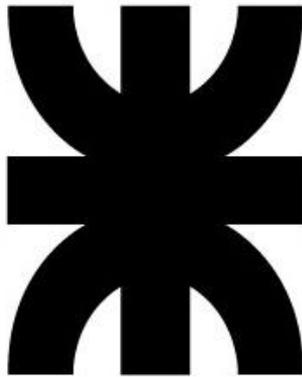


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL DE NEUQUEN

INGENIERIA QUIMICA



PROYECTO FINAL

“Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos”

Alumna: Marianela Yohana Antiñir
Legajo: 2140
Profesor: Ing. Horacio Spesot
JTP: Ing. Ezequiel Krumrick

NEUQUEN – ARGENTINA
-2022-

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 1 de 99

Contenido

1- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
2-ESTUDIO DE MERCADO	5
2. 1- Mercado consumidor: Criadero el Amanecer	5
2.2 - Potenciales establecimientos porcinos a nivel regional y nacional:	5
2. 3 - Plantas de Biogás instaladas en Argentina:.....	9
2.4 – Estudio de la demanda de energía:	9
2.5- Potencia requerida en el establecimiento:	11
2.6- Producción de biogás estimada:.....	13
Análisis FODA:.....	14
3-DESCRIPCION DEL PROCESO ANAEROBIO:	15
4-DESCRIPCION Y DIAGRAMA DEL PROCESO	22
5- BALANCE DE MATERIA	24
5-1 Balance en el tanque de recepción TK - 01:.....	24
5-2 Balance por equipo: Biodigestores	25
5-1.2 Balance de la fracción gaseosa:	26
Modelo matemático para la digestión anaerobia.....	26
5-1.2 Simulación con el programa FlexPDE versión 6.5:.....	29
6- BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO DE BIOGÁS	33
7- P&ID's	40
8- LAY OUT	42
9-SEGURIDAD DE LA PLANTA	48
9.1-Identificación De Riesgos Potenciales Y Mitigación De Los Mismos	48
9.2-Medidas de Protección	49
9.3-Plan de Respuesta Ante emergencia.....	50
10 – INGENIERIA DE DETALLE	57
10.1-Equipo N°1: Biodigestor R-01 A/B	57
10.1.1-Diseño Del Biodigestor	58
10.1.2-Selección De Soplador	65
10.1.3-Selección Del Agitador.....	67
10.2-Equipo N°2: Intercambiador De Calor E-01	69
11 – ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	70
11.1-Characterizar De Acuerdo A El Decreto 2656/99 De La Provincia Del Neuquén El Tipo De Estudio Que Correspondería Ejecutar	70
11.2- Proyecto.....	70
11.2.1- Ubicación del proyecto.....	70
11.2.2 - Recursos demandados. Tipos y cuantificación.....	71
11.2.3 - Efluentes del proyecto	71
11.2.3.1- Emisiones	71
11.2.3.2- Vertidos.....	71
11.2.3.3- Residuos.....	72
11.3 - Identificación Y Valoración De Los Impactos.....	72
11.3.1- Identificación de impactos.....	72
11.3.1.1- Árbol de acciones	72

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 2 de 99

11.3.1.2- Factores	73
11.3.1.3- Identificación de impactos	73
11.3.2- Valoración de los impactos Operativos	75
11.3.2.1- Cálculo de la Importancia	75
11.3.3- Impactos por Contingencias	80
11.3.3.1- Estimación de los riesgos	80
11.4 - Declaración De Impacto Ambiental.....	83
11.4.1- Impactos Operativos	83
11.4.2 Impactos por Contingencias.....	85
11.5 - Plan De Gestión Ambiental	86
12- ANALISIS ECONOMICO – FINANCIERO	87
12.1- Balance De Materia	87
12.2- Balance De Energía.....	87
12.3- Inversión	88
12.4- Egresos.....	89
12.5- Ingresos	91
12.6- Amortizaciones	91
12.7- Flujo De Caja	92
12.8- Punto De Equilibrio	93
12.9-Conclusión	95
12.10- Estudio De Sensibilidad	96
13 – ANEXOS	99
13.1 Plano P&ID	99
13.2 Memoria de cálculo de Intercambiador de calor E-01(incluye data sheet).....	99
13.3.1 Plano de detalle INTERCAMBIADOR DE CALOR I – Setting Plan.....	99
13.3.2 Plano de detalle INTERCAMBIADOR DE CALOR – Tubesheet lay out	99
13.4.1Plano de detalle BIODIGESTOR Parte I - General	99
13.4.2 Plano de detalle BIODIGESTOR Parte II - Chapas.....	99
13.4.3 Plano de detalle BIODIGESTOR Parte III - Conexiones	99

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos		Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 3 de 99

1- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto consiste en la instalación de una planta productora de biogás, que estará destinada al tratamiento de los purines de cerdo provenientes de la granja “El Amanecer” ubicada en la ciudad de Cutral C6 a orillas de la ruta 17. La Planta de biogás será instalada en cercanías de la granja debido a que el efluente no puede transportarse a largas distancias.

El biogás producido, una vez acondicionado, será utilizado en la generación de electricidad la cual estará destinada a cubrir los requerimientos energéticos del establecimiento porcino como así también los de la propia planta de biogás. Y el efluente líquido estabilizado será utilizado para riego del campo aledaño.

Acerca del criadero:

“Granja El Amanecer” se encuentra asentada en zona libre de aftosa sin vacunación en un predio de 40 ha con una superficie cubierta de 18.000 mt². Cuenta una capacidad de 1700 madres, y una población de cerdos entre 18.000-20.000 animales, produciendo anualmente 2.500.000 kg. de carne de cerdo destinada al abastecimiento de la Patagonia Argentina y ampliando el mercado al resto del país.

Al momento de iniciar con la actividad de la cría de cerdos se contaba con 80 madres traídas de Córdoba, al día de la fecha se tienen 1700 madres en criadero tipo “espejo” y la empresa es líder en la Patagonia, cuenta con genética propia, se realiza la cría, el faenamiento, la comercialización de carne fresca y congelada, envasada al vacío, en forma de embutidos o fiambres.

El sistema adoptado para la cría de los animales es “en confinamiento”, los corrales y jaulas se encuentran en galpones con pisos enrejillados. La reproducción es mediante inseminación artificial, para lo cual se cuenta con un laboratorio. La base de la alimentación son los cereales. La demanda diaria de agua es de 200.000 Lt. El frigorífico tiene una capacidad de faenamiento de 40 animales/hora. La cría se realiza bajo techo con temperatura controlada y esta monitoreado las 24 hs. el galpón se divide en diferentes sectores, según la etapa:

- Gestación: (110 días de gestación) en este sector se encuentran las nuríparas, son las cachorras nuevas que, al tercer celo, aproximadamente a los 115 kg entran en servicio.
- Cerdas destetadas: se les dá mucha comida para que entren en celo y luego ser inseminadas. Los lechones destetados pasan a las pistas de desarrollo con 70 kg.
- Terminación: ingresan a esta etapa con 60-70 kg y se van con 105 kg a la etapa de Faena, aproximadamente a los 155 días.
- Padrillos: tienen entre 2 y 2 ½ años. Se les extrae y analiza la calidad de eyecciones.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 4 de 99

La alimentación es a base de maíz, pellets, porotos de soja, afrechillo de trigo y vitaminas, para lo cual se cuenta con una Planta de balanceado para procesar el alimento, a razón de 5.000 kg/h.

Con la producción actual es posible abastecer a toda la Patagonia y distribuye, además, en la pcia de Buenos Aire. el frigorífico se divide en sectores: cámara de oreo, cámara de expedición, sector con maquina embutidora y picadora de carne (capacidad: 2.000 kg/h), máquinas de fabricación nacional: mezcladora, envasadora, descueriadora, entre otras.

Justificación:

La granja de porcinos genera grandes cantidades de residuos orgánicos que son descargados como efluentes en lagunas linderas a los galpones; estas no poseen las características de diseño adecuado en cuanto a aislación, capacidad, tiempos de retención y control de calidad del efluente para alcanzar la remoción de materia orgánica degradable, afectando negativamente al suelo, al aire y al agua. Además, emiten malos olores que afectan la calidad de vida de los habitantes que residen en las cercanías.

Este proyecto representa una propuesta y un cambio de conciencia para valorizar los residuos y demostrarle a la comunidad que se poseen diversas fuentes de energía renovables, disponibles y libres para ser utilizadas. Esto además permite la transferencia de conocimientos y tecnología que puede ser replicada en toda la zona.

La generación y uso del biogás como fuente de energía renovable no solo resuelve un problema ambiental, sino que le permite a la instalación agrícola un ahorro económico al volverse autosustentable en energía eléctrica y además inyectar el excedente de energía a la red de distribución obteniendo un beneficio económico. Otro beneficio colateral, no menos importante, es la venta del digerido para nutrir cultivos de diversos tipos.

En este proyecto solo se considera la producción de biogás para el estudio de factibilidad de la planta.



Figura 1- Fotografía aérea de la granja “el Amanecer”. Fuente: Google Maps 2022

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos					
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 5 de 99

2-ESTUDIO DE MERCADO

2. 1- Mercado consumidor: Criadero el Amanecer

El establecimiento genera 150 m³/día de efluentes con gran contenido de líquidos que son depositados en lagunas. El desecho del criadero no se acumula en los corrales debido al enrejillado situado a 50 cm del piso, y consiste en agua, restos de alimento, y el purín.

2.2 - Potenciales establecimientos porcinos a nivel regional y nacional:

El organismo encargado de regular el sector agroindustrial en la Argentina es el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria dependiente del Ministerio de Agroindustria de la Nación, conocido comúnmente como SENASA. Este se encuentra organizado por centros regionales a lo largo del país. Las provincias de Rio Negro y Neuquén conforman el sector denominado “Patagonia Norte”.

Los establecimientos declarados oficialmente durante el año 2021 en la Patagonia Norte son 518, de los cuales 164 corresponden a la provincia de Neuquén y la cantidad de cabezas declaradas es de 9171 según el anuario estadístico.

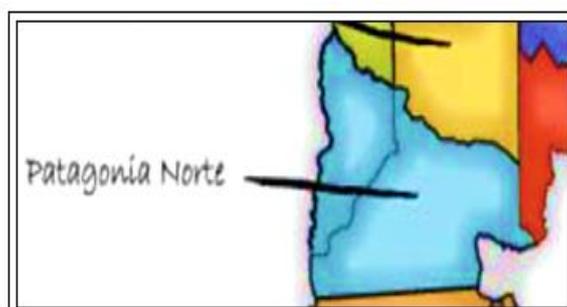


Figura 2-Patagonia Norte

Según estadísticas realizadas por el SENASA, desde el 2011 hasta 2021 la cantidad de establecimiento porcino fue variando a través de los años. (Gráfico N° 1).

Años	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Establecimientos	806	926	939	956	1043	1081	1111	1130	1125	612	518

Tabla N.º 1

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 6 de 99

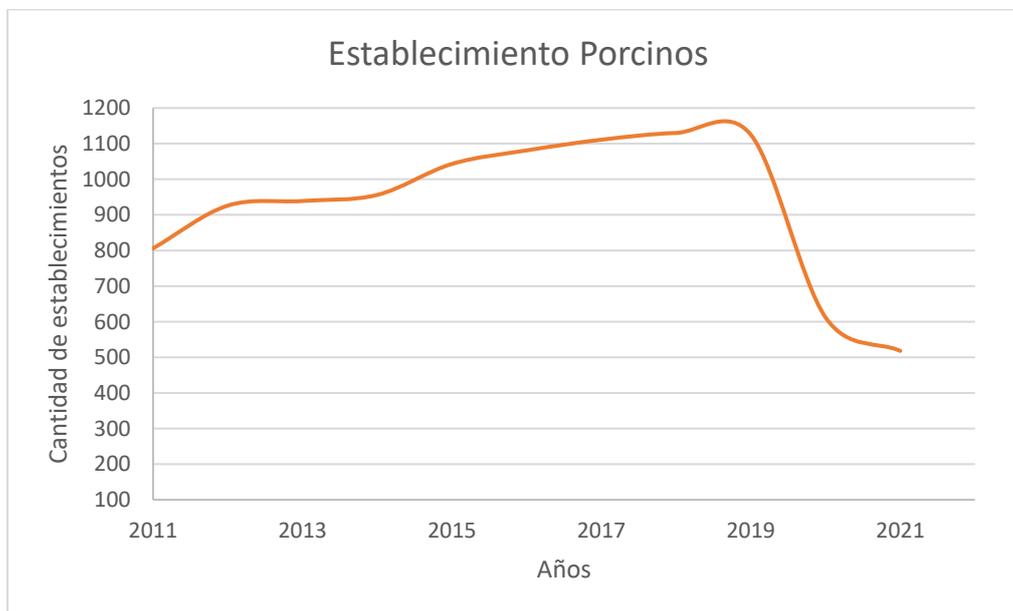


Gráfico N°1. Fuente: SENASA

La disminución de establecimientos se debe a que en el año 2020 se realizó un análisis del proceso de reinscripción anual obligatorio al Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios (Renspa) en la región patagónica.

Así, a septiembre de 2020, se detectó que una gran cantidad de Unidades Productivas con existencias de animales no contaban con registros de reinscripciones ante el Renspa en los últimos tres o más años, ni presentaban actividad alguna.

Existencias porcinas en la región Patagonia norte:

A continuación, se presenta la cantidad de cabezas declaradas durante los últimos 10 años.

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Cab. declaradas	26479	28198	35971	41083	53766	53937	53301	54608	50672	38437	38613

Tabla N° 2.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 7 de 99

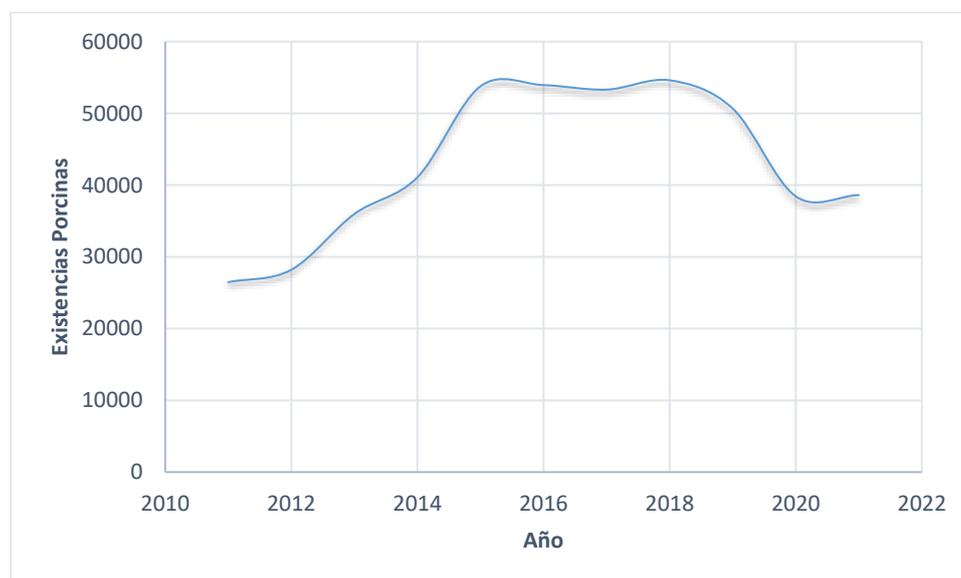


Gráfico N°2. Fuente: SENASA

Según SENASA en el año 2021 la cantidad de existencias declaradas es de 38.613. Por lo que se puede decir que si bien los establecimientos son menores la cantidad de existencias porcinas declaradas tienen una gran variación durante los últimos años.

La gran cantidad de existencias porcinas trae asociado gran cantidad de efluentes agrícolas que deben ser correctamente tratados para no perjudicar el medio ambiente. Lo que significa una buena oportunidad para la generación y el aprovechamiento energético, brindando al productor beneficios ambientales, sociales y empresariales.

Situación actual y perspectivas del sector porcino en Argentina.

A continuación, se muestra una tabla con la evolución anual de los indicadores publicada en el anuario porcino 2021 por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina, donde se tiene en cuenta la producción, exportaciones e importación y el consumo de porcinos durante los últimos 10 años.

 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantini@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot
Versión: Fecha:10/10/2022		Página 8 de 99	

Evolución anual de los indicadores								
AÑO	FAENA TOTAL (cabezas)	PRODUCCIÓN (Tn, Eq, Res)	IMPORTACIONES (Tn)	IMPORTACIONES (Miles U\$S)	EXPORTACIONES (Tn)	EXPORTACIONES (Miles U\$S)	CONSUMO (Tn)	CONSUMO PER CÁPITA (Kg/hab/año)
2011	3.433.378	300.663	54.973	164.592	5.377	8.124	350.370	8,64
2012	3.818.758	331.000	30.604	102.815	6.968	12.782	354.636	8,56
2013	4.805.499	416.442	16.794	62.360	6.430	11.452	426.806	10,40
2014	5.110.083	442.025	8.929	8.031	7.568	11.880	443.386	10,65
2015	5.523.715	484.198	12.279	37.604	8.316	4.543	487.323	11,43
2016	5.861.105	502.036	29.743	83.619	11.903	13.213	534.625	12,33
2017	6.325.079	554.364	38.776	127.762	14.581	22.524	596.782	13,73
2018	6.653.088	588.368	44.622	119.339	23.228	38.940	628.332	14,11
2019	6.747.243	610.326	33.989	87.210	25.414	42.307	655.372	14,15
2020	7.006.091	655.382	22.497	69.115	41.345	70.284	650.578	14,34
2021	7.484.270	695.939	41.744	119.382	30.121	54.554	726.413	15,86

Nota: Datos provisorios sujetos a modificaciones. Importaciones y Exportaciones expresadas en Tn Peso Producto. Consumo Aparente: Producción (Eq res)+Importaciones (Eq res)-Exportaciones (Eq res). Consumo Per Cápita: Consumo Aparente/Población

Tabla N°3. Fuente: Anuario Porcino 2021. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Argentina

De los datos de la tabla, se puede decir que la producción de cerdos en Argentina aumento considerablemente a través de los años. Este incremento en el volumen de producción está asociado al aumento de la eficiencia de producción y la competitividad frente a las carnes sustitutas y fundamentalmente a la demanda del consumo interno y en especial al fuerte incremento en el consumo de carne fresca en relación a los chacinados.

El Sector Porcino en Argentina se mantiene en crecimiento, lo que implica una gran oportunidad para tratar los efluentes producidos por esta actividad agrícola permitiéndoles a los productores una mayor eficiencia productiva y competitividad.

Ley N° 27.424:

En el año 2018 se reglamentó la Ley N° 27.424 de Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública. Esta norma permite que mediante la instalación de Equipos de Generación Distribuida los usuarios puedan generar energía eléctrica para el autoconsumo e inyectar los excedentes a la red de distribución, en escala residencial y comercial/industrial.

La Ley de Generación Distribuida de fuentes de energía renovables prevé que los usuarios puedan generar electricidad en el punto de consumo, reduciendo el gasto en las facturas de electricidad.

De esta forma, la energía que no sea utilizada, podrá ser inyectada a la red de distribución para ser consumida por otros usuarios. A partir de la aplicación de la ley, los usuarios podrán obtener un ahorro económico en su consumo de energía eléctrica, se contribuirá a la reducción de pérdidas en el sistema eléctrico interconectado, y a la protección ambiental por las menores emisiones de CO2.

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 9 de 99

La generación distribuida puede ser implementada en hogares residenciales, pymes e industrias, logrando una importante reducción de costos asociados al consumo de energía eléctrica. De esta forma, esta nueva modalidad de generación incrementa la eficiencia en los procesos productivos y alienta la creación de puestos de trabajo calificados mediante la instalación de equipos de generación distribuida.

2.3 - Plantas de Biogás instaladas en Argentina:

No sería adecuado para nosotros hablar de competencia, ya que es inexistente en la región Patagonia Norte, la finalidad es brindar solución a una problemática que se acrecienta en la zona, e incentivar esta actividad con el beneficio de aportarle un ingreso, con el que antes no contaba, al productor.

Es importante mencionar que gracias a la asistencia del INTI y otros organismos gubernamentales existen en el país y se desempeñan eficientemente algunas plantas de gran escala para el tratamiento de residuos orgánicos, tales como:

-**Las Camelias S.A. (Ente Ríos):** empresa avícola que genera 150 m³/h de gas para el autoconsumo permitiendo un ahorro significativo en el gas consumido por la planta, con lo que sería posible abastecer a 800 hogares con un consumo promedio/día.

- **Yanquetruz (San Luis):** tiene una capacidad instalada de procesamiento diario de 150 m³ de purín cerdo, con lo que es posible obtener 23.758 Kwh/día asegurando la disponibilidad de energía térmica y eléctrica del criadero.

2.4 – Estudio de la demanda de energía:

La demanda de energía del establecimiento consiste en energía eléctrica para refrigeración, mantenimientos de las condiciones climáticas, iluminación, ventilación y otros; y energía térmica para calefacción y agua caliente principalmente.

La energía eléctrica utilizada se puede diferenciar en tres partes:

- a. Para la producción: tiene en cuenta la energía eléctrica para mantenimiento de las condiciones climáticas principalmente en las etapas de gestación y recría. Para la alimentación automatizada, iluminación en general, ventilación y usos en mantenimiento.
 - b. Para la planta de alimento balanceado: equipos utilizados para procesar los diferentes granos.
 - c. Para el frigorífico: refrigeración, maquinas cortadoras, envasadoras, etc.
- a) Energía eléctrica para la producción.

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 10 de 99

La cría de cerdos estabulados requiere energía eléctrica para lograr una zona de confort térmico debido a que estos animales son muy sensibles a los cambios de temperatura. Para las diferentes etapas de producción se cuenta con salas de maternidad, recría y engorde que están debidamente acondicionadas. En la sala de maternidad la energía es utilizada para mantener la temperatura optima por medio de lámparas de calor eléctricas. En la recría el mayor gasto energético se da por la calefacción y la ventilación. Por último, en las salas de engorde la ventilación representa el mayor consumo de energía.

A continuación, se presenta el consumo mensual de energía por cerdo según la etapa, para ello se tuvo en cuenta que la producción de cerdos que tiene el establecimiento es alrededor de 3000 cerdos al mes:

Concepto	KWh/cerdo	cerdos	KWh
Lámparas eléctricas en nidos cerrados (Maternidad)	0,50	3300	1.650
luz (recría)	0,17	3000	510
Calefacción(recría)	0,63	3000	1.890
Ventilación(recría)	0,07	3000	210
Ventilación(engorde)	0,60	9000	5.400
Total			9.660

Tabla 4: consumos de energía por cerdos. Fuente: Datos de la provincia de la pampa.

A este consumo de energía se le debe sumar la cantidad de energía consumida para la iluminación, mantenimiento del establecimiento y la utilizada en la oficina, los cuales se muestran en las tablas siguientes:

Otros consumos	KW	cantidad	horas	días	KWh
luz de galpón(8 tubos)	0,105	2	12	30	75,6
bombas (2) 1hp	0,75	2	4	30	180
hidrolavadora (2 hp)	1,5	1	4	30	180
Total					435,6

Tabla 5 de consumos. Fuente: Datos de la provincia de la pampa.

	KW	cantidad	horas	días	KWh
oficina					
iluminación	0,02	5	8	30	27,6
aire acondicionado (2200 frigorías)	1,35	2	24	30	1.944
estufa eléctrica	1,2	2	24	30	1.728
Artefactos eléctricos (radio, pava eléctrica, computadoras)					303,6
Total					4.003,2

Tablas 6 de consumos. Fuentes: Edenor.

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 11 de 99

Por lo tanto, el consumo mensual de energía eléctrica para la producción es de 15.509 KWh. Incluido un 10 % consumidos para imprevistos.

b) Energía eléctrica para planta de alimento balanceado

El criadero también posee una planta de alimento balanceado que procesa 5000 kg/hr. El consumo de energía eléctrica mensual de un equipo de estas características considerando que trabaja 12 hs de lunes a viernes es el siguiente:

Equipo	Capacidad (kg/hr)	Potencia (KW)	Horas en marcha	días	KWh
Plantas modulares de alimento balanceado	5000	40	12	20	9.600

Tabla 7.

El consumo de energía eléctrica de la planta de alimento balanceado es de 9600 KWh

c) Energía eléctrica para Frigorífico:

Para calcular el consumo de energía eléctrica del frigorífico se consideró los equipos de mayor consumo y se estimó el consumo mensual del frigorífico. A continuación, se muestran los equipos considerados:

Equipo	KW	horas	días	KWh
picadora	37	8	20	5.920
mezcladora hidráulica	22	8	20	3.520
embutidora al vacío	3	8	20	480
descueriadora	0,75	8	20	120
Cámara frigorífica	30	24	30	21.600
Total				31.640

Tabla 8

El consumo mensual estimado del frigorífico es de 31640 KWh. Por lo tanto, sumando la energía utilizada en la producción, en la planta de alimento balanceado y el frigorífico se obtiene que el consumo de energía eléctrica mensual del establecimiento que es 56.749 KWh.

2.5- Potencia requerida en el establecimiento:

La potencia eléctrica del establecimiento se calcula teniendo en cuenta la cantidad de elementos que pueden estar encendidos al mismo tiempo, y para esto se utiliza el factor de simultaneidad.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot
Versión: Fecha:10/10/2022		Página 12 de 99	

El factor de simultaneidad indica el porcentaje de electrodomésticos que pueden estar encendidos en un momento dado y su valor oscila entre 0 (no se utiliza ningún equipo nunca) y 1 (se utilizan todos los equipos a la vez).

Considerando los equipos de mayor relevancia dentro del establecimiento, y su correspondiente factor de simultaneidad obtenido de los valores que se utilizan en la industria se la calculo la potencia del establecimiento como se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Equipo	KW	Factor de simultaneidad	KW
Picadora	37	0,6	22
Mezcladora hidráulica	22	0,6	13
Embutidora al vacío	3	0,6	2
Cámara frigorífica	30	1	30
Planta de alimento balanceado	40	1	40
Etapas de producción	13,41	1	13,41
Para mantenimiento	2,35	0,6	1,41
Para oficinas	3,98	0,6	2,4
Total			124,22

Tabla 9

La potencia eléctrica requerida por el establecimiento es 125 KW (160 KVA). Esta es la máxima potencia que el establecimiento contrata en un mes de mayor consumo de energía eléctrica que tiene durante el año.

Costo de la energía

La empresa encargada de distribuir la energía eléctrica es Copelco, la cual tiene un cuadro tarifario diferenciado según la demanda. En el caso del establecimiento porcino la demanda es mayor a 100 KW, entrando en la categoría T3 correspondiente a grandes demandas. A continuación, se muestra el precio de la energía y el costo mensual de energía que posee el establecimiento según el consumo estimado anteriormente.

Consumo KWh	Precio \$/KWh	Costo mensual (\$)
56.749	6,73	381.921

Tabla 10.

El costo mensual que posee el establecimiento en energía eléctrica es de \$381.921 sin tener en cuenta el IVA.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot
Versión: Fecha:10/10/2022		Página 13 de 99	

2.6- Producción de biogás estimada:

La potencia eléctrica instalada del establecimiento se estima a partir del potencial de producción del biogás de los purines de cerdos que es 0,45 m³/ Kg SV. La cantidad de sólidos volátiles correspondiente a la población del establecimiento se calcula de la siguiente manera:

Cálculos cantidad de purín					
Categoría	Cantidad	purín lts/día.animal	Purín (lts/día)	Densidad (kg/m ³)	Purin (kg/día)
cerdos	18.000	3,32	18000x3,32 = 59.760	1024	59.76 x1024 = 61.194,24
madres	1.700	15,1	1700x15,1 = 25.670	1019	25.67 x 1019 = 26.157,73
Total			85.430		87.352

Tabla 11

La cantidad de purín producido por la población total de cerdos en un día es de 87.352 Kg/día, del cual el 10% aproximadamente son sólidos volátiles. A partir de este valor se calcula el potencial de producción de biogás de la siguiente manera:

$$8.735,2 \text{ Kg SV/día} \times 0,45 \text{ m}^3/\text{ Kg SV} = 3931 \text{ m}^3/\text{ día}$$

La producción de biogás estimada para la población de cerdos del criadero es de 3931 m³/día.

Por lo tanto, con la cantidad de producción de biogás estimada sería posible alimentar un grupo electrógeno continuo de 420 KVA (335KW) para producir energía eléctrica para autoabastecer el establecimiento y la propia planta de biogás.

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantindir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 14 de 99

Análisis FODA:

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
Análisis interno	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo gubernamental al desarrollo de energías renovables. • Aprovechamiento de residuos para generación de energía. • Venta de energía eléctrica a partir de energías renovables. • Disminución del impacto ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de personal capacitado en el desarrollo de energías sustentables. • Adaptación de equipos convencionales a la producción de biogás. • La producción de biogás es baja comparada con la de gas convencional.
	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Análisis externo	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimiento de energía a viviendas aledañas al criadero mediante el aporte de energía a la red. • Contribuir a la diversificación de la matriz energética. • Debido al aumento del valor tanto del gas como electricidad, es un buen momento para el desarrollo del proyecto. • Modelo a replicar por las demás industrias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Situación sociopolítica del país: Importación de cerdo. • La producción de biogás depende de la actividad porcina.

Estrategias a emplear:

Estrategia FO: la disminución del impacto ambiental mediante la utilización de residuos, en este caso desechos porcinos, podrá ser un ejemplo para poder aplicar en otras industrias, dentro de la zona y de la provincia; ya que se contará con la ventaja de conocer el proceso. Debido al contexto político actual y a la necesidad de ampliar la generación energética, contando con apoyo gubernamental será posible desarrollar el proyecto.

Estrategia FA: la generación de biogás no depende solo de desechos porcinos, una vez desarrollado el proceso la aplicación se podrá extender a otras industrias, o enriquecer el biogás mediante el agregado de maíz, aserrín u otros desechos.

Estrategia DA: una vez seleccionado el personal se brindará capacitación para el buen uso de los equipos y conocimiento del proceso, jugando con las variables que hagan posible el aumento de la generación de biogás. De este modo, serán posibles las maniobras de reparación y/o modificación de los equipos.

Estrategia DO: la capacitación al personal es una actividad que requiere de tiempo y recursos, pero a su vez, necesario para lograr la eficiencia de la planta y que sea un modelo a imitar.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantindir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 15 de 99

3-DESCIPCION DEL PROCESO ANAEROBIO:

Biogás: se genera a través de la descomposición microbiológica de la materia orgánica, este proceso natural tiene lugar en todos los ámbitos donde se descompone materia orgánica, llamada biomasa, la actividad bacteriológica requiere de un entorno húmedo y ausencia de oxígeno atmosférico.

Fermentación anaerobia: involucra a un complejo número de microorganismos de distintos tipos. Los microorganismos productores del biogás son estrictamente anaerobios y por lo tanto sólo podrán sobrevivir en ausencia total de oxígeno atmosférico. Otra característica que los identifica es la sensibilidad a los cambios ambientales por lo que será necesario un mantenimiento casi constante de los parámetros básicos como la temperatura.

Etapas:

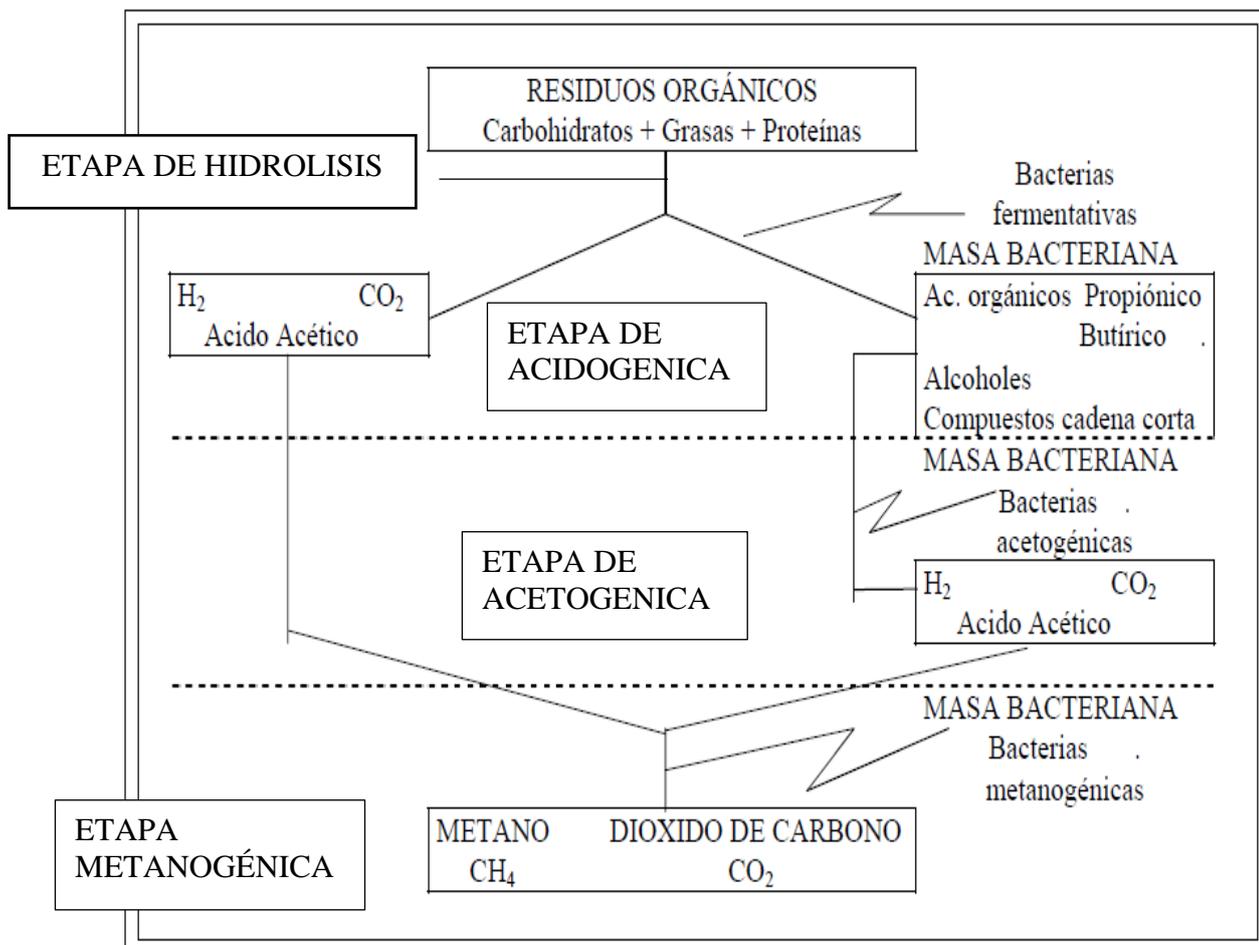


Figura - Simplificación de las etapas y los compuestos químicos intervinientes. Fuente: Manual del INTA.

