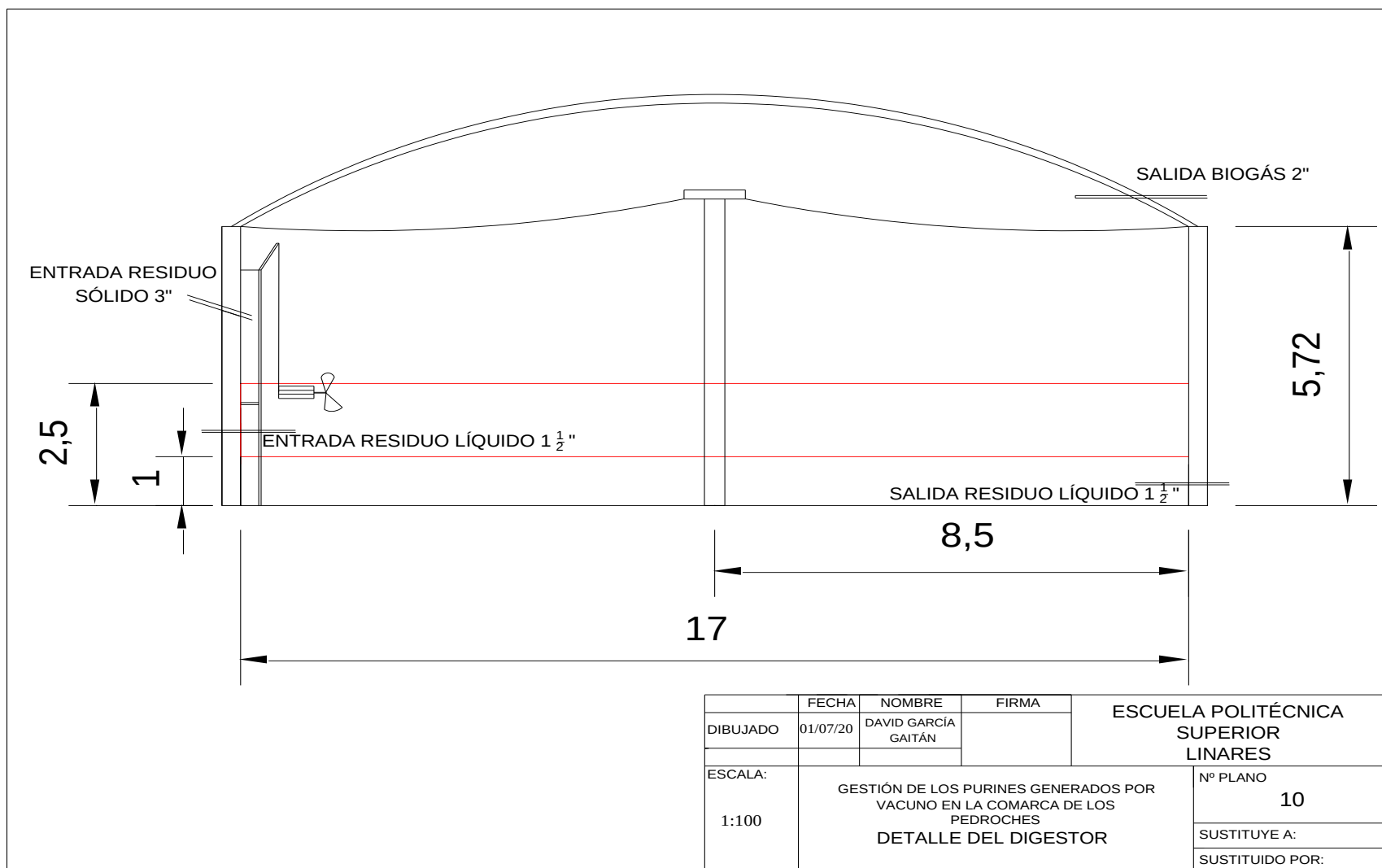


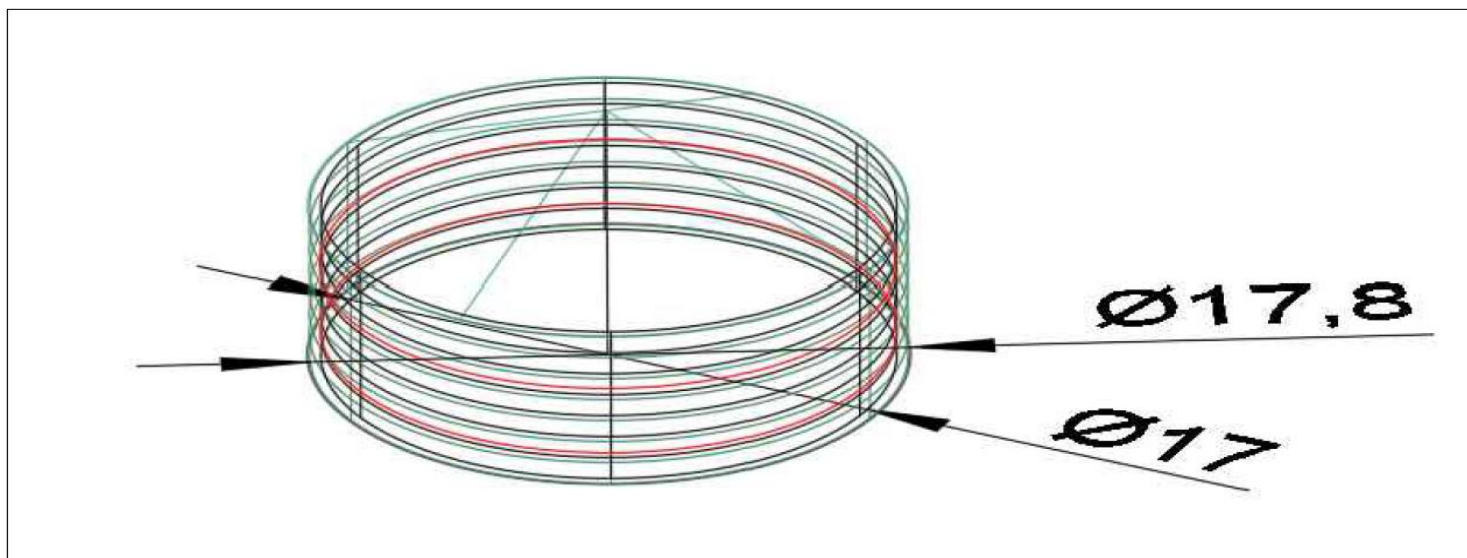


LEYENDA DE COMPONENTES

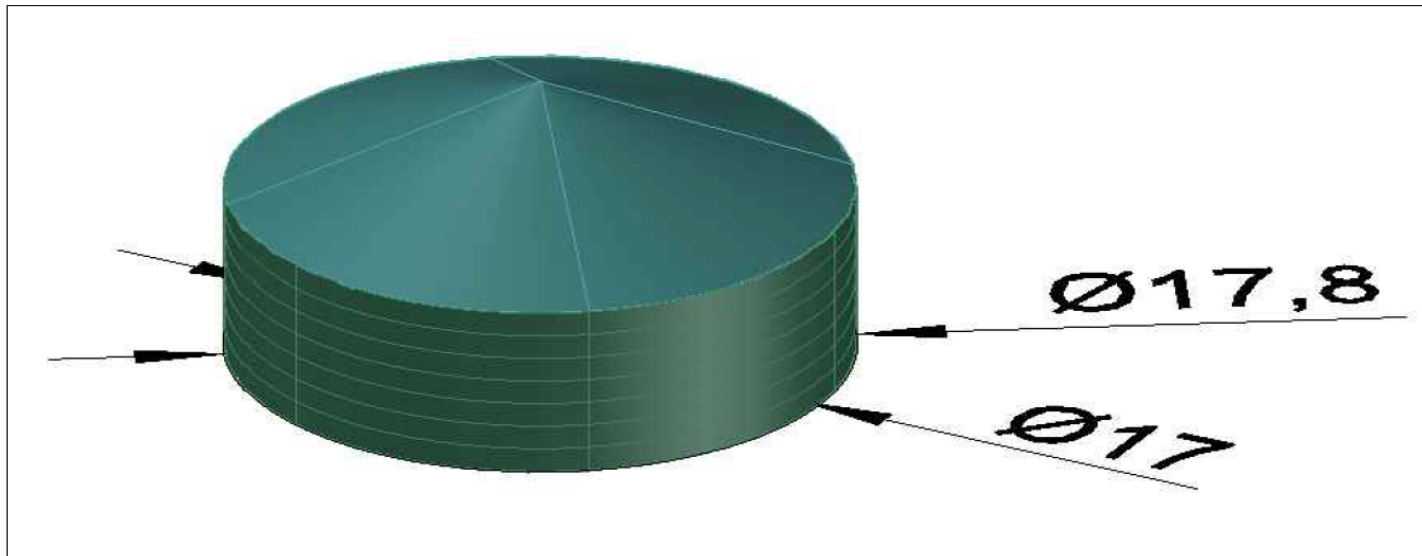
- 1 Muro lateral de hormigón
- 2 Tubos calefactores
- 3 Agitador
- 4 Gasómetro
- 5 Cubierta PVC (membrana exterior)
- 6 Membrana interior
- 7 Pilar central
- 8 Cinta de carga de poliéster

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/05/20	DAVID GARCÍA GAITÁN		
ESCALA:	GESTIÓN DE LOS PURINES GENERADOS POR VACUNO EN LA COMARCA DE LOS PEDROCHES PLANTA Y ALZADO DEL DIGESTOR			Nº PLANO
1:200				09
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