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 16 de 99

Elección del Reactor:

El mecanismo de producción de biogás se basa en la utilización de un reactor de mezcla completa operando en régimen continuo. Esta elección responde al volumen de efluente diario a tratar y al tiempo de retención hidráulico necesario para llevar a cabo la fermentación mesofílica.

Mezcla completa: Son reactores cilíndricos con sistemas de agitación mecánica (automatizados) o manual. Empleados mayormente para tratar sustratos con un porcentaje de sólidos del 3 al 20%.

Elección del tiempo de retención hidráulica:

El TRH es el tiempo de permanencia del sustrato dentro del reactor. Es un parámetro importante que depende del tipo de reactor y de la temperatura, en este caso al tratarse de efluente porcino requiere de un TRH de 15 a 22 días. Se considera que este tiempo es suficiente para que se genere la población microbiana que lleva a cabo el proceso de digestión y además para tener el volumen óptimo del reactor.

Elección de la temperatura:

Los procesos anaeróbicos son fuertemente dependientes de la temperatura. Existen tres rangos de temperatura en los que los microorganismos actúan, el psicofílico, mesofílico y el termofílico,

	Rango de temperaturas (°C)	Tiempo de retención (días)
Psicofílicos	15-25	30
Mesofílicos	30-38	15-22
Termofílicos	50-60	2-7

Se elige el rango de temperaturas mesofílico porque en él predominan los microorganismos metanogénicos, responsables de la producción de biogás, y no se requiere gran cantidad de energía para mantener esta temperatura como es el caso de las termofílicas.

La elección de la temperatura óptima se realiza en base a la siguiente gráfica:

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 17 de 99



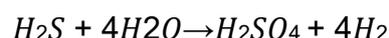
Los microorganismos metanogénicos tienen un nivel de temperatura óptimo de 35°C a 37°C. Es por este motivo que se elige como óptimo para el caso estudiado 35°C, a esta temperatura el tiempo de digestión es 30 días aproximadamente.

Tiempo de digestión: es el tiempo de agotamiento de los sólidos volátiles, el cual disminuye con un aumento de la temperatura.

Acondicionamiento del biogás

a- Reducción de H₂S

El ácido sulfhídrico es un gas altamente venenoso y es el principal causante de malos olores en los biodigestores. Tiene un efecto corrosivo en los generadores de energía eléctrica, motores, válvulas, tuberías y de manera general en cualquier equipo electromecánico que se encuentra en la planta de biogás debido a la facilidad que tiene para formación de ácido sulfúrico como se muestra en la ecuación:



Los tratamientos de reducción o eliminación de H₂S se clasifican en tratamientos físico-químicos y en tratamientos biológicos. Entre los sistemas de tratamiento físico-químico para la reducción de H₂S en el biogás tenemos la absorción (filtros de carbón activado), la adsorción (limaduras de hierro), la oxidación química, etc. Los sistemas de tratamiento biológico utilizan el oxígeno para desulfurización biológica.

El sistema de tratamiento elegido es la adsorción utilizando óxidos de hierro porque permite remover el SH₂ convirtiéndolo en un residuo no tóxico, es aplicable a sistemas de baja presión y tiene bajos requerimientos de mantenimiento.

Una alternativa comercial de óxidos de hierro es el Sulfatreat que es un sólido granular a base de óxidos de hierro (Fe_xO_y)

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantindir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 18 de 99

Proceso de Desulfurización con Sulfatreat

- Depurador de lecho fijo
- Capacidad de Flujo Máxima: 10.000 m³/h
- Trabaja con flujo saturado de agua

Descripción:

Sulfatreat es un material seco, granular y no peligroso que elimina de forma efectiva el sulfuro de hidrógeno y mercaptanos, en un proceso de lecho fijo (son grandes unidades). Es un método económico y confiable.

- Posee alta eficiencia en la eliminación de contaminantes.
- Simples de usar y prácticamente no requieren atención del operador.
- Posee estabilidad frente a los líquidos
- El flujo máximo de velocidad ascendente a través del medio estará determinado por: el flujo a tratar, la temperatura, la concentración de entrada y el tiempo de residencia. Todo ello dará como resultado las especificaciones del producto de salida.

El H₂S reacciona con óxido de hierro para formar sulfuro de hierro. El biogás pasa a través de pelotitas de óxido de hierro para remover el H₂S. Cuando las pelotitas se cubren completamente con sulfuro, son removidas desde el tubo para la regeneración del sulfuro. Las ventajas de este proceso es que el Sulfatreat no es tóxico, inflamable, explosivo, corrosivo o irritante, por lo que no ocasiona problemas ambientales en su disposición final ni en su manipulación

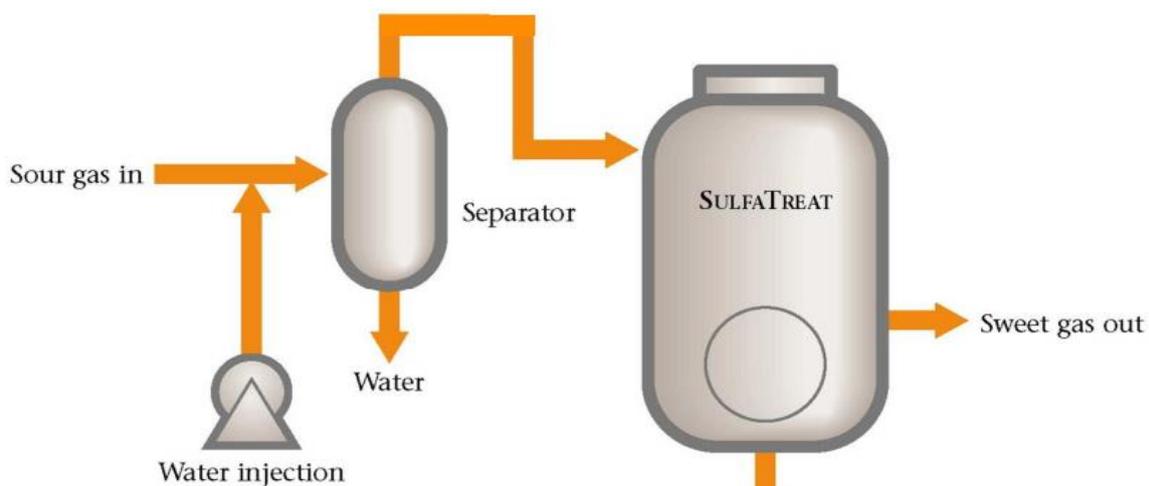


Diagrama del proceso de sulfatreat

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 19 de 99

Digestato:

Es el material residual resultante de la fermentación anaerobia combinado con el tiempo de retención y temperatura en el biodigestor; que generan la descomposición y transformación química y biológica de los residuos orgánicos.

Es un producto estable biológicamente, rico en humus, de menor granulación que el estiércol y con baja carga de patógenos (eliminación del 99%) debido al tratamiento térmico y a las condiciones microbianas dentro del digestor; lo cual facilita su penetración y mezcla en el suelo.

Características:

- Estado: residuo semilíquido.
- Material homogéneo y estabilizado.
- No tiene olor, ni gases peligrosos y no atrae insectos.
- Contiene macro y micronutrientes necesarios para la agricultura: Nitrógeno(N), fosforo(P) y potasio(K).

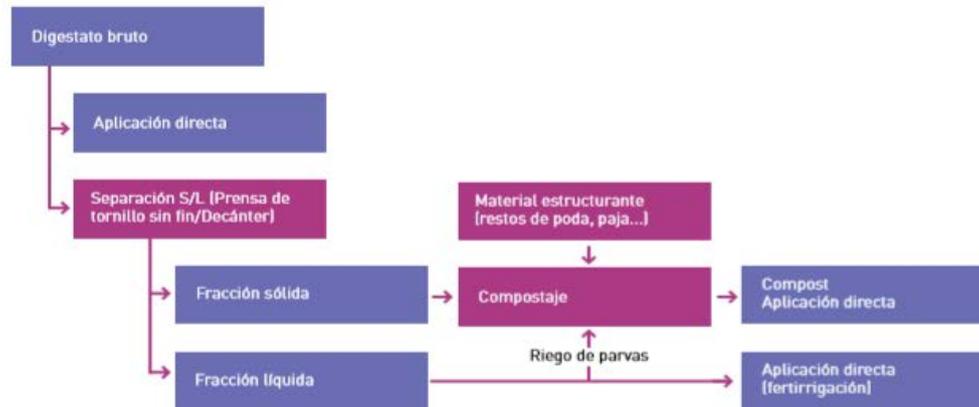
Ventajas:

- La aplicación de este fertilizante con contenido de nutrientes es mucho mas seguro que la aplicación del material orgánico sin procesar.
- Es un mejorador de la disponibilidad de nutrientes del suelo, aumenta su disponibilidad hídrica, y crea un micro clima adecuado para las plantas.
- Mejora el vigor del cultivo y le permite soportar con mayor eficacia ataques de plagas, enfermedades y los efectos adversos del clima.
- Presenta propiedades similares a fertilizantes minerales.

Tecnologías: existen diferentes operaciones de tratamiento del digestato que están directamente relacionadas con la viabilidad económica del proceso de generación de biogás.

A continuación, se analiza un diagrama de flujo con las alternativas:

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 20 de 99



Operación elegida: Aplicación Directa.

La utilización del suelo como receptor tiene como objetivo restituirlo de nutrientes que son asimilables por las plantas, disminuyendo además las necesidades de aportar fertilizantes minerales. Esta forma resulta económica y viable, teniendo en cuenta que se trata de una zona donde el agua es un recurso limitado.

La cantidad de biofertilizante que es posible aplicar por hectárea depende de varios factores como el tipo de suelo, la fertilidad, el tipo de cultivo, etc. Según estudios realizados por el INTA la cantidad recomendada es de 30 – 80 m³/ ha hasta dos aplicaciones al año. En el caso de cultivos de alfalfa la cantidad recomendada es superior a 80 m³/ha.

La aplicación del biofertilizante sobre la superficie se debe realizar utilizando un tanque estercolero.

El biofertilizante será distribuido en las zonas de chacra de Cutral co y Plaza Huincul.

Caracterización:

El digerido que sale del biodigestor posee la misma cantidad de fósforo, potasio, magnesio que en la alimentación. En contraste, el nitrógeno contenido en un 75% en macromoléculas orgánicas y un 25% en forma mineral en los estiércoles sufre una transformación reduciendo a un 50% el nitrógeno orgánico y aumentándose a un 50% el nitrógeno en forma mineral. Este cambio en el N afecta la forma en que se utiliza porque puede ser absorbido directamente por las plantas mientras que los compuestos orgánicos tienen que descomponerse primero para liberar el N, lo que lleva tiempo. El efecto fertilizante es mayor en el digerido que en la suspensión no tratada; y la pérdida de N por lixiviación es por lo tanto menor.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot
Versión: Fecha:10/10/2022		Página 21 de 99	

Eficacia del Nitrógeno:

Tiene dos efectos sobre el suelo y/o cultivos:

- Efecto directo: actúa sobre la producción del cultivo implantado o como mejorador directo del suelo.
- Efecto Residual: actúa sobre la producción de los años sucesivos.

En este caso, el Nitrógeno del digerido, por su bajo contenido en materia orgánica tiene un marcado efecto directo y un bajo efecto residual, este efecto residual es aplicable a los cultivos del año siguiente, y luego desaparece prácticamente todo.

Referencias:

<http://www.senasa.gob.ar/cadena-animal/porcinos>

Ley 20466 Fertilizantes. Art.15. Nación Argentina.

<http://profarmermaq.com.ar/portal/index.php/component/content/article?id=104:plantas-compactas>

<http://docs.gestionaweb.cat/1211/castellvall.pdf>

https://www.laska.at/fileadmin/laska/2_produkte/brochures/SP/LASKA_Mischmaschinen_Mezcladoras.pdf

https://www.handtmann.de/fileadmin/user_upload/Geschaeftsbereiche/Fuell-_und_Portioniersysteme/1._Produkte/Fuellen_und_portionieren/VF_608_plus/700671_VF_608_610_plus_ES.pdf

<http://www.aersa.net/site/assets/files/1160/nst6003.pdf>

https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/91930/mod_resource/content/0/Cargas%20Electricas%20y%20estimaci%C3%B3n%20de%20la%20demanda.pdf

Buenas prácticas del manejo y utilización de efluentes porcinos. Ministerio de agroindustria. Presidencia de la Nación.

Biogas from waste and renewable resources.(Dieter Deublein and Angelika Steinhauser, 2008)

http://www.edenor.com.ar/cms/SP/CLI/HOG/USO_consumo.html

https://www.3tres3.com/articulos/consumo-de-energia-en-las-explotaciones-porcinas_1470/

<https://www.copelnet.com.ar/informacion-de-interes/energia/tarifa-t3-grandes-demandas>

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantindir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos					
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 22 de 99

4-DESCRIPCION Y DIAGRAMA DEL PROCESO

Descripción del proceso:

El efluente porcino ingresa al tanque de recepción TK-01, por medio de cañería, a razón de 150 m³/día aproximadamente, libre de sólidos inertes o materiales extraños (como palos o piedras). En el tanque se mezclan y homogenizan los residuos por medio de un sistema de agitación para evitar la formación de costras y aumentar la eficiencia del proceso.

La alimentación es distribuida a los biodigestores R-01A/B de forma continua, que operan paralelamente manteniendo una distribución uniforme de concentraciones para llevar a cabo el proceso de digestión anaerobia con el objetivo de obtener biogás para su aprovechamiento energético y un digerido estabilizado.

El purín de cerdo posee una cantidad promedio de 4,9 kg/m³ de nitrógeno Total, 4,1 kg/m³ de Fósforo y 2,7 kg/m³ de Potasio. Con un contenido promedio de sólidos volátiles del 80% respecto de los sólidos totales, los cuales determinan el potencial energético de la producción de biogás.

Las reacciones endotérmicas se llevan a cabo en el rango mesofílico a una temperatura óptima de 35 °C. El tiempo de retención hidráulica, en estas condiciones es de 22 días; lapso necesario para la mayor conversión de sólidos volátiles.

En los R-01 A/B los sólidos volátiles se transforman a metano mediante reacciones simultáneas de hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis. El biogás producido sale saturado en vapor de agua a 10 mbar y con un contenido de sulfuro de hidrógeno de aproximadamente 400 ppm. El cual es enviado al área de acondicionamiento para su tratamiento.

El efluente líquido que sale del biodigestor por rebalse, posee la misma cantidad de fosforo, potasio, magnesio que en la alimentación. En contraste, el nitrógeno contenido en un 75% en macromoléculas orgánicas y un 25% en forma mineral en los estiércoles sufre una transformación reduciendo a un 50% el nitrógeno orgánico y aumentándose a un 50% el nitrógeno en forma mineral directamente asimilables por las plantas.

Este efluente se almacena en una pileta y posterior distribución a través de camión estercolero.

Acondicionamiento de biogás:

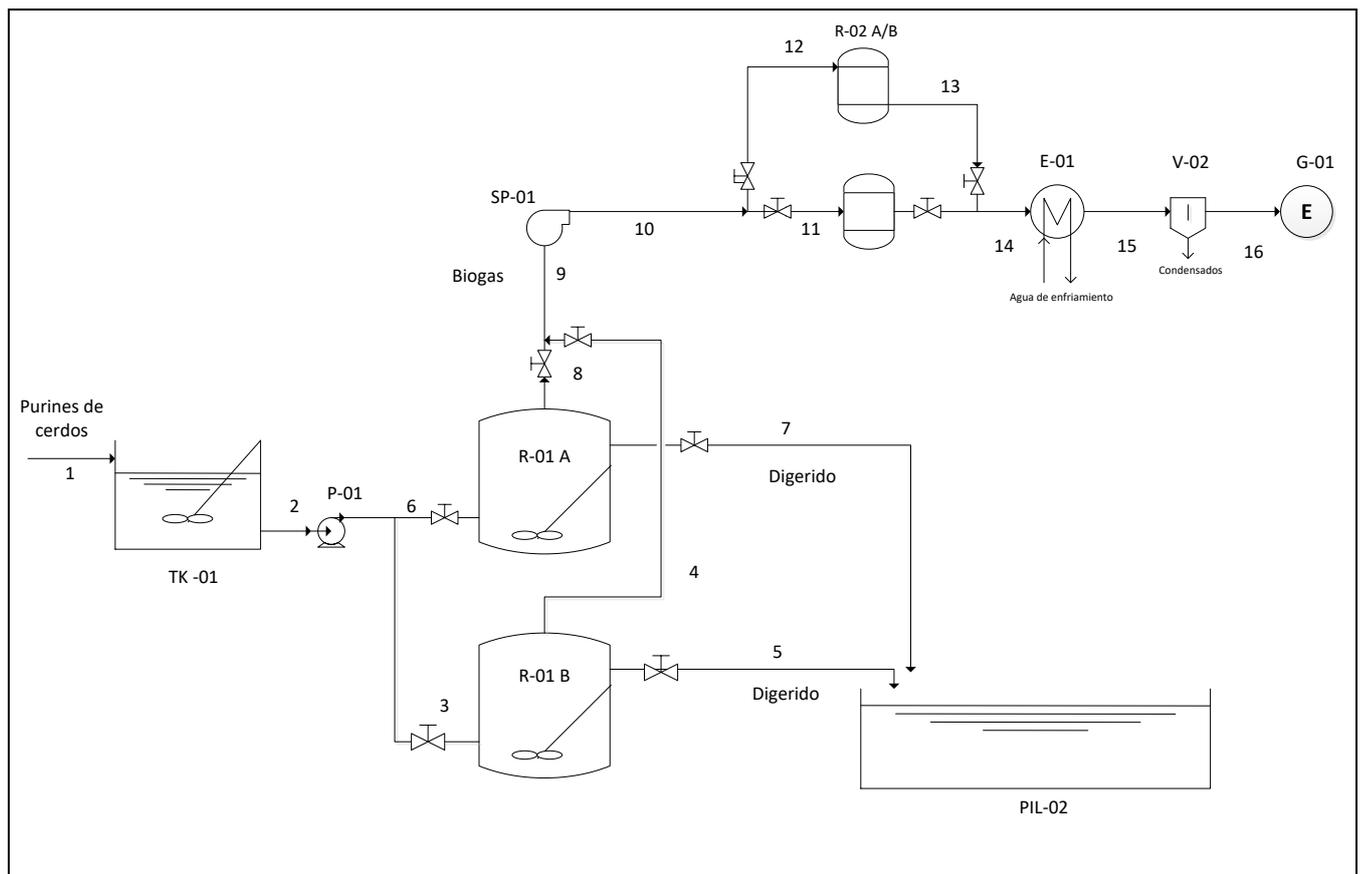
El biogás almacenado en la parte superior del biodigestor es impulsado mediante un soplador para superar las pérdidas de carga producidas en el sistema de tratamiento. La presión a la salida del soplador es de 300 mbar. Luego pasa por un separador para eliminar vapor de agua condensado.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantindir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 23 de 99

Posteriormente, ingresa a la etapa de desulfurización que consiste en dos reactores de adsorción idénticos R-03 A/B que contienen óxidos de hierro para reducir el contenido de sulfuro de hidrogeno hasta 10 ppm en la corriente de biogás. Cuando se satura el reactor que está en servicio, se traspasa al otro reactor para asegurar la adsorción del SH₂ mientras se cambia la cama de óxidos de hierros del primer reactor.

Por último, la deshumidificación del biogás se realiza por medio de un proceso de enfriamiento y remoción del condensado a través de un intercambiador de calor cargado con un fluido de enfriamiento, el cual fluye en dirección contraria al gas, absorbiendo el calor presente en el biogás y enfriándolo a una temperatura de 26,24°C.

Diagrama:

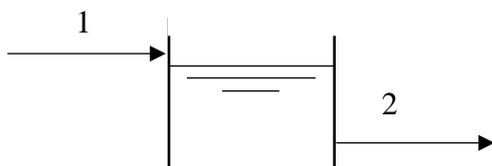


Proceso de producción de biogás

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 24 de 99

5- BALANCE DE MATERIA.

5-1 Balance en el tanque de recepción TK - 01:



El efluente a tratar que ingresa al tanque de recepción es de 150 m³/día. Del cual 85,43 m³/día es purín total de cerdo y el resto es agua.

Balance $1 = 2$

Agua: 150 m³/día – 85,43 m³/día = 64,57 m³/día

Purín (Kg) = 61.194,24 + 26.158,73 = 87.351,97 Kg/día

Caracterización del efluente que ingresa al tanque:

Sólidos totales y volátiles:

Composición	% (p/p)	Kg/día	Kg/año
Sólidos totales (ST)	14	8.567,20	3.127.028
Sólidos volátiles (SV)	80	8.527,76	3.890.863,5

*%(p/p) de purín de cerdo. Fuente: Buenas prácticas de manejo y utilización de efluente porcinos.

Macronutrientes	Kg/m ³	Kg/ día	Kg/año
Nitrógeno Total (Nt)	4,9	4,9 x 85,43 = 418,61	418,61 x 365 = 152.792,65
N amoniacal	1,22	1,22 x 85,43 = 104,65	104,65 x 365 = 38.197,89
Fosforo (P)	4,1	4,1 x 85,43 = 350,26	350,26 x 365 = 127.844,9
Potasio(K)	2,7	2,7 x 85,43 = 230,66	230,66 x 365 = 84.190,9

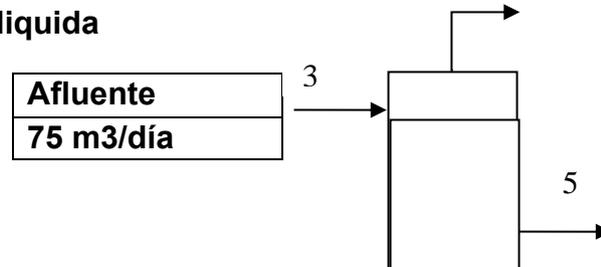
*valores correspondientes a cerdos en ciclo cerrado. Fuente: Aprovechamiento de efluentes porcinos. INTA

Corriente	1 = 2
Caudal másico (Kg/día)	151.922
Caudal volumétrico (m ³ /día)	150
ST % (p/p)	7
SV %	5,61
N %	0,275
P %	0,231
K %	0,152

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos					
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 25 de 99

5-2 Balance por equipo: Biodigestores

5-2.2 Balance de la fracción líquida



Se considera que los dos biodigestores trabajan bajo las mismas condiciones y calidad de efluente. Por este motivo solo se realiza el balance de materia en uno de los biodigestores y luego de suman las corrientes.

Corriente	3 = 6
Caudal másico (Kg/día)	75.961
Caudal volumétrico (m3/día)	75
ST % (p/p)	7
SV % (p/p)	5,6
N % (p/p)	0,275
N amoniacal % (p/p)	0,069
P % (p/p)	0,231
K % (p/p)	0,152

Se considera que a 35 °C y un TRH de 22 días la digestión anaeróbica produce una reducción de sólidos volátiles del 80 %

Cálculo de sólidos volátiles en un biodigestor:

$$4.263,88 \text{ Kg/día} \text{-----} 100 \% \\ X \text{-----} 80\%, X = 3.411,10 \text{ kg/día}$$

Balances:

$$SV: SV_5 = SV_i - SV_{\text{reducen}}$$

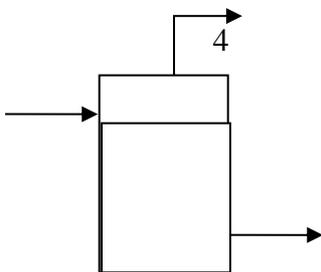
$$SV_5 = 4.263,88 \text{ Kg/día} - 3411,10 \text{ Kg/día} = 852,78 \text{ Kg/día}$$

$$ST_5 = ST_i - SV_{\text{reducen}} = 5.329,95 \text{ Kg/día} - 3.411,10 \text{ Kg/día} = 1918,85 \text{ Kg/día}$$

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos		Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot
		Versión: Fecha:10/10/2022	Página 26 de 99

Corriente	5 = 7
Caudal másico (Kg/día)	72.550
Caudal volumétrico (m3/día)	73,493
ST % (p/p)	2,53
SV %(p/p)	1,12
N _{total} %(p/p)	0,275
N _{amoniaco}	0,137
P %(p/p)	0,231
K %(p/p)	0,152

5-1.2 Balance de la fracción gaseosa:



Modelo matemático para la digestión anaerobia

Para realizar el balance de masa en los biodigestores se selecciona el modelo de Hill (1981) que se desarrolló especialmente para describir la digestión anaerobia de los desechos de animales y estiércoles con dos parámetros (la constante de biodegradabilidad y la constante de acidez) que son únicos para cada uno de estos desechos.

El modelo permite obtener el flujo de gas metano teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Una fracción de sólidos volátiles es biodegradable
- No incluye la etapa de hidrólisis
- Está compuesto de cuatro variables de estados: concentración de sólidos volátiles biodegradables (BVS); Concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) como acetato; Concentración de formadores de ácido; Concentración de formadores de metano.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos		Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot
		Versión: Fecha:10/10/2022	Página 27 de 99

A continuación, se resume el modelo:

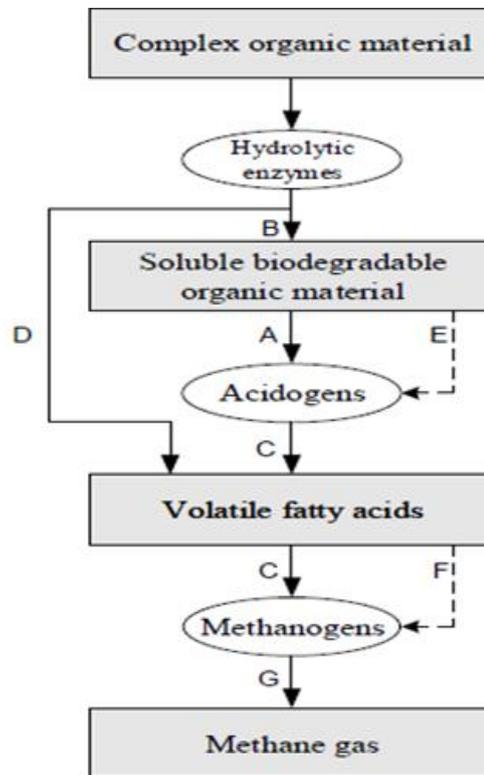


Diagrama de flujo del modelo de Hill.

Fuente: *Adapting Dynamic Mathematical Models to a Pilot Anaerobic Digestion Reactor*

Las expresiones matemáticas del modelo de Hill son las siguientes:

- **Sólidos Volátiles Biodegradables (S_{bvs}):**

$$S_{bvsin} = B_0 \cdot S_{vsin}$$

- **Material biodegradable inicialmente en forma de ácido (S_{vfain}):**

$$S_{vfain} = A_f \cdot S_{bvs}$$

- **Balance de Masa de Sólidos Volátiles Biodegradables:**

$$\frac{S_{bvs}}{dt} = (S_{bvsin} - S_{bvs}) \cdot \frac{F_{feed}}{V} - \mu \cdot \frac{1}{Y} \cdot X_{acid}$$

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 28 de 99

- **Balance de Masa de VFA:**

$$\frac{S_{vfa}}{dt} = (S_{vfa\text{in}} - S_{vfa}) \cdot \frac{F_{feed}}{V} + \mu \cdot \frac{1 - Y}{Y} X_{acid} - \mu_c \cdot \frac{1}{Y_c} X_{meth}$$

- **Balance de Masa en la acidogénesis:**

$$\frac{X_{acid}}{dt} = \left(\mu - K_d - \frac{F_{feed}}{V} \right) \cdot X_{acid}$$

- **Balance de masa en la metanogénesis:**

$$\frac{X_{meth}}{dt} = \left(\mu_c - K_{dc} - \frac{F_{feed}}{V} \right) \cdot X_{meth}$$

- **Flujo de gas metano (F_{meth}):**

$$F_{meth} = V \cdot \mu_c \cdot \frac{1 - Y_c}{Y_c} \cdot k_{meth} \cdot X_{meth}$$

Velocidades de reacción, se utilizó la cinética de haldane:

$$\mu = \mu_m \frac{S_{bvs}}{\frac{K_S}{S_{bvs}} + 1 + \frac{S_{vfa}}{K_i}} ; \mu_c = \mu_{mc} \frac{S_{vfa}}{\frac{K_{Sc}}{S_{vfa}} + 1 + \frac{S_{vfa}}{K_{ic}}}$$

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 29 de 99

Parámetro	Nombre	unidad
B_0	constante de biodegradabilidad	$Kg S_{BVS}/m^3/Kg VS/m^3$
S_{vsin}	concentración de sólidos volátiles en el afluente	$KgSV/m^3$
A_f	constante de acidez	$Kg S_{vfa}/m^3/Kg S_{BVS}/m^3$
F_{feed}	flujo volumétrico que ingresa al reactor.	$m^3/día$
V	volumen del reactor biológico.	m^3
μ	velocidad específica de crecimiento de acidogénicos	$1/día$
Y	coeficiente de rendimiento de los acidogénicos.	$Kg acidogénicos/KG BVS$
X_{acid}	concentración de formadores de ácido.	$Kg acidogénicos/M3$
μ_c	velocidad de específica de crecimiento de metanogénicos	$1/día$
Y_c	coeficiente de rendimiento de metanogénicos.	$Kg metanogénicos/kg VFA$
X_{meth}	concentración de formadores de metano	$kg metanogénicos/m^3$
K_d	velocidad de decaimiento específico de los acidogénicos.	
K_{dc}	velocidad de decaimiento específico de los metanogénicos.	
μ_m	velocidad máxima de crecimiento de específico de acidogénicos.	$1/día$
μ_{mc}	velocidad máxima de crecimiento específico de metanogénicos.	$1/día$
K_s	constante de saturación acidogénica	$kgBVS/m^3$
K_{sc}	constante de saturación metanogénica	$kgVS/m^3$
K_i	coeficiente de inhibición de acidogénesis	$1/día$
K_{ic}	coeficiente de inhibición de metanogénesis	$1/día$

El modelo se valida utilizando datos experimentales. El rango de temperatura aplicable es 20 ° C (60 ° C) basado en la dependencia de la temperatura de las velocidades de reacción máximas según Hashimoto et al. (1981):

$$\mu_m (T_{reactor}) = \mu_{mc} (T_{reactor}) = 0.013T_{reactor} - 0.129 ; (20^\circ C < T_{reactor} < 60^\circ C)$$

5-1.2 Simulación con el programa FlexPDE versión 6.5:

Para poder resolver las ecuaciones anteriores se utilizó el programa FlexPDE versión 6.5. Este permite la resolución de ecuaciones diferenciales ordinaria, derivadas, integrales, etc. Presenta una sintaxis sencilla para programar y existe una versión gratuita para estudiantes.

Para la simulación del reactor anaerobio continuo se consideró que los biorreactores operan en condiciones idénticas por este motivo los cálculos se realizan en base a un solo biodigestor.

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 30 de 99

Se definieron los siguientes parámetros de diseño:

- Temperatura: 35 °C
- Ffeed=75 M3/día
- TRH=22 días
- $V=TRH \times Ffeed = 22 \times 75=1650 \text{ m}^3$; $V \text{ útil} = V/0,9 = 1834 \text{ m}^3$

Parámetros cinéticos para el estiércol:

A_f (Kg Svfa/m ³ /Kg SBVS/m ³)	0,69	Datos experimentales
B_0 (Kg SBVS/m ³ /Kg VS/m ³)	0,79	Datos experimentales
Y (mg/mg)	0,07	Husain (1998), Hill's model, different animal wastes. Temp 34 °C
Y_c (mg/mg)	0,04	Mosey (1983) reviewed in v. Münch et. Al. (1999) a 35 °C
K_d	0,43	Tschui (1989), 35 °C
k_{dc}	0,1	Siergist et. Al (1993), 35 °C
μ_m (1/d)	$(0.013 \cdot T_{emp}) - 0.129$	Hashimoto et. Al (1981)
μ_{mc}	$(0.013 \cdot T_{emp}) - 0.129$	Hashimoto et. Al (1981)
K_{sc} KgSB/m ³	3	Husain (1998), Hill's model, different animal wastes
K_s kgVS/m ³	2	Tschui (1989)
K_{meth}	0,5	Hill (1983)

Parámetros para el Modelo de Hill. Fuente: Department of Mathematical Sciences, University of Turku (Turku, Finland) and Freiburg Center for Data Analysis and Modeling, University of Freiburg, (Freiburg, Germany)

Se definieron los siguientes valores iniciales de las variables de estado:

- Concentración de BVS en el reactor igual a 682 Kg/m³
- Concentración de VFA en el reactor igual a 988 Kg/m³
- Concentración de acidogénicos en el reactor igual a 1 kg/m³
- Concentración de metanogénicos en el reactor igual a 0.36Kg/m³

La simulación consistió en escribir, en primer lugar, los valores de los parámetros definidos incluidos los parámetros cinéticos. Se escribieron las ecuaciones diferenciales de las variables de estados del modelo de Hill ($dBVS/dt$, $dVFA/dt$, dX_{acid}/dt , dX_{meth}/dt) y se introdujeron los valores iniciales de las variables de estado.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantini@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos					
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 31 de 99

A continuación, se muestra el programa terminado:

```

FlexPDE Lite Version 6.50/W64 3D
File Controls View Stop Edit Help
Modelo de Hill TRH terminado

{*****}
Modelo para reactor biológico mezcla completa y en condiciones anaeróbicas
{*****}
TITLE 'Modelo Reactor Anaeróbico Continuo'

COORDINATES cartesian2 { coordinate system, 1D,2D,3D, etc }

SELECT
ngrid=1

VARIABLES
VFA (0.001) |
SB (0.001)
Acid (0.001)
Metano (0.001)
Fmeth (0.001)

DEFINITIONS
Temp=35 {Temperatura en el Reactor [°C]}
V=1834 {Volumen del ractor [m3]}
b=1
Af=0.69 {Constante de acidez [(KgVFA/m3)/(KgSB/m3)]}
Bo=0.79 {Constante de biodegradabilidad [(KgSB/m3)/(KgSV/m3)]}
SVi=56.85 {Concentracion de solidos volatiles en la alimentacion [KgSV/m3]}
SBi=Bo*SVi {Concentracion de solidos volatiles biodegradables en la alimentacion [KgSV/m3]}
VFAi=Af*SBi {Concentracion de Acidos Grasos Volatiles en la porcion biodegradable en la alimentacion [KgSV/m3]}
Ffeed=75 {Flujo de Alimentacion [m3/dia]}
Ks=2 {Constante de velocidad de Monod para acidogenesis [KgSB/m3]}
Ksc=3 {Constante de velocidad de Monod para metanogenesis [KgVFA/m3]}
Kd=0.43 {Velocidad especifica de decrecimiento de la acidogenesis [1/d]}
Kdc=0.1 {Velocidad especifica de decrecimiento de la metanogenesis [1/d]}
Um=(0.013*Temp)-0.129 {Maxima velocidad de reaccion de acidogenesis[1/d]}
Umc=(0.013*Temp)-0.129 {Maxima velocidad de reaccion de metanogenesis[1/d]}
Nc=0.04 {Yc:Rendimiento de methanogens (g methanogens/gSVB)}
N=0.07 {Y:Rendimiento de acidogenesis (g acidogens/gSVB)}
Ki=3
kic=3
Nb=(1-N)/N
kmeth=0.5

INITIAL VALUES
VFA= 682 {Concentracion de Acidos Grasos Volatiles en el reactor, t=0}
SB= 988 {Concentracion de Solidos Volatiles Biodegradables en el reactor}
Acid= 1 {Concentracion de Acidogenesis [Kg acidogenesis/m3]}
Metano=0.36 {Concentracion de metanogenesis [Kgmetanogenesis/m3]}
Fmeth=0 {Flujo de gas metano [m3/dia]}

EQUATIONS
SB: dt (SB) = ((SBi-SB)/(Ffeed/V)) - (Um/((Ks/SB)+1+(VFA/Ki)))*Acid/N
VFA: dt (VFA) = ((VFAi-VFA)/(Ffeed/V))+ (Um/((Ks/SB)+1+(VFA/Ki)))*Nb*Acid-((Umc/((Ksc/VFA)+1+(VFA/kic)))*Metano/Nc)
Acid: dt(Acid)=((Um/((Ks/SB)+1+(VFA/Ki)))-Kd-(Ffeed/V))*Acid
Metano: dt(Metano) = ((Umc/((Ksc/VFA)+1+(VFA/kic)))-Kdc-(Ffeed/V))*Metano
Fmeth: dt(Fmeth) = V*(Umc/((Ksc/VFA)+1+(VFA/kic)))*((1-Nc)/Nc)*kmeth*Metano

BOUNDARIES { The domain definition }
REGION 1 { For each material region ; se define un dominio ficticio}
START (0,0) { Walk the domain boundary }
LINE TO (2,0) TO (2,1) TO (0,1) TO CLOSE

TIME 0 TO 60

HISTORIES

HISTORY (Fmeth) AT (0.5, 0.5) AS 'Fmeth (m3/dia)'
|
MONITORS { show progress }

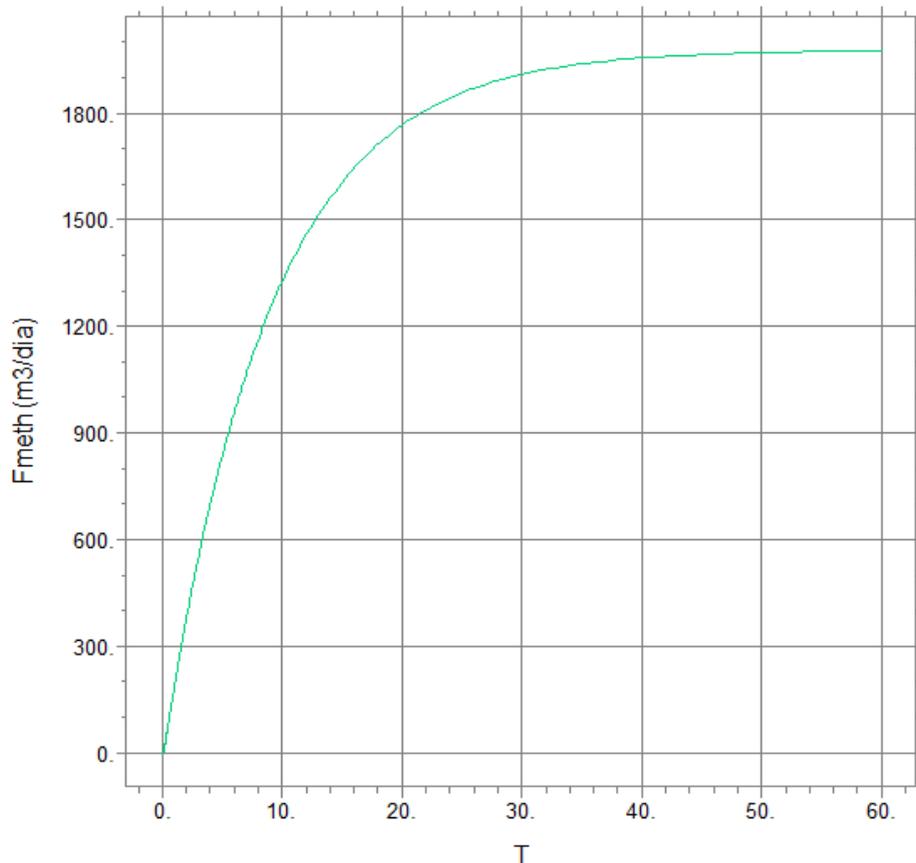
END

```

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
			Año de cursada: 2018	
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Versión: Fecha:10/10/2022	Página 32 de 99
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	

Una vez que quedó listo el programa se dio run, se abre una pantalla con un gráfico que muestra el flujo de gas metano (F_{meth}) producido por día. A continuación de muestra el grafico obtenido:

Modelo Reactor Anaeróbico Continuo



El flujo de metano se considera constante luego de los 40 días de puesto en marcha el biodigestor. La producción de metano por día en cada uno de los biodigestores es de 2000 m³/día.

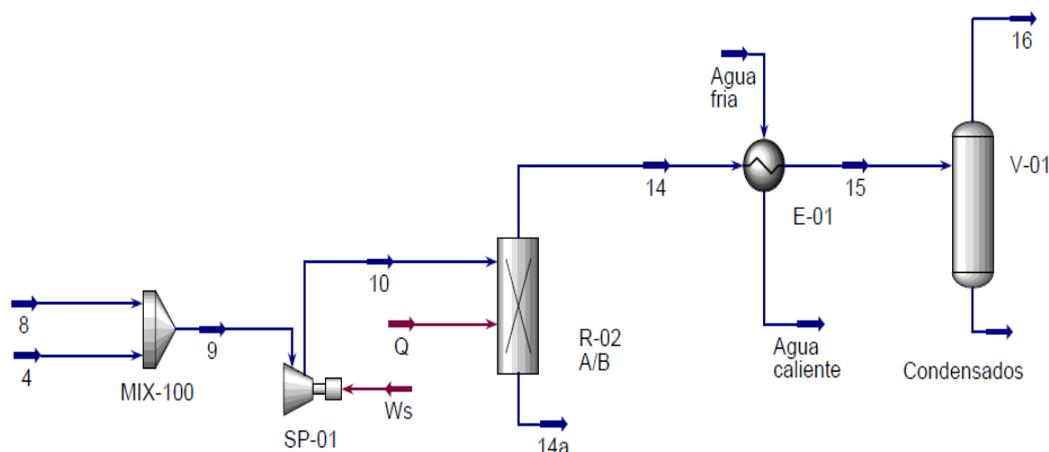
Si consideramos que la corriente de biogás contiene 69% de metano la cantidad de biogás producido es de 2898.55 m³/día para cada uno de los biodigestores trabajando en condiciones idénticas. Por lo tanto, la cantidad total de biogás producido es de 5797,10 m³/día.

La cantidad estimada a partir de datos potenciales de biogás nos dio un valor de 3931 m³/día. Por lo que consideramos que la cantidad de biogás obtenido de la simulación se encuentra dentro de los valores esperados para las condiciones propuesta en este proyecto.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantindir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 33 de 99

6- BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO DE BIOGÁS

Diagrama de flujo



Datos

Corriente de biogás de uno de los biodigestores - corriente 8 ó 4:

Caudal	2898,55 m ³ /día
CH ₄	69% (Fracción volumétrica)
SH ₂	400 (mg/m ³)
Temperatura	35 °C
Presión	102,3 KPa

Se tienen dos biodigestores, con las mismas propiedades, por lo tanto, corriente 8 y 4 son idénticas.

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 34 de 99

CÁLCULOS:

Contenido de agua:

La humedad relativa en la corriente del biogás es del 100%. La humedad es función de la temperatura.

Datos a 35 °C

Presión absoluta de vapor	5,63	kPa
---------------------------	------	-----

Ecuación de gases ideales: $PV=nRT$, $n=PV/RT$

$$n = \frac{5,63 \text{ kPa} \times 2898,55 \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{kPa} \times \text{m}^3}{\text{kmol} \times \text{K}} \times 308,15 \text{ K}} = 6,37 \text{ Kmol}$$

Por lo tanto, la cantidad de agua en la corriente de biogás a la salida del biodigestor es de 114,75 m³.

Caudal volumétrico a molar:

$$n=P/RT$$

$$n = \frac{104 \text{ kPa} \times 2898,55 \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{kPa} \times \text{m}^3}{\text{kmol} \times \text{K}} \times 308,15 \text{ K}} = 117,66 \text{ Kmol/día}$$

Moles de agua + moles gas seco = 6 ,37 + 117.66 = 124.03 Kmol/día

Fracción molar de H₂O= 0,0513 especificada en corriente 8

Contenido de Azufre:

400 mg/m³ x 2898,55 m³ = 1.159.420 mg = 1,159 kg/día

N= 1.159 kg /34 kg/kmol = 0.034 kmol

Fracción molar de SH₂ = 2,75 x 10⁻⁴

Corriente 8 – ídem corriente 4:

• Composición, fracción molar:

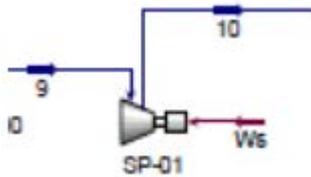
- CH₄: 0,6656
- H₂O: 0,0513
- H₂S: 0,003
- CO₂: 0,2828

• Condiciones:

- Presión: 101,725 Kpa
- Temperatura: 35 °C
- Flujo molar: 5,179 Kmol/h

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos					
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 35 de 99

Soplador (SP - 01):

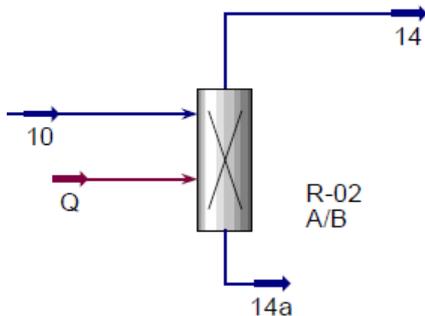


Corriente de entrada al soplador: corriente 9.

Corriente salida del soplador = corriente 10.

$P=130$ kPa, considerando la mayor presión manométrica que necesita el Generador de Energía para funcionar.

Contenido de SH₂ en corriente 10 – Equipo R-02 A/B:



Corriente 14 a: representa la cantidad de azufre adsorbido en lecho por hora, no es purga.

Equipo para eliminar Azufre (R – 03 A/B):

Capacidad de remoción es de 1 kg S/ 9 kg Sulfatreat

Calculo de cantidad de sulfatreat:

Kg SH₂ equivalentes a kg S

$1,15 \text{ Kg SH}_2 \times 32,06 \text{ S}/34,06 \text{ SH}_2 = 1,08 \text{ kg S}$

La cantidad de azufre que debe adsorber el lecho es de 2,16 kg S/día proveniente de la corriente total de los dos biodigestores.

Cantidad de sulfatreat:

Considerando una saturación del lecho a los 6 meses se tiene que la cantidad total de sulfatreat necesaria es:

$2,16 \text{ Kg S/día} \times 180 \text{ días} = 388,8 \text{ kg S}$

1 kg S----- 9 Kg Sulfatreat

388,8 kg ----- 3.499,2 Kg Sulfatreat.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 36 de 99

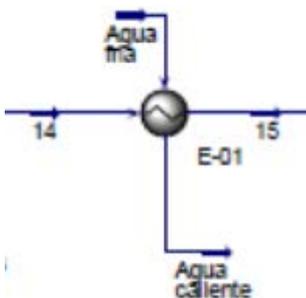
Considerando un Sulfatreat tipo 410 CHP, densidad: $1123,8 \text{ kg/m}^3$, es posible calcular el volume de la torre:

$$V = m/\rho = 3.499,2 \text{ Kg}/1123,8 \text{ Kg/m}^3 = 3,12 \text{ m}^3.$$

En la simulación se consideró a este equipo como un splitter, especificaciones:

- Corrientes de entrada y salida (10 y 14) sin variaciones de presión: 130 kPa
- Temperatura: $55,95 \text{ }^\circ\text{C}$
- Split corriente 14: fracción molar de $\text{CH}_4 = 1$; fracción molar de $\text{H}_2\text{O} = 1$; fracción molar de $\text{CO}_2 = 1$; fracción molar de $\text{SH}_2 = 0$
- Corriente 14a: 100% Azufre, correspondiente a la adsorción de la corriente de azufre en el lecho

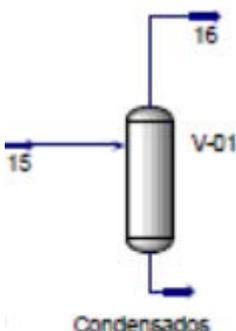
Intercambiador de Calor (E – 01):



Especificaciones:

- Corriente de entrada: 14. Salida de splitter
- Corriente de salida: 15. Temperatura $26,24^\circ\text{C}$
- Caída de Presión. ΔP : 1 kPa

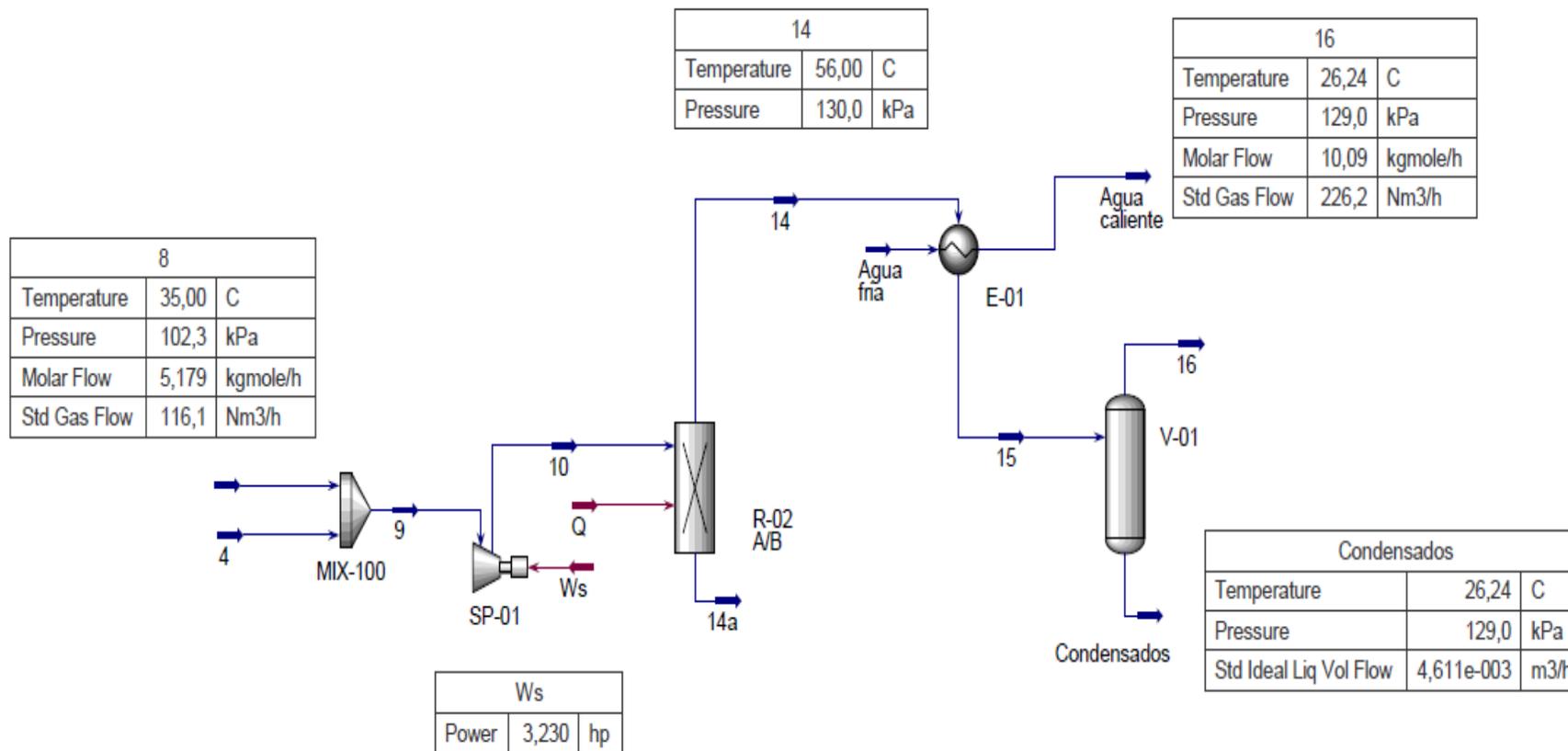
Separador (V – 01):



No requiere la carga de datos.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 37 de 99

Resultados de la simulación obtenidos en Hysys



 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot
Versión: Fecha:10/10/2022		Página 38 de 99	

Referencias

<http://www.mic-journal.no/PDF/2013/MIC-2013-2-1.pdf>

<https://www.pdesolutions.com/>

<http://jeti.uni-freiburg.de/papers/BB01-672.pdf>

https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_fericerdo2015_efluentes_nicolas_sosa.pdf

Influencia de la temperatura y el porcentaje de sólidos en la producción de biogás a partir de efluentes de una granja porcina. M. D. Tenev¹, L. C. Prieto Mosquera², A. Farías³, M. G. Passaretti⁴, M. I. Sánchez de Pinto⁵. GISTAQ (Grupo de Investigación y Servicios a Terceros en el Área Química). UTN Facultad Regional Resistencia

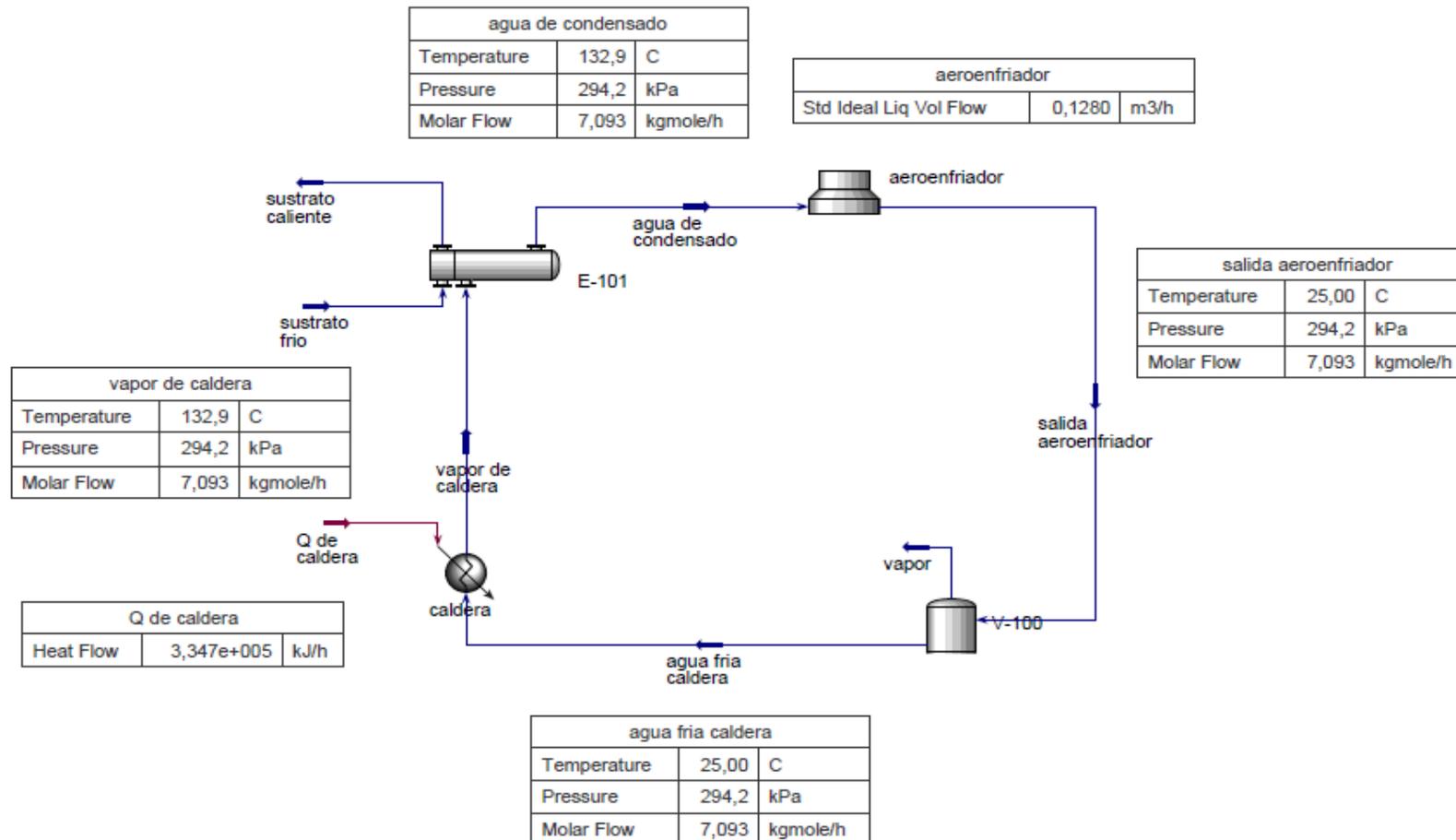
Servicios Auxiliares

Se considera como servicio auxiliar el agua que se necesita en el intercambiador para calentar el sustrato en el ingreso.

El agua está contenida en el tanque (V-100), una corriente sale del mismo hacia la caldera para producir vapor. Este vapor producido ingresa al intercambiador para calentar la corriente de sustrato antes de ingresar al biodigestor. El vapor se condensa en el intercambiador y posteriormente se enfría en el aroenfriador. Y, por último, se envía nuevamente al V-100

A continuación, se presenta el diagrama de flujo y los resultados de la simulación obtenidas mediante el simulador de procesos Hysys.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos		Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot
		Versión: Fecha:10/10/2022	Página 39 de 99



 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA		ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos				Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 40 de 99

7- P&ID's

La nomenclatura de sistema de control se realizó de acuerdo a norma ISA.

A continuación, se muestra la codificación de Cañerías

Nomenclatura:

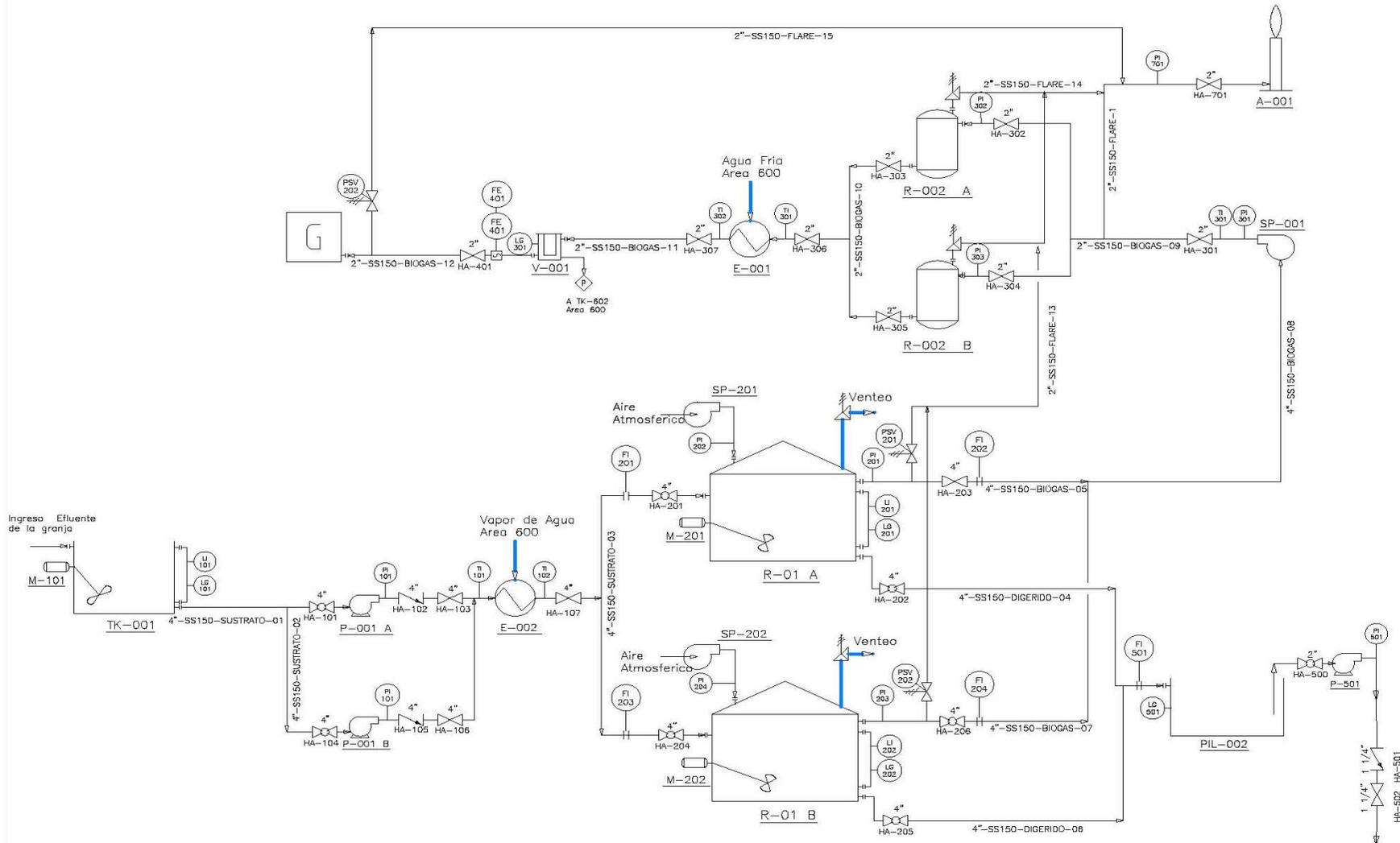
(ϕ – Serie – Fluido – Línea)

- ϕ : Diámetro de la cañería en pulgadas.
- Fluido. SUSTRATO
 DIGERIDO
 BIOGAS

La planta cuenta con las siguientes áreas.

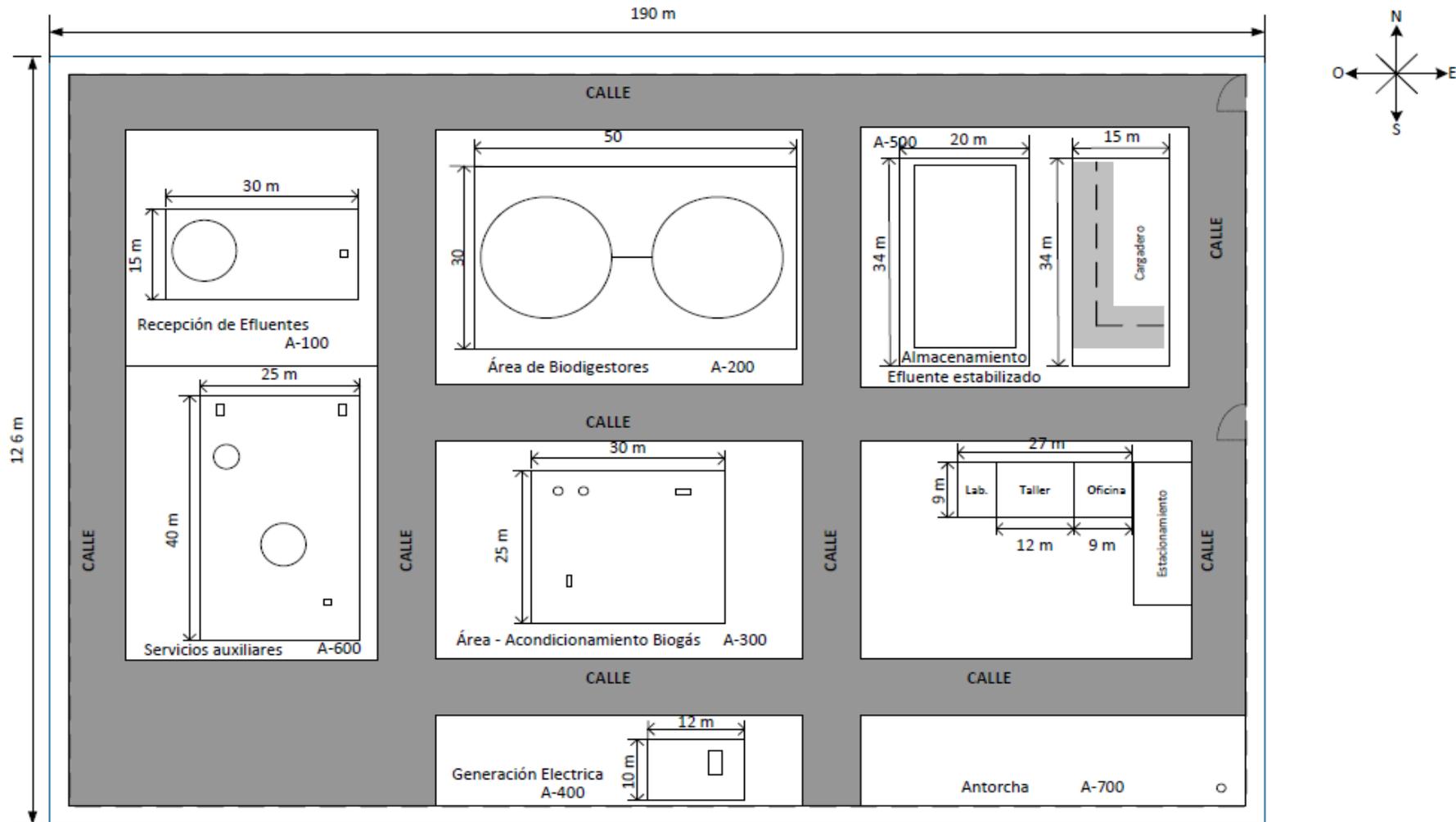
- 100: Recepción del efluente proveniente del establecimiento porcino.
- 200: Área de Biodigestores.
- 300: Acondicionamiento del Biogás
- 400: Generación Eléctrica
- 500: Almacenamiento Efluente Estabilizado
- 600: Servicios auxiliares
- 700: Antorcha

En la siguiente página se muestra el P&ID de la planta de biogás. De igual manera en los anexos se presenta el plano de P&ID en A3.



 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL		FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos				Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 42 de 99

8- LAY OUT



 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL		FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos				Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 43 de 99

UNIDAD	EQUIPO 1	EQUIPO 2	TIPO	F	M	D	ACCIÓN	DISTANCIA	
								ft	m
Recepción de efluente Unidad 100	TANQUE	INTERCAMBIADOR	PROCESO		X		Transportar el fluido	50	15
UNIDAD 200	INTERCAMBIADOR	BIODIGESTOR	PROCESO- MANTENIMIENTO	X			Distancia de seguridad Transferencia de calor	50	15
	BIODIGESTOR	BIODIGESTOR	PROCESO- EQUIPAMIENTO		X		Distancia de seguridad	12	4
ACONDICIONAMIENTO DE BIOGAS UNIDAD 300	BIODIGESTOR	SOPLADOR	PROCESO		X		Aumento de presión.	30	10
	SOPLADOR	DESULFURIZADOR	PROCESO	x			Distancia de seguridad	50	15
	DESULFURIZADOR	INTERCAMBIADOR	PROCESO		x		Disminución de temperatura	50	15
	INTERCAMBIADOR	SEPARADOR	PROCESO			X	Separación de condensados	50	15

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 44 de 99

GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA UNIDAD 400	SEPARADOR	GENERADOR	PROCESO	x			Generar energía eléctrica	100	30
ALMACENAMIENTO DE DIGERIDO UNIDAD 500	BIODIGESTOR	PILETA	PROCESO		x		Almacenamiento de digerido	50	15
UNIDAD 700	BIODIGESTOR	ANTORCHA	SEGURIDAD	x			Venteo de seguridad	200	60
UNIDAD 600 (AGUA CALIENTE)	INTERCAMBIADOR (UNIDAD 100)	CALDERA	Servicios auxiliares		x		Aumento de temperatura del sustrato	100	30
	CALDERA	TANQUE 601	Servicios auxiliares			x	Almacenamiento de fluido	50	15
	TANQUE 601	ENFRIADOR	Servicios auxiliares			x	Transporte de fluido	50	15
	INTERCAMBIADOR	ENFRIADOR	Servicios auxiliares			x	Disminución de temperatura	50	15
	INTERCAMBIADOR (UNIDAD 300)	TANQUE 602	Servicios auxiliares		x		Almacenamiento	50	15
	ENFRIADOR	TANQUE 602	Servicios auxiliares			x	Disminución de temperatura	50	15
	INTERCAMBIADOR	ENFRIADOR	Servicios auxiliares			x	Disminución de temperatura	50	15
	BATERIA DE INERTE	BIODIGESTORES	Servicios auxiliares			x	Inertización puesta en marcha	50	15

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA		ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 45 de 99

Equipos:

Tanque de homogenización: recepción la mezcla de purín. Volumen total de almacenamiento= 300 m³. Medidas: Ø= 10 m. h= 4 m.