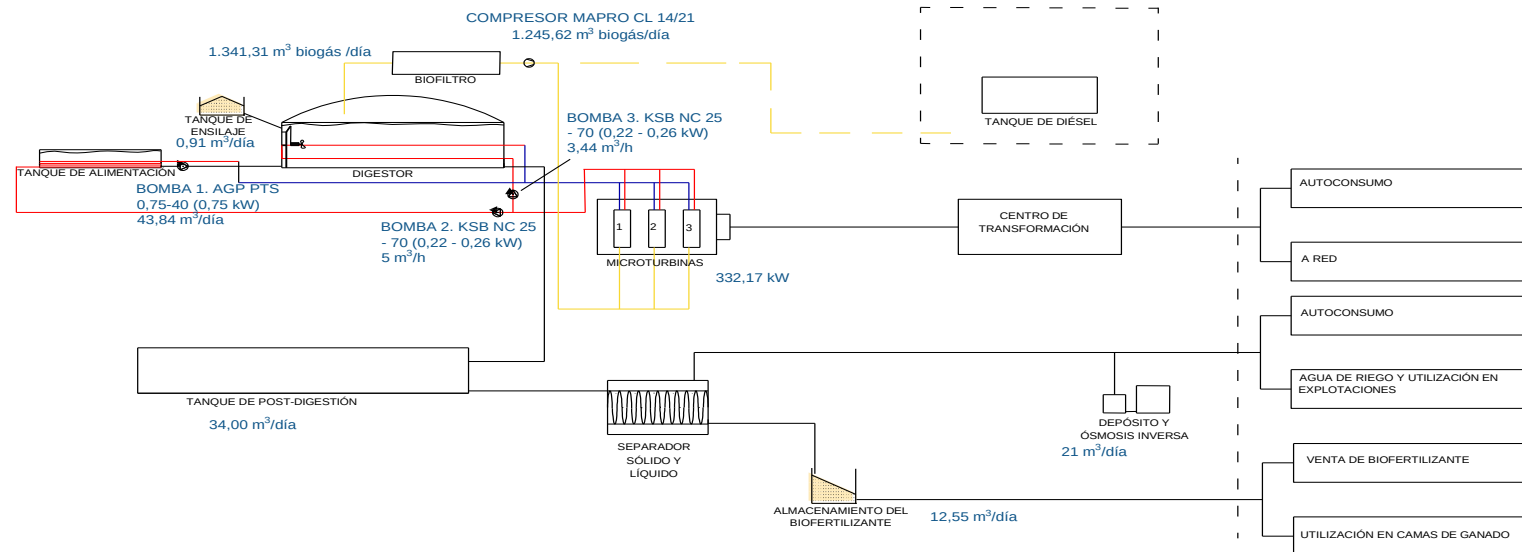




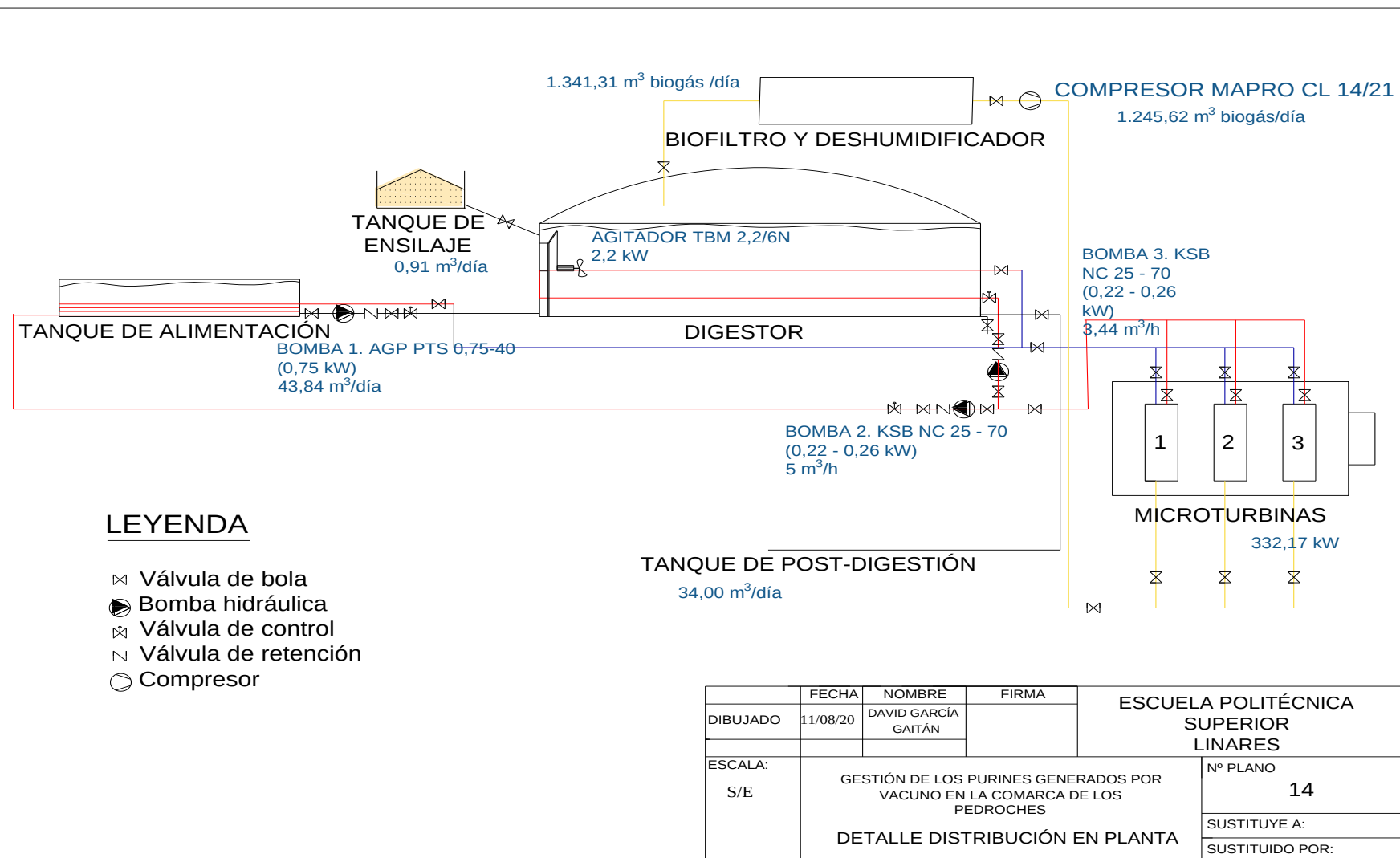
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	18/07/20	DAVID GARCÍA GAITÁN		
ESCALA:	GESTIÓN DE LOS PURINES GENERADOS POR VACUNO EN LA COMARCA DE LOS PEDROCHES DETALLE DIGESTOR 3D			Nº PLANO
1:100				11
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	23/07/20	DAVID GARCÍA GAITÁN			
ESCALA:	GESTIÓN DE LOS PURINES GENERADOS POR VACUNO EN LA COMARCA DE LOS PEDROCHES DETALLE DIGESTOR 3D			Nº PLANO	12
1:100				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	01/08/20	DAVID GARCÍA GAITÁN		
ESCALA:				
S/E	GESTIÓN DE LOS PURINES GENERADOS POR VACUNO EN LA COMARCA DE LOS PEDROCHES DISTRIBUCIÓN EN PLANTA			Nº PLANO 13
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



4. PLIEGO DE CONDICIONES

4.1. DEFINICIÓN, OBJETO Y ALCANCE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

4.1.1. DEFINICIÓN DE PLIEGO DE CONDICIONES

Documento en que constan las cláusulas de un contrato o subasta.

4.1.2. OBJETO DEL PLIEGO

El objeto del pliego es recoger los derechos, obligaciones y responsabilidades que deben cumplir las partes implicadas en el proyecto para el buen funcionamiento de la instalación de biogás a partir de purín de vacuno y otros residuos en el término municipal de Dos Torres (Córdoba).

4.1.3. ALCANCE DEL PLIEGO

El ámbito de aplicación del pliego se extiende a todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de la instalación.

4.2. CONDICIONES Y NORMAS DE CARÁCTER GENERAL

Serán de aplicación, en tanto no sean modificadas por las condiciones particulares, las siguientes condiciones y normas de carácter general:

- R. D. 956/2008: Instrucción para la recepción de cementos (RC-03).
- R. D. 1247/2008: Instrucción de hormigón estructural (EHE-08).
- R. D. 997/2002: Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSR-02).
- R. D. 256/2016: Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
- R.D. 919/2006: Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11.
- R.D. 842/2002: Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Orden 15/09/1986: Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Saneamiento de Poblaciones.
- R.D. 1371/2007: DB-HR: Documento Básico de Protección Contra el Ruido.

4.3.CONDICIONES PARTICULARES

4.3.1. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES TÉCNICAS

4.3.1.1.SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La parcela del proyecto está situada en el polígono 17 parcela 159 de la Dehesa de Torremilano en Dos Torres (Córdoba).

4.3.1.2.VALORACIÓN DE LA FINCA

La parcela, de acuerdo a la información catastral, está clasificada como “Rústico” y su uso actual es “Agrario”. Tiene una superficie de 59.104 m².

4.3.1.3.ACTIVIDAD DE INTERÉS

La actividad a realizar en dicha parcela es del tipo agropecuario. Esta actividad consiste en la gestión de purines y otros residuos (todos los residuos están clasificados como residuos no peligrosos) procedentes del sector ganadero de vacuno en intensivo de la zona.

Los objetivos previstos son:

- Recoger los residuos líquidos (purín y lixiviados), mediante un camión cisterna, de las explotaciones asociadas al proyecto.
- Recoger los residuos sólidos (cereal ensilado sobrante), mediante un camión con bañera cilíndrica, de las explotaciones asociadas al proyecto.
- Gestionar los residuos mencionados por sistema de digestión anaerobia en un digestor con gasómetro de doble membrana.
- Obtener energía eléctrica y térmica a partir del biogás generado por digestión anaerobia y purificado tras eliminar el sulfuro de hidrógeno y vapor de agua.
- Separar las fases del digestato obtenido tras el proceso de digestión anaerobio para conseguir un compost de alto valor.
- Purificar la fase líquida del digestato mediante el proceso de ósmosis inversa para obtener agua.

Con esta actividad, se mejorará la calidad del suelo, aguas superficiales y subterráneas al darle una utilización a un residuo que actualmente se está vertiendo en las fincas sin haber sido tratado anteriormente, perjudicando así la calidad del ecosistema de la zona.

4.3.1.4.PROGRAMA DE NECESIDADES:

Para el correcto desarrollo de la planta de biogás se necesita construir los siguientes espacios:

- Zona de descarga de sustratos líquidos
- Zona de descarga de sustratos sólidos

- Área de proceso de digestión anaerobia
- Área de tratamientos del biogás
- Área de separación de fases
- Área dedicada al combustible de apoyo (diésel)
- Área de la antorcha
- Área de generación de energía
- Oficinas

4.3.1.5.REQUISITOS DE LA PARCELA

Es necesario ejecutar las siguientes instalaciones para conexionar y adecuar la planta de biogás a la red eléctrica, red de agua potable y saneamiento:

- Acometida de saneamiento a la red general.
- Capacidad de suministro para una inyección de excedente de energía eléctrica de potencia máxima de 67,35 kW.
- Acometida de agua potable para un consumo estimado de 1 l/s.