Biodigestor: son 2. Volumen de cada uno: 1840 m³. Medidas: Ø= 22 mts; h= 6 mts. tiempo de residencia = 15 días.

Potencia de agitadores: 18,5Kw.

Intercambiador de calor- sistema agua caliente: se ubican antes del ingreso al biodigestor.

Un tanque de agua, V= 20 m³, Ø= 3,6 m, h= 2m.

Una caldera de vapor: medidas 1 m x 2 m. Equipo elegido: Generador de vapor Serie E 10, especificaciones técnicas: abastecimiento de agua requerido= 200 l/h, densidad= 958,7 kg/m³.



Generador de vapor SERIE E 10

Pileta de digeridos. Medidas: 30 m x 15 m. material: hormigón. Según normativa API 650.

Soplador: Turbina Modelo TSB 210. Ø = 2". Capacidad máxima: 245 m³/h. medidas: 0,30 m x 0,35 m.

Torre de desulfurización: son dos depuradores. Volumen = 3,12 m³ cada lecho fijo. Relación: 2,5 alto/ancho. Medidas: Ø= 1,3 m., h= 2,5 m.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos					
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 46 de 99



Separador: no se simboliza en el Lay Out, ya que el equipo utilizado en el proceso de acondicionamiento de biogás es muy pequeño; un filtro.



Intercambiador de calor- sistema agua fría: separación de condensados en la corriente de biogás.

Tanque: $V= 20 \text{ m}^3$. $\varnothing= 7 \text{ m.}$, $h= 3 \text{ m.}$

Enfriador: Alfaliq, Modelo EK – 015 con bomba de impulsión incluida, caudal= 3.000 l/h. medidas: 1,9 m x 1 m

Generador: Himoinsa, Modelo HGN T5 BIO. \varnothing alimentación= 2". Potencia 495 Kw. Medidas: largo 4 m., ancho= 1,6 m, alto= 2 m.

Aceite motor SAE 40.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 47 de 99



Antorcha: Modelo IFL 4c 360: con llama oculta, válvula de seguridad con cierre rápido para evitar ingreso de aire, control automático de combustión y apaga-llamas. $\varnothing_D = 1,7 \text{ m}$; $\varnothing_d = 1,3 \text{ m}$. caudal máximo= $360 \text{ Nm}^3/\text{h}$. $P_{\min} = 25 \text{ mbar}$.



 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot
Versión: Fecha:10/10/2022		Página 48 de 99	

9-SEGURIDAD DE LA PLANTA

A fin de garantizar que una planta pueda ser operada en condiciones de seguridad, se debe tener presente que la seguridad del biogás comienza desde la fase de planificación y continua a lo largo de todo el ciclo de operación de la planta, siendo necesaria la colaboración entre los fabricantes, los asesores de planificación y los operadores.

Entre los posibles peligros de las plantas de biogás se incluyen, por ejemplo, los incendios y las explosiones, pero también las sustancias peligrosas (p. ej. auxiliares tecnológicos), la corriente eléctrica e incluso el propio biogás también conllevan riesgos. También deben ser objeto de atención los peligros mecánicos en determinados componentes de las plantas.

9.1-Identificación De Riesgos Potenciales Y Mitigación De Los Mismos

PELIGRO	INSTALACION	RIESGO	BARRERAS PREVENTIVAS	BARRERAS MITIGADORAS
Para El medio Ambiente	Tanque almacenamiento purín	Derrame. Afectación del suelo con posible alteración de la napa freática (en el peor de los casos).	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo impermeabilizado. - Control de integridad paredes de tanque. - Alarma sonora y lumínica de nivel con cierre de válvula automático. 	Contención secundaria con canaletas y cámaras de drenaje. Válvulas de corte/emergencia, accionamiento manual, cañería de ingreso.
Para el ambiente, Explosión e incendio	Biodigestor	<p>Derrame.</p> <p>Fuga de gas. Atmósfera explosiva.</p> <p>Sobre- presión o presión negativa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sensor de nivel. Alarmas - Suelo impermeabilizado. - Detectores de gas con calibración vigente. - Manómetro ubicado en sector gas. - Control de presión y temperatura. - Alarma de sobre y baja presión. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contención secundaria con canaletas y cámaras de drenaje. - Válvulas de emergencia. Accionamiento automático y manual. - Red contra incendio. - Extintores de incendio. - Inertización post evento. - Válvulas de control de presión.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantini@gmail.com		
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 49 de 99

Para el ambiente	Tanque de almacenamiento de efluente	Derrame	Suelo impermeabilizado. Control de integridad paredes del tanque.	Canaletas y cámaras de drenaje. Válvulas de corte en caso de emergencia.
Sustancias Peligrosas	Torre de desulfurización	Fuga de gas H ₂ S	<ul style="list-style-type: none"> - Detectores de gas H₂S. - Alarmas - Control de presión. - Simulacros de emergencia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Válvulas calibradas. - Activación rol de emergencia, según lo ensayado.
Sustancias Peligrosas	Separador bifásico	<ul style="list-style-type: none"> - Fuga de gas. - Acumulación de fluido. - Pérdida de fluidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Detector de gas. - Manómetro línea de gas. - Indicador de nivel. - Platea de hormigón con murete de contención. 	<ul style="list-style-type: none"> - Válvulas de presión. - Cámaras y canaletas de drenaje.
Explosión	Flare	<p>Atmosfera explosiva.</p> <p>Llama con emanación de humo negro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de encendido automático. - Detector de fuga. - Control sistema de separación bifásica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Encendido manual con previo aviso y tomando los recaudos necesarios. - Colocar cerco perimetral. - Ajuste en el separador.
Eléctricos	Generador de energía eléctrica	<p>Descarga eléctrica.</p> <p>Altas temperaturas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de puesta a tierra. - Control de temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Válvula de seguridad. - Interruptor de energía eléctrica.

9.2-Medidas de Protección

Establecida por el llamado principio TOP, esto significa que antes de nada es necesario adoptar medidas técnicas, tales como cubrir las piezas rotatorias o garantizar que el llenado se realiza en sistemas cerrados. Una vez agotadas todas las medidas técnicas de protección posibles, se implementan medidas organizativas, tales como redactar instructivos operativos, organizar sesiones de instrucción e información a fin de que los dispositivos y equipos que puedan utilizarse de forma segura, aunque también deberá poder garantizarse por ejemplo que el llenado no tiene lugar cuando se encuentran personas dentro del área de

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 50 de 99

peligro. En algunos casos, pese a contar con medidas de protección técnicas y organizativas no es posible evitar los peligros. En tales ocasiones, deben ponerse en práctica medidas de protección personal para proteger a las personas en caso de peligro. Esto incluye medidas tales como utilizar una mascarilla de respiración si es inevitable que se libere biogás.



Medidas de protección de acuerdo con el principio TOP

9.3-Plan de Respuesta Ante emergencia

Emergencia:

Situación que pone en riesgo inminente la integridad física y psicológica de los ocupantes del recinto y que requiere de una capacidad de respuesta institucional organizada y oportuna a fin de reducir al máximo los potenciales daños a las personas, al medio ambiente y a las instalaciones del recinto.

Plan de Emergencia:

Instrumento que contiene, de manera ordenada y organizada, las acciones y procedimientos a poner en marcha, los roles y funciones del recurso humano, y los recursos técnicos, materiales y financieros destinados a la respuesta ante una situación de emergencia o desastre y ser eficaz frente a una emergencia real o simulada.

Para enfrentar de manera eficiente un evento de emergencia, se requiere preparar con anticipación un conjunto de medidas que faciliten en el instante de la emergencia, la toma

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot
Versión: Fecha:10/10/2022		Página 51 de 99	

de decisiones, la toma de responsabilidades y el emprendimiento de acciones que resguarden la seguridad de las personas. Para esto, se establecen acciones que permiten:

- Establecer una organización preparada para enfrentar una emergencia en el interior del recinto, fijando el procedimiento para la evacuación del personal, el control de la emergencia y el restablecimiento de la operación normal de las instalaciones.
- Evacuar oportunamente el área afectada por una emergencia, actuando con tranquilidad y seguridad para evitar que las personas sufran lesiones e incluso la muerte.
- Identificar las emergencias potenciales que puedan generar daños significativos a los trabajadores, instalaciones del recinto y/o a terceros.
- Capacitar al personal sobre las materias señaladas en este procedimiento, indicando los deberes y las responsabilidades que les competen, para que lo apliquen en forma correcta según la intención de este documento.
- Preparar con anticipación un conjunto de actividades de capacitación y entrenamiento de los trabajadores del recinto, para actuar antes (prevención), durante (control) y después (normalización de las actividades) de una emergencia.
- Preparar a terceras personas que presten servicios en el recinto, tales como: contratistas, personal de aseo, vigilantes u otros, para controlar los riesgos que se pueden producir en caso de una emergencia.

6.13.1 Tipología de emergencias en una planta de biogás

Los tipos de emergencias para los cuales se debe estar preparado en la operación de una planta de biogás son:

Naturales	Derrames y Fugas	Varios
Sismos	Fugas de biogás	Accidentes de trabajo
Incendio en el recinto y perímetro colindante	Derrames (sustancias químicas, lodos)	Artefactos Explosivos o atentados.
Inundaciones		Asaltos

Tabla Tipos de Emergencias

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantir@gmail.com		
			Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 52 de 99

Las emergencias se pueden clasificar en distintos niveles de acuerdo a las políticas de prevención de riesgos de la empresa, por ejemplo:

- Emergencia Nivel 1 y 2: Situación de emergencia que es controlable con los recursos existentes en las instalaciones (extintores, red húmeda, red seca, sistemas de alarma), pudiendo suponer la evacuación parcial o total del personal presente en las instalaciones.
- Emergencia Nivel 3: Situación de emergencia que no resulta controlable con los recursos existentes en las instalaciones (extintores, red de incendio, personal, entre otros) y que requiere por tanto de Ayuda Externa, pudiendo suponer la evacuación parcial o total del personal presente en las instalaciones. En general este tipo de emergencias es comunicado por la dirección de la empresa.

Tipos de evacuación y acciones

Evacuación: En su sentido más frecuente, se refiere a la acción o al efecto de retirar personas de un lugar determinado. Normalmente sucede en emergencias causadas por desastres, ya sean naturales, accidentales o naturales.

Evacuación Parcial: Se lleva a efecto cuando sea necesario o se precise abandonar uno o más lugares, pisos o áreas de forma independiente.

Evacuación Total: Se realiza cuando la situación sea de tal gravedad y/o magnitud que se requiera abandonar totalmente el recinto o centro de trabajo.

Pasos a seguir en una evacuación: Al Recibir El Mensaje De Evacuación, el Personal debe:

1. Paralizar de inmediato su trabajo.
2. Detener y desconectar máquinas y/o equipos portátiles.
3. Mantener la calma y seguridad.
4. Retirar y/u ordenar, materiales, ropa o cualquier otro elemento que puedan presentar obstáculo y/o entorpecer su salida a las vías de escape.
5. Esperar órdenes de su Líder de Evacuación.
6. Cuando su Líder de Evacuación ordene marchar, caminar rápido y ordenadamente.
7. Obedecer las instrucciones y cooperar con el Líder de Evacuación si lo solicita.
8. Conservar la distancia con la persona que va adelante.
9. Mantener la formación hasta llegar a la "Zona de Seguridad".
10. Todo el personal debe permanecer en la "Zona de Seguridad" hasta que Líder de la zona de seguridad así lo ordene.
11. Al sonido de la sirena, todos los vehículos que transiten en la planta deben ser estacionados apropiadamente para no obstaculizar las vías de evacuación y acceso para los

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantindir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 53 de 99

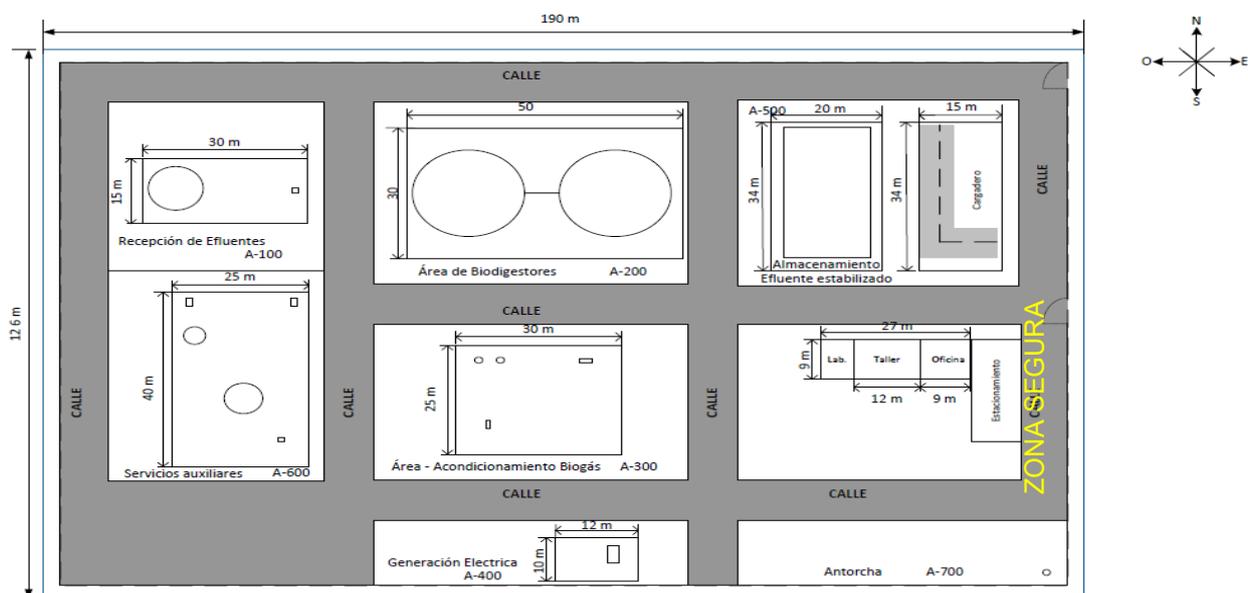
vehículos de emergencia y ser apagados. Los conductores y acompañantes evacuarán rápidamente el lugar y se dirigirán a la zona de seguridad más cercana.

Durante El Proceso De Evacuación, El Personal No Debe:

1. Correr
2. Hacer ruidos innecesarios
3. Hacer bromas
4. Causar confusión
5. Regresar por ropa u otros elementos a su lugar de trabajo
6. Detenerse u obstaculizar el tránsito
7. Dirigirse a otro lugar distinto al asignado
8. Usar su automóvil para salir de la Planta, hasta previo aviso por parte de las jefaturas.

Zonas de Seguridad

Por Zona de Seguridad se entiende aquella que la organización define como tal y en la cual los riesgos están bajo control. Para su designación se debe considerar que no existan elementos que puedan producir daños por caídas (árboles, cables eléctricos, estructuras antiguas, etc.)". Se señala como punto o zona de encuentro ante un evento en que existe la necesidad de evacuar un área de trabajo o en que, por ejemplo, haya gran cantidad de público, ya sean clientes o visitantes, debido a una emergencia de riesgo natural, como terremoto o tsunami.



Zona Segura

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 54 de 99

Organización, roles y responsabilidades

En el plan de emergencias se debe definir claramente los roles y responsabilidades de cada miembro del equipo de trabajo o empresa y contratista. Esto es, definir organismos (o personas) responsables de cada acción u operación frente a una emergencia, según los riesgos priorizados, considerando roles para el manejo del evento y roles para el manejo de la emergencia. A continuación, se ejemplifican algunos:

Supervisión de turno:

Persona responsable de activar la emergencia. Actúa como comunicador ante los jefes de áreas, Prevención de Riesgos y Brigada de Emergencias. A la vez, estará encargado de notificar internamente a la guardia pasiva en caso de una emergencia que ocurra en horario no administrativo.

Prevención de Riesgos:

La Unidad de Prevención de Riesgos, será la encargada de:

- El eficiente manejo a nivel técnico de la emergencia. Incluye los elementos locales, Brigada contra incendios, bomberos, servicio médico y vigilancia. Puede incluir elementos externos de apoyo.
- Apoyar a la Brigada de emergencias en horario administrativo.
- Informar en todo momento a la Gerencia de la emergencia.
- Generar informe de la Emergencia.

Guardia Pasiva

- Jefaturas de las áreas de Operación y Mantenimiento: Responsable y en coordinación con Prevención de Riesgos para realizar el análisis de la emergencia.
- Personal que deberá tomar contacto y notificar la emergencia a Gerencia de Operaciones y mantenimiento en horario no administrativo.

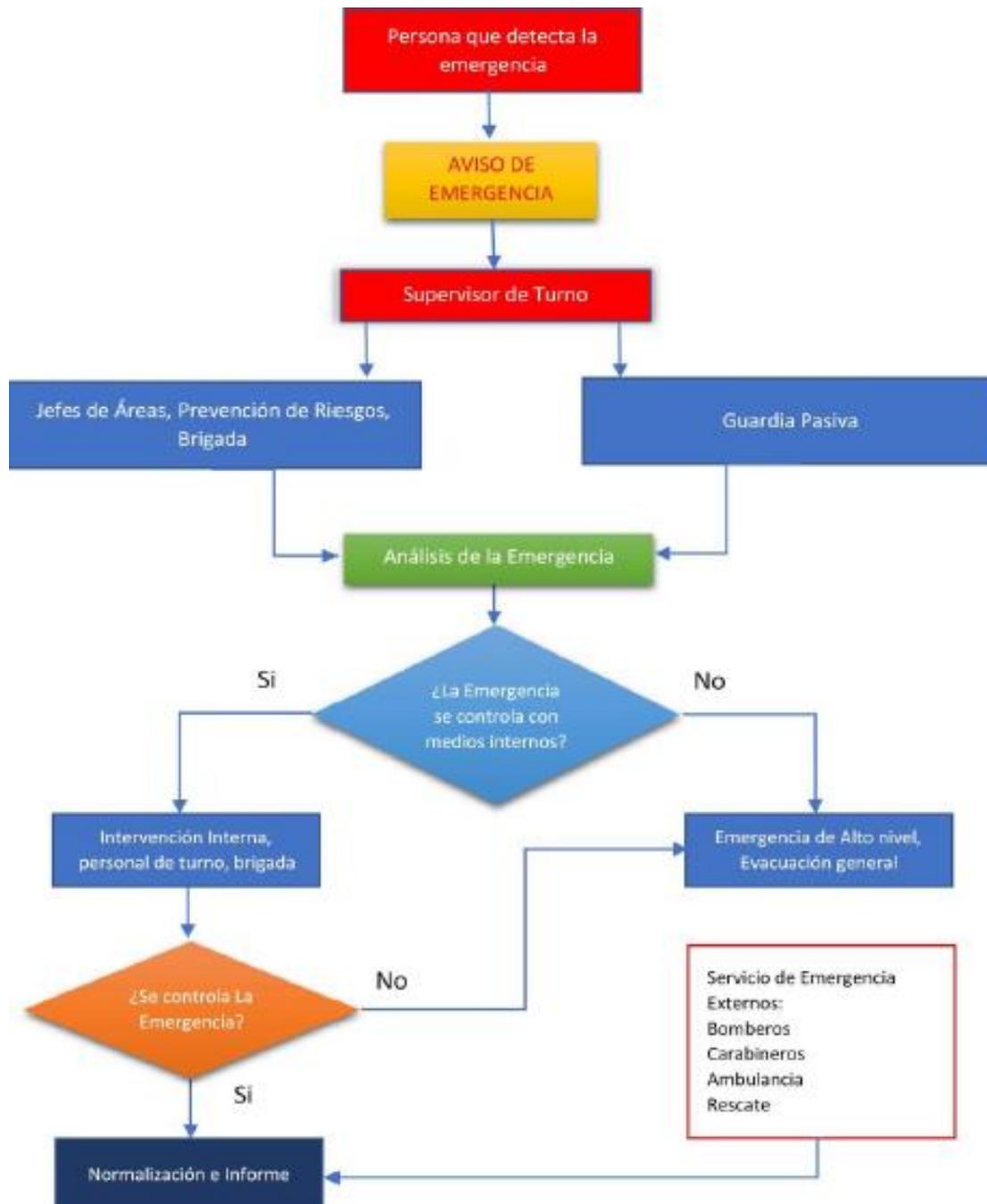
Líderes de evacuación:

Los líderes de evacuación serán los responsables de coordinar y orientar la evacuación del personal en caso de emergencia. Deberá existir uno por área, el cual debe conocer detalladamente las vías de evacuación. Sus principales funciones son:

- Resguardar la seguridad del personal a cargo y la de terceros.
- Guiar y dar instrucciones pertinentes al personal (contratistas, visitas, entre otros) según el grado de la emergencia.
- Informar al Supervisor de Turno, coordinar y acatar lo dispuesto por el mismo.
- Cumplir con las disposiciones e instrucciones contenidas en el Plan de Emergencia.
- No permitir el regreso a los lugares evacuados.
- Comprobar que no quedan rezagados una vez evacuado el sector.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos		Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot
		Versión: Fecha:10/10/2022	Página 55 de 99

- En caso de evacuación general, los Líderes de evacuación deberán realizar el conteo del personal en las zonas de seguridad incluyendo a los visitantes.
- Comprobar e informar ausencias.
- Asistir a las charlas sobre materias de prevención de riesgos, plan de emergencia y/o simulacros.



Plan de emergencia. Fuente: Adaptado SustentaEx

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot
Versión: Fecha:10/10/2022		Página 56 de 99	

Referencias:

Guía del instalador de plantas de biogás de mediana y gran escala. Ministerio de energía. Gobierno de Chile.

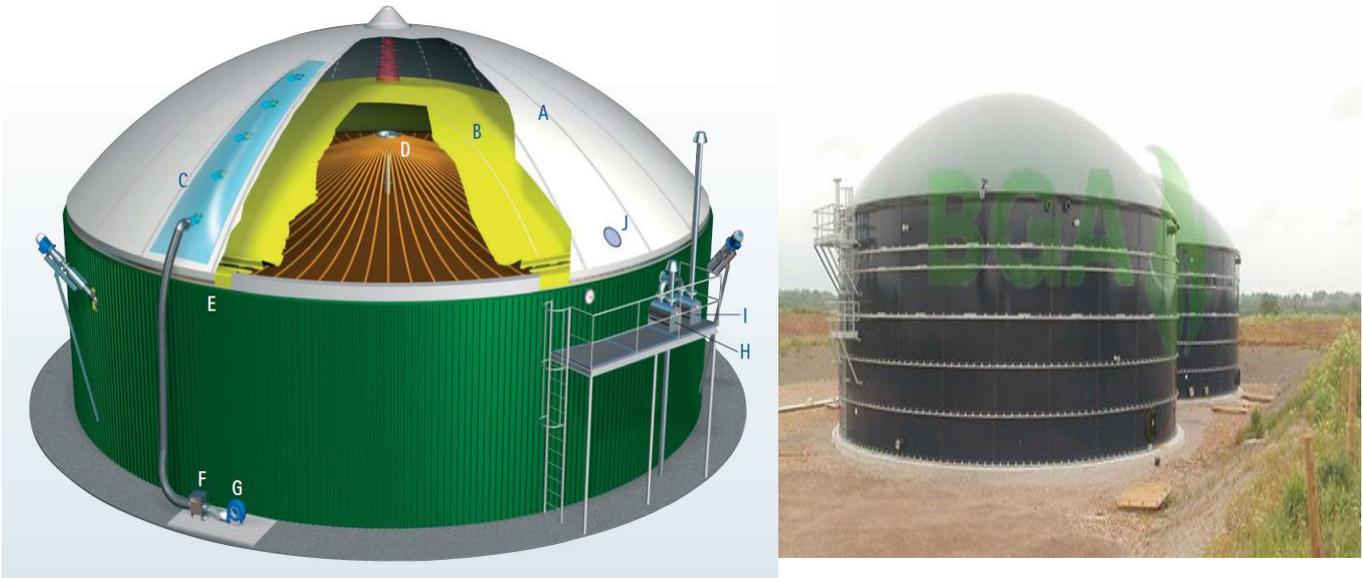
Directrices para el uso seguro de la tecnología del biogás. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 57 de 99

10 – INGENIERIA DE DETALLE

10.1-Equipo N°1: Biodigestor R-01 A/B

Partes de un Biodigestor



Fuente: (1)SATTLER/CENO DMGS TM; (2)Biogas Argentina

A: membrana exterior, B: membrana interior, C: AIRFLOW-SYSTEM™, D: sistema de cintas, E: anillo de anclaje, F: válvula de conservación de aire, G: soplantes, H: válvula de seguridad, I: mirilla, J: medición del nivel del depósito K: agitador

Un biodigestor tipo alemán con gasómetro doble membrana está constituido básicamente por una membrana exterior y una interior que cierran el fermentador herméticamente. Los soplantes de aire de apoyo dan la forma a la membrana externa garantizando tanto la resistencia a cargas de viento y nieve como también una presión constante en el gasómetro (airflow system™).

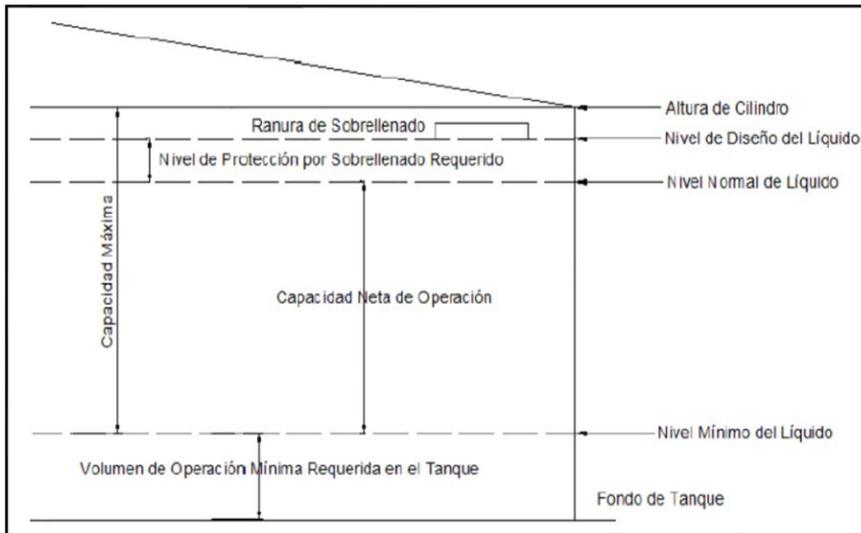
Ambas membranas se sujetan con rieles de anclaje a la corona del depósito o a las paredes externas del depósito de acero u hormigón.

La construcción en la estructura, evita que la membrana interior tenga contacto con el sustrato y la protege al mismo tiempo, de daños causados por el sistema de agitadores. Las cintas utilizadas y el apoyo central están diseñados para resistir cargas.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos					
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 58 de 99

10.1.1-Diseño Del Biodigestor

Para diseñar el envolvente del biodigestor se utiliza la norma API 650 que cubre tanques verticales de acero soldado en los cuales se almacenan fluidos líquidos, diseñados para soportar presiones internas aproximadamente igual a la presión atmosférica (presiones manométricas menores a 18 kPa) y una temperatura de operación no mayor de 93° C.



Nivel de llenado de tanque- Norma API 650

CÁLCULO DE LA ALTURA EFECTIVA DEL LÍQUIDO A SER ALMACENADO.

Tomando en cuenta que el tanque corresponde geoméricamente a un cilindro, la altura efectiva del líquido almacenado se puede calcular con la siguiente expresión:

$$V_l = \frac{\pi D^2}{4} H$$

Donde:

- D: diámetro del tanque (22 m)
- He: altura del líquido (m)
- Vi: Volumen del líquido (1834 m³)

Resolución:

Además, se debe definir el nivel de diseño del líquido, donde el volumen de diseño contempla el nivel de protección de sobrellenado o volumen requerido. Se desprecia del nivel mínimo de líquido, porque se considera que el biodigestor debe considerar una mezcla completa.

- Nivel de diseño líquido: 5,65m
- Nivel normal de líquido: 5,35 m
- Capacidad máxima: 2148 m³
- Nivel mínimo de líquido: 0,50 m
- Capacidad neta de operación: 1844 m³
- Nivel de protección por sobre llenado: 0,3 m

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 59 de 99

Datos generales y condiciones para el cálculo.

- Condición de diseño: API 650
- Altura nominal del tanque, $H_n = 6$ m
- Altura de diseño del líquido H: 5,65 m
- Diámetro nominal del tanque $D = 22$ m
- Capacidad del tanque C: 1844 m³
- Presión de diseño: 1,0099 atm (presión manométrica 10 mbar)
- Gravedad específica de diseño G: 1 gr/cm³
- Corrosión Admisible CA: 0 cm para el cuerpo
- Espesor mínimo especificado: 6 mm
- Temperatura máxima de operación: 35 °C
- Material para planchas del tanque: ASTM A36.

CÁLCULO DEL CUERPO DEL TANQUE.

El cuerpo o envolvente del tanque está formado de la unión de anillos hasta lograr la altura deseada. Estos anillos se construyen, soldando láminas roladas formando el perímetro del tanque.

Para el diseño del cuerpo o envolvente del tanque, la norma API 650 – sección 5.6, indica que el espesor requerido de las láminas del cuerpo debe ser el mayor entre el espesor requerido de producto del cuerpo, incluyendo la tolerancia de corrosión y el espesor requerido de prueba hidrostática del cuerpo, pero no debe ser menor que los espesores establecidos en la siguiente tabla 3 para los diferentes diámetros:

Nominal Tank Diameter (See Note 1)		Nominal Plate Thickness (See Note 2)	
(m)	(ft)	(mm)	(in.)
< 15	< 50	5	3/16
15 to < 36	50 to < 120	6	1/4
36 to 60	120 to 200	8	5/16
> 60	> 200	10	3/8

CÁLCULO DEL CUERPO DEL TANQUE POR EL MÉTODO DE UN PIE.

Para el cálculo del espesor del cuerpo donde el apéndice A solo permite este método de diseño, para diámetros menores a 60 m (200ft). Donde el método de un pie, calcula el espesor en puntos de diseño que se encuentran a 0.3 m (1 ft) por encima del borde inferior de cada anillo que conforma el cuerpo del tanque. La norma API 650 – sección 5.6.3.2, indica que el mínimo espesor requerido de cada anillo del cuerpo deberá ser el mayor valor entre los calculados por las fórmulas en (SI):

Para condición de diseño:

$$t_d = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_d} + CA$$

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantindir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 60 de 99

Para condición de prueba hidrostática:

$$t_t = \frac{4.9D(H - 0.3)}{S_t}$$

Donde:

- t_d : Espesor de diseño del cuerpo(mm)
- t_t : Espesor del cuerpo en prueba hidrostática(mm)
- D: diámetro nominal del tanque(m)
- H: Nivel de diseño del líquido (m)
- G: gravedad específica de diseño del líquido a almacenar, (gr/cm³)
- CA: Tolerancia por corrosión (mm)
- S_d : esfuerzo Admisible para la condición de diseño (MPa)
- S_t : Esfuerzo admisible para las condiciones de prueba hidrostática (MPa)

Para ello se debe obtener primeramente los esfuerzos máximos permisibles para diseño y prueba hidrostática (S_d) y (S_t), así como también la mínima resistencia a la fluencia y a la tracción (S_y) y (S_{tr}), según el material ASTM A36. A continuación, se selecciona de la Norma API 650:

3-8

API STANDARD 650

Table 3-2—Permissible Plate Materials and Allowable Stresses

Plate Specification	Grade	Minimum Yield Strength MPa (psi)	Minimum Tensile Strength MPa (psi)	Product Design Stress S_d MPa (psi)	Hydrostatic Test Stress S_t MPa (psi)
ASTM Specifications					
A 283M (A 283)	C (C)	205 (30,000)	380 (55,000)	137 (20,000)	154 (22,500)
A 285M (A 285)	C (C)	205 (30,000)	380 (55,000)	137 (20,000)	154 (22,500)
A 131M (A 131)	A, B, CS (A, B, CS)	235 (34,000)	400 (58,000)	157 (22,700)	171 (24,900)
A 36M (A 36)	—	250 (36,000)	400 (58,000)	160 (23,200)	171 (24,900)
A 131M (A 131)	EH 36 (EH 36)	360 (51,000)	490 ^a (71,000 ^a)	196 (28,400)	210 (30,400)
A 573M (A 573)	400 (58)	220 (32,000)	400 (58,000)	147 (21,300)	165 (24,000)
A 573M (A 573)	450 (65)	240 (35,000)	450 (65,000)	160 (23,300)	180 (26,300)

Fuente: Norma API 650

Donde:

- Material de la plancha: Acero estructural ASTM A36
- Esfuerzo para prueba de diseño, S_d : 160 MPa
- Esfuerzo prueba hidrostática, S_t : 171 MPa
- Resistencia mínima de fluencia del material S_y : 250 MPa
- Resistencia mínima a la tracción, S_{tr} : 400 MPa

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos		Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot
		Versión: Fecha:10/10/2022	Página 61 de 99

Luego se procede a efectuar el cálculo para hallar los espesores de cada anillo, la altura de diseño del cilindro es 6 metros; el ancho estándar de las planchas es de 1500 mm, por lo que se requerirán 4 anillos.

Datos:

- D= 22 m
- H= 6 m
- G= 1 gr/cm³
- CA= 0 mm
- Sd= 160 MPa
- St=171 MPa

a) Cálculo del primer anillo. H= 6 m

Para condición de diseño: $t_d = \frac{4.9 \times 22(6-0.3)1}{160} + 1 = 4.8 \text{ mm}$

Para condición de prueba hidrostática: $t_t = \frac{4.9 \times 22(6-0.3)}{171} = 3.59 \text{ mm}$

b) Cálculo del segundo anillo H :6- 1,5= 4,5 m

Para condición de diseño: $t_d = \frac{4.9 \times 22(4.5-0.3)1}{160} + 1 = 3,83 \text{ mm}$

Para condición de prueba hidrostática: $t_t = \frac{4.9 \times 22(4.5-0.3)}{171} = 2,65 \text{ mm}$

c) Cálculo del tercer anillo H: 4,5-1,5= 3

Para condición de diseño: $t_d = \frac{4.9 \times 22(3-0.3)1}{160} + 1 = 2,82 \text{ mm}$

Para condición de prueba hidrostática: $t_t = \frac{4.9 \times 22(3-0.3)}{171} = 1.07 \text{ mm}$

d) Cálculo del cuarto anillo H: 3-1,5= 1,5

Para condición de diseño: $t_d = \frac{4.9 \times 22(1.5-0.3)1}{160} + 1 = 1,81 \text{ mm}$

Para condición de prueba hidrostática: $t_t = \frac{4.9 \times 22(1.5-0.3)}{171} = 1,71 \text{ mm}$

Como los espesores de los anillos están por debajo de lo permitido por la norma API 650 se aplican espesores de 6 mm (1/4 in) para cumplir con la especificación

Nº Anillo	Espesor diseño (mm)	Espesor prueba hidrostática(mm)	Espesor comercial (mm)
1	4,8	3,59	6 (¼ in)
2	3,83	2,65	6 (¼ in)
3	2,82	1,07	6 (¼ in)
4	1,81	1,71	6 (¼ in)

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 62 de 99

FONDO:

Todas las planchas del fondo deberán tener como mínimo un espesor nominal de 6 mm (1/4plg) (70 Kpa (10 Lbs/plg²; ver 2.2.1.2)) fuera de cualquier corrosión admisible especificado por el comprador, para las planchas del fondo.

Las planchas del fondo deberán ser ordenadas de un tamaño suficiente tal que, cuando sean devastadas como mínimo 25 mm (1 plg) de ancho deberá proyectarse más allá del borde exterior de la soldadura de fijación de fondo a la plancha del casco.

PLANCHA DE FONDO ANULAR

Las planchas de fondo anular tendrán una anchura radial tal que sea por lo menos de 600 mm (24 plg) entre el interior del casco y cualquier unión soldada a solapa en el resto del fondo y por lo menos 50 mm (2plg) salientes fuera del casco.

El espesor mínimo para el anillo anular se extrae de la tabla 4-1. Su valor depende del espesor de la primera virola y del esfuerzo al que está sometido la misma. El espesor de la primera virola calculado es de 6 mm. Para calcular la tensión máxima sobre dicha virola hay que tomar el mayor valor entre la tensión de diseño del producto y la tensión de diseño de prueba hidrostática,

$$S_d = \frac{4.9xD(H_W - 0.3)G}{t_s - CA}$$

$$S_t = \frac{4.9xD(H_W - 0.3)G}{t_s}$$

Para condición de diseño: $S_d = \frac{4.9 \times 22(6-0.3)1}{6-1} = 122.8 \text{ MPa}$

Para condición de prueba hidrostática: $S_t = \frac{4.9 \times 22(6-0.3)}{6} = 102.41 \text{ MPa}$

Esfuerzo sobre la 1 virola= 122.8 MPa

Tabla 4-1. Espesor del anillo anular en función del espesor y esfuerzo de la primera virola

Espesor de la virola de fondo, t_s (mm)	Esfuerzo sobre la virola de fondo (MPa)			
	≤ 190	≤ 210	≤ 220	≤ 250
$t_s \leq 19$	6	6	7	9
$19 < t_s \leq 25$	6	7	10	11
$25 < t_s \leq 32$	6	9	12	14
$32 < t_s \leq 40$	8	11	14	17
$40 < t_s \leq 45$	9	13	16	19

El espesor del anillo anular según la tabla 4-1 es de 6 mm.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 63 de 99

COLUMNA CENTRAL:



Máxima relación de esbeltez:

Para columnas, el valor L/r_e no deberá exceder 180.

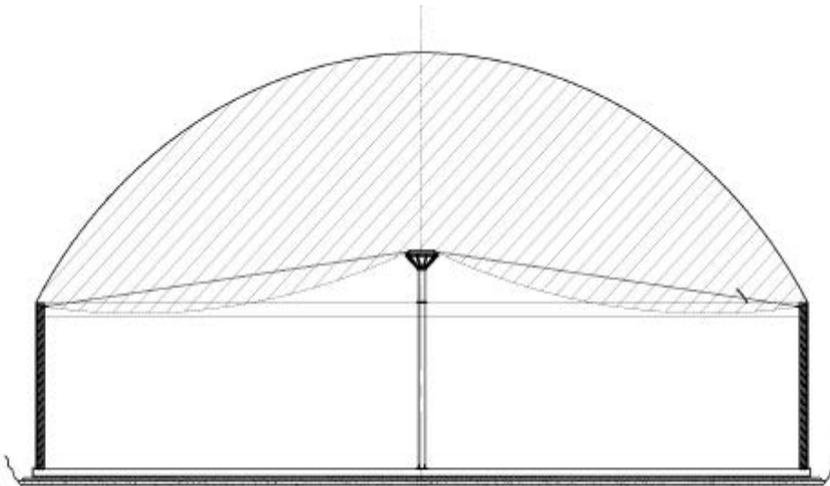
Donde:

L = longitud sin apoyo, mm (plg.),

r_e = menor radio de giro de la columna, mm (plg.),

r = radio gobernante de giro, mm (plg.).

Longitud de la columna:



Pillar height (raised) for brace support construction*	
Ø Tank	Raised by
10 m	1,0 m
10 < 22 m	1,0 m
22 < 28 m	1,5 m
28 < 32 m	2,0 m
32 < 34 m	2,5 m
34-40 m	3,0 m

*Depending on operating pressure

Fuente: (1) SATTLER/CENO DMGS TM

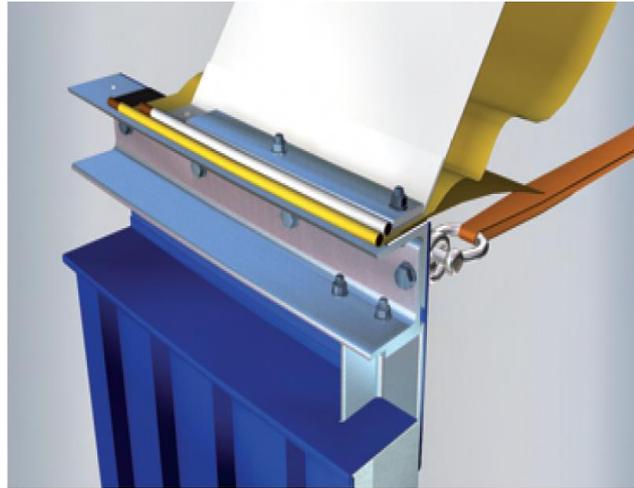
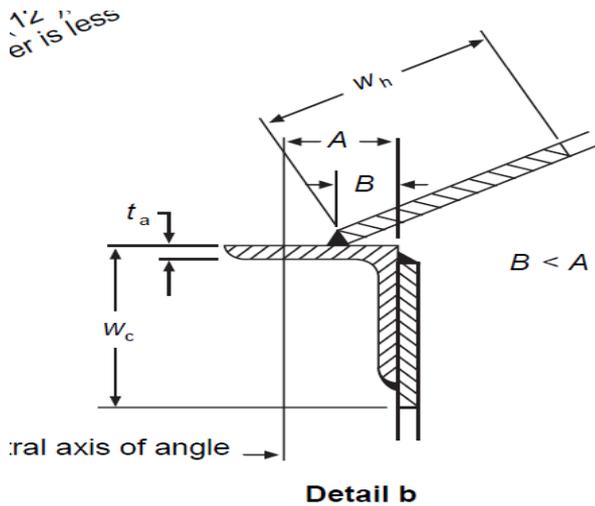
Longitud de la columna: 6 + 1: 7 m

Máxima relación de esbeltez: L/r_e : $7000/67,9 = 103,10$. No excede el valor establecido por norma.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 64 de 99

UNIÓN DE CARCASA Y TECHO DE MEMBRANA DE BIODIGESTOR:

A continuación, se ilustra la unión de la carcasa y la membrana



Fuente: (1) Norma API-650 (2) SATTLER/CENO DMGS TM

Según el diámetro del tanque se elige el tamaño del ángulo, que este caso corresponde a 3" x 3" x 3/8

<u>Ø tanque (pies)</u>	<u>Tamaño ángulo</u>
35 y menores.....	2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
más de 35 hasta 60.....	2 1/2" x 2 1/2" x 5/16"
mayores que 60.....	3" x 3" x 3/8"

Tabla. Fuente norma API 650

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos		Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 65 de 99

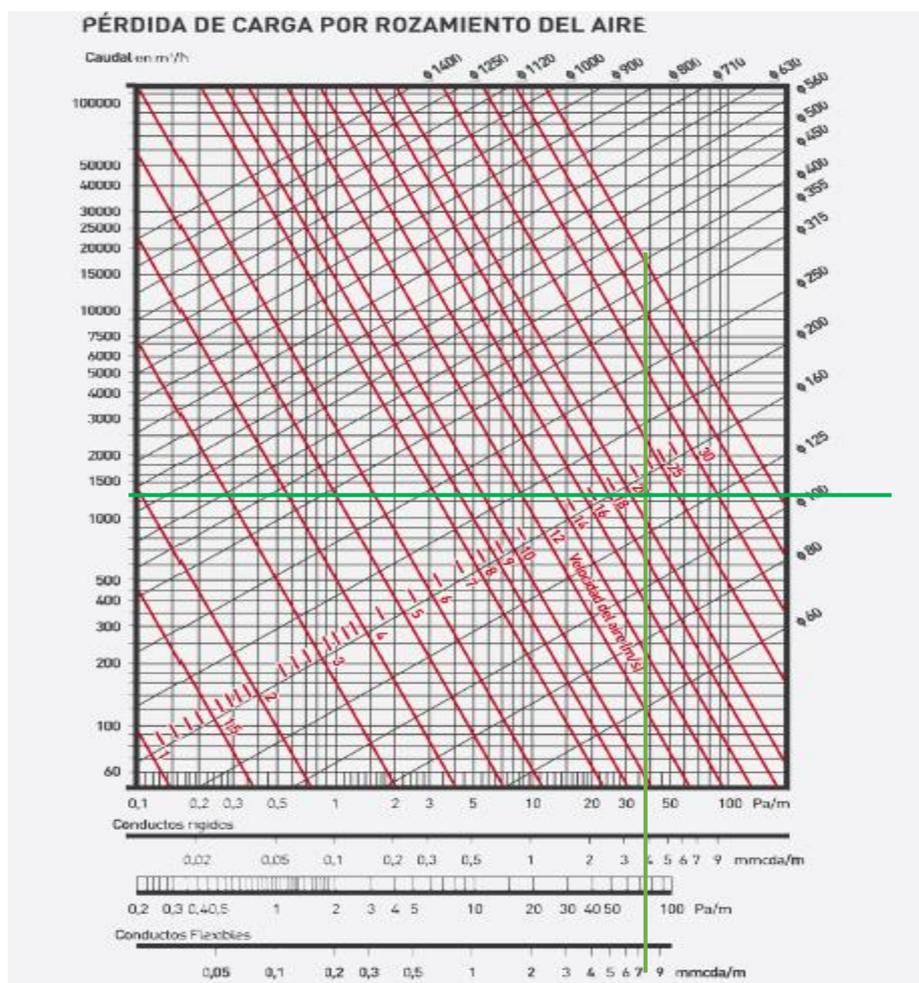
10.1.2-Selección De Soplador

Datos:

- Caudal de aire: 1237 m³/hr
- Diámetro del impulsor: Φ160

Cálculos De Perdida De Carga:

Monograma para conducto circulares rectilíneos



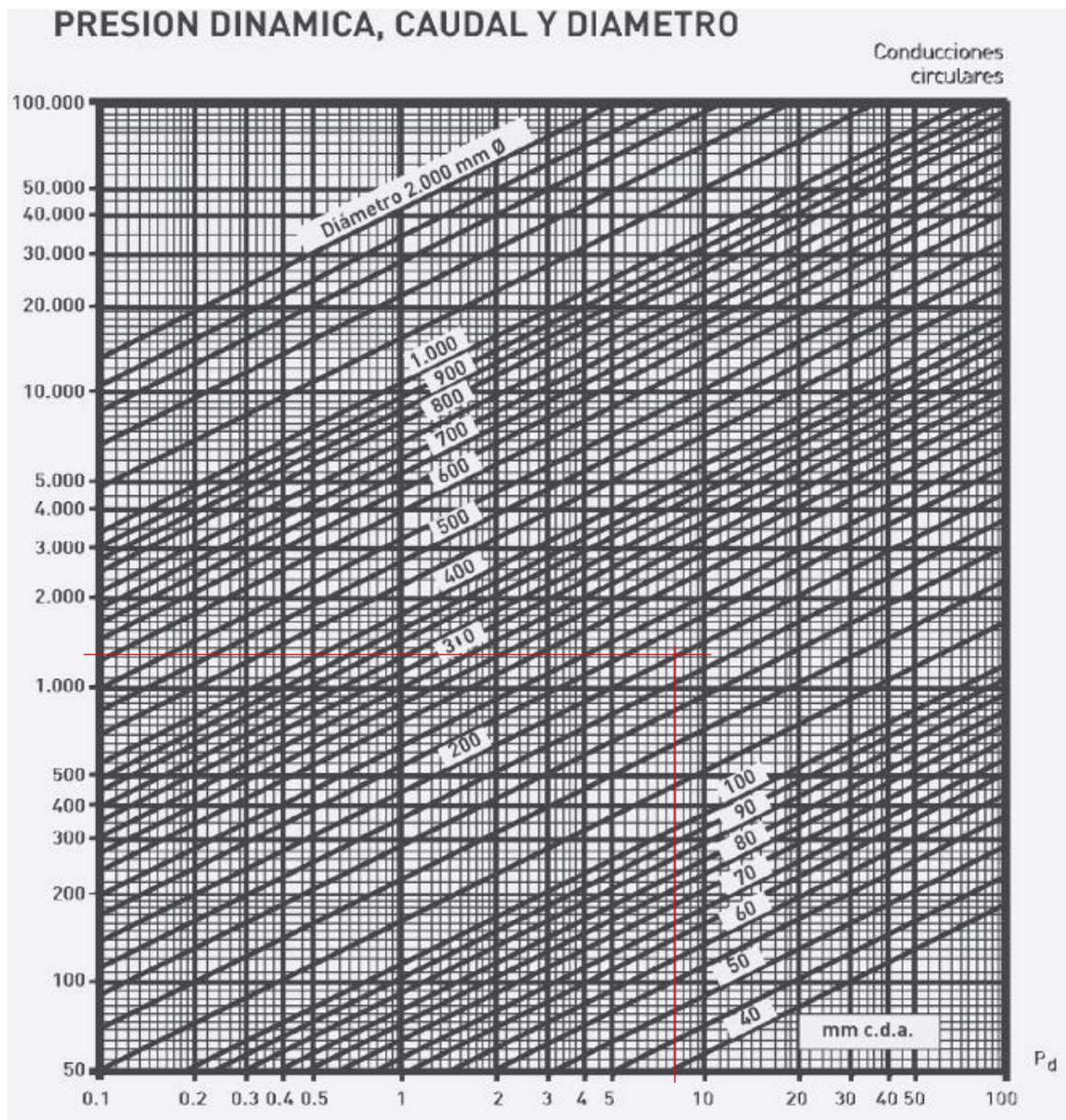
Fuente: Soler & Palau/ Ventilation group.

Cálculo de pérdida de carga para tramo recto:

$$\Delta P = \text{longitud del ducto} \times \text{pérdida/metro} = 6 \text{ m} \times 50 \text{ Pa/m} = 300 \text{ Pa}$$

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
			Año de cursada: 2018	
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Versión: Fecha: 10/10/2022	Página 66 de 99
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	

Perdida De Carga Por Accesorios



Fuente: Soler & Palau/ Ventilation group

De la monograma se obtiene $P_d = 9 \text{ mm c.d.a.} = 88,25$

Cálculo de pérdida de carga por accesorios:

$$\Delta P = n \times P_d$$

Accesorios:

$$\text{Codo de } 90^\circ = 1,6$$

$$2 \text{ niples} = 2 \times 0,87 = 1,74$$

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos					
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 67 de 99

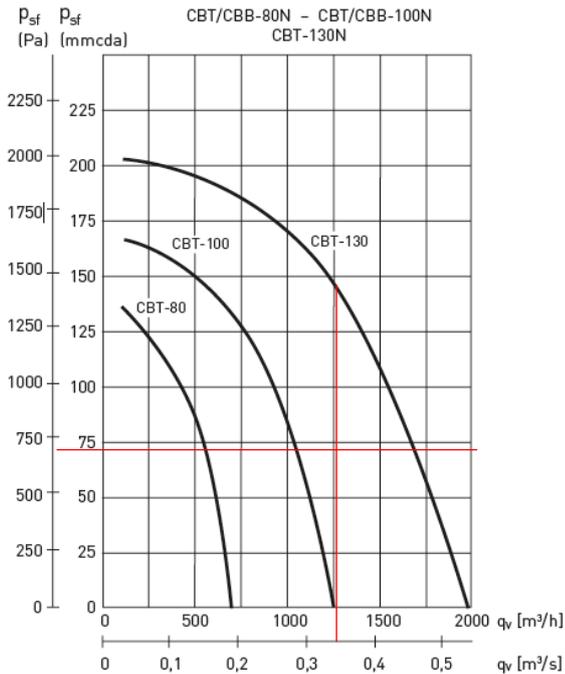
Brida de entrada = 0.49

Brida descarga= 0.35

$N = 1.74 + 0.49 + 1.6 + 0.35 = 4.18$

$\Delta P = 4,18 \times 88,25 = 369$

$\Delta P_t = 300 + 369 = 669 \text{ Pa}$



Fuente: Soler & Palau/ Ventilation group

En base a los cálculos y a las especificaciones requeridas para el sistema del aire el soplador seleccionado es el CBT-130.

10.1.3-Selección Del Agitador

Datos:

- $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$
- $\mu_{\max} = 0,001 \text{ kg/m seg}$
- Velocidad (rpm)= 400, (6,67rps)
- Diámetro del agitador= 0,7

Cálculos:

$$N^{\circ}Re = \rho \cdot N \cdot D^2 / \mu$$

Donde:

ρ = densidad del fluido

N=Revoluciones por segundo

D= diámetro del agitador

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos		Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot
		Versión: Fecha:10/10/2022	Página 68 de 99

μ =viscosidad del fluido

$$N^{\circ}Re = (1000 \text{ kg/m}^3 \times 6,67 \text{ rps} \times (0,7)^2 \text{ m}^2) / 0,001 \text{ Kg/m} \cdot \text{seg}$$

$$N^{\circ}Re = 3,26 \times 10^6$$

Como $N^{\circ}Re > 10000$, el flujo es turbulento. Por lo que la ecuación para la potencia del agitador es

$$P = K_T \times N^3 \times D^5 \times \rho$$

Considerando $K_T = 0.32$

$$P = 0.32 \times (6.67 \text{ rps})^3 \times (0,7)^5 \text{ m}^5 \times 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$P = 15959,44 \text{ Watt}$$

$$P \sim 15,96 \text{ kW} = 21,444 \text{ HP}$$

Si la eficiencia es de 0,9. La potencia requerida es de 17,73 kW.

Datos de catálogo de agitadores para biodigestores:

Technical data		
Type	Rated Power [kW]	Propeller speed [rpm]
FR1	7.5	200
FR3	11.0	275
FR4	15.0	275
FR4	15.0	400
FR5	18.5	400

Fuente: SUMA / GIANTMIX FR SP

Por lo cual el agitador seleccionado, que cumple con la potencia requerida por el agitador es el modelo FR5

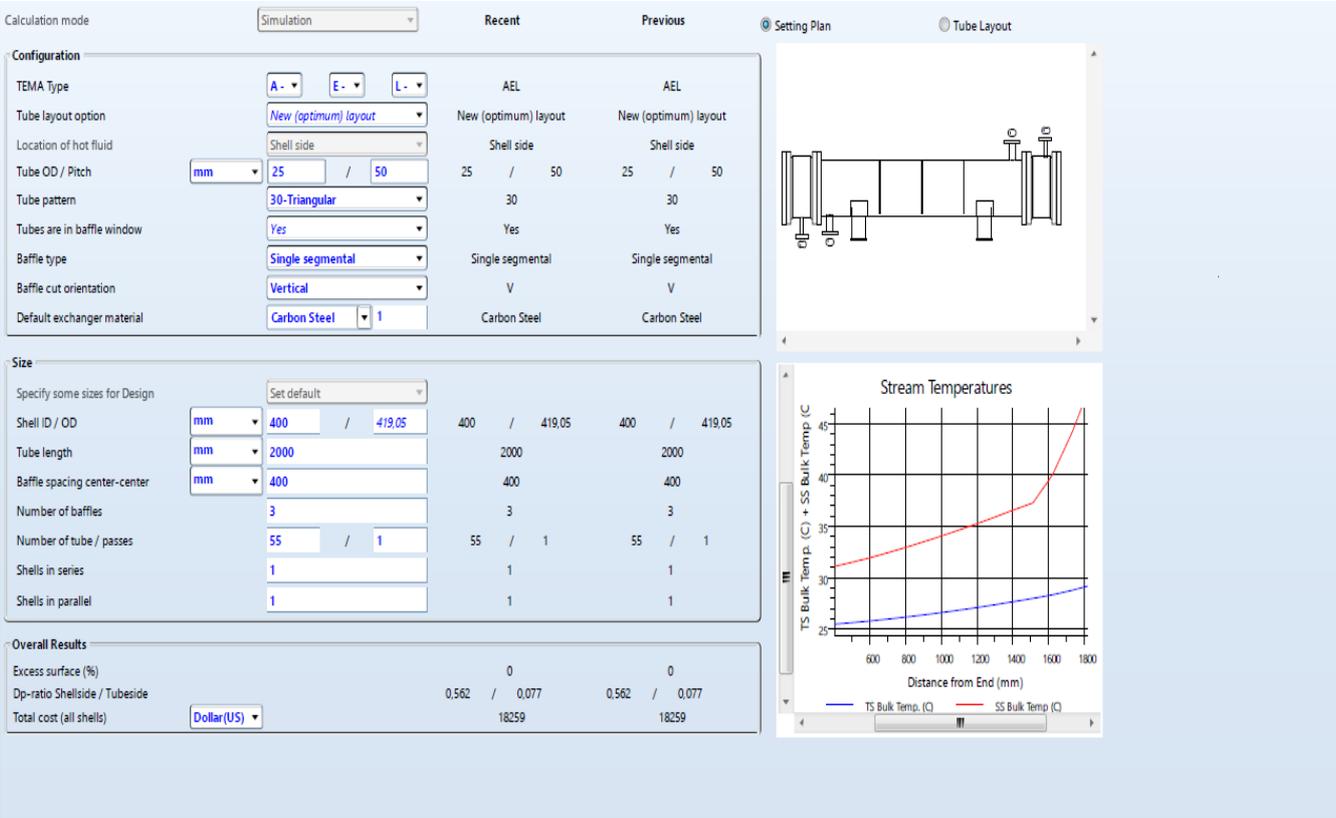
En la sección de anexos se presenta el plano del Biodigestor. El mismo esta constituido de 3 partes: el plano general, de chapas y de conexiones.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantini@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 69 de 99

10.2-Equipo N°2: Intercambiador De Calor E-01

El intercambiador elegido corresponde al equipo E-01 del área 300 de acondicionamiento de biogás. Las corrientes que intercambian calor son una de biogás y la otra de agua de enfriamiento.

El diseño se llevó a cabo mediante la herramienta de simulación Aspen Hysys V.10. Se muestra la una imagen de la consola de trabajo.



The screenshot displays the Aspen Hysys V.10 interface for configuring a heat exchanger. The 'Configuration' section includes settings for TEMA Type (A-E-L), Tube layout option (New optimum layout), Location of hot fluid (Shell side), Tube OD / Pitch (25 / 50 mm), Tube pattern (30-Triangular), Tubes are in baffle window (Yes), Baffle type (Single segmental), Baffle cut orientation (Vertical), and Default exchanger material (Carbon Steel). The 'Size' section shows design parameters: Shell ID / OD (400 / 419.05 mm), Tube length (2000 mm), Baffle spacing center-center (400 mm), Number of baffles (3), Number of tube / passes (55 / 1), Shells in series (1), and Shells in parallel (1). The 'Overall Results' section shows Excess surface (%), Dip-ratio Shellside / Tubeside (0.562 / 0.077), and Total cost (all shells) in Dollar(US) (18259). A 'Stream Temperatures' graph shows TS Bulk Temp (C) and SS Bulk Temp (C) versus Distance from End (mm).

Los resultados obtenidos se encuentran en el anexo en los reportes de Hysys como así también el plano de detalle correspondiente al equipo diseñado.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantindir@gmail.com		
			Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 70 de 99

11 – ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

11.1- Caracterizar De Acuerdo A El Decreto 2656/99 De La Provincia Del Neuquén El Tipo De Estudio Que Correspondería Ejecutar

De acuerdo al decreto 2656/99 podemos afirmar que será necesario el estudio de impacto ambiental debido a que nuestro proyecto consiste en el tratamiento de efluentes provenientes de la industria porcina obteniendo como producto final gas, bio fertilizantes y agua. Según el listado no taxativo de actividades que requieren la presentación de un estudio de impacto ambiental nos indica que podemos enmarcarlo dentro de los incisos 61 y 62 que incluyen planta compresora de gas y planta de tratamiento de distintos tipos.

11.2- Proyecto

11.2.1- Ubicación del proyecto

La granja se ubica en la ciudad de Cutral Co a la vera de la ruta 17, en un predio de 40 Has. Por lo que nuestro proyecto ocuparía el terreno lindante, con una superficie de 25 Has, que tiene como latitud $38^{\circ} 59'$ y longitud de $69^{\circ} 13'$ aproximadamente.



	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 71 de 99

11.2.2 - Recursos demandados. Tipos y cuantificación.

Considerando las tres etapas: Construcción, operación y abandono. Se presenta una caracterización de las materias primas, insumos y suministros, bajo condiciones normales de operación

MATERIAS PRIMAS	ETAPA DEL PROYECTO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	TRANSPORTE	FORMA DE ALMACENAMIENTO
Purín del criadero	operación	150	m3	acueducto	No hay-el proceso es continuo

INSUMOS	ETAPA DEL PROYECTO	CONSUMO	UNIDAD DE MEDIDA	COMENTARIOS
grava	Construcción	56,81	M3	Equivale a 8 camiones
Piedra 1"	Construcción	34,09	M3	Equivale a 5 camiones
Piedra grande	Construcción	68,17	M3	Equivale a 10 camiones

11.2.3 - Efluentes del proyecto

Considerando las tres etapas: Construcción, operación y abandono

11.2.3.1- Emisiones

COMPUESTO	ETAPA DEL PROYECTO	EMISIÓN (kg/h)	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) o ppm	CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE ACUERDO REGLAMENTACIÓN ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) o ppm	OBSERVACIONES
CO ₂	Operación	50,10 *	-	-	Productos de la combustión
H ₂ O	Operación	410*	-	-	

(*) estimaciones

11.2.3.2- Vertidos

IDENTIFICACIÓN DE LA FUENTE DE DESCARGA	ETAPA DEL PROYECTO	VOLUMEN DE DESCARGA	DURACIÓN DE DESCARGA	DESTINO DEL EFLUENTE	TIPO DE MANEJO DEL EFLUENTE
Efluente de digestores	operación	145,1 m ³ /día	diaria	Tratamiento para generación abono y agua tratada	Unidad de tratamiento
Vertidos cloacales	todas	S/D	diaria	descarga	Pozo ciego

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 72 de 99

11.2.3.3- Residuos

IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS	ETAPA DEL PROYECTO	CANTIDAD DE RESIDUOS	FRECUENCIA DE GENERACIÓN	DESTINO DE RESIDUOS GENERADOS
Sulfuro de hierro	Operación		diaria	Ianfarming

11.3 - Identificación Y Valoración De Los Impactos

11.3.1- Identificación de impactos

A continuación, se identifican los impactos a partir del análisis de la interacción entre las acciones del proyecto y los factores y subfactores del entorno en las tres fases.

11.3.1.1- Árbol de acciones

En el árbol de acciones se describen todas las acciones causadas por la ejecución del proyecto en sus tres fases.

ÁRBOL DE ACCIONES			
	Fase	Elemento	Acciones
PROYECTO	Construcción	Movimiento de suelos	Tránsito de vehículos
			Emisión de ruidos
			Emisión de vibraciones
			Nivelación
			Emisión de polvo y gases
		Obrador	Generación de residuos domiciliarios
			Contratación de mano de obra
			Generación de ruido
		Obra civil y montaje	Excavaciones
			Emisión de ruido y vibraciones
			Tránsito de vehículos
			Contratación de mano de obra
	Operación	Planta	Almacenamiento de biogás
			Almacenamiento de abono
			Emisión de gases de antorcha
			Vertido de agua tratada
			Emisión de ruidos
			Operación de carga y descarga
			Demanda de mano de obra
		Instalaciones auxiliares	Producción de residuos sólidos de oficina
Producción de residuos cloacales			
Abandono			Planta
	despidos		

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 73 de 99

11.3.1.2- Factores

Factores afectados

En la tabla siguiente se marcan los factores que se consideran serán afectados en todas las fases y una breve descripción del tipo de afectación.

Factores a considerar	Fases			Descripción somera de la afectación
	Construcción	Operación	Abandono	
Aire	x	x		Escape de SH2 Eliminación de gases de efecto invernadero.
Suelo	x	x	x	Desmante Filtración Erosión
Flora	x			Desmante Eliminación de pastizales
Usos del suelo	x	x		Construcción pozos Mejoramiento con el uso de abono.
Población		x		Por eliminación de SH2 Calidad de vida Salud
Recursos humanos	x	x	x	Especializado y no especializado
Economía	X	x	x	Generación de empleo
Infraestructura	x			Construcción de la planta
Equipamientos		x	x	Sanitarios Comunicación

11.3.1.3- Identificación de impactos

Las acciones que el proyecto puede generar sobre el medio son las causas que provocan los impactos, estas pueden ser agrupadas de dos formas:

- **Acciones operativas:** son aquellas que la actividad produce por el solo hecho de su concepción, construcción, operación y abandono.
- **Acciones accidentales o de contingencias:** son todo hecho o acción, de origen natural o humano, cuya ocurrencia involucra un *riesgo potencial*. Son aquellas que se producen como consecuencia de una *emergencia*, es decir lo que acontece cuando, de una circunstancia o combinación de circunstancias, surge un fenómeno inesperado de índole accidental, que debe ser controlado a fin de evitar daños, lo que se denomina Contingencia.

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 74 de 99

En la tabla siguiente se describen los impactos Operativos y por Contingencias en las tres fases que actúan sobre cada factor.

Fase: Construcción		
Impactos Negativos		
Factores Afectados	Nº	Operativos
Aire	1	Emisiones de ruidos y vibraciones por tránsito de vehículo y equipos
	2	Generación polvo y gases por tránsito de vehículo y equipos
Suelo	3	Desmante, nivelación y excavaciones
Flora	4	Eliminación de la cubierta vegetal por desmante
Factores Afectados	Nº	Por Contingencias
Recursos humanos	1	Riesgos de accidentes
Impactos positivos		
Factores Afectados	Nº	Operativos
Economía	1	Crecimiento
Población	2	Contratación de mano de obra
Paisaje	3	Impacto visual

Fase: Operación		
Impactos Negativos		
Factores Afectados	Nº	Operativos
Aire	1	Emisiones de gases de antorcha
	2	Emisión de ruido por equipos
Factores Afectados	Nº	Por Contingencias
Proceso	1	Fuga de biogás
Proceso	2	Riesgo de explosión por equipo de desulfurizador
Recursos humanos	3	Riesgo de accidente
Impactos Positivos		
Factores Afectados	Nº	Operativos
Población	1	Demanda de mano de obra
Economía	2	Compra de accesorio, contratación de empresas prestadoras de servicios y venta de subproductos.

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 75 de 99

Fase: abandono		
Impactos Negativos		
Factores Afectados	Nº	Operativos
Aire	1	Generación de polvo por tránsito de vehículos
	2	Generación de ruido por tránsito de vehículos
	3	Emisión de ácido sulfhídrico por acumulación de efluente
	4	Emisiones de CH4
suelo	5	Residuos patógenos de Piletas del biodigestor
	6	Generación de residuos por desmantelamiento
	7	Acumulación de efluentes del criadero
Paisaje	8	Impacto visual
Economía	9	Desempleo
Factores Afectados	Nº	Por Contingencias
Recursos humanos	1	Riesgos de accidentes
Impactos Positivos		
Factores Afectados	Nº	Operativos
Recursos humanos	1	Demanda de mano de obra

11.3.2- Valoración de los impactos Operativos

La valoración se realiza considerando la *Importancia* del Impacto, es decir la categoría del efecto de una acción sobre un determinado factor afectado de acuerdo a lo estipulado por la Resolución 25/04 de la Secretaría de Energía de la Nación.