4.3.1.6.PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS

El contratista en la fase previa al inicio de las obras debe presentar un programa de trabajo, en el cual vendrá todas las actividades necesarias para la implantación en la planta, así como sus tiempos de ejecución. Cualquier formato será válido siempre que su diseño sea útil para dicha programación.

4.3.1.7.CONDICIONES QUE DEBEN POSEER LOS MATERIALES

- ***“Calidad de los materiales.***

Todos los materiales a emplear en la presente obra serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

- ***Pruebas y ensayos de materiales.***

Todos los materiales a que este capítulo se refiere podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección de las obras, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la construcción.

- ***Materiales no consignados en proyecto.***

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas [25].”

4.3.2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES FACULTATIVAS

“Ámbito de aplicación de la L.O.E. La Ley de Ordenación de la Edificación es de aplicación al proceso de la edificación, entendiendo por tal la acción y el resultado de construir un edificio de carácter permanente, público o privado, cuyo uso principal esté comprendido en los siguientes grupos:

- *Administrativo, sanitario, religioso, residencial en todas sus formas, docente y cultural.*
- *Aeronáutico; agropecuario; de la energía; de la hidráulica; minero; de telecomunicaciones (referido a la ingeniería de las telecomunicaciones); del transporte terrestre, marítimo, fluvial y aéreo; forestal; industrial; naval; de la ingeniería de saneamiento e higiene, y accesorio a las obras de ingeniería y su explotación.*
- *Todas las demás edificaciones cuyos usos no estén expresamente relacionados en los grupos anteriores. Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo a) la titulación académica y profesional habilitante será la de arquitecto.*

EL PROMOTOR:

Será Promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente decide, impulsa, programa o financia, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título. Son obligaciones del promotor:

- *Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.*
- *Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.*
- *Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.*
- *Designará al Coordinador de Seguridad y Salud para el proyecto y la ejecución de la obra.*
- *Suscribir los seguros previstos en la Ley de Ordenación de la Edificación.*
- *Entregar al adquirente, en su caso, la documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.*

EL PROYECTISTA:

Son obligaciones del proyectista (art. 10 de la L.O.E.):

- *Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión.*

En caso de personas jurídicas, designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional habilitante.

- *Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos.*
- *Acordar, en su caso, con el promotor la contratación de colaboraciones parciales.*

EL CONSTRUCTOR:

Son obligaciones del constructor (art. 11 de la L.O.E.):

- *Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.*
- *Tener la titulación o capacitación profesional que habilita para el cumplimiento de las condiciones exigibles para actuar como constructor.*
- *Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra.*
- *Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera.*
- *Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.*
- *Elaborar el Plan de Seguridad y Salud de la obra en aplicación del Estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el trabajo.*
- *Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, y en su caso de la dirección facultativa.*
- *Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.*
- *Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.*
- *Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las intervenciones de los subcontratistas.*
- *Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del Aparejador o Arquitecto Técnico, los*

suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.

- *Custodiar los Libros de órdenes y seguimiento de la obra, así como los de Seguridad y Salud y el del Control de Calidad, éstos si los hubiere, y dar el enterado a las anotaciones que en ellos se practiquen.*
- *Facilitar al Aparejador o Arquitecto Técnico con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.*
- *Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.*
- *Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.*
- *Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.*
- *Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.*
- *Facilitar el acceso a la obra a los Laboratorios y Entidades de Control de Calidad contratados y debidamente homologados para el cometido de sus funciones.*
- *Suscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción previstas en el Art. 19 de la L.O.E.*

EL DIRECTOR DE OBRA:

Corresponde al Director de Obra:

- *Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de obra que tenga la titulación profesional habilitante.*
- *Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectada a las características geotécnicas del terreno.*
- *Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética.*
- *Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.*
- *Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra siempre que las mismas se adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del proyecto.*

- *Coordinar, junto al Aparejador o Arquitecto Técnico, el programa de desarrollo de la obra y el Proyecto de Control de Calidad de la obra, con sujeción al Código Técnico de la Edificación y a las especificaciones del Proyecto.*
- *Comprobar, junto al Aparejador o Arquitecto Técnico, los resultados de los análisis e informes realizados por Laboratorios y/o Entidades de Control de Calidad.*
- *Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos de su especialidad.*
- *Dar conformidad a las certificaciones parciales de obra y la liquidación final.*
- *Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos*
- *Asesorar al Promotor durante el proceso de construcción y especialmente en el acto de la recepción.*
- *Preparar con el Contratista, la documentación gráfica y escrita del proyecto definitivamente ejecutado para entregarlo al Promotor. A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Esta documentación constituirá el Libro del Edificio, y será entregada a los usuarios finales del edificio.*

EL DIRECTOR DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA:

Corresponde al Aparejador o Arquitecto Técnico la dirección de la ejecución de la obra, que formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado. Siendo sus funciones específicas:

- *Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de la ejecución de la obra que tenga la titulación profesional habilitante.*
- *Redactar el documento de estudio y análisis del Proyecto para elaborar los programas de organización y de desarrollo de la obra.*
- *Planificar, a la vista del proyecto arquitectónico, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.*
- *Redactar, cuando se le requiera, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Proyecto de Seguridad y Salud para la aplicación del mismo.*

- Redactar, cuando se le requiera, el Proyecto de Control de Calidad de la Edificación, desarrollando lo especificado en el Proyecto de Ejecución.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Arquitecto y del Constructor.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y medidas de Seguridad y Salud en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el Plan de Control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Constructor, impartiendo, en su caso, las órdenes oportunas; de no resolverse la contingencia adoptará las medidas que corresponda dando cuenta al Arquitecto.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación final de la obra.
- Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.
- Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.
- Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas.
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.
- Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado.

EL COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD:

El coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgo Laborales durante la ejecución de la obra.

- *Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.*
- *Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.*
- *Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.*

LAS ENTIDADES Y LOS LABORATORIOS DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN:

Las entidades de control de calidad de la edificación prestan asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable. Los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación prestan asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación. Son obligaciones de las entidades y de los laboratorios de control de calidad (art. 14 de la L.O.E.):

- *Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de las obras.*
- *Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las Comunidades Autónomas con competencia en la materia [26].”*

4.3.3. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES ECONÓMICAS

• “Medición de las unidades de obra.

La medición del conjunto de unidades de obra se verificará aplicando a cada una de ellas la unidad de medida que le sea apropiada y con arreglo a las mismas unidades adoptadas en el presupuesto, unidad completa, metros lineales, cuadrados, o cúbicos, kilogramos, partidaalzada, etc. Tanto las mediciones parciales como las totales ejecutadas al final de la obra se realizarán conjuntamente con el constructor, levantándose las correspondientes actas que serán firmadas por ambas partes. Todas las mediciones que se efectúen comprenderán las unidades de obra realmente ejecutadas, no teniendo el constructor derecho a reclamación de ninguna especie por las diferencias que se produjeran entre las mediciones que se ejecuten y las que figuren en el proyecto, salvo cuando se trate de modificaciones de éste aprobadas por la dirección facultativa y con la conformidad del promotor que vengan exigidas por la marcha de las obras, así como tampoco por los errores de clasificación de las diversas unidades de obra que figuren en los estados de valoración.

• **Valoración de las unidades de obra.**

La valoración de las unidades de obra no expresadas en el proyecto se verificará aplicando a cada una de ellas la medida que le sea más apropiada y en la forma y condiciones que estime justas el arquitecto, multiplicando el resultado final por el precio correspondiente. El constructor no tendrá derecho alguno a que las medidas a que se refiere este artículo se ejecuten en la forma que él indique, sino que será con arreglo a lo que determine el director de la obra. Se supone que el constructor debe estudiar detenidamente los documentos que componen el proyecto y, por lo tanto, de no haber hecho ninguna observación sobre errores posibles o equivocaciones del mismo, no habrá lugar a reclamación alguna en cuanto afecta a medidas o precios, de tal suerte que si la obra ejecutada con arreglo al proyecto contiene mayor número de unidades de las previstas, no tendrá derecho a reclamación alguna. Las valoraciones de las unidades de obra que figuran en el presente proyecto se efectuarán multiplicando el número de éstas por el precio unitario asignado a las mismas en el contrato suscrito entre promotor y constructor o, en defecto de este, a las del presupuesto del proyecto.

En el precio unitario aludido en el artículo anterior se consideran incluidos los gastos del transporte de materiales, las indemnizaciones o pagos que hayan de hacerse por cualquier concepto, así como todo tipo de impuestos que graven los materiales durante la ejecución de las obras, ya sea por el Estado, Comunidad Autónoma, Provincia o Municipio; de igual forma se consideran incluidas toda clase de cargas sociales. También serán de cuenta del constructor los honorarios, las tasas y demás gravámenes que se originen con ocasión de las inspecciones, aprobación y comprobación de las instalaciones con que esté dotado el inmueble. El constructor no tendrá derecho por ello a pedir indemnización alguna por las causas enumeradas. En el precio de cada unidad de obra van comprendidos los de todos los materiales, accesorios y operaciones necesarias para dejar la obra terminada y en disposición de recibirse.

• **Abonos del promotor al constructor a cuenta de la liquidación final.**

Todo lo que se refiere al régimen de abonos del promotor al constructor se regirá por lo especificado en el contrato suscrito entre ambos. En ausencia de tal determinación, el constructor podrá solicitar al promotor abonos a cuenta de la liquidación final mediante la presentación de facturas por el montante de las unidades de obra ejecutada que refleje la "Certificación parcial de obra ejecutada" que deberá acompañar a cada una de ellas. Las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutada, que se realizarán según el criterio establecido en el punto anterior (valoración de las unidades de obra), serán suscritas por el aparejador o arquitecto técnico y el constructor y serán conformadas por el arquitecto, con los visados que en su caso fueran preceptivos. Los abonos que el promotor efectúe al constructor tendrán el carácter de "entrega a cuenta" de la liquidación final de la obra, por lo que el promotor podrá practicar en concepto de "garantía", en cada uno de ellos, una retención del 5 % que deberá quedar reflejada en la factura. Una vez finalizada la obra, con posterioridad a la extinción de los plazos de garantía establecidos por la Ley de Ordenación de la Edificación, el constructor podrá solicitar la

devolución de la fianza depositada o de las cantidades retenidas, siempre que de haberse producido deficiencias éstas hubieran quedado subsanadas [25].”

4.3.4. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES LEGALES

“La Ley 9/2017, en los artículos 124 y 125, incide en la obligación de hacer referencia en los pliegos de contratación a prescripciones o especificaciones técnicas que definan las características exigidas, siendo la referencia a normas una de las vías preferentes. Citar normas en pliegos de contratación garantiza que no hay barreras al comercio, ya que el documento referenciado está disponible públicamente y se ha elaborado con el consenso de las partes interesadas. El artículo 124 indica que el órgano de contratación aprobará (...) los pliegos y documentos que contengan las prescripciones técnicas particulares que hayan de regir la realización de la prestación y definan sus calidades, sus condiciones sociales y ambientales (...). En los artículos 125 y 126 se definen las distintas prescripciones o especificaciones técnicas que deben emplearse y su orden de prelación. Por orden de preferencia, las relativas a normalización son:

- 1) Normas nacionales que incorporen normas europeas. UNE, como miembro de CEN y de CENELEC, tiene obligación de adoptar todas sus normas europeas, EN, como nacionales, UNE-EN, y de anular aquellas normas nacionales que estén en conflicto con las europeas. Esto garantiza una única norma para acceder a los mercados de la Unión Europea y de la Asociación Europea de Libre Comercio. Alrededor del 80 % de las normas del catálogo de UNE son adopción idéntica de normas europeas.*
- 2) Normas internacionales. Son aquellas elaboradas por un organismo internacional de normalización (ISO, IEC o ITU). Aproximadamente un 6 % de las normas del catálogo de UNE son adopción de normas internacionales.*
- 3) Otros sistemas de referencias técnicas elaborados por los organismos europeos de normalización, distintos de las normas. Estos documentos pueden ser especificaciones técnicas (TS), informes técnicos (TR), guías, documentos de armonización (HD) o CEN/CENELEC Workshop Agreements (CWA).*
- 4) Normas netamente nacionales. Son las normas que se elaboran en el seno de UNE, dentro de sus Comités Técnicos de Normalización.*
- 5) Referencias técnicas. Además de las normas nacionales, UNE elabora otros documentos normativos para responder a necesidades específicas y que permiten una tramitación más ágil. Éstos son: normas experimentales, informes UNE y especificaciones UNE.*

La referencia a normas en los pliegos de contratación garantiza:

El acceso en condiciones de igualdad, dado que son documentos disponibles al público.

Que no se imponen barreras al comercio ni obstáculos injustificados.

La consideración del estado del arte del sector.

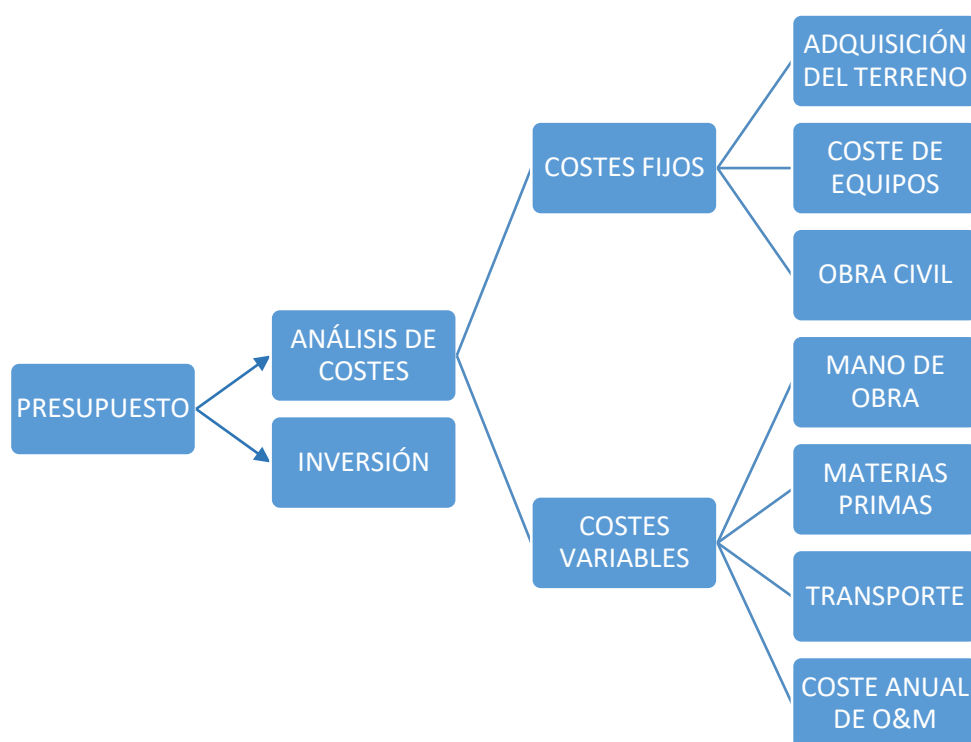
El consenso y participación de las partes interesadas en la elaboración de la prescripción técnica.

El empleo de un documento sometido a elevados requisitos de transparencia y participación [27].”

5. PRESUPUESTO

El análisis del presupuesto se divide en dos importantes partidas: Análisis de costes e inversión.

El análisis de costes es el planteamiento teórico aplicado a toda evaluación sistemática cuantitativa de un proyecto público o privado, para determinar si éste es oportuno desde una perspectiva pública o social y en qué medida. Se diferencia de un mero análisis financiero por el hecho de que tiene en cuenta todas las ganancias y pérdidas con independencia del sujeto al que corresponden.



Gráfica 2. Clasificación del presupuesto. Análisis de costes fijos y variables e inversión. Fuente: Elaboración propia.

5.1. ANÁLISIS DE COSTES

El análisis de costes se divide en costes fijos (los referidos a los gastos necesarios para producir los productos que necesite. Estos nunca varían o lo hacen con muy poca frecuencia) y costes variables (los que derivan de la producción, por lo que varían en función de cuál sea el nivel de la misma).

5.1.1. COSTES FIJOS

5.1.1.1.ADQUISICIÓN DEL TERRENO

$$59.104 \text{ m}^2 \times \frac{1 \text{ ha}}{10.000 \text{ m}^2} \times 12.837 \frac{\text{€}}{\text{ha}} = 75.871,81 \text{ €} \quad (\text{Ec. 90})$$

5.1.1.2.COSTE DE EQUIPOS

COSTE DE EQUIPOS				
Código	Descripción	€/Unid.	Unid.	Total
AG1	Agitador sumergible 2,2 kW + accesorios de sujeción GVT 80/5 y KIT PVT 80	3.200,00	1	3.200,00
B1	Bomba 1. AGP PTS 0,75-40 (0,75 kW)	1.250,00	1	1.250,00
B2	Bomba 2. KSB NC 25-70 (0,22 – 0,26 kW)	850,00	1	850,00
B3	Bomba 3. KSB NC 25-70 (0,22 – 0,26 kW)	850,00	1	850,00
CCIS	Camión cisterna RIGUAL CP-220T	80.000,00	1	80.000,00
CBAÑ	Bañera agrícola cilíndrica RIGUAL (2+1) EJES	24.000,00	1	24.000,00
PC1	Pala cargadora (JCB 407)	22.000,00	1	22.000,00
OI	Ósmosis inversa (IMAECO 1 m ³ /h)	21.000,00	1	21.000,00
ATP1	Antorcha de llama cerrada. Emison ATP-10	9.120,00	1	9.120,00
MC1 MC2 MC3	Microturbina Capstone C30	51.410,00	3	154.230,00
FP1	Filtro percolador H ₂ S BIO-DESOLF	15.200,00	1	15.200,00
DSH1	Deshumidificador CIAT	23.000,00	1	23.000,00
IC1	Intercambiador de calor	4.500,00	1	4.500,00
GS	Gasómetro doble membrana (Volumen: 596 m ³ /h)	38.500,00	1	38.500,00
CM1	Compresor MAPRO CL 14/21 + Filtro F8/1G y FDS 7/6	3.500	1	3.500
SF1	Separador de fases. SEGALÉS. BENFORT Separator model – Special for bovine + Flocculante + Disolvente + Rampa	18.500,00	1	18.500,00
-	Accesorios y otros equipos	15.500,00	1	15.500,00
TOTAL				435.200,00

Tabla 94. Coste de equipos. Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.3.OBRA CIVIL

La obra civil se ha realizado teniendo en cuenta la última actualización de base de precios de la Junta de Andalucía con el programa PRESTO 2020.01.

RESUMEN POR CAPÍTULO DE LA OBRA CIVIL:

CÓDIGO	RESUMEN	CANPRES	PRES	IMPPRES
CAPÍTULOS	RESUMEN POR CAPÍTULOS	1	467.788,60	467.788,60
CAPÍTULO 1	<i>MOVIMIENTO DE TIERRAS: TRABAJOS PREVIOS, REPLANTEO Y ADECUACIÓN DEL TERRENO</i>	1,00	10.800,00	10.800,00
CAPÍTULO 2	<i>SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO; SISTEMA ESTRUCTURAL</i>	1,00	115.886,00	115.886,00
CAPÍTULO 3	<i>RED DE SANEAMIENTO</i>	1,00	16.931,15	16.931,15
CAPÍTULO 4	<i>OBRA CIVIL DIGESTOR ANAEROBIO, TANQUE DE ALIMENTACIÓN, TANQUE DE ENSILAJE, TANQUE DE DIESEL Y TANQUE DE DIGESTATO</i>	1,00	221.674,20	221.674,20
CAPÍTULO 5	<i>INTERCAMBIADOR DE CALOR</i>	1,00	1.677,96	1.677,96
CAPÍTULO 6	<i>BOMBAS DE RECIRCULACIÓN</i>	1,00	1.319,29	1.319,29
CAPÍTULO 7	<i>OBRA CIVIL ZONA DE ACOPIO</i>	1,00	22.500,00	22.500,00
CAPÍTULO 8	<i>EDIFICACIÓN OFICINA Y PARKING</i>	1,00	45.000,00	45.000,00
CAPÍTULO 9	<i>VALVULERIA</i>	1,00	2.500,00	2.500,00
CAPÍTULO 10	<i>INSTALACIÓN ELÉCTRICA</i>	1,00	17.000,00	17.000,00
CAPÍTULO 11	<i>SEGURIDAD</i>	1,00	6.000,00	6.000,00
CAPÍTULO 12	<i>OTROS</i>	1,00	6.500,00	6.500,00

CAPÍTULOS Y PARTIDAS DE LA OBRA CIVIL:

Capítulo 1: MOVIMIENTO DE TIERRAS

Código	Resumen	CanPres	Ud	Pres	ImpPres
CAPITULO 1	<i>Trabajos previos, replanteo y adecuación del terreno</i>	1,00		10.800,00	10.800,00
01TLL90100	LIMPIEZA Y DESBROCE DE TERRENO, CON MEDIOS MECÁNICOS. MEDIDA LA SUPERFICIE EN VERDADERA MAGNITUD.	60.000,00	m2	0,18	10.800,00
TP00100	PEÓN ESPECIAL	0,003	h	18,90	0,06
ME00300	PALA CARGADORA	0,005	h	23,87	0,12

Capítulo 2: EXPLANACIÓN DEL TERRENO

Código	Resumen	CanPres	Ud	Pres	ImpPres
CAPÍTULO 2	<i>Cimentación y contención de tierras</i>	1,00		115.886,00	115.886,00
02AEE00001	EXPLANACIÓN DE 50 cm ESP., TIERRAS CONSIST. BLANDA	60.000,00	m2	1,74	104.400,00
GW00100	AGUA POTABLE	0,060	m3	0,55	0,03
MK00200	CAMIÓN CISTERNA	0,020	h	30,30	0,61
MN00100	MOTONIVELADORA	0,010	h	45,11	0,45
MR00400	RULO VIBRATORIO TRAÍLLA	0,010	h	23,28	0,23
MT00100	REMOLCADA/TRACTOR	0,020	h	21,02	0,42
CH03000	HORMIGÓN HA-25/B/40/IIa, SUMINISTRADO	200,00	m3	57,43	11.486,00

CAPÍTULO 3: RED DE SANEAMIENTO

Código	Resumen	CanPres	Ud	Pres	ImpPres
CAPÍTULO 3	RED DE SANEAMIENTO	1,00		16.931,15	16.931,15
E03ALA010	ARQUETA A PIE DE BAJANTE REGISTRABLE DE LADRILLO, CON TAPA, DE 38X38X50 CM	15,00	ud	111,94	1.679,10
O01OA030	OFICIAL PRIMERA	1,950	h	19,18	37,40
O01OA060	PEÓN ESPECIALIZADO	0,900	h	16,43	14,79
P01HM020	HORMIGÓN HM-20/P/40/I CENTRAL	0,042	m3	67,32	2,83

P01LT020	LADRILLO PERFORADO TOSCO 24X11,5X7 CM.	0,056	mud	69,99	3,92
P01MC040	MORTERO CEM. GRIS II/B-M 32,5 M-5/CEM	0,023	m3	60,40	1,39
P04RR070	MORTERO REVOCO CSIV-W2 CODO M-H PVC J.ELÁST. 45°	0,800	kg	1,30	1,04
P02CVC010	D=160MM TAPA CUADRADA HA E=6CM	1,000	ud	27,14	27,14
P02EAT020	50X50CM COLECTOR DE PVC COMPACTO,	1,000	ud	23,43	23,43
E03OEP130	TEJA, 4 KN/M2, D=160 MM	300,00	m	23,56	7.068,00
O01OA030	OFICIAL PRIMERA	0,240	h	19,18	4,60
O01OA060	PEÓN ESPECIALIZADO	0,240	h	16,43	3,94
P01AA020	ARENA DE RÍO 0/6 MM. MANGUITO H-H PVC S/TOPE	0,244	m3	17,08	4,17
P02CVM010	J.ELÁST. D=160MM LUBRICANTE TUBOS PVC	0,330	ud	9,88	3,26
P02CVW010	J.ELÁSTICA TUB.PVC LISO J.ELÁSTICA SN4	0,004	kg	7,74	0,03
P02TVO100	D=160MM COLECTOR DE PVC COMPACTO,	1,000	m	7,56	7,56
E03OEP140	TEJA, 4 KN/M2, D=200 MM	200,00	m	31,50	6.300,00
O01OA030	OFICIAL PRIMERA	0,280	h	19,18	5,37
O01OA060	PEÓN ESPECIALIZADO	0,280	h	16,43	4,60
P01AA020	ARENA DE RÍO 0/6 MM. MANGUITO H-H PVC S/TOPE	0,389	m3	17,08	6,64
P02CVM020	J.ELÁST. D=200MM LUBRICANTE TUBOS PVC	0,200	ud	16,89	3,38
P02CVW010	J.ELÁSTICA TUB.PVC LISO J.ELÁSTICA SN4	0,005	kg	7,74	0,04
P02TVO110	D=200MM MEMBRANA DRENANTE DE	1,000	m	11,47	11,47
E03DMP020	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD H-15+, VERTICAL	322,06	m2	5,85	1.884,05
O01OA050	AYUDANTE	0,016	h	17,08	0,27
O01OA060	PEÓN ESPECIALIZADO LÁMINA DRENANTE DANODREN	0,016	h	16,43	0,26
P06BG081	H-15 PLUS	1,100	m2	3,03	3,33
P02EM105	FIJ.AUTOADHESIVA DANODREN PERFIL DE REMATE	3,000	ud	0,55	1,65
P02EM110	P/MEMBRANAS DRENANTES	0,330	m	1,04	0,34

CAPÍTULO 4: OBRA CIVIL DIGESTOR ANAEROBIO, TANQUE DE ALMACENAMIENTO, TANQUE DE ENSILAJE, TANQUE DIESEL Y TANQUE DE DIGESTATO.

Código	Resumen	CanPres	Ud	Pres	ImpPres
CAPÍTULO 4	OBRA CIVIL DIGESTOR ANAEROBIO, TANQUE DE ALIMENTACIÓN, TANQUE DE ENSILAJE, TANQUE DE DIESEL Y TANQUE DE DIGESTATO	1,00		221.674,20	221.674,20
03HRL80080	HORM. ARM. HA-25/B/20/IIa B400S EN LOSAS CIM. V/BOMBA	140,00	m3	136,53	19.114,20
MB00200	BOMBA DE HORMIGONAR	0,150	h	55,84	8,38
03ACC00010	ACERO EN BARRAS CORRUGADAS B400S EN CIMENT.	50,000	kg	1,16	58,00
TO00600	OF. 1ª FERRALLISTA	0,020	h	19,85	0,40
CA00220	ACERO B 400 S	1,080	kg	0,68	0,73
CA01700	ALAMBRE DE ATAR	0,005	kg	1,23	0,01
WW00400	PEQUEÑO MATERIAL	0,050	u	0,30	0,02
03HAL80050	HORMIGÓN HA-25/B/20/IIa EN LOSAS DE CIMENT.	1,000	m3	70,15	70,15
TO02200	OFICIAL 2ª	0,050	h	19,35	0,97
TP00100	PEÓN ESPECIAL	0,400	h	18,90	7,56
CH02910	HORMIGÓN HA-25/B/20/IIa, SUMINISTRADO	1,030	m3	59,53	61,32
MV00100	VIBRADOR	0,200	h	1,51	0,30
03HMM00002	HORMIGÓN EN MASA HM-20/P/40/I EN CIMENTOS	3.000,00	m3	67,52	202.560,00
TP00100	PEÓN ESPECIAL	0,450	h	18,90	8,51
CH04120	HORMIGÓN HM-20/P/40/I, SUMINISTRADO	1,080	m3	54,45	58,81
MV00100	VIBRADOR	0,130	h	1,51	0,20

CAPÍTULO 5: INTERCAMBIADOR DE CALOR

Código	Resumen	CanPres	Ud	Pres	ImpPres
CAPÍTULO 5	INTERCAMBIADOR DE CALOR	1,00		1.677,96	1.677,96
08CCA00037	INTERCAMBIADOR CALOR PARA CAUDAL 6 m3/h	1,00	u	1.677,96	1.677,96
ATC00200	CUADRILLA ALBAÑILERÍA, FORMADA POR OFICIAL 2ª Y PEÓN ESP.	0,250	h	38,25	9,56
TO02200	OFICIAL 2ª	1,000	h	19,35	19,35
TP00100	PEÓN ESPECIAL	1,000	h	18,90	18,90
ATC00400	CUADRILLA FORMADA POR OFICIAL 1ª INSTALADOR Y AYUDANTE	4,500	h	38,89	175,01
TA00200	AYUDANTE ESPECIALISTA	1,000	h	19,04	19,04
TO02000	OF. 1ª INSTALADOR	1,000	h	19,85	19,85
IC03800	BASTIDOR PARA INTERCAMBIADOR DE (3-19) PLACAS 75x35 cm	1,000	u	590,54	590,54
IC47900	PLACA DE ACERO INOX. 75x35 cm, 6 mm ESP. PARA INTERCAMB.	15,000	u	58,79	881,85
WW00300	MATERIAL COMPLEMENTARIO O PZAS. ESPECIALES	30,000	u	0,55	16,50
WW00400	PEQUEÑO MATERIAL	15,000	u	0,30	4,50

CAPÍTULO 6: BOMBAS DE RECIRCULACIÓN

Código	Resumen	CanPres	Ud	Pres	ImpPres
CAPÍTULO 6	BOMBAS DE RECIRCULACIÓN	1,00		1.319,29	1.319,29
08CCA00045	BOMBA RECIRCULACIÓN 12000 l/h Y 8 m.c.a.	1,00	u	833,93	833,93
ATC00200	CUADRILLA ALBAÑILERÍA, FORMADA POR OFICIAL 2ª Y PEÓN ESP.	0,300	h	38,25	11,48
TO02200	OFICIAL 2ª	1,000	h	19,35	19,35
TP00100	PEÓN ESPECIAL	1,000	h	18,90	18,90
ATC00400	CUADRILLA FORMADA POR OFICIAL 1ª INSTALADOR Y AYUDANTE	1,800	h	38,89	70,00
TA00200	AYUDANTE ESPECIALISTA	1,000	h	19,04	19,04
TO02000	OF. 1ª INSTALADOR	1,000	h	19,85	19,85
IC08800	BOMBA RECIRCULACIÓN 12000 l/h Y 8,0 m.c.a. AGUA CALIENTE	1,000	u	724,20	724,20
WW00300	MATERIAL COMPLEMENTARIO O PZAS. ESPECIALES	35,000	u	0,55	19,25