11.3.2.1- Cálculo de la Importancia

Para el cálculo de la Importancia se han tomado solamente los *impactos negativos por ser ellos los que gravitaran sobre la viabilidad ambiental del proyecto*. La expresión adoptada es la correspondiente a la metodología propuesta por Vicente Conesa Fernández – Vítora y adoptada por la Resolución 25/04.

$$\text{Importancia} = \pm [3 I + 2 EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC] \quad (1)$$

Dónde:

I = Intensidad; EX = Extensión; MO = Momento; PE = Persistencia; RV = Reversibilidad; SI = Sinergia; AC = Acumulación; EF = Efecto; PR = Periodicidad; MC = Recuperabilidad

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 76 de 99

Criterios de valoración:

Intensidad	
Grado de perturbación que imponen las acciones del proyecto al valor ambiental asignado al factor.	
Extensión	
Puntual	Cuando la acción impactante produce una alteración muy localizada en el entorno considerado.
Parcial	Cuando la acción impactante produce una alteración apreciable en el entorno considerado.
Extenso	Cuando la acción impactante produce una alteración en una gran parte del entorno considerado.
Total	Cuando la acción impactante produce una alteración generalizada en el entorno considerado.
Momento	
Largo Plazo	> 5 años
Medio Plazo	1 – 5 años
Inmediato	< 1 año
Crítico	Circunstancia crítica
Persistencia	
Tiempo de permanencia del efecto desde su aparición hasta su posible desaparición.	
Fugaz	< 1 año
Temporal	1 – 10 años
Permanente	> 10 años
Reversibilidad	
La capacidad que tiene el factor afectado de revertir el efecto por medios naturales.	
Corto Plazo	< 1 año
Medio Plazo	1 – 10 años
Irreversible	> 10 años
Recuperabilidad	
La posibilidad de revertir el efecto por medio de la intervención humana.	
Corto Plazo	< 1 año
Medio Plazo	1 – 10 años
Irreversible	> 10 años

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com			
Fecha de emisión 22/03/2018			Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Fecha: 10/10/2022	Versión: Página 77 de 99
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos				Año de cursada: 2018			

Fase: Construcción							
Cálculo de importancia							
		Impactos Operativos					
ATRIBUTO	CARÁCTER	VALOR	PESO	1	2	3	4
SIGNO	Beneficioso	(+)		(-)	(-)	(-)	(-)
	Perjudicial	(-)					
INTENSIDAD	Baja	1	3	1	1	2	2
	Media	2					
	Alta	4					
	Muy alta	8					
	Total	12					
EXTENSIÓN	Puntual	1	2	1	1	1	1
	Parcial	2					
	Extenso	4					
	Total	8					
	Crítica	(+ 4)					
MOMENTO	Largo plazo	1	1	1	1	2	2
	Medio plazo	2					
	Inmediato	4					
	Crítico	(+ 4)					
PERSISTENCIA	Fugaz	1	1	1	1	2	2
	Temporal	2					
	Permanente	4					
REVERSIBILIDAD	Corto plazo	1	1	1	1	2	1
	Medio plazo	2					
	Irreversible	4					
SINERGIA	Sin sinergismo	1	1	1	1	1	1
	Sinérgico	2					
	Muy sinérgico	4					
ACUMULACIÓN	Simple	1	1	1	1	1	1
	Acumulativo	4					
EFECTO	Indirecto	1	1	1	4	4	4
	Directo	4					
PERIODICIDAD	Irregular o periódico	1	1	2	1	1	1
	Periódico	2					
	Continuo	4					
RECUPERABILIDAD	Recuperación inmediata	1	1	1	2	2	2
	Recuperable medio plazo	2					
	Mitigable	4					
	Irrecuperable	8					
IMPORTANCIA				14	17	23	22

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 78 de 99

Fase: Operación					
Cálculo de importancia					
		Impactos Operativos			
ATRIBUTO	CARÁCTER	VALOR	PESO	1	2
SIGNO	Beneficioso	(+)		(-)	(-)
	Perjudicial	(-)			
INTENSIDAD	Baja	1	3	1	1
	Media	2			
	Alta	4			
	Muy alta	8			
	Total	12			
EXTENSIÓN	Puntual	1	2	1	1
	Parcial	2			
	Extenso	4			
	Total	8			
	Crítica	(+ 4)			
MOMENTO	Largo plazo	1	1	2	1
	Medio plazo	2			
	Inmediato	4			
	Crítico	(+ 4)			
PERSISTENCIA	Fugaz	1	1	1	1
	Temporal	2			
	Permanente	4			
REVERSIBILIDAD	Corto plazo	1	1	2	1
	Medio plazo	2			
	Irreversible	4			
SINERGIA	Sin sinergismo	1	1	1	1
	Sinérgico	2			
	Muy sinérgico	4			
ACUMULACIÓN	Simple	1	1	4	1
	Acumulativo	4			
EFECTO	Indirecto	1	1	4	1
	Directo	4			
PERIODICIDAD	Irregular o periódico	1	1	1	2
	Periódico	2			
	Continuo	4			
RECUPERABILIDAD	Recuperación inmediata	1	1	2	1
	Recuperable medio plazo	2			
	Mitigable	4			
	Irrecuperable	8			
IMPORTANCIA				22	14

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantir@gmail.com		
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 79 de 99

Fase: Abandono													
Cálculo de importancia													
		Impactos											
		Operativos											
ATRIBUTO	CARÁCTER	VALOR	PESO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SIGNO	Beneficioso	(+)											
	Perjudicial	(-)		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
INTENSIDAD	Baja	1											
	Media	2											
	Alta	4	3	1	1	2	1	4	2	2	4	2	1
	Muy alta	8											
	Total	12											
EXTENSIÓN	Puntual	1											
	Parcial	2											
	Extenso	4	2	1	1	2	2	1	2	1	4	1	1
	Total	8											
	Crítica	(+ 4)											
MOMENTO	Largo plazo	1											
	Medio plazo	2											
	Inmediato	4	1	2	1	2	2	2	2	2	4	4	4
	Crítico	(+ 4)											
PERSISTENCIA	Fugaz	1											
	Temporal	2	1	1	1	2	2	4	2	4	4	4	4
	Permanente	4											
REVERSIBILIDAD	Corto plazo	1											
	Medio plazo	2	1	2	1	2	2	2	2	4	2	2	4
	Irreversible	4											
SINERGIA	Sin sinergismo	1											
	Sinérgico	2	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1	1
	Muy sinérgico	4											
ACUMULACIÓN	Simple	1											
	Acumulativo	4	1	1	1	4	1	4	1	1	4	1	1
EFECTO	Indirecto	1											
	Directo	4	1	4	1	4	4	4	1	4	4	1	4
PERIODICIDAD	Irregular o periódico	1											
	Periódico	2	1	1	1	4	4	2	1	1	2	1	1
	Continuo	4											
RECUPERABILIDAD	Recuperación inmediata	1											
	Recuperable medio plazo	2	1	2	1	4	4	4	2	4	4	2	2
	Mitigable	4											
	Irrecuperable	8											
IMPORTANCIA				19	13	34	28	38	22	29	46	24	26

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 80 de 99

11.3.3- Impactos por Contingencias

Al considerar las acciones por contingencias estas se evaluarán a través de la *Estimación del Riesgo*.

11.3.3.1- Estimación de los riesgos

La *Estimación del Riesgo*, por causa de los impactos por contingencias se evalúa de la siguiente manera:

$$\text{Estimación de Riesgo (ER)} = \text{Amenaza (A)} \times \text{Vulnerabilidad (V)}$$

a) **Amenaza (A):** $\text{Amenaza (A)} = \text{Control (C)} + \text{Ocurrencia (O)}$

a.1 **Control:** Se obtiene a partir de las consideraciones expresadas en la tabla

Control	Valor
No controlado	5
Parcialmente controlado	3
Controlado	1

No controlado: Cuando no existen:

- Legislación nacional y/o provincial y/o municipal
- Reglamentación nacional y/o provincial y/o municipal
- Procedimientos
- Instrucciones técnicas
- Planes de contingencia
- Protección o barreras físicas
- Monitoreos
- Programas de mantenimiento

Que permitan prevenir o evitar la ocurrencia de un determinado evento.

Parcialmente controlado: Cuando existen:

- Legislación nacional y/o provincial y/o municipal
- Reglamentación nacional y/o provincial y/o municipal
- Procedimientos
- Instrucciones técnicas
- Planes de contingencia
- Protección o barreras físicas
- Monitoreos
- Programas de mantenimiento

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 81 de 99

Que permitan prevenir o evitar la ocurrencia de un determinado evento pero no son suficientes para evitar que se produzca el impacto ambiental.

Aspecto controlado: Cuando existen:

- Legislación nacional y/o provincial y/o municipal
- Reglamentación nacional y/o provincial y/o municipal
- Procedimientos
- Instrucciones técnicas
- Planes de contingencia
- Protección o barreras físicas
- Monitoreos
- Programas de mantenimiento

Que permitan prevenir o evitar la ocurrencia de un determinado evento y las mismas son efectivas para un control total del impacto medioambiental.

a.2 Ocurrencia: Se estima, considerando el periodo de tiempo de duración de la operación. De acuerdo a la ocurrencia se le asigna los valores descriptos en la Tabla.

Ocurrencia	Valor
Muy Frecuente	4
Frecuente	3
Poco Frecuente	2
Ocasional	1

b) Vulnerabilidad (V)

$$\text{Vulnerabilidad (V)} = \text{Factor afectado (Fr)} + \text{Magnitud (M)}$$

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 82 de 99

b.1 Factor afectado: El valor se obtiene de acuerdo a las características:

Factor afectado	Valor
<ul style="list-style-type: none"> Aire: -Calidad del aire Agua: -Superficial <ul style="list-style-type: none"> -Recarga de acuíferos -Cauces aluvionales -Napa de agua dulce Procesos Suelo: -Con actividades agrícolas/ganaderas de magnitud Vegetación: -Especies vegetales protegidas y/o singulares Fauna: -Especies protegidas <ul style="list-style-type: none"> -Puntos de paso o rutas migratorias Ecosistemas especiales Socioeconómico: -Población: <ul style="list-style-type: none"> -Recursos Humanos Infraestructura y núcleos: Asentamientos urbanos 	10
<ul style="list-style-type: none"> Paisaje Áreas protegidas Patrimonio cultural 	8
<ul style="list-style-type: none"> Suelo: - Con actividades ganaderas y/o agrícolas de escasa magnitud <ul style="list-style-type: none"> -Recreativo 	7
<ul style="list-style-type: none"> Suelo: No comprendidos en los puntos anteriores Vegetación: No comprendidos en los puntos anteriores Fauna: No comprendidos en los puntos anteriores Infraestructura 	6
<ul style="list-style-type: none"> Agua: Napa con alto contenido salino. Suelo: - Sin actividades agrícolas / ganaderas <ul style="list-style-type: none"> -Extractivo 	3
<ul style="list-style-type: none"> Suelo: Ocupado con instalaciones. 	1

b.2 Magnitud: En referencia a la extensión del daño sobre el factor afectado.

Magnitud	Valor
Muy Alta	10
Alta	7
Media	5
Baja	3
Despreciable	1

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos				Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 83 de 99

En las Tabla se desarrolla el cálculo de la estimación de los riesgos.

Estimación de los Riesgos									
Fase s	Impactos por Contingencia s	Factores Afectado s	Amenaza			Vulnerabilidad		Suma	Estimación del Riesgo
			Control	Ocurre ncia	Suma	Factor afectad o	Magnit ud		
Construcción	Riesgos de accidentes	Recursos humanos	1	1	2	10	5	15	30
Operación	Fuga de biogás	proceso	1	1	2	10	3	13	26
	Riesgo de explosión	proceso	1	2	3	10	3		39
	Riesgo de accidentes	Recursos humanos	1	1	2	10	5	15	30
Abandono	Riesgo de accidente	Recursos humanos	1	1	2	10	5	15	30

11.4 - Declaración De Impacto Ambiental

11.4.1- Impactos Operativos

Para efectuar el enjuiciamiento de los impactos de acuerdo a su valoración, se toman la escala dada por la Resolución 25/04

JERARQUIA	VALOR
Bajo	0 - 25
Moderado	25 - 50
Critico	> 50

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 84 de 99

La clasificación se define de la siguiente manera:

Bajo: de rápida recuperación sin medidas correctoras.

Moderado: la recuperación puede tardar de cierto a bastante tiempo, no necesitando medidas correctoras, o en el peor de los casos ser mitigable necesitando medidas correctoras simples.

Crítico: la recuperación requiere bastante tiempo y como mínimo requiere medidas correctoras más complejas, puede superar el umbral tolerable y en este caso no es recuperable independientemente de las medidas correctoras.

De los impactos tratados y luego valorados resulta el enjuiciamiento detallado en la tabla

Fase	Impactos Operativos				
	Factores Afectados	Negativos	Signo	Importancia	Categoría del Impacto
Construcción	Aire	Generación de ruido y vibraciones por tránsito de vehículos	-	14	Bajo
		Emisiones de polvo y gases por tránsito de vehículos	-	17	Bajo
	Suelo	Desmante, nivelación y excavaciones	-	23	Bajo
		Eliminación de la cubierta vegetal por desmante	-	22	Bajo
Operación	aire	Emisiones de gases de antorcha	-	22	Bajo
		Generación de ruido por equipos	-	14	Bajo
Abandono	aire	Generación de polvo por tránsito de vehículos	-	19	Bajo
		Generación de ruido por tránsito de vehículos	-	13	Bajo
		Emisión de sulfhídrico por acumulación de efluente	-	34	moderado
		Emisión de metano	-	28	moderado
	suelo	Residuos patógenos de piletas de biodigestores	-	38	moderado
		Generación de residuos por desmantelamiento	-	22	bajo
		Acumulación de efluente	-	46	moderado
	paisaje	Impacto visual	-	24	bajo
economía	Desempleo	-	26	moderado	

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 85 de 99

11.4.2 Impactos por Contingencias

Estimación del Riesgo de acuerdo a la categorización:

Riesgo Irrelevante: no requiere acción específica.

Riesgo Tolerable: no requiere medidas adicionales de control.

Riesgo Moderado: requiere medidas para reducir el riesgo.

Riesgo Importante: no se puede dar comienzo a la operación hasta reducir el riesgo.

Riesgo Intolerable: se debe interrumpir la ejecución del proyecto hasta que no se vean las causas que originan el Riesgo.

En la Tabla se detallan los intervalos de encuadre de los valores estimados de los riesgos calculados.

Nivel de Riesgo	
Categoría	Intervalo (Estimación de Riesgo)
Irrelevante	- 30
Tolerable	31 - 70
Moderado	71 - 110
Importante	111 - 160
Intolerable	> 160

De los impactos tratados y luego valorados resulta el enjuiciamiento detallado en la tabla

Fases	Impactos por Contingencias	Factores Afectados	Estimación del Riesgo	Nivel de Riesgo
Construcción	Riesgo de accidente	Recursos humanos	30	irrelevante
	Fuga de gas	proceso	26	irrelevante
Operación	Riesgo de explosión de equipo de desulfurización	proceso	39	tolerable
	Riesgo de accidente	Recursos humanos	30	irrelevante
Abandono	Riesgo de accidente	Recursos humano	30	irrelevante

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 86 de 99

11.5 - Plan De Gestión Ambiental

En la tabla siguiente se presenta una síntesis del tipo y descripción de la/s medidas a introducir a los efectos de minimizar el impacto que ha resultado en el caso de los Operativos o por Contingencias igual o superior a Moderado.

SÍNTESIS DE MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN DE IMPACTOS						
IMPACTOS	TIPO DE MEDIDA		FASE	DESCRIPCIÓN	OBJETO	
	Pre v.	Cor				
Operativos	Emisión de sulfhídrico por acumulación de efluente		x	Abandono	El abandono de la planta de tratamiento deberá hacerse al mismo tiempo que el cierre del criadero. Caso contrario deberá ser reemplazado por otro tipo de tratamiento.	Eliminar las emisiones
	Emisión de metano		x	Abandono		
	Residuos patógenos de pileta de biodigestores		x	Abandono	Agregado de desinfectantes	Minimizar la cantidad
	Acumulación de efluente		x	Abandono	Construcción de piletas con lodos activados	Evitar filtraciones Y minimizar los contaminantes del efluente
	Desempleo		x	Abandono	Capacitación técnica del personal durante el funcionamiento de la planta. Facilitar contacto con otras empresas.	Brindarle sustento educativo técnico al trabajador para lograr rápido un nuevo puesto laboral.

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 87 de 99

12- ANALISIS ECONOMICO – FINANCIERO

12.1- Balance De Materia

Productos	Producción (Nm ³ /h)	Producción (Nm ³ /año)
Biogás	227,00	1.988.520

12.2- Balance De Energía

Equipo	Energía (hp)	Energía (Kw)	Consumo (Kwh/año)
Caldera	8,0	5,97	51.563,52
Agitador M-101	10,0	7,46	64.454,40
Agitador M-201/202	49,60	37,00	319.680,00
Aeroenfriador	8,98	6,70	57.888,00
Bombas P-01 A/B X 2	1,5	1,1	9.504,00
Bombas P-501 A/B	1	0,75	2.160,00
Bombas P-601 A/B	0,80	0,6	5.184,00
Soplador X 2	4,69	3,5	30.240,00
Chiller	1,5	1,119	9.668,16
Suma	28,35	21,14	178.286,40
Total			660.410,50

Se considero un 20 % para iluminación gasto de oficina, taller

Se realizaron las siguientes consideraciones:

- ❖ Los días de producción anual serán 335, con 30 días aproximadamente en los cuales se estipula un paro de planta.
- ❖ Consideramos que se va a trabajar al 100% de la capacidad instalada.
- ❖ Se retornará a la planta de biogás el 6% de la energía generada de acuerdo con los requerimientos energéticos.
- ❖ Se Toma un costo de energía eléctrica según lo publicado por EPEN en la página de la secretaria de Energía de la Nación, correspondiente al año 2022.
- ❖ Se toma como referencia el precio de 200 USD/MWh de energía eléctrica proveniente de la biomasa establecido en el marco del Programa RenovAr, de acuerdo al último cronograma publicado por la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CAMMESA)
- ❖ Se consideraron para el personal 13 sueldos anuales que incluyen los dos medios aguinaldos.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
			Año de cursada: 2018		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 88 de 99

12.3- Inversión

Obras y Edificios		
Unidad	Área (m ²)	Construcción (USD)
Oficina	81	42.719
Taller	108	56.959
Proceso	600	316.438
Laboratorio	54	28.479
Total	1.243	444.596

Fuente: Cámara Argentina de la Construcción (CAMARCO).

Equipos	Costo por unidad	Costo (USD)
Caldera		5.000
Agitador M-101	1.500	1.500
Agitador M-201/202	4.500	9.000
Aeroenfriador	13.360	13.360
Bombas P-01 A/B X 2	1.500	3.000
Bombas P-501 A/B	1.241	2.482
Bombas P-601 A/B	1.100	2.200
Soplador X 2	1.454	2.908
Chiller	3.000	3.000
Tanque	5.000	10.000
Biodigestores	98.000	196.000
Reactores Desulfurizadores	13.360	26.720
Separador	3.900	3.900
Generador	30.000	30.000
Intercambiador De Calor X2	17.900	35.800
Antorcha	3.900	3.900
Piping		100.000
Costo Total De Equipos		448,770
Instalaciones Adicionales		98,000
Costo Total De Equipos		546,770

Activo Fijo	
Concepto	Total (USD/año)
Obras y Edificios	444.596
Equipos	546.770
Total	991.366

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL		FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos				Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 89 de 99

12.4- Egresos

Costo De Materia Prima				
Materia Prima	Consumo (m3/año)	Precio USD/kg	Precio (USD/m3)	Total (USD/año)
Purín	54.750		0,00	0,00
Nitrógeno	108		18,41	1.988,28
Sulfatreat	7.000	2		11.900,00
Costo Total				13.888

Costo De Energía			
Por	Consumo (KWh/año)	Precio (USD/KWh)	Total (USD/año)
Consumo Interno De La Planta	660410	0,058	38.295
Costo Total			38.295

Costo De Mantenimiento	
General	Total (USD/año)
Planta	41.637

Egresos		
Costos	Concepto	USD/Año
Fijos	Recursos Humanos	135.912
	Mantenimiento	41.637
	Seguros Y Tasas	50.000
	TOTAL (USD/Año)	227.549
Variables	Materia Prima	13.888
	Energía	38.295
	Agua	0
	Vapor	0
	TOTAL (USD/Año)	52.183
Total, Final De Egresos (USD/Año)		279.732

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos		Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot
		Versión: Fecha:10/10/2022	Página 90 de 99

COSTO DE RECURSOS HUMANOS									
	Personal	Recurso (Persona)	Sueldo (USD/mes)		Sueldo (USD/año)		Prestaciones Sociales (USD/año)		Total (USD/año)
			Por persona	General	Por persona	General	Por persona	General	
Directa	Operadores	4	930	3.720	11.160	44.640	4.464	17.856	62.496
	laboratoristas	1	930	930	11.160	11.160	4.464	4.464	15.624
Total		5	1.860	4.650	22.320	55.800	8.928	22.320	78.120
Indirecta	Jefe de Planta	1	1.580	1.580	18.960	18.960	7.584	7.584	26.544
	Soporte Técnico	1	930	930	11.160	11.160	4.464	4.464	15.624
	Administrativo y ventas	1	930	930	11.160	11.160	4.464	4.464	15.624
Total		3	3.440	3.440	41.280	41.280	16.512	1.376	57.792
Costo Total									135.912

El régimen laboral de seguridad y carga social de acuerdo a lo publicado por la Subsecretaria De Trabajo dependiente del Ministerio De Trabajo, Empleo Y Seguridad Social Del Neuquén está regulado por las siguientes leyes, entre otras:

- Ley de contrato de trabajo N°20.744
- Ley de empleo N°24.013
- Ley de riesgo de trabajo N°24.557

	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos				Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022
				Página 91 de 99

12.5- Ingresos

Período		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Por Venta	Energía Eléctrica	Producción (Kwh/Año)	3.689.26 8									
		Precio (USD/Kwh)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
		Total (USD/Año)	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854
	Total (USD/Año)	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854	

12.6- Amortizaciones

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Obras y Edificios	22.230	22.230	22.230	22.230	22.230	22.230	22.230	22.230	22.230	22.230
Equipos	54.677	54.677	54.677	54.677	54.677	54.677	54.677	54.677	54.677	54.677
Total	76.907									

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL		FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos				Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 92 de 99

12.7- Flujo De Caja

PERÍODO		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INVERSIÓN	Activo Fijo (USD)	1.387.912										
	Capital de Trabajo (USD)	16.597										
	Total (USD)	1.404.509										
INGRESOS	Por Ventas (USD)		737.854	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854	737.854
	Total (USD)		737.854									
EGRESOS	Costo Fijo (USD)	227.549	227.549	227.549	227.549	227.549	227.549	227.549	227.549	227.549	227.549	227.549
	Costo Variable (USD)	52.183	52.183	52.183	52.183	52.183	52.183	52.183	52.183	52.183	52.183	52.183
	Total (USD)	279.732	279.732	279.732	279.732	279.732	279.732	279.732	279.732	279.732	279.732	279.732
AMORTIZACIONES (USD)			76.907	76.907	76.907	76.907	76.907	76.907	76.907	76.907	76.907	76.907
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS			381.214									
IMPUESTOS	Ganancia (35 %)		133.425	133.425	133.425	133.425	133.425	133.425	133.425	133.425	133.425	133.425
	Ingresos Brutos (1,5 %)		5.718	5.718	5.718	5.718	5.718	5.718	5.718	5.718	5.718	5.718
	De Sellos (2 %)	28.090										
	Total (USD)	28.090	139.143									
UTILIDAD NETA			242.071	242.071	242.071	242.071	242.071	242.071	242.071	242.071	242.071	242.071
AMORTIZACIONES (USD)			76.907	76.907	76.907	76.907	76.907	76.907	76.907	76.907	76.907	76.907
VALOR RESIDUAL (USD)												2.420.711
FLUJO NETO DE FONDOS		-	318.978	318.978	318.978	318.978	318.978	318.978	318.978	318.978	318.978	2.739.689
FLUJO NETO DE FONDOS ACUMULADOS		-	-1.113.621	-794.643	-475.665	-156.687	162.291	481.268	800.246	1.119.224	1.438.202	4.177.891

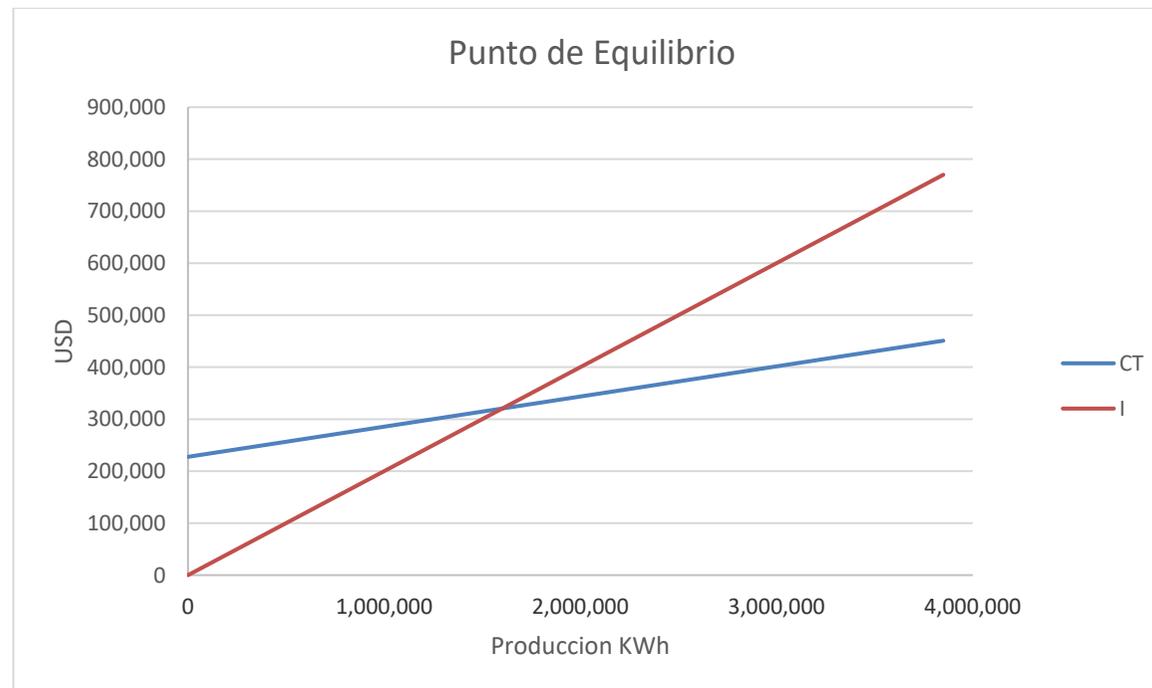
 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL		FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos				Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 93 de 99

TASA DE DESCUENTO	10%
TIR	24%
VAN	1.460.671

12.8- Punto De Equilibrio

Concepto		CF		CV		CT		I		Referencias	
		Y	X	Y	X	Y	X	Y	X		
I (USD)	737.853,58									I	Ingresos
CF (USD)	227.549,37	227,549	0	0	0	227,549	0	0	0	CF (USD)	Costo Fijo
CV (USD)	52.183,04	227,549	550.000	31.900	550.000	259,449	550.000	110.000	550.000	CV (USD)	Costo Variable
CVunit (USD/KWh)	0,06	227,549	1.100.000	63.800	1.100.000	291,349	1.100.000	220.000	1.100.000	CVunit (USD/KWh)	Costos Variable Unitario
CT (USD)	279.732,41	227,549	1.650.000	95.700	1.650.000	323,249	1.650.000	330.000	1.650.000	CT (USD)	Costo Total
Q (KWh)	3.689.267,90	227,549	2.200.000	127.600	2.200.000	355,149	2.200.000	440.000	2.200.000	Q (KWh)	Producción
P (USD/KWh)	0,20	227,549	2.750.000	159.500	2.750.000	387,049	2.750.000	550.000	2.750.000	P (USD/KWh)	Precio por unidad
PE (KWh)	1.602.460,33	227,549	3.300.000	191.400	3.300.000	418,949	3.300.000	660.000	3.300.000	PE (KWh)	Punto de Equilibrio
PE (USD)	320.492,07	227,549	3.850.000	223.300	3.850.000	450,849	3.850.000	770.000	3.850.000	PE (USD)	

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA		ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta de biogás a partir de efluentes porcinos				Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titular Horacio Spesot	Versión: Fecha:10/10/2022	Página 94 de 99



 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta elaboradora de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titula Horacio Spesot	Versión: 1 Fecha:10/10/2022	Página 95 de 99

12.9-Conclusión

De acuerdo a la evaluación financiera desarrollada del proyecto, obtenemos las siguientes conclusiones:

- VAN: 1.460.671 USD, $VAN > 0$ se acepta el proyecto
- TIR: 24%, $TIR > \text{Tasa de Descuento}$ = se acepta el proyecto
- Tasa de Descuento: 10%

Por lo tanto, el valor del VAN nos indica que se recuperara la inversión inicial y el valor del TIR nos señala que el proyecto es rentable.

Considerando el siguiente indicador:

$VAN/Inversión\ inicial = 1,04$

Nos informa que por cada 1,04 dólares invertido se tiene un retorno total de 2,04 dólares. Lo cual nos da la magnitud de la rentabilidad del proyecto.

El punto de equilibrio obtenido gráficamente nos muestra que la producción mínima de energía eléctrica para no ganar ni perder es de 1.602.460,33 KWh. Esta es la medida en la que se absorben los costos constantes y se empiezan a ganar beneficios de acuerdo a la producción factible de obtener.

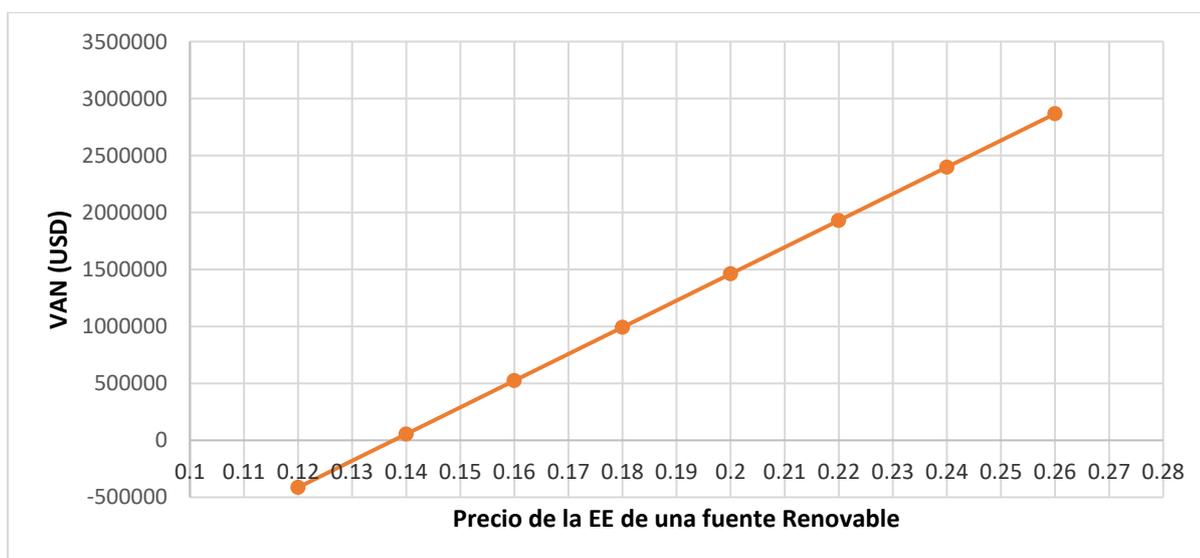
En la actualidad los proyectos de energía renovable y eficiencia energética son impulsados por créditos de entes internacionales como: Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Banco De Inversión Y Comercio Exterior (BICE) que financia en el marco del programa RenovAr, Fondo Verde para el Clima (FVC) Organismos De Las Naciones Unidas (ONU).

 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com
Diseño y análisis de factibilidad de una planta elaboradora de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titula Horacio Spesot
Versión: 1 Fecha:10/10/2022		Página 96 de 99	

12.10- Estudio De Sensibilidad

Variación de la energía eléctrica:

Se considera una variación del precio de la energía eléctrica a partir de una fuente renovable entre 0,12 USD/KWh y 2,6 USD/KWh. A continuación, se muestra una grafica con los valores de VAN obtenidos.



Gráfica N°1

Los resultados de la gráfica muestran que para un valor menor que 0,14 USD/KWh el VAN es cero.