WW00400	PEQUEÑO MATERIAL	30,000	u	0,30	9,00
08CCA00043	BOMBA RECIRCULACIÓN 5000 l/h Y 5 m.c.a.	1,00	u	485,36	485,36
ATC00200	CUADRILLA ALBAÑILERÍA, FORMADA POR OFICIAL 2ª Y PEÓN ESP.	0,200	h	38,25	7,65
TO02200	OFICIAL 2ª	1,000	h	19,35	19,35
TP00100	PEÓN ESPECIAL	1,000	h	18,90	18,90
ATC00400	CUADRILLA FORMADA POR OFICIAL 1ª INSTALADOR Y AYUDANTE	1,000	h	38,89	38,89
TA00200	AYUDANTE ESPECIALISTA	1,000	h	19,04	19,04
TO02000	OF. 1ª INSTALADOR	1,000	h	19,85	19,85
IC08500	BOMBA RECIRCULACIÓN 5000 l/h Y 5,0 m.c.a. AGUA CALIENTE	1,000	u	419,07	419,07
WW00300	MATERIAL COMPLEMENTARIO O PZAS. ESPECIALES	25,000	u	0,55	13,75
WW00400	PEQUEÑO MATERIAL	20,000	u	0,30	6,00
08CCA00042	BOMBA RECIRCULACIÓN 3000 l/h Y 4 m.c.a.		u	379,87	0,00
ATC00400	CUADRILLA FORMADA POR OFICIAL 1ª INSTALADOR Y AYUDANTE	0,700	h	38,89	27,22
TA00200	AYUDANTE ESPECIALISTA	1,000	h	19,04	19,04
TO02000	OF. 1ª INSTALADOR	1,000	h	19,85	19,85
IC08300	BOMBA RECIRCULACIÓN 3000 l/h Y 4,0 m.c.a. AGUA CALIENTE	1,000	u	342,90	342,90
WW00300	MATERIAL COMPLEMENTARIO O PZAS. ESPECIALES	15,000	u	0,55	8,25
WW00400	PEQUEÑO MATERIAL	5,000	u	0,30	1,50

CAPÍTULOS 7, 8, 9, 10, 11 y 12

Código	Resumen	CanPres	Pres	ImpPres
CAPÍTULOS	Resumen por capítulos	1	99.500,00	99.500,00
<i>CAPÍTULO 7</i>	<i>OBRA CIVIL ZONA DE ACOPIO</i>	<i>1,00</i>	<i>22.500,00</i>	<i>22.500,00</i>
<i>CAPÍTULO 8</i>	<i>EDIFICACIÓN OFICINA Y PARKING</i>	<i>1,00</i>	<i>45.000,00</i>	<i>45.000,00</i>
<i>CAPÍTULO 9</i>	<i>VALVULERIA</i>	<i>1,00</i>	<i>2.500,00</i>	<i>2.500,00</i>
<i>CAPÍTULO 10</i>	<i>INSTALACIÓN ELÉCTRICA</i>	<i>1,00</i>	<i>17.000,00</i>	<i>17.000,00</i>
<i>CAPÍTULO 11</i>	<i>SEGURIDAD</i>	<i>1,00</i>	<i>6.000,00</i>	<i>6.000,00</i>
<i>CAPÍTULO 12</i>	<i>OTROS</i>	<i>1,00</i>	<i>6.500,00</i>	<i>6.500,00</i>

- Depósito de garantías (según el Real Decreto 1074/2015, de 27 de noviembre) mencionado en el punto 2.4.1. del presente documento:

$$\frac{40\text{€}}{\text{kW}} * 332 \text{ kW} = 13.280 \text{ €} \quad (\text{Ec. 91})$$

COSTES FIJOS

Adquisición de terreno.....75.871,81 €

Equipos.....435.200,00 €

Obra Civil.....467.788,60 €

TOTAL (Sin el depósito de garantías).....978.860,41 €

Depósito de garantías.....13.280 €

TOTAL.....992.140,41€

El total de los costes fijos es de **NOVECIENTOS NOVENTA Y DOS MIL CIENTO CUARENTA EUROS CON CUARENTA Y UN CÉNTIMOS.**

5.1.2. COSTES VARIABLES

5.1.2.1.COSTES

- Mano de obra

“El empleo generado en este tipo de instalaciones es bajo. Flotats (2008) estima una persona por debajo de 200 kW, y se va incrementando una persona más a tiempo completo por cada 200 kW adicionales de potencia. Por otro lado, el empleo indirecto generado por el mantenimiento de motores, instalaciones de depuración de gases, depuración de aguas, etc. De esta manera se puede indicar que para plantas individuales se emplea a una persona a tiempo parcial, mientras que en plantas centralizadas el número de personas oscila entre 2 y cuatro personas [11].”

En este caso, la potencia generada por la planta de biogás es de 318,27 kW, de esta forma, el empleo directo generado se estima en 3 personas (operarios de planta) con turnos de 8 h, y 1 jefe de la planta.

El salario mínimo interprofesional en España en 2020 es de 950 €/mes, por lo que incluyendo los 12 meses del año y 2 pagas extraordinarias asciende a:

$$3 \text{ operarios de planta} * \frac{1.200\text{€}}{\text{mes}} * 14 \text{ meses} = 50.400 \frac{\text{€}}{\text{año}} \quad (\text{Ec. 92})$$

$$1 \text{ jefe de planta} * 2.100 \frac{\text{€}}{\text{mes}} * 14 \text{ meses} = 29.400 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$1 \text{ camionero} * 1.500 \frac{\text{€}}{\text{mes}} * 14 \text{ meses} = 21.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$\text{TOTAL COSTE DE MANO DE OBRA: } 100.800 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

- Coste por transporte de materias primas a la planta:
 - Sustrato líquido (debe realizarse dos viajes al día).
Donde,
 - Se supone que el recorrido por viaje de la planta a la finca y viceversa es de 5 km.
 - Se supone que el consumo del camión es de 35 l de diésel por cada 100 km.
 - Se supone que el precio del diésel es de 1,2 €/l.

$$2 \frac{\text{viajes}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{1 \text{ año}} * \frac{5 \text{ km}}{\text{viaje}} * \frac{35 \text{ l}}{100 \text{ km}} * \frac{1,2 \text{ €}}{\text{l}} = 1.533,00 \frac{\text{€}}{\text{año}} \quad (\text{Ec. 93})$$

- Sustrato sólido (debe realizarse un viaje cada 35 días):
Donde,
 - Se supone que el recorrido por viaje de la planta a la finca y viceversa es de 5 km.
 - Se supone que el consumo del camión bañera cilíndrica es de 35 l de diésel por cada 100 km.
 - Se supone que el precio del diésel es de 1,2 €/l.

$$\frac{1 \text{ viaje}}{35 \text{ días}} * 365 \frac{\text{días}}{1 \text{ año}} * \frac{5 \text{ km}}{\text{viaje}} * \frac{35 \text{ l}}{100 \text{ km}} * \frac{1,2 \text{ €}}{\text{l}} = 21,90 \frac{\text{€}}{\text{año}} \quad (\text{Ec. 94})$$

- Pala cargadora
Donde,
 - Se supone que el recorrido que realiza la pala cargadora, dentro de la planta, para transportar el sustrato sólido desde la zona de acopio hasta el tanque de ensilaje y, para otros posibles usos, es de 5 km al día.
 - Se supone que el consumo de la pala cargadora es de 30 l de diésel por cada 100 km.
 - Se supone que el precio del diésel es de 1,2 €/l.

$$1 \frac{\text{viaje}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{1 \text{ año}} * \frac{5 \text{ km}}{\text{viaje}} * \frac{35 \text{ l}}{100 \text{ km}} * \frac{1,2 \text{ €}}{\text{l}} = 766,5 \frac{\text{€}}{\text{año}} \quad (\text{Ec. 95})$$

- Materia prima:
 - Purín: Se considera viable la opción de que los propietarios de las fincas puedan deshacerse del residuo líquido (purín) de forma gratuita, y la planta de biogás se encargue del transporte, camión y mano de obra de la gestión. La normativa en este aspecto cada vez es más restrictiva en cuanto a la aplicación del purín, y se prevé que el Real Decreto 980/2017 sea sólo el comienzo de la restricción parcial, incluso total, en un futuro no muy lejano de los vertidos de residuos ganaderos al campo (sin haber sido procesados previamente y eliminados los componentes más tóxicos que se filtran al agua subterránea afectando notablemente su calidad).
La posibilidad de sanciones, económicas y penales, por vertido de purín, depende de la ordenanza municipal y, aunque en el municipio de Dos Torres esta normativa no existe actualmente, es una realidad en algunos municipios españoles de las provincias de Zamora, Salamanca o Asturias, entre otros.
Si la demanda de purín por parte de los propietarios fuese muy alta para su uso en la planta de biogás se propone una cuota anual de 50 € para los socios interesados.
Como se comenta en el siguiente punto, la mitad del compost generado en la planta corresponde, según el diseño de cálculo del presente

documento, a los propietarios de las explotaciones de forma proporcional a la cantidad de purín aportada, creando así una filosofía cooperativa “Win to Win” en la que ambas partes cooperan para solucionar un problema medioambiental obteniendo beneficios ambos.

- Aditivos y reguladores de pH: Se estima el coste de aditivos, adsorbentes, reguladores de pH y floculantes, entre otros en 5.000 €/año.

- Amortización de equipos:

Tal y como se muestra en la Tabla 91, se tiene en cuenta la amortización de equipos con plazo máximo de 14 años (elementos de transporte) o de 18 años (maquinaria).

- Coste de electricidad: El gasto correspondiente a generación de energía eléctrica se divide en costes fijos y costes variables (ambos se han tenido en cuenta en este apartado). La potencia eléctrica instalada es de 90,00 kW, mientras que el consumo eléctrico es de 22,65 kW, por lo que el excedente es de 67,35 kW (los ingresos por la energía eléctrica excedente vertida a red se detallan en el punto 5.1.2.2.INGRESOS).

En cogeneración con microturbinas, utilizando biogás, la generación de energía eléctrica y su consumo para utilizarla en planta es relativamente constante, y no varía de forma destacada como en otras tecnologías, por ejemplo, en fotovoltaica, donde la generación energética varía en gran medida dependiendo del mes y la franja horaria que exista en cada momento.