Variación	Precio de la EE	VAN(USD)	TIR(%)
-40	0,12	-413477	4
-30	0,14	55.060	11
-20	0,16	523.597	16
-10	0,18	992.134	20
0	0,2	1.460.671	24
10	0,22	1.929.208	28
20	0,24	2.397.745	32
30	0,26	2.866.282	35

Tabla N°1

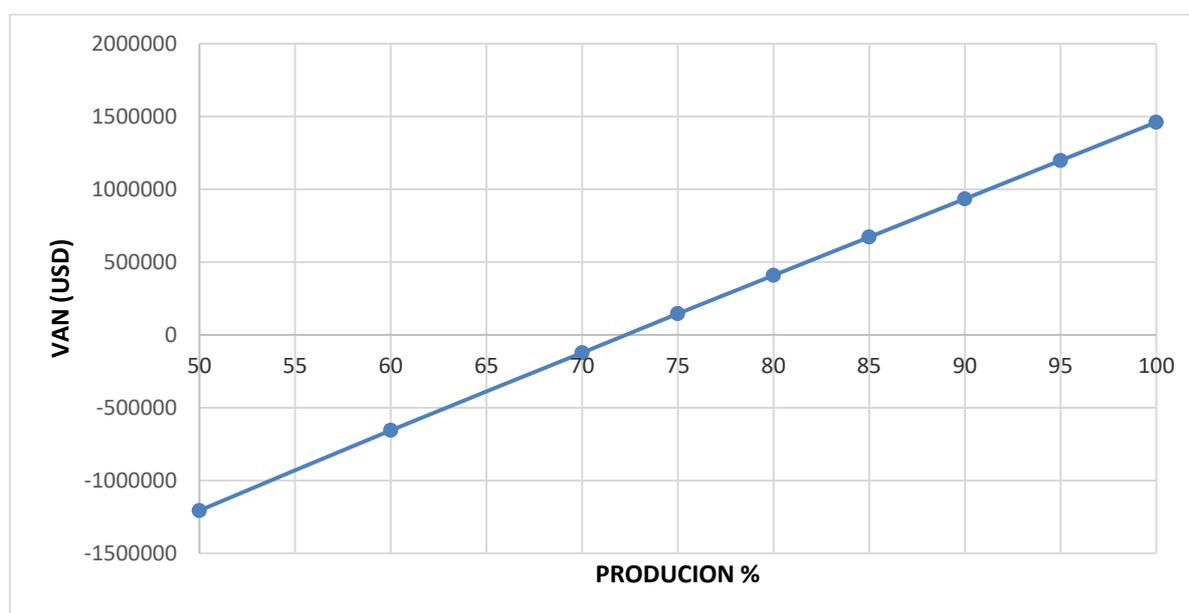
Según el último informe de la COMPANIA ADMINISTRADORA DEL MERCADO MAYORISTA ELECTRICO SOCIEDAD ANONIMA (CAMMESA) que compra energía eléctrica a plantas de biogás entre otras, el menor valor de compra que registran es de 0,736 USD/KWh y el mayor valor es de 0,2117 USD/KWh. Por lo que se puede decir que el proyecto permite recupera la inversión inicial a partir de los valores de energía del mercado.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN		PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta elaboradora de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titula Horacio Spesot	Versión: 1 Fecha:10/10/2022	Página 97 de 99

Y que el mínimo valor de la energía eléctrica se encuentra muy alejado del valor mínimo igual VAN 0 para el cual el proyecto seguiría siendo aceptable.

Variación de la producción de Biogás

La producción de Biogás está relacionada directamente con la energía eléctrica, si la producción de biogás baja la cantidad disponible para enviar al generador disminuye. Y la cantidad máxima de biogás está limitada por el generador. Por eso se evalúa la variación en función de la capacidad de producción de la energía eléctrica. A continuación de muestra la siguiente gráfica



Gráfica N°2

Capacidad %	VAN(USD)	TIR (%)
50	-1206.499	
60	-655.802	-1
70	-122.998	8
75	145.582	12
80	408.600	15
85	671.618	17
90	934.363	20
95	1.197.653	22
100	1.460.671	24

Tabla N°2

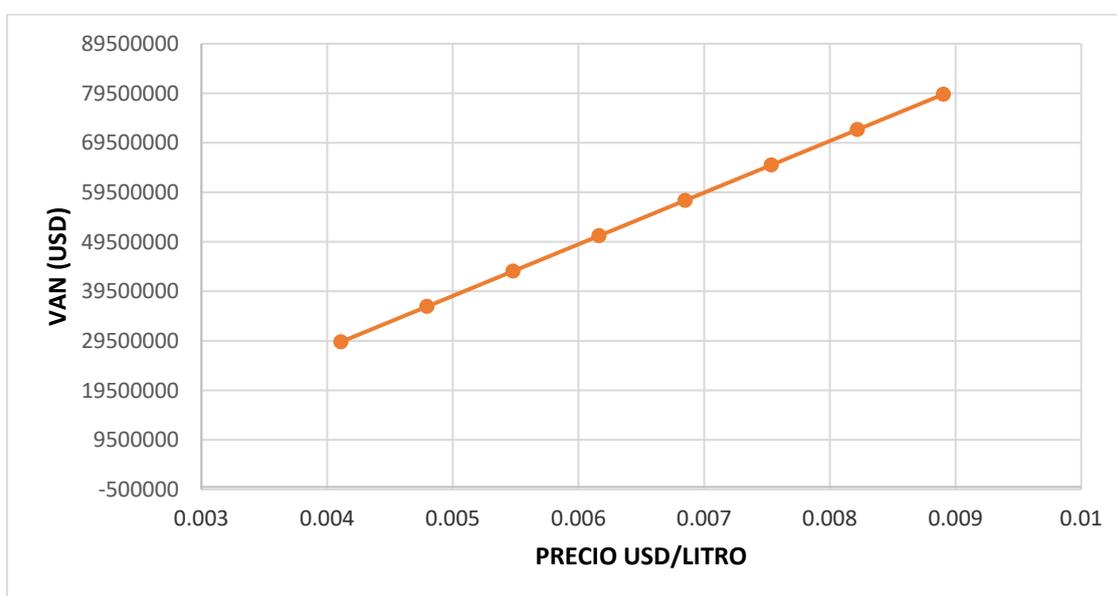
A partir de los resultados obtenidos se puede apreciar que para que el proyecto sea aceptable el valor debe superar el 70% de la capacidad de producción.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN		PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com	
	Diseño y análisis de factibilidad de una planta elaboradora de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018	
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titula Horacio Spesot	Versión: 1 Fecha:10/10/2022	Página 98 de 99

Variación del Precio del Digerido:

Si bien en el presente proyecto se consideró solo el ingreso de la venta de energía eléctrica, se estudiará como afectaría el valor del mismo si se lo considerara como un posible ingreso, para ello se estimó una inversión cuatro veces más que el biogás debido a que se necesitaría más personal y los costos son otros.

Considerando un valor mínimo de 1 peso argentino por litro de digerido (0.0068 USD/Lts), y variando en un rango de 0,66 pesos argentino/litro de digerido (0.0041 USD/Lts); 1,3 pesos argentino/litro de digerido (0.0089 USD/Lts) los valores de VAN se incrementan considerablemente. A continuación, se muestra la gráfica.



Gráfica N°3

Variación \$/Litro	Precio del Digerido USD/litro	VAN (USD)	TIR (%)
0.6	0.0041	29,278,811	60
0.7	0.0047	36,422,561	70
0.8	0.0054	43,566,311	81
0.9	0.0061	50,710,061	92
1	0.0068	57,853,811	103
1.1	0.0075	64,997,561	114
1.2	0.0082	72,141,311	125
1.3	0.0089	79,285,061	136

Tabla N°3

Por lo tanto, se puede decir que la venta de digerido representa una gran posibilidad de incrementar el VAN y hacer que el proyecto de producción de biogás es más rentable.

 UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL	FACULTAD REGIONAL NEUQUEN	PROYECTO FINAL CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	ANTIÑIR, MARIANELA E-mail: marianelaantinir@gmail.com		
Diseño y análisis de factibilidad de una planta elaboradora de biogás a partir de efluentes porcinos			Año de cursada: 2018		
Fecha de emisión 22/03/2018	Ayudante C. Silva	JTP E. Krumrick	Profesor titula Horacio Spesot	Versión: 1 Fecha:10/10/2022	Página 99 de 99

13 – ANEXOS

13.1 Plano P&ID

13.2 Memoria de cálculo de Intercambiador de calor E-01(incluye data sheet)

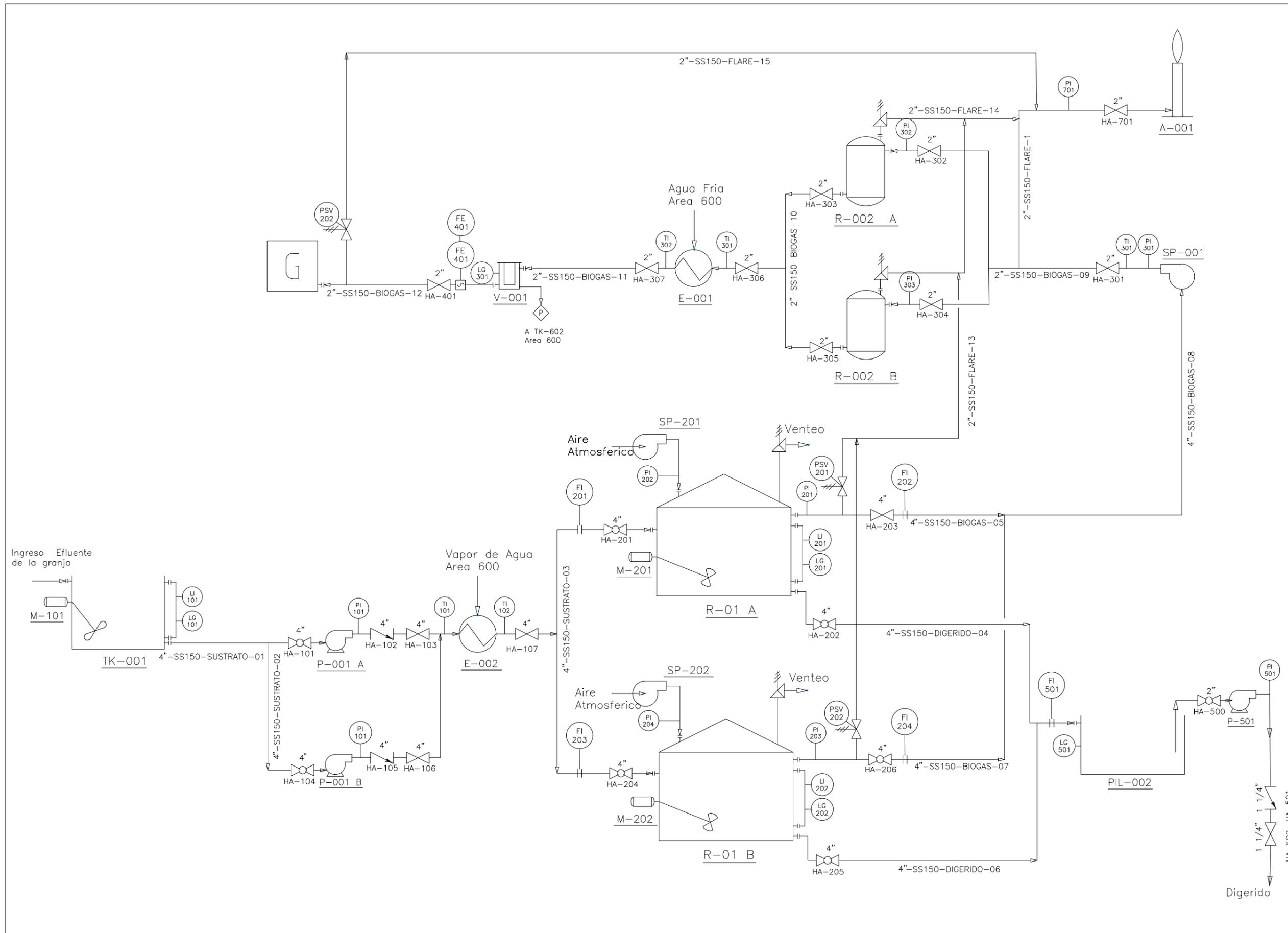
13.3.1 Plano de detalle INTERCAMBIADOR DE CALOR I – Setting Plan

13.3.2 Plano de detalle INTERCAMBIADOR DE CALOR – Tubesheet lay out

13.4.1Plano de detalle BIODIGESTOR Parte I - General

13.4.2 Plano de detalle BIODIGESTOR Parte II - Chapas

13.4.3 Plano de detalle BIODIGESTOR Parte III - Conexiones



General Notes

Referencia	
	Biodigestor
	Intercambiador de calor
	Soplador
	Tanque de Almacenamiento
	Plata
	Desulfurizador
	Bomba
	Generador
	Separador
	Motor
	Mezclador
	Antorcha
	Válvula
	Válvula Globo
	Válvula de retención
	Válvula de alivio
	Válvula de seguridad

No.	Revision/Issue	Date

Drawing Name
Produccion de biogas P&ID

Project Name and Address
Producción de Biogas a Partir de Efluentes Porcinos

Area	Stamp
Drawing Number Sheet 01	
Author Aniñir, Mariana	

File: Printed: 07/10/2022 at 19:01:04

Problem Definition

Description

Heading
 Company: PLANTA DE BIOGAS
 Location: PLAZA HUINCUL
 Service of Unit: Our Reference:
 Item No.: Your Reference:
 Date: 2022 Rev No.: Job No.:

Remarks

Application Options

Calculation mode	Simulation
Location of hot fluid	Shell side
Select geometry based on this dimensional standard	SI
Calculation method	Advanced method
Application	Program
Condenser type	Set default
Simulation calculation	Outlet temperature
Application	Program
Vaporizer type	Set default
Simulation calculation	Outlet temperature
Thermosiphon circuit calculation	Set default

Process Data

Fluid name	Hot Side 14->15		Cold Side Agua fria->Agua caliente	
	In	Out	In	Out
Mass flow rate	kg/h	249	881	
Temperature	°C	56	25	31
Vapor mass fraction		1	0	
Pressure (absolute)	kPa	130	101,325	99,325
Pressure at liquid surface in column	kPa			
Heat exchanged	KW			
Adjust if over-specified		Outlet temperature	Outlet temperature	
Estimated pressure drop	kPa	2	2	
Allowable pressure drop	kPa	2	2	
Fouling resistance	m ² -KW	0	0	

File: Printed: 07/10/2022 at 19:01:04

Hot Side Properties

Hot Side Databank

Physical property package	User specified properties	Pressures kPa
Hot side composition specification	Weight flowrate or %	
B-JAC VLE calculation method	Ideal	
B-JAC VLE calculation type	Integral	130
Aspen property method		127,4
Aspen free-water method		
Aspen water solubility		
Aspen flash option	Vapor-Liquid-Liquid	
Aspen Plus or Aspen Properties run file		

Hot side - Stream properties

Temperature	Specific enthalpy	Vapor mass fraction
C	kJ/kg	
25	-7270	0,9799254
27,07	-7260,8	0,9823648
29,13	-7251	0,9850931
31,2	-7240,4	0,9881417
33,27	-7229	0,9915452
35,33	-7216,7	0,9953423
36,09	-7211,9	0,9968305
36,84	-7207	0,9983788
37,59	-7202	1
45,67	-7189,5	1
56	-7173,3	1

Hot side - Liquid properties

Temperature	Liquid specific heat	Liquid thermal cond.	Liquid viscosity	Liquid density	Liquid surface tension
C	kJ/(kg*K)	W/(m*K)	cp	kg/m3	dynes/cm
25	4,043	0,611	0,8904	1007,35	72,1
27,07	4,042	0,614	0,8499	1005,8	71,7
29,13	4,041	0,617	0,8123	1004,24	71,4
31,2	4,04	0,6199	0,7771	1002,68	71
33,27	4,04	0,6227	0,7443	1001,11	70,7
35,33	4,039	0,6255	0,7137	999,54	70,3
36,09	4,039	0,6265	0,703	998,96	70,2
36,84	4,039	0,6275	0,6926	998,39	70
37,59	4,039	0,6285	0,6824	997,82	69,9
45,67					
56					

Hot side - Vapor properties

Temperature	Vapor specific heat	Vapor thermal cond.	Vapor viscosity	Vapor density	Vapor molecular weight
C	kJ/(kg*K)	W/(m*K)	cp	kg/m3	
25	1,517	0,0273	0,0122	1,28	24,22299
27,07	1,521	0,0275	0,0122	1,27	24,20229
29,13	1,525	0,0277	0,0123	1,26	24,17929
31,2	1,528	0,028	0,0123	1,25	24,1538
33,27	1,532	0,0282	0,0124	1,24	24,12558
35,33	1,537	0,0284	0,0124	1,23	24,0944
36,09	1,538	0,0284	0,0125	1,22	24,08227
36,84	1,54	0,0285	0,0125	1,22	24,0697
37,59	1,542	0,0286	0,0125	1,21	24,0566
45,67	1,553	0,0296	0,0128	1,18	24,0566
56	1,569	0,0308	0,0132	1,15	24,0566

Hot side - 2nd Liquid phase properties

Temperature	Liquid 2 specific heat	Liquid 2 thermal cond.	Liquid 2 viscosity	Liquid 2 density	Liquid 2 surface tension
C	kJ/(kg*K)	W/(m*K)	cp	kg/m3	dynes/cm
25					
27,07					
29,13					
31,2					
33,27					
35,33					
36,09					
36,84					
37,59					
45,67					
56					

Cold Side Properties

Cold Side Databank		Pressures
Physical property package	User specified properties	kPa
Cold side composition specification	Weight flowrate or %	101,325
B-JAC VLE calculation method	Ideal	99,298
Aspen property method		
Aspen free-water method		
Aspen water solubility		
Aspen flash option	Vapor-Liquid-Liquid	
Aspen Plus or Aspen Properties run file		

File:

Printed: 07/10/2022 at 19:01:05

Cold side - Stream properties

Temperature	Specific enthalpy	Vapor mass fraction
C	kJ/kg	
25	-15820,8	0
28,1	-15807,8	0
31,2	-15794,8	0
34,3	-15781,9	0
37,4	-15768,9	0
40,5	-15756	0
43,6	-15743	0
46,7	-15730	0
49,8	-15717,1	0
52,9	-15704,1	0
56	-15691,2	0

Cold side - Liquid properties

Temperature	Liquid specific heat	Liquid thermal cond.	Liquid viscosity	Liquid density	Liquid surface tension
C	kJ/(kg*K)	W/(m*K)	cp	kg/m3	dynes/cm
25	4,181	0,611	0,8904	996,89	72,1
28,1	4,18	0,6155	0,8308	996,04	71,6
31,2	4,179	0,6199	0,7771	995,11	71
34,3	4,179	0,6241	0,7288	994,09	70,5
37,4	4,18	0,6282	0,685	993	69,9
40,5	4,18	0,6321	0,6453	991,83	69,4
43,6	4,18	0,6359	0,6091	990,58	68,9
46,7	4,181	0,6395	0,5762	989,27	68,3
49,8	4,182	0,643	0,546	987,89	67,8
52,9	4,183	0,6464	0,5184	986,45	67,2
56	4,184	0,6496	0,493	984,94	66,7

File:

Printed: 07/10/2022 at 19:01:05

Cold side - Vapor properties

Temperature	Vapor specific heat	Vapor thermal cond.	Vapor viscosity	Vapor density	Vapor molecular weight
C	kJ/(kg*K)	W/(m*K)	cp	kg/m3	
25					
28,1					
31,2					
34,3					
37,4					
40,5					
43,6					
46,7					
49,8					
52,9					
56					

Cold side - 2nd Liquid phase properties

Temperature	Liquid 2 specific heat	Liquid 2 thermal cond.	Liquid 2 viscosity	Liquid 2 density	Liquid 2 surface tension
C	kJ/(kg*K)	W/(m*K)	cp	kg/m3	dynes/cm
25					
28,1					
31,2					
34,3					
37,4					
40,5					
43,6					
46,7					
49,8					
52,9					
56					

File: Printed: 07/10/2022 at 19:01:05

Geometry 1

Exchanger Type

Front head type A - channel & removable cover
 Shell type E - one pass shell
 Rear head type L - removable channel with flat cover
 Exchanger position Horizontal
 Location of front head for vertical units Set default
 "E" shell flow direction (inlet nozzle location) Near rear head

	ID	OD	Thickness	series	parallel
Shell(s)	mm 800	824	12	1	1
Front head	mm 800		12		
RearHead	mm 800		12		
Kettle	mm				

Front cover type Flat bolted Front tubesheet thickness mm 45,52
 Rear cover type Flat bolted (L,N,P,W types) Rear tubesheet thickness mm 45,52
 Shell cover type Set default Tube projection from front tubesheet mm 3
 Front cover welded to a cylinder No Tube projection from rear tubesheet mm 3
 Rear cover welded to a cylinder No Distance from U-bend center to shell cover mm

Tubesheet type Normal
 Tube to tubesheet joint Expanded only (2 grooves)(App.A 7)

Include expansion joint None

Flange type - hot side Hub
 Flange type - cold side Hub

File: Printed: 07/10/2022 at 19:01:05

Tubes

Number of tubes (total)	212	Tube pitch	mm	50
Number of tubes plugged	0	Tube pattern		30-Triangular
Tube length	mm 2000	Tube material		Carbon Steel
Tube type	Plain	Tube surface		Smooth
Tube outside diameter	mm 20	Tube wall roughness	mm	
Tube wall thickness	mm 2	Tube cut angle (degrees)		
Wall specification	Average			
Lowfin Tube type	As specified	Longitudinal fins per tube		
Fin density	#/m	Longitudinal fin height	mm	
Tube wall thickness	mm 2	Longitudinal fin thickness	mm	
Tube root diameter	mm	Longitudinal root spacing	mm	
Fin height	mm	Longitudinal fin cut and twist length	mm	
Fin thickness	mm			
Outside/inside surface area ratio		Twisted tube twist pitch	mm	
Distance unfinned at baffle	mm	Shell type: within shroud (convert to)		Set default
		Shroud inlet location		None
Tube insert type	None	Shroud inlet gap length	mm	
Twisted tape 360 degree twist pitchmm		Shroud outlet gap length	mm	
Twisted tape thickness	mm	Shroud thickness	mm	3,18
Tube internal enhancement		Skid bar angle (deg)		60

File: Printed: 07/10/2022 at 19:01:05

Baffles

Baffle type		Single segmental
Tubes are in baffle window		Yes
Baffle cut (% of diam.) outer		18
Align baffle cut with tubes		Yes
Multi-segmental baffle starting baffle		Set default
Baffle cut orientation		Vertical
Baffle thickness	mm	9,52
Baffle spacing center-center	mm	500
Number of baffles		3
Baffle spacing at inlet	mm	451,48
End length at front head (tube end to closest baffle)	mm	500
End length at rear head (tube end to closest baffle)	mm	500
Distance between baffles at central in/out for G, H, J shells	mm	
Distance between baffles at center of H shell	mm	
Special inlet nozzle support	no	Number of supports at center of H shell
Support or blanking baffle at rear end	no	Number of supports at inlet/outlet for G, H, I, J shells
Length of tube beyond support/blanking baffle	mm	Number of supports between central baffles
Number of extra supports for U-bends		Number of supports at front head end space
Support/baffle to tangent of U-bend distance	mm	Number of supports at rear head end space
Baffle OD to shell ID diametric clearance	mm	4,76
Baffle tube hole to tube OD diametric clearance	mm	0,4
Number of supports for K, X shells		
Longitudinal Baffle		
Window length at rear head for F, G, H shells	mm	
Window length at front head for G, H shells	mm	
Window length at center for H shells	mm	
Baffle thickness	mm	
Percent leakage across longitudinal baffle		
Deresonating Baffles		
Number of deresonating baffles		0
Largest deresonating baffle-baffle or baffle-shell distance	mm	

File: Printed: 07/10/2022 at 19:01:05

Geometry 2

Baffles

Number of regions for variable baffle pitch One region

Variable baffle pitch: First to last pitch ratio

Bundle

Tube layout option	New (optimum) layout	Open distance at top of layout	mm
Main input / Tube layout inconsistencies	Set default (use layout)	Open distance at bottom of layout	mm
Full or normal bundle	Normal bundle	Open distance on left side of layout	mm
Tube pattern	30-Triangular	Open distance on right side of layout	mm
Tube pitch	mm	50	Shell ID to outer tube limit diametric clearance
Tube passes	1	Outer tube limit diameter	mm
Pass layout orientation	Standard (horizontal)	Horizontal pass partition width	mm
Pass layout	Ribbon (single band)	Vertical pass partition width	mm
Tube layout symmetry	Standard symmetry	Number of horizontal pass partition lanes	0
Number of sealing strip pairs		Number of vertical pass partition lanes	0
Orientation of U-bends	Undefined		
Minimum U-bend diameter	mm		
Cleaning lane or tube alignment	Unaligned		
Number of tie rods			
Tie rod diameter	mm	12,7	
Spacer diameter	mm	19,05	

Nozzles

	Shell Side	Tube Side
Shell side nozzle flange rating	-	-
Shell side nozzle flange type	Slip on	Slip on
Use separate outlet nozzles for hot side liquid/vapor flows		no
Use separate outlet nozzles for cold side liquid/vapor flows		no

Shell Side

Nominal pipe size	ASME 2"	ASME 2"
Nominal diameter	mm	50,8
Actual OD	mm	60,32
Actual ID	mm	52,5
Wall thickness	mm	3,91
Nozzle orientation	Top	Bottom
Distance to front tubesheet	mm	
Number of nozzles		1
Multiple nozzle spacing	mm	
Nozzle / impingement type	No impingement	No impingement
Remove tubes below nozzle	Equate areas	Equate areas
Maximum nozzle RhoV2	kg/(m*s2)	
Nozzle ignore options		

Shell side nozzle location options	unspecified
Location of nozzle at U-bend	Set default
Nozzle diameter displayed on TEMA sheet	Nomin

Tube Side

Nominal pipe size	ASME 1"	ASME 1"
Nominal diameter	mm	25,4
Actual OD	mm	33,4
Actual ID	mm	26,64
Wall thickness	mm	3,38
Nozzle orientation	Bottom	Top
Distance to tubesheet	mm	
Centerline offset distance	mm	
Maximum nozzle RhoV2	kg/(m*s2)	
Nozzle ignore options		

Geometry 3

Impingement Protection

Impingement protection device	None
Impingement plate diameter	mm
Impingement plate length (parallel to tube axis)	mm
Impingement plate width (normal to tube axis)	mm
Impingement plate thickness	mm
Impingement plate distance in from shell ID	mm
Impingement plate clearance to tube edge	mm
Impingement plate perforated area %	

Thermosiphon Piping

Pipework loss calculation	Set default
Percent of driving head lost in inlet line	
Percent of driving head lost in outlet line	
Height of column liquid level	mm
Height of heat transfer region inlet	mm
Height of return line to column	mm

Construction Spec

Materials

Cylinder - hot side	Carbon Steel
Cylinder - cold side	Carbon Steel
Tubesheet	Carbon Steel
Double tubesheet (inner)	Set Default
Baffles	Carbon Steel
Tube material	Carbon Steel
Tube material thermal conductivity	W/(m-K) 45
Tube material density	kg/m ³
Tube material modulus of elasticity	N/mm ²
Tubesheet cladding - hot side	Set Default
Tubesheet cladding - cold side	Set Default
Gaskets - hot side	
Gaskets - cold side	Flat metal jacketed fiber

Specifications

Design Code	ASME Code Sec VIII Div 1	
Service class	Normal	
TEMA class	R - refinery service	
Material standard	ASME	
Dimensional standard	ANSI - American	
	Hot side	Cold side
Design pressure (gauge)	kPa 300	300
Design temperature	°C 95	70
Vacuum design pressure (gauge)	kPa	
Test pressure (gauge)	kPa	
Corrosion allowance	mm 3,18	3,18
Radiography	Spot	Spot

Optimization Path

Current selected case 1

Item	Shell			Tube Length				Pressure Drop			Baffle		Tube		Units		Total
	Size	Actual	Reqd.	Area ratio	Shell	Dp Ratio	Tube	Dp Ratio	Pitch	No.	Tube Pass	No.	P	S	Price		
	mm	m	m		kPa		kPa		mm						Dollar(US)		
1	800	2	1,9988	1	0,951	0,48	0,154	0,08	500	3	1	212	1	1	33318		
1	800	2	1,9988	1	0,951	0,48	0,154	0,08	500	3	1	212	1	1	33318		

Operational Issues

Vibration	Rho-V-Sq	Unsupported tube length	Design Status
No	No	No	OK
No	No	No	OK

Overall Summary

1	Size	800	X	2000	mm	Type	AEL	Hor	Connected in	1 parallel	1 series
2	Surf/Unit (gross/eff/finned)	26,6	/	25,3	/	m ²	Shells/unit	1			
3	Surf/Shell (gross/eff/finned)	26,6	/	25,3	/	m ²					
4	Simulation										
PERFORMANCE OF ONE UNIT											
Process Data			Shell Side			Tube Side			Heat Transfer Parameters		
6	Total flow	kg/h	In	Out	In	Out	Eff. MTD/ 1 pass MTD	°C	5,41	/	5,33
7	Vapor	kg/h	249	244	0	881	Actual/Reqd area ratio - fouled/clean		1	/	1
8	Liquid	kg/h	0	5	881	881					
9	Noncondensable	kg/h	0	0	0	0					
10	Cond./Evap.	kg/h	5	0	0	0					
11	Temperature	°C	56	26,24	25	31,14					
12	Bubble Point	°C	-200,39	-200,45							
13	Dew Point	°C	37,59	37,46							
14	Vapor mass fraction		1	0,98	0	0					
15	Pressure (abs)	kPa	130	129,049	101,325	101,171					
16	DeltaP allow/cal	kPa	2	0,951	2	0,154					
17	Velocity	m/s	0,25	0,22	0,01	0,01					
18	Liquid Properties										
19	Density	kg/m ³	1006,42	996,89	995,13						
20	Viscosity	cp	0,8658	0,8904	0,7781						
21	Specific heat	kJ/(kg-K)	4,042	4,181	4,179						
22	Therm. cond.	W/(m-K)	0,6128	0,611	0,6198						
23	Surface tension	dynes/cm	71,9								
24	Molecular weight		18,02	18,02	18,02						
25	Vapor Properties										
26	Density	kg/m ³	1,15	1,26							
27	Viscosity	cp	0,0132	0,0122							
28	Specific heat	kJ/(kg-K)	1,569	1,519							
29	Therm. cond.	W/(m-K)	0,0308	0,0274							
30	Molecular weight		24,06	24,21							
31	Two-Phase Properties										
32	Latent heat	kJ/kg	2400,6	2423,6							
33	Heat Transfer Parameters										
34	Reynolds No. vapor		430,35	457,2							
35	Reynolds No. liquid		0,12	103,16	118,05						
36	Prandtl No. vapor		0,67	0,68							
37	Prandtl No. liquid		5,71	6,09	5,25						
38	Heat Load										
39	Vapor only	kW	-2	0							
40	2-Phase vapor	kW	-1,2	0							
41	Latent heat	kW	-3,1	0							
42	2-Phase liquid	kW	0	0							
43	Liquid only	kW	0	6,3							
44	Tubes										
45	Type		Plain	Type	Single segmental						
46	ID/OD	mm	16 / 20	Number	3	Inlet	mm	1 / 60,32	1 / 33,4		
47	Length act/eff	m	2 / 1,903	Cut(°/cd)	17,52	Outlet	mm	1 / 60,32	1 / 33,4		
48	Tube passes		1	Cut orientation	V	Intermediate					
49	Tube No.		212	Spacing: c/c	mm	500	Impingement protection				
50	Tube pattern		30	Spacing at inlet	mm	451,48					
51	Tube pitch	mm	50	Spacing at outlet	mm	451,48					
52	Insert										
53	Vibration problem (HTFS / TEMA)										
54		No	/				RhoV2 violation				No

Overall Performance

Simulation	Shell Side		Tube Side	
Total mass flow rate	249		881	
Vapor mass flow rate (In/Out)	249	244	0	0
Liquid mass flow rate	0	5	881	881
Vapor mass fraction	1	0,98	0	0
Temperatures	56	26,24	25	31,14
Bubble / Dew point	-200,39 / 37,59	-200,45 / 37,46	/	/
Operating Pressures	130	129,049	101,325	101,171
Film coefficient	W/(m ² -K)	58,7		211,3
Fouling resistance	m ² -KW	0		0
Velocity (highest)	m/s	0,99		0,01
Pressure drop (allow./calc.)	kPa	2 / 0,951	2 /	0,154
Total heat exchanged	kW	6,3	Unit	AEL 1 pass 1 ser 1 par
Overall clean coeff. (plain/finned)	W/(m ² -K)	45,8 /	Shell size	800 - 2000 mm Hor
Overall dirty coeff. (plain/finned)	W/(m ² -K)	45,8 /	Tubes	Plain
Effective area (plain/finned)	m ²	25,3 /	Insert	None
Effective MTD	°C	5,41	No.	212 OD 20 Tks 2 mm
Actual/Required area ratio (dirty/clean)		1 / 1	Pattern	30 Pitch 50 mm
Vibration problem (HTFS)		No	Baffles	Single segmental Cut(%d) 17,52
RhoV2 problem		No	Total cost	33318 Dollar(US)

Heat Transfer Resistance

Shell side / Fouling / Wall / Fouling / Tube side

Shell Side		Tube Side
------------	--	-----------

Resistance Distribution

Overall Coefficient / Resistance Summary	Clean	Dirty	Max Dirty
Area required (tube OD base)	25,3	25,3	25,3
Area ratio: actual/required	1	1	1
Overall coefficient	W/(m ² -K)	45,8	45,8
Overall resistance	m ² -KW	0,02181	0,02183
Shell side fouling	m ² -KW	0	1E-05
Tube side fouling	m ² -KW	0	1E-05
Resistance Distribution			
Shell side film	W/(m ² -K)	58,7	78,08
Shell side fouling	m ² -KW	0	0,03
Tube wall	W/(m ² -K)	20166,4	5E-05
Tube side fouling *	m ² -KW	0	0,03
Tube side film *	W/(m ² -K)	211,3	21,7

* Based on outside surface - Area ratio: Ao/Ai = 1,25

File:

Printed: 07/10/2022 at 19:01:05

Shell by Shell Conditions

		Shell 1
Shell heat load	kW	6,3
Shell inlet temperature	C	56
Shell outlet temperature	C	26,24
Tube inlet temperature	C	25
Tube outlet temperature	C	31,14
Shell inlet vapor fraction		1
Shell outlet vapor fraction		0,98
Tube inlet vapor fraction		0
Tube outlet vapor fraction		0
Shell inlet pressure	kPa	130
Shell outlet pressure	kPa	129,049
Tube inlet pressure	kPa	101,325
Tube outlet pressure	kPa	101,171
Shell pressure drop	kPa	0,951
Tube pressure drop	kPa	0,154
Mean shell metal temperature	C	31,82
Mean tube metal temperature	C	27,79
Minimum tube metal temperature	C	25,3
Maximum tube metal temperature	C	34,82

File:

Printed: 07/10/2022 at 19:01:05

Heat Transfer Coefficients

Film coefficients	W/(m ² -K)	Shell Side		Tube Side	
		Bare area (OD) /	Finned area	Bare area (OD) /	ID area
Overall film coefficients		58,7 /		211,3 /	264,1
Vapor sensible		62,9 /		/	/
Two phase		58,3 /		/	/
Liquid sensible		/		211,3 /	264,1
Heat Transfer Parameters		In	Out	In	Out
Prandtl numbers	Vapor	0,67	0,68		
	Liquid		5,71	6,09	5,25
Reynolds numbers	Vapor Nominal	430,35	457,2		
	Liquid Nominal		0,12	103,16	118,05

Fin Efficiency

MTD & Flux

Temperature Difference	°C	Heat Flux (based on tube O.D)	kW/m ²
Overall effective MTD	5,41	Overall flux	0,2
One pass counterflow MTD	5,33	Critical heat flux (at highest ratio)	
LMTD based on end points	7,88	Highest local flux	1,1
Effective MTD correction factor	0,68	Highest local/critical flux	
Wall Temperatures		°C	
Shell mean metal temperature			31,82
Tube mean metal temperature			27,79
Tube wall temperatures (highest/lowest)		34,82 /	25,3

Duty Distribution

Heat Load Summary	Shell Side		Tube Side	
	kW	% total	kW	% total
Vapor only	-2	31,58	0	0
2-Phase vapor	-1,2	19,02	0	0
Latent heat	-3,1	48,88	0	0
2-Phase liquid	0	0,51	0	0
Liquid only	0	0	6,3	100
Total	-6,3	100	6,3	100
Effectiveness	0,9433			

File: Printed: 07/10/2022 at 19:01:05

Pressure Drop

Pressure Drop	kPa				Shell Side			Tube Side		
	m/s		kPa	%dp	m/s		kPa	%dp		
Maximum allowed	27,87		0,582	61,2	0,44		0,106	69		
Total calculated	0,94				0,01		0	0,01		
Gravitational	0,32		0,001	0,13	0,01		0,001	0,8		
Frictional	0,25	0,22	0,001	0,08						
Momentum change	0,99	0,88	0,002	0,21						
	0,28		0,001	0,12						
	0,84				0,01		0	0,01		
	24,89		0,364	38,26	0,44		0,046	30,19		
Liquid outlet nozzle										
Vapor outlet nozzle										
Intermediate nozzles										

Flow Analysis

Shell Side Flow Fractions	Inlet	Middle	Outlet	Diameter Clearance mm
Crossflow (B stream)	0,92	0,86	0,92	
Window (B+C+F stream)	0,92	0,86	0,92	
Baffle hole - tube OD (A stream)	0	0	0	0,4
Baffle OD - shell ID (E stream)	0,07	0,14	0,07	4,76
Shell ID - bundle OTL (C stream)	0	0	0	12,7
Pass lanes (F stream)	0	0	0	

Rho*V2 Analysis	Flow Area mm ²	Velocity m/s	Density kg/m ³	Rho*V2 kg/(m-s ²)	TEMA limit kg/(m-s ²)
Shell inlet nozzle	2165	27,87	1,15	890	2232
Shell entrance	3903	15,46	1,15	274	5953
Bundle entrance	63891	0,94	1,15	1	5953
Bundle exit	63891	0,84	1,28	1	5953
Shell exit	3903	13,8	1,28	245	5953
Shell outlet nozzle	2165	24,89	1,28	795	
	mm ²	m/s	kg/m ³	kg/(m-s ²)	kg/(m-s ²)
Tube inlet nozzle	558	0,44	996,89	193	8928
Tube inlet	42625	0,01	996,89	0	
Tube outlet	42625	0,01	995,13	0	
Tube outlet nozzle	558	0,44	995,13	194	

File: Printed: 07/10/2022 at 19:01:05

Thermosiphons and Kettles

Thermosiphons
Thermosiphon stability
Vertical tube side thermosiphons
Flow reversal criterion - top of the tubes (should be > 0.5)
Flooding criterion - top of the tubes (should be > 1.0)
Fraction of the tube length flooded
Kutateladze Number in axial nozzle (should be > 3.2)

Kettles
Recirculation ratio
Quality at top of bundle
Entrainment fraction

File:

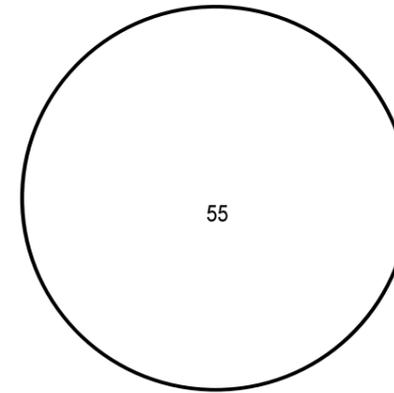
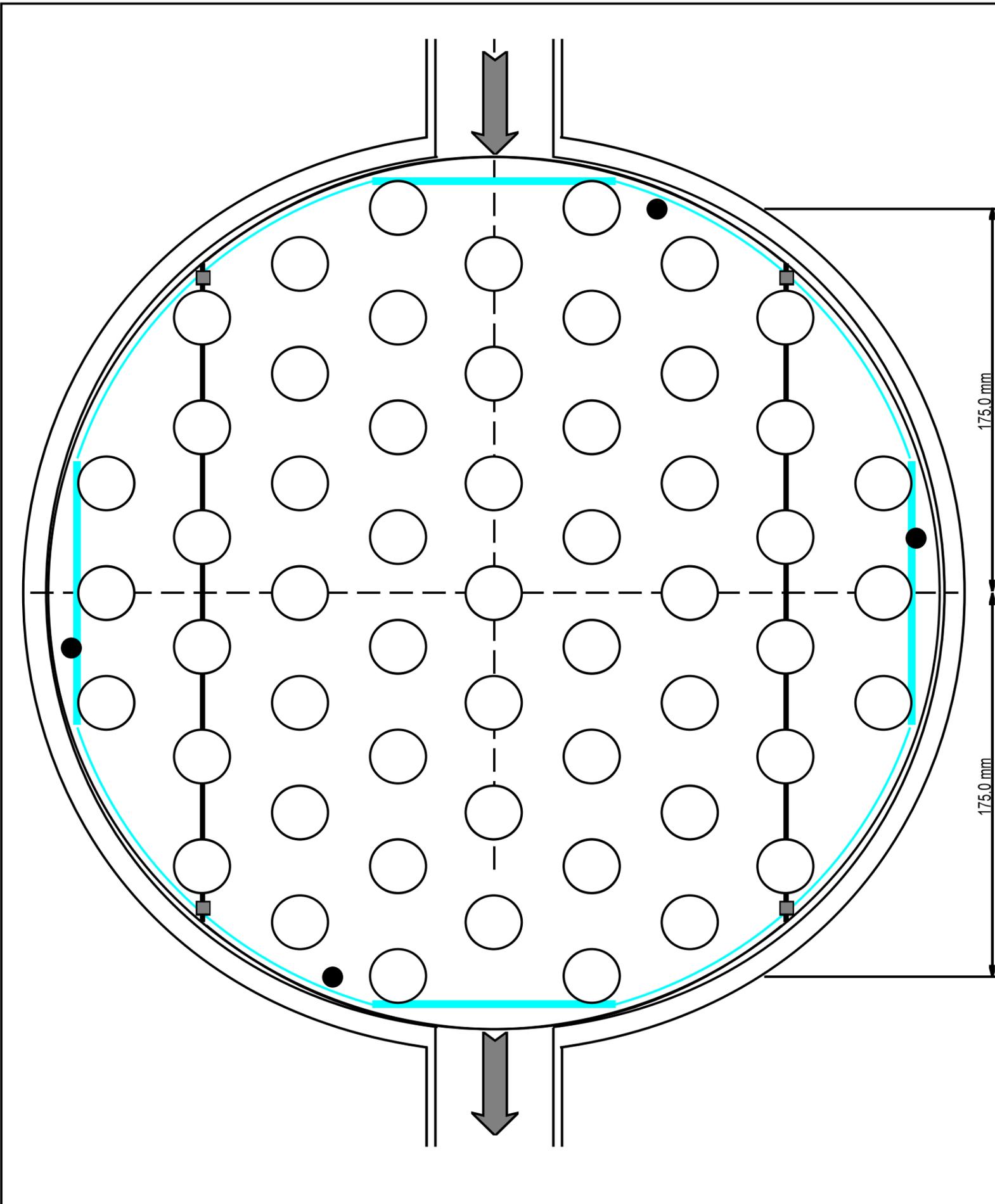
Printed: 07/10/2022

TEMA Sheet

Heat Exchanger Specification Sheet

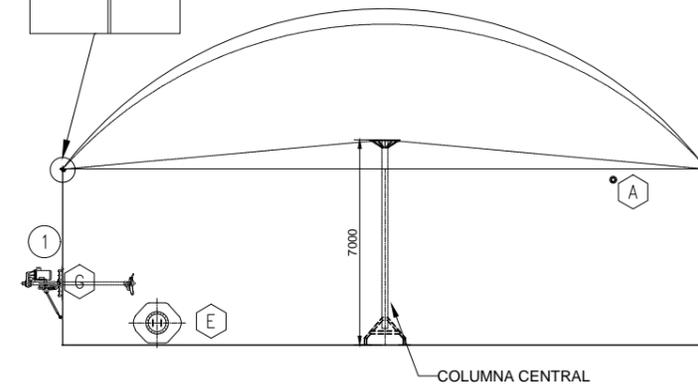
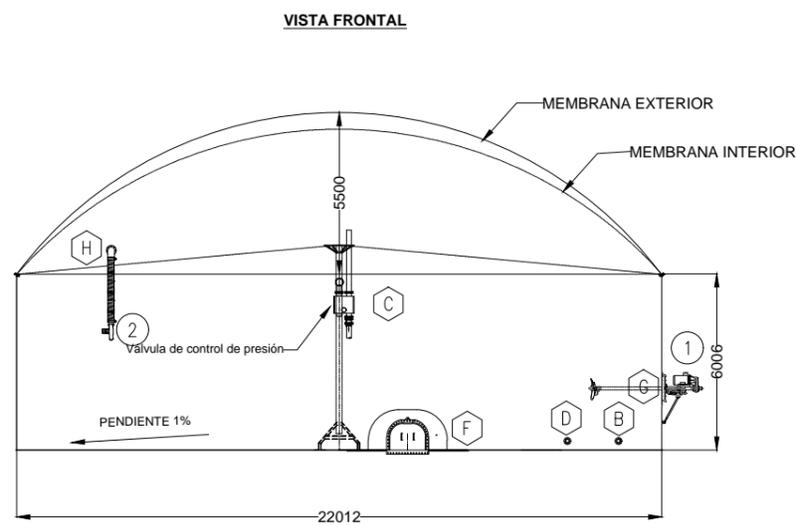
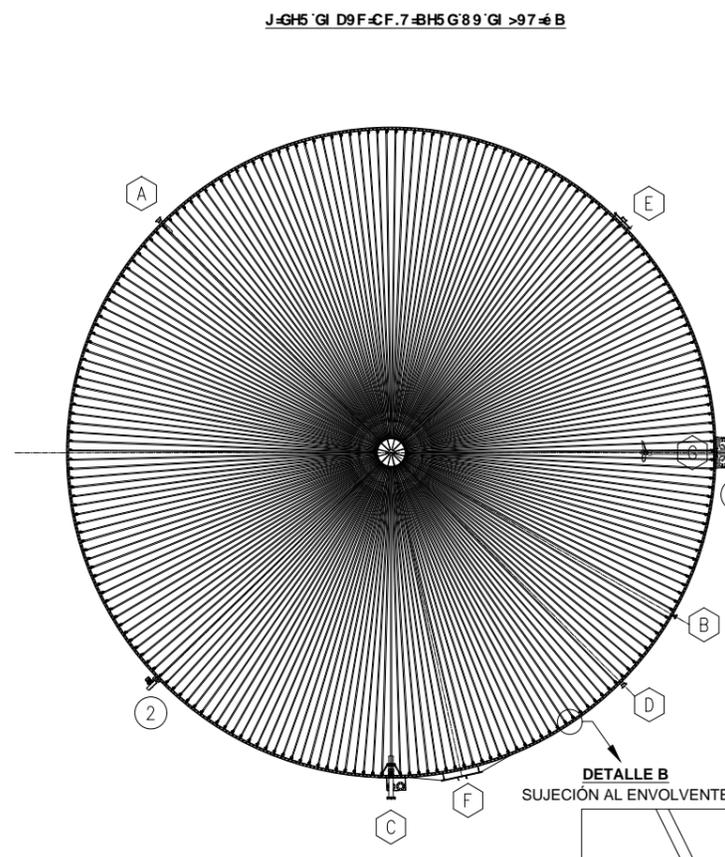
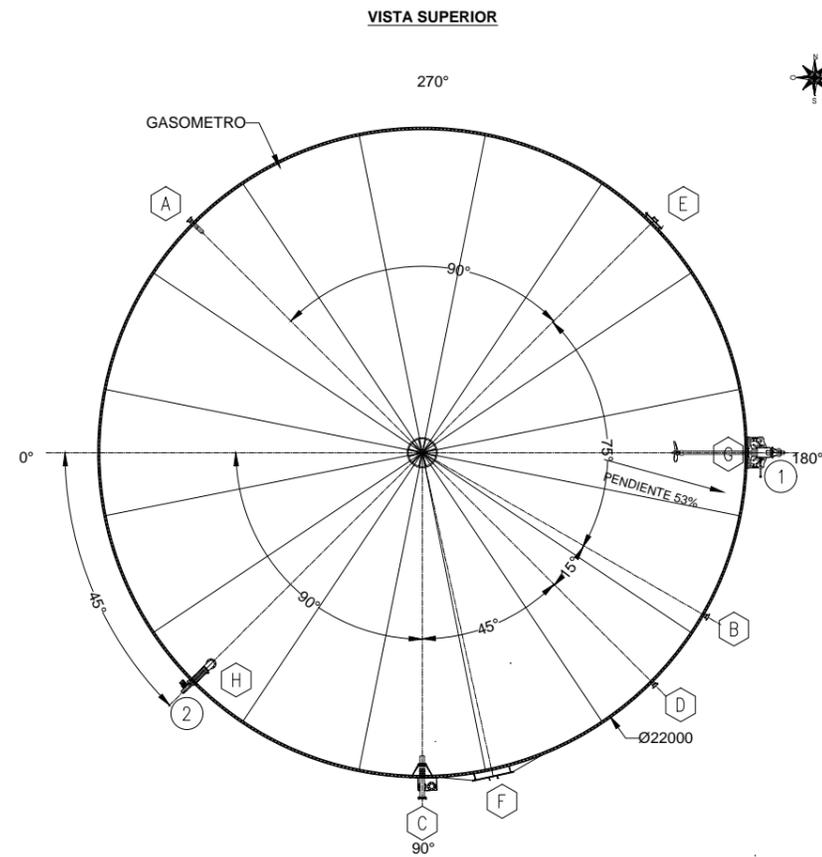
1	Company: PLANTA DE BIOGAS										
2	Location: PLAZA HUINCUL										
3	Service of Unit:					Our Reference:					
4	Item No.:					Your Reference:					
5	Date:	2022	Rev No.:		Job No.:						
6	Size:	800 - 2000	mm	Type:	AEL Horizontal	Connected in: 1 parallel 1 series					
7	Surf/unit(eff.)	25,3	m ²	Shells/unit	1	Surf/shell(eff.) 25,3 m ²					
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT										
9	Fluid allocation			Shell Side			Tube Side				
10	Fluid name			14->15			Agua fria->Agua caliente				
11	Fluid quantity, Total			249			881				
12	Vapor (In/Out)			249		244		0		0	
13	Liquid			0		5		881		881	
14	Noncondensable			0		0		0		0	
15											
16	Temperature (In/Out)			°C 56		26,24		25		31,14	
17	Bubble / Dew point			°C -200,39 / 37,59		-200,45 / 37,46		/		/	
18	Density Vapor/Liquid			kg/m ³ 1,15 /		1,26 / 1006,42		/ 996,89		/ 995,13	
19	Viscosity			cp 0,0132 /		0,0122 / 0,8658		/ 0,8904		/ 0,7781	
20	Molecular wt, Vap			24,06		24,21					
21	Molecular wt, NC										
22	Specific heat			kJ/(kg-K) 1,569 /		1,519 / 4,042		/ 4,181		/ 4,179	
23	Thermal conductivity			W/(m-K) 0,0308 /		0,0274 / 0,6128		/ 0,611		/ 0,6198	
24	Latent heat			kJ/kg 2400,6		2423,6					
25	Pressure (abs)			kPa 130		129,049		101,325		101,171	
26	Velocity (Mean/Max)			m/s 0,27 / 0,99				0,01 / 0,01			
27	Pressure drop, allow./calc.			kPa 2		0,951		2		0,154	
28	Fouling resistance (min)			m ² -K/W 0				0		0 Ao based	
29	Heat exchanged			6,3 kW		MTD (corrected)		5,41		°C	
30	Transfer rate, Service			45,8 Dirty		45,8 Clean		45,8		W/(m ² -K)	
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL						Sketch				
32				Shell Side			Tube Side				
33	Design/Vacuum/test pressure			kPa 300 / /		300 / /					
34	Design temperature			°C 95		70					
35	Number passes per shell			1		1					
36	Corrosion allowance			mm 3,18		3,18					
37	Connections In			mm 1 50,8 / -		1 25,4 / -					
38	Size/Rating Out			1 50,8 / -		1 25,4 / -					
39	Nominal Intermediate			/ -		/ -					
40	Tube #: 212 OD: 20 Tks. Average 2 mm Length: 2000 mm Pitch: 50 mm Tube pattern:30										
41	Tube type: Plain Insert:None Fin#: #/m Material:Carbon Steel										
42	Shell Carbon Steel			ID 800 OD 824 mm		Shell cover -					
43	Channel or bonnet Carbon Steel			Channel cover Carbon Steel							
44	Tubesheet-stationary Carbon Steel			Tubesheet-floating -							
45	Floating head cover -			Impingement protection None							
46	Baffle-cross Carbon Steel			Type Single segmental Cut(%d) 17,52		VertiSpacing: c/c 500 mm					
47	Baffle-long -			Seal Type			Inlet 451,48 mm				
48	Supports-tube U-bend			0		Type					
49	Bypass seal			Tube-tubesheet joint			Expanded only (2 grooves)(App.A 'i')				
50	Expansion joint -			Type None							
51	RhoV2-Inlet nozzle 890			Bundle entrance 1		Bundle exit 1		kg/(m-s ²)			
52	Gaskets - Shell side -			Tube side			Flat Metal Jacket Fibe				
53	Floating head -										
54	Code requirements ASME Code Sec VIII Div 1			TEMA class R - refinery service							
55	Weight/Shell 2191,9			Filled with water 3157,1		Bundle 905,9		kg			
56	Remarks										
57											
58											

Tubesheet Layout



Shell inside diameter	mm	0,4
Front head inside diameter	mm	0,4382
Outer tube limit	mm	0,3905
Tube number (calcs.)		55
Tube number (layout)		55
Tube length	mm	2
Tube O.D.	mm	0,025
Tube pitch	mm	0,05
Tube pattern		30
Tube passes		1
Tie rod number		4
Tie rod diameter	mm	0,0096
Sealing strips (pairs)		2
Baffle type		Single segmental
Centre to outer baffle cut	mm	0,1299
Centre to inner baffle cut		
Impingement protection		None
Shell Side Inlet Nozzle Inside Diameter	mm	52,5018
Shell Side Outlet Nozzle Inside Diameter	mm	52,5018

Notes:						Company: PLANTA DE BIOGAS Location: PLAZA HUINCUL Service of Unit: _____ Our Reference: _____ Item No.: _____ Your Reference: _____ Date: 2022 Rev No.: _____ Job No.: _____		
Scale:						Company Name City, State		
Rev.	Date:	Description	Dwg.	Chk.	Appd.	ASME Code Sec VIII Div 1	Tube Layout	
						TEMA Type: AEL		
						Size: 400 - 2000	Dwg No.:	Rev.
						TEMA Class: R - refinery service	2	



BIODIGESTOR

DESCRIPCION

GENERAL							
UBICACION:	AIRE LIBRE - PLANTA DE BIOGAS						
CAPACIDAD NOMINAL:	1844 m ³						
DIAMETRO NOMINAL:	22 m						
ALTURA NOMINAL:	6 m						
CAPACIDAD TOTAL APROXIMADA:	2148 m ³						
PRODUCTO:	EFLUENTE DE CERDOS PROVENIENTE DE GRANJA						
DENSIDAD:	1 Kg./dm ³ @ 27° C						
CAUDAL MAX. PROD. ENTRADA:	3,125 m ³ /h						
SALIDA:	3,125 m ³ /h						
DISEÑO							
CODIGO DE DISEÑO:	API 650						
TEMPERATURA DE DISEÑO:	(Min/Max) 35°C						
TEMPERATURA AMBIENTE:	(Min) 25°C						
PRESION DE DISEÑO:	1.0099 atm						
CAUDAL MAXIMO:	ENTRADA 3,125 m ³ /h SALIDA 3,125 m ³ /h						
SOBRECARGA DE TECHO:	0.5 M NIEVE						
PENDIENTE:	PISO: 1 % TECHO: 53%						
SOBRESESPESOR DE CORROSION:	0 mm						
TECHO							
TIPO DE TECHO:	GASOMETRO						
ESTRUCTURA DE TECHO:	DOBLE MEMBRANA 1/4 DE ESFERA						
COLUMNA:	Ø 8" SCH 40						
VIGA DE TECHO:	NO						
ANGULO DE REFUERZO:	ANGULO C 3 1/2" X 3 1/2" X 3/8"						
PERFIL DE FIJACION:	2" X 1/8"						
MATERIALES							
ENVOLVENTE:	F-24 (ESPESOR 1/4")						
PISO:	F-24 (ESPESOR 1/4")						
GASOMETRO	DIN 60001						
BRIDAS:	ASTM A-105						
CONEXIONES:	ASTM A-105						
PUERTA DE LIMPIEZA:	F-24						
PUERTA ENTRADA DE HOMBRE	F-24						
REFUERZOS	F-24						
CAÑERIAS INTERNAS:	ASTM A-106 Gr B						
ELEMENTOS DE FIJACION / TUERCAS:	ASTM A-193 Gr.B7/A-194 Gr.2H						
PERFIL DE FIJACION	ASTM F3125 Gr. A325/ A-563 Gr DH						
ELEMENTOS DE SUJECION	ASTM 536						
CINTAS DE SUJECION	IRAM 5379						
SISTEMA DE CALENTAMIENTO:	NO						
AISLACION:	NO						
PROTECCION MECANICA AISLACION:	NO						
AGITADOR(1)	25 HP / 400 RPM CANTIDAD: 1						
SOPLADOR (2)	1,5HP/2800RPM CANTIDAD: 1						
CONEXIONES							
COD.	TIPO	Ø"	SERIE	SERVICIO	UBICACION	ORIENTACION	ELEVACION
A	WNRF	4	150	ENTRADA LIQUIDO A TRATAR	ENVOLVENTE	315°	5454
B	WNRF	4	150	SALIDA PRODUCTO LIQUIDO	ENVOLVENTE	150°	407
C	---	6	---	SALIDA BIOGAS	ENVOLVENTE	90°	5720
D	WNRF	4	150	SALIDA OLLA DE PURGA	ENVOLVENTE	135°	407
E	API	24	---	ENTRADA DE HOMBRE	ENVOLVENTE	225°	0
F	API	36	---	PUERTA DE LIMPIEZA	ENVOLVENTE	95°	0
G	---	4	---	CONEXION PARA AGITADOR	ENVOLVENTE	180°	750
H	SOFF	7 7/8	---	ENTRADA DE AIRE	MEMBRANA	45°	750

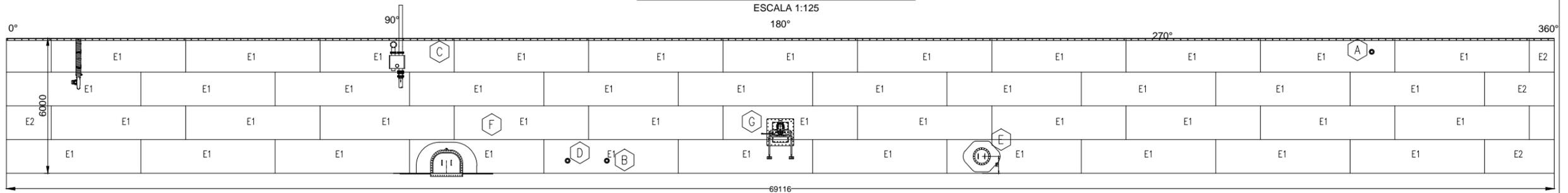
NOTAS:

- 1) TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN INDICADAS EN MILÍMETROS.
- 2) LA PARTE INTERNA DEL BIODIGESTOR SE ENCUENTRA REVESTIDA DE EPOXI FENÓLICO ESPESOR 320 MICRONES.

Dib.	Fecha	Nombre	PLANO GENERAL	PLANTA DE BIOGAS
Rev.				
Apr.				
Esc:	1:100			N° de Plano Area AREA 200
Tolerancia Rugosidad	BIODIGESTOR			N° de Plano 001 Remmp. a

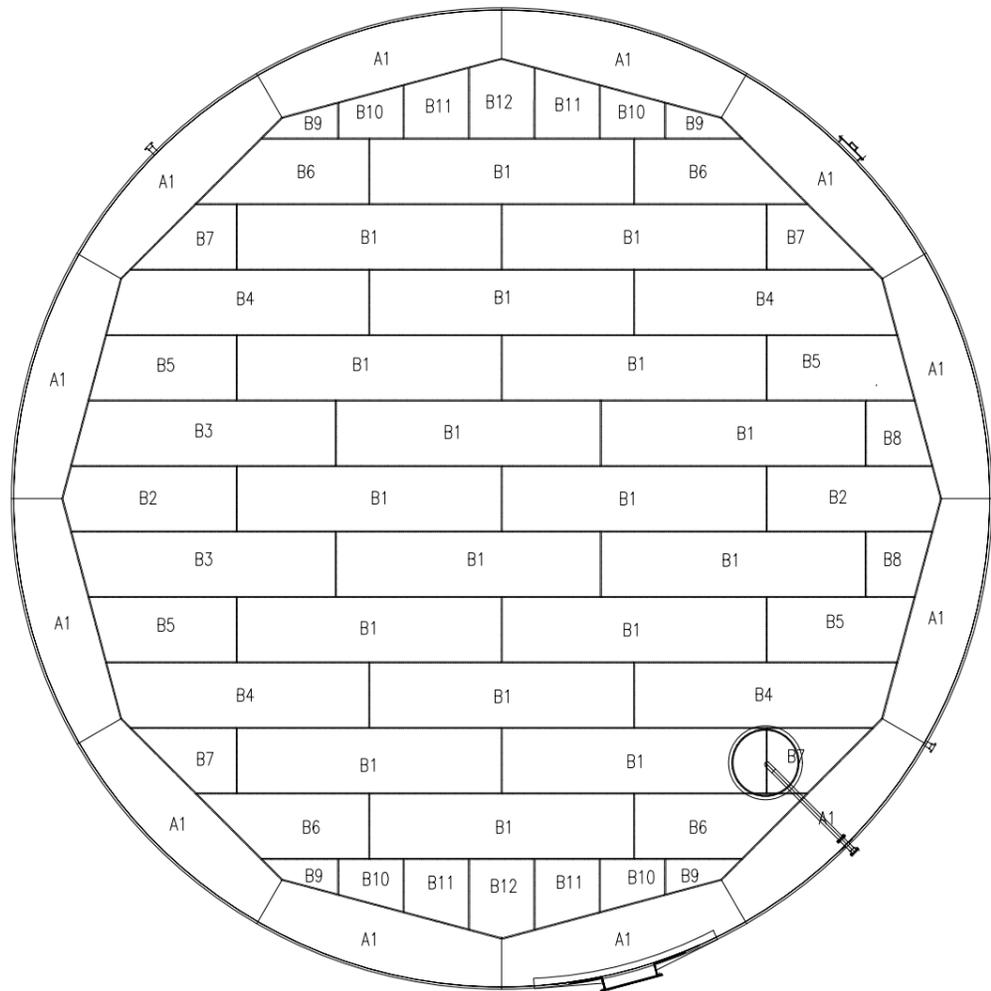
VISTA LATERAL: CHAPAS ENVOLVENTE

ESCALA 1:125
180°



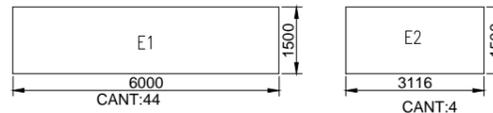
VISTA SUPERIOR: CHAPAS FONDO

ESCALA 1:100



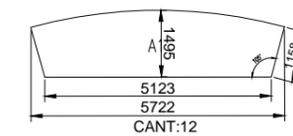
CHAPAS ENVOLVENTE

ESCALA 1:100



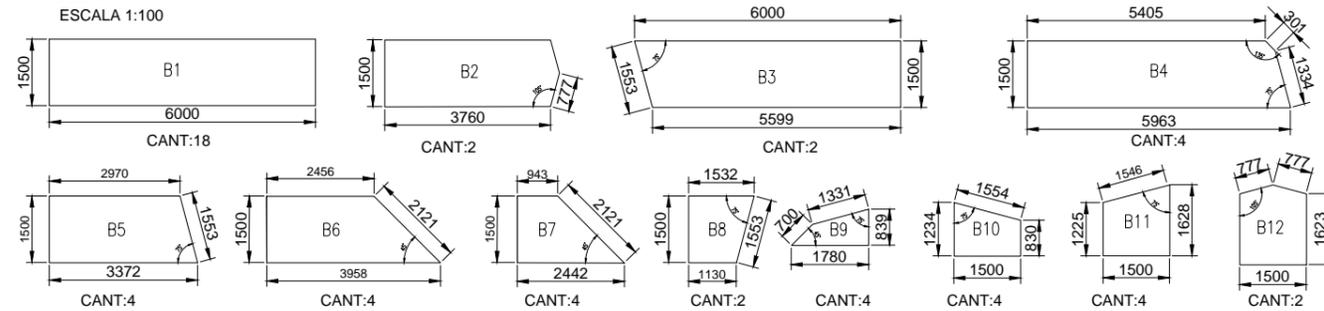
CHAPAS ANULAR

ESCALA 1:100



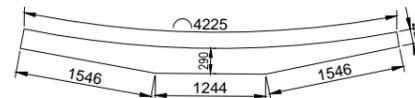
CHAPAS FONDO

ESCALA 1:100



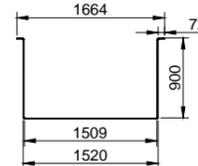
CHAPA DE REFUERZO PUERTA DE LIMPIEZA

ESCALA 1:50



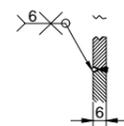
VISTA LATERAL DE OLLA

ESCALA 1:50



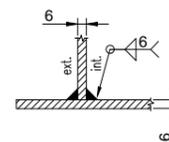
DETALLE UNION CHAPAS DE ENVOLVENTES

ESCALA 1:4



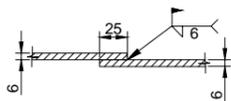
DETALLE UNION ENVOLVENTE- FONDO

ESCALA 1:4



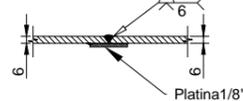
DETALLE UNION DE CHAPA FONDOS

ESCALA 1:4



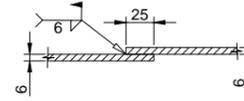
DETALLE UNION DE CHAPA ANULAR

ESCALA 1:4



DETALLE UNION DE CHAPA ANULAR- FONDO

ESCALA 1:4



MATERIALES

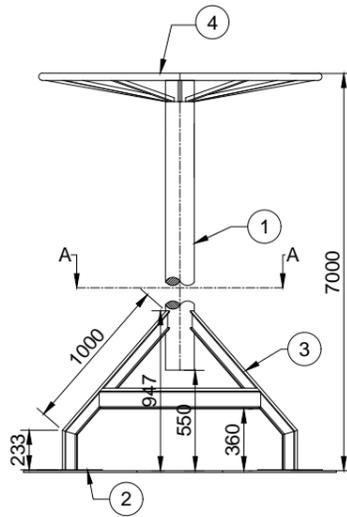
- CHAPA E: F-26 o A-36
- CHAPA B: F-26 o A-36
- CHAPA A: F-26 o A-36
- CHAPA REFUERZO PUERTA DE LIMPIEZA F-26 o A-36
- CHAPA OLLA DE PURGA: F-26 o A-36
- PLANCHUELA PARA RESPALDO SOLDADURA UNIONES A TOPE ESTRELLA-ESTRELLA F-26 o A-36

NOTAS

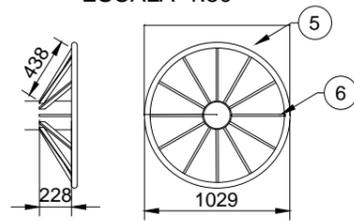
1- TODAS LAS DIMENSIONES SON EN mm EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

Dib.	Fecha	Nombre	PLANO DE CONEXIONES Y SOLDADURAS	PLANTA DE BIOGAS
Rev.				
Apr