- Coste fijo (corresponde al coste asociado por kW instalado). Se ha supuesto un valor de 40 €/kW año:

$$40 \frac{\text{€}}{\text{kW año}} * 90 \text{ kW} = 3.600 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

- Coste variable (corresponde al peaje y al consumo energético):

El peaje y el consumo son costes que se acuerdan en el contrato con la comercializadora asociada. En el presente documento, se han supuesto estos valores en 0,04 y 0,07 €/kW correspondientemente. Es decir, el coste variable de energía eléctrica para una potencia de 90 kW es:

$$90 \text{ kW} * 24 \text{ h} * 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kW h}} * 365 \text{ días} = 86.724 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

COSTES VARIABLES

Mano de obra.....	100.800,00 €/año
Transporte sustrato líquido.....	1.405,25 €/año
Transporte sustrato sólido.....	602,25 €/año
Pala cargadora.....	120,45 €/año
Aditivos y reguladores de pH.....	5.000,00 €/año
Amortización de equipos. Año 1 a Año 12.....	48.743,54 €/año
Coste eléctrico total.....	90.324,00 €/año

TOTAL (PRIMER AÑO).....246.995,49 €/año

El total de los costes variables el año 1 es de **DOSCIENTOS CUARENTA Y SÉIS MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS CON CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.**

5.1.2.2.INGRESOS

- Por excedente de electricidad (según el punto 13. AUTOCONSUMO del presente documento):

$$90 \text{ kWe} * \frac{74,8}{100} = 67,32 \text{ kWe de excedente de electricidad}$$

Se supone el dato de la venta en la energía eléctrica en 0,06 €/kW

$$67,32 \text{ kW} * 24 \text{ h} * 0,06 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} * 365 \text{ días} = 35.383,40 \frac{\text{€}}{\text{año}} \quad (\text{Ec. 96})$$

- Venta de subproductos: Compost.

La cantidad generada de compost es de 12,55 m³/día

$$12,55 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} * \frac{1.000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} * \frac{0,6 \text{ kg}}{1 \text{ l}} * \frac{1 \text{ t}}{1000 \text{ kg}} = 2.748,45 \frac{\text{t compost}}{\text{año}}$$

De esta cantidad, la mitad del compost corresponde a los socios (de forma proporcional a su aporte de materias primas):

$$2.748,45 \frac{\text{t compost}}{\text{año}} * 0,5 = 1.374,23 \frac{\text{t compost}}{\text{año}}$$

Mientras que la otra mitad (vendido en sacos y a granel) genera el beneficio mostrado en las siguientes ecuaciones:

- ✓ Venta a granel (140 € por 1.000 kg de compost procesado de alta calidad)

$$687,11 \frac{\text{t compost}}{\text{año}} * \frac{140 \text{ €}}{1 \text{ t}} = 96.195,40 \frac{\text{€}}{\text{año}} \quad (\text{Ec. 97})$$

- ✓ Venta por sacos (7 € por 25 kg cada saco de compost procesado de alta calidad)

$$687,11 \frac{\text{t compost}}{\text{año}} * \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} * 1 \frac{\text{saco}}{25 \text{ kg}} * \frac{7 \text{ €}}{\text{saco}} = 192.390,80 \frac{\text{€}}{\text{año}} \quad (\text{Ec. 98})$$

INGRESOS

Excedente de electricidad.....35.383,40 €/año

Venta a granel.....96.195,40 €/año

Venta por sacos.....192.390,80 €/año

TOTAL (PRIMER AÑO).....323.969,60 €/año

El total de los costes variables el año 1 es de **TRESCIENTOS VEINTITRÉS MIL NOVECIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS.**

5.2.INVERSIÓN

Se trabaja con los parámetros de economía VAN, TIR y PAYBACK:

VAN (Valor Actual Neto)

“Es una cantidad monetaria, que refleja la diferencia entre el valor actual de los cobros menos el valor actualizado de los pagos; es decir, es el valor de todos los flujos de caja esperados referido a un mismo momento del tiempo. En términos generales se puede interpretar el VAN del modo siguiente: $VAN > 0 \Rightarrow$ Que la empresa genera beneficio $VAN = 0 \Rightarrow$ No hay beneficio ni pérdidas, aunque se pierde el tiempo. $VAN < 0 \Rightarrow$ hay pérdidas en la empresa, además de perder el tiempo. Se deberá rechazar cualquier inversión cuyo VAN sea negativo ya que descapitaliza la empresa. Entre varios proyectos se elegirá aquel que tenga el VAN positivo sea superior. La tasa de descuento aplicable puede ser constante en el tiempo o variable y es función del tipo de interés del mercado, el riesgo del sector, así como el del negocio [24].”

TIR (Tasa Interna de Retorno)

“La tasa de rendimiento interno, tasa interna de rentabilidad o tasa de retorno "r" es el tipo de actualización que iguala a 0 el VAN.

Para saber si un proyecto de inversión es conveniente o no, se deberá comparar la tasa interna de rendimiento (T.I.R.) del proyecto con el tipo de interés vigente en el mercado. Si la diferencia es positiva se puede llevar a cabo el proyecto (siempre que se tenga encuentra el factor riesgo). Si la diferencia es negativa significa que con los flujos generados no se puede hacer frente ni siquiera al coste del capital (al pago de los intereses por el uso de unos recursos financieros que se han tomado prestados) [24].”

PAYBACK (Plazo de recuperación)

“Es el periodo temporal que se tarda en recuperar el desembolso originado por el proyecto de inversión. Es el resultado de dividir la inversión total por los beneficios anuales. En el caso de que estos sean constantes es la inversa de la rentabilidad simple. A igualdad de riesgo, las mejores inversiones serán aquellas que presenten un plazo de recuperación menor [24].”

El cálculo de la inversión del presupuesto del TFG se ha realizado teniendo en cuenta lo siguiente:

GASTOS (Tabla 92.PAYBACK):

- En la primera columna, se muestra los 25 de años de vida útil de la planta de cogeneración con biogás a partir de purín de vaca. Se considera que el año 1 comienza el 1 de Enero de 2021.
- En la segunda columna, por un lado, en la zona superior se muestra la cuantía de los costes fijos (incluye adquisición del terreno, equipos y obra civil) y el depósito de garantías (representados con un signo negativo por tratarse de gastos). Por otro lado, se muestra el coste asociado a la mano de obra, con un incremento de un 1% cada año, basado en el Índice de Precios de Consumo (IPC).
- En la tercera columna, se muestra la cuantía referida a los costes de transporte con el camión cisterna. Este valor (al variar del precio del combustible diésel) se ha calculado con un incremento de un 3% cada año.
- En la cuarta columna, se muestra la cuantía referida a los costes de transporte con el camión con bañera cilíndrica. Este valor (al variar del precio del combustible diésel) se ha calculado con un incremento de un 3% cada año.
- En la quinta columna, se muestra la cuantía referida a los costes de transporte con la pala cargadora. Este valor (al variar del precio del combustible diésel) se ha calculado con un incremento de un 3% cada año.
- En la sexta columna, se muestra la cuantía referida a los aditivos que se deben añadir en el proceso. Este valor se ha calculado con un incremento de un 3% cada año.
- En la séptima columna, se muestra el coste de la amortización de los equipos (detallado en la Tabla 91 “Cálculo amortización de los equipos”, en la que se tiene en cuenta si los equipos pertenecen al grupo de maquinaria o elementos transporte) diferenciándolos en grupos de amortización de 14 años (elementos de transporte) y de 18 años (maquinaria). Conforme se van amortizando los diferentes equipos se van incrementando los ingresos.
- En la octava columna, se tiene en cuenta el coste eléctrico (costos fijos y variables de la energía eléctrica anual).
- En la novena columna, se suman todos los gastos correspondientes a las columnas dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete y ocho.

INGRESOS (Tabla 92.PAYBACK):

- En la décima columna, se muestra la cuantía referente al ingreso de la energía eléctrica excedente inyectada en red. Su valor aumenta en un 3% cada año.
- En la undécima columna, se muestra la cuantía referente al ingreso de la venta a granel del compost obtenido tras el proceso de digestión anaerobia. Su valor aumenta en un 3% cada año.
- En la duodécima columna, se muestra la cuantía referente al ingreso de la venta en sacos de 25 kg del compost obtenido tras el proceso de digestión anaerobia. Su valor aumenta en un 3% cada año.

- En la decimotercera columna, se muestra la cuantía referente al sumatorio de ingresos obtenidos en las columnas diez, once y doce.
- En la decimocuarta columna, se muestra la diferencia entre gastos (columna octava) e ingresos (columna duodécima). En esta columna se calcula el valor del coeficiente VAN (con una tasa de 10 %).
- En la decimoquinta columna, se muestra, por un lado, en la parte superior, el valor del TIR (12 %) y del VAN a 25 años (247.152,96 €). Por otra parte, se muestra la diferencia de ingresos y gastos, partiendo del coste fijo y depósito de garantías (-992.140,41 €). Se alcanza el PAYBACK en el año 10, por lo que desde ese año hasta el año 25 son de ganancias.

Los valores obtenidos en el VAN, la TIR y el PAYBACK en la Tabla 92. “VAN, TIR y PAYBACK” se han calculado de la siguiente manera:

- VAN

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

$$VAN = -992.140,41 + \left(\frac{76.780,66}{1+0,1} + \frac{84.368,87}{(1+0,1)^2} + \frac{90.398,87}{(1+0,1)^3} + \dots + \frac{315.534,95}{(1+0,1)^{25}} \right) = 247.152,96$$

- TIR

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_T}{(1+i)^T} = 0$$

$$0 = -992.140,41 + \left(\frac{76.780,66}{1+i} + \frac{84.368,87}{(1+i)^2} + \frac{90.398,87}{(1+i)^3} + \dots + \frac{315.534,95}{(1+i)^{25}} \right)$$

$$TIR = 12 \%$$

- PAYBACK: A los 10 años se ha recuperado la inversión inicial realizada.

EL PROYECTO ES VIABLE

$VAN > 0$

$TIR: 12 \% > 10 \%$

Tabla 95. Cálculo amortización de los equipos. Fuente: Elaboración propia.

AMORTIZACIÓN DE EQUIPOS											
CODIGO	CONCEPTO	IMPORTE	%	P.P.	DOTACION AÑO1 a AÑO12	DOTACIÓN AÑO13	DOTACION AÑO14 a AÑO16	DOTACION AÑO17	DOTACION AÑO18 a AÑO25		
GRUPO 2	OBRA CIVIL	502.788,60	4%	1,00	20.111,54	20.111,54	20.111,54	20.111,54	20.111,54	CENTRAL RENOVABLE	TIEMPO MÁX AMORTIZ 30 AÑOS. COJO 25 AÑOS VIDA PROYECTO
	TOTAL OBRA CIVIL	502.788,60			20.111,54	20.111,54	20.111,54	20.111,54	20.111,54		
GRUPO 2	AGITADOR	3.200,00	6%	1,00	192,00	192,00	192,00	128,00	0,00	MAQUINARIA	COMO MÁXIMO 18 AÑOS
GRUPO 2	BOMBA1	1.250,00	6%	1,00	75,00	75,00	75,00	50,00	0,00	MAQUINARIA	COMO MÁXIMO 18 AÑOS
GRUPO 2	BOMBA2	850,00	6%	1,00	51,00	51,00	51,00	34,00	0,00	MAQUINARIA	COMO MÁXIMO 18 AÑOS
GRUPO 2	BOMBA3	850,00	6%	1,00	51,00	51,00	51,00	34,00	0,00	MAQUINARIA	COMO MÁXIMO 18 AÑOS
GRUPO 2	CAMIÓN	80.000,00	8%	1,00	6.400,00	3.200,00	0,00	0,00	0,00	ELEMENTOS TRANSPORTE	COMO MÁXIMO 14 AÑOS
GRUPO 2	BAÑERA	24.000,00	8%	1,00	1.920,00	960,00	0,00	0,00	0,00	ELEMENTOS TRANSPORTE	COMO MÁXIMO 14 AÑOS
GRUPO 2	PALA CARGADOR	22.000,00	8%	1,00	1.760,00	880,00	0,00	0,00	0,00	ELEMENTOS TRANSPORTE	COMO MÁXIMO 14 AÑOS
GRUPO 2	ÓSMOSIS INVERSA	21.000,00	6%	1,00	1.260,00	1.260,00	1.260,00	840,00	0,00	MAQUINARIA	COMO MÁXIMO 18 AÑOS
GRUPO 2	ANTORCHA	9.120,00	6%	1,00	547,20	547,20	547,20	364,80	0,00	MAQUINARIA	COMO MÁXIMO 18 AÑOS
GRUPO 2	MICROTURBINA	154.230,00	6%	1,00	9.253,80	9.253,80	9.253,80	6.169,20	0,00	MAQUINARIA	COMO MÁXIMO 18 AÑOS
GRUPO 2	FILTRO PEROC	15.200,00	6%	1,00	912,00	912,00	912,00	608,00	0,00	MAQUINARIA	COMO MÁXIMO 18 AÑOS
GRUPO 2	DESHUMIDIFICADOR	23.000,00	6%	1,00	1.380,00	1.380,00	1.380,00	920,00	0,00	MAQUINARIA	COMO MÁXIMO 18 AÑOS
GRUPO 2	INTERCAMBIADOR DE CALOR	4.500,00	6%	1,00	270,00	270,00	270,00	180,00	0,00	MAQUINARIA	COMO MÁXIMO 18 AÑOS
GRUPO 2	GASÓMETRO	38.500,00	6%	1,00	2.310,00	2.310,00	2.310,00	1.540,00	0,00	MAQUINARIA	COMO MÁXIMO 18 AÑOS
GRUPO 2	COMPRESOR	3.500,00	6%	1,00	210,00	210,00	210,00	140,00	0,00	MAQUINARIA	COMO MÁXIMO 18 AÑOS
GRUPO 2	SEPARADOR DE G/FASES	18.500,00	6%	1,00	1.110,00	1.110,00	1.110,00	740,00	0,00	MAQUINARIA	COMO MÁXIMO 18 AÑOS
GRUPO 2	ACCESORIOS Y OTROS EQUIPOS	15.500,00	6%	1,00	930,00	930,00	930,00	620,00	0,00	MAQUINARIA	COMO MÁXIMO 18 AÑOS
	TOTAL EQUIPOS	435.200,00			28.632,00	23.592,00	18.552,00	12.368,00	0,00		
TOTAL AMORTIZACIÓN		937.988,60			48.743,54	43.703,54	38.663,54	32.479,54	20.111,54		

Tabla 96. VAN, TIR y PAYBACK. Fuente: Elaboración propia.

COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3	COLUMNA 4	COLUMNA 5	COLUMNA 6	COLUMNA 7	COLUMNA 8	COLUMNA 9	COLUMNA 10	COLUMNA 11	COLUMNA 12	COLUMNA 13	COLUMNA 14	COLUMNA 15
AÑO	GASTOS								INGRESOS				RESULTADO	PAYBACK (incluyendo Inversión inicial)
	COSTES FIJOS y DEPÓSITO DE GARANTÍAS													TIR=12%
	-978860,41													VAN (25 años): 247.152,96 €
	-13.280,00													
	TRANSPORTE													
0	MANO DE OBR C. CISTERNA	C. BAÑERA	PALA CARGAD	ADITIVOS	AMORTIZACIÓN EQUIPOS	COSTE ELÉCTRICO	TOTAL GASTOS		VENTA ELECTRICI	VENTA GRANEL	VENTA SACOS	TOTAL INGRESOS	-992.140,41	-992.140,41
1	-100.800,00	-1.533,00	-21,9	-766,5	-5.000,00	-48.743,54	-90.324,00	-247.188,94	35.383,40	96.195,40	192.390,80	323.969,60	76.780,66	-915.359,75
2	-101.808,00	-1.578,99	-22,56	-789,50	-5.150,00	-48.743,54	-91.227,24	-249.319,82	36.444,90	99.081,26	198.162,52	333.688,69	84.368,87	-830.990,88
3	-102.826,08	-1.626,36	-23,23	-813,18	-5.304,50	-48.743,54	-93.964,06	-253.300,95	37.538,25	102.053,70	204.107,40	343.699,35	90.398,40	-740.592,49
4	-103.854,34	-1.675,15	-23,93	-837,58	-5.463,64	-48.743,54	-96.782,98	-257.381,15	38.664,40	105.115,31	210.230,62	354.010,33	96.629,18	-643.963,31
5	-104.892,88	-1.725,41	-24,65	-862,70	-5.627,54	-48.743,54	-99.686,47	-261.563,19	39.824,33	108.268,77	216.537,54	364.630,64	103.067,45	-540.895,86
6	-105.941,81	-1.777,17	-25,39	-888,58	-5.796,37	-48.743,54	-102.677,06	-265.849,92	41.019,06	111.516,83	223.033,67	375.569,56	109.719,63	-431.176,23
7	-107.001,23	-1.830,48	-26,15	-915,24	-5.970,26	-48.743,54	-105.757,37	-270.244,28	42.249,63	114.862,34	229.724,68	386.836,64	116.592,37	-314.583,86
8	-108.071,24	-1.885,40	-26,93	-942,70	-6.149,37	-48.743,54	-108.930,10	-274.749,28	43.517,12	118.308,21	236.616,42	398.441,74	123.692,47	-190.891,40
9	-109.151,96	-1.941,96	-27,74	-970,98	-6.333,85	-48.743,54	-112.198,00	-279.368,02	44.822,63	121.857,45	243.714,91	410.395,00	131.026,97	-59.864,42
10	-110.243,48	-2.000,22	-28,57	-1.000,11	-6.523,87	-48.743,54	-115.563,94	-284.103,72	46.167,31	125.513,18	251.026,36	422.706,85	138.603,13	78.738,70
11	-111.345,91	-2.060,22	-29,43	-1.030,11	-6.719,58	-48.743,54	-119.030,86	-288.959,66	47.552,33	129.278,57	258.557,15	435.388,05	146.428,40	225.167,10
12	-112.459,37	-2.122,03	-30,31	-1.061,02	-6.921,17	-48.743,54	-122.601,78	-293.939,22	48.978,90	133.156,93	266.313,86	448.449,69	154.510,47	379.677,57
13	-113.583,96	-2.185,69	-31,22	-1.092,85	-7.128,80	-43.703,54	-126.279,84	-294.005,90	50.448,27	137.151,64	274.303,28	461.903,18	167.897,28	547.574,85
14	-114.719,80	-2.251,26	-32,16	-1.125,63	-7.342,67	-38.663,54	-130.068,23	-294.203,30	51.961,72	141.266,19	282.532,38	475.760,28	181.556,98	729.131,83
15	-115.867,00	-2.318,80	-33,13	-1.159,40	-7.562,95	-38.663,54	-133.970,28	-299.575,09	53.520,57	145.504,17	291.008,35	490.033,09	190.458,00	919.589,83
16	-117.025,67	-2.388,36	-34,12	-1.194,18	-7.789,84	-38.663,54	-137.989,39	-305.085,10	55.126,18	149.869,30	299.738,60	504.734,08	199.648,98	1.119.238,81
17	-118.195,93	-2.460,01	-35,14	-1.230,01	-8.023,53	-32.479,54	-142.129,07	-304.553,23	56.779,97	154.365,38	308.730,76	519.876,10	215.322,87	1.334.561,68
18	-119.377,89	-2.533,82	-36,20	-1.266,91	-8.264,24	-20.111,54	-146.392,94	-297.983,52	58.483,37	158.996,34	317.992,68	535.472,39	237.488,86	1.572.050,54
19	-120.571,67	-2.609,83	-37,28	-1.304,91	-8.512,17	-20.111,54	-150.784,73	-303.932,13	60.237,87	163.766,23	327.532,46	551.536,56	247.604,43	1.819.654,97
20	-121.777,38	-2.688,12	-38,40	-1.344,06	-8.767,53	-20.111,54	-155.308,27	-310.035,31	62.045,01	168.679,22	337.358,43	568.082,65	258.047,34	2.077.702,32
21	-122.995,16	-2.768,77	-39,55	-1.384,38	-9.030,56	-20.111,54	-159.967,52	-316.297,48	63.906,36	173.739,59	347.479,19	585.125,13	268.827,66	2.346.529,98
22	-124.225,11	-2.851,83	-40,74	-1.425,92	-9.301,47	-20.111,54	-164.766,54	-322.723,15	65.823,55	178.951,78	357.903,56	602.678,89	279.955,74	2.626.485,71
23	-125.467,36	-2.937,39	-41,96	-1.468,69	-9.580,52	-20.111,54	-169.709,54	-329.317,00	67.798,25	184.320,33	368.640,67	620.759,25	291.442,26	2.917.927,97
24	-126.722,03	-3.025,51	-43,22	-1.512,75	-9.867,93	-20.111,54	-174.800,83	-336.083,81	69.832,20	189.849,94	379.699,89	639.382,03	303.298,22	3.221.226,19
25	-127.989,25	-3.116,27	-44,52	-1.558,14	-10.163,97	-20.111,54	-180.044,85	-343.028,54	71.927,17	195.545,44	391.090,88	658.563,49	315.534,95	3.536.761,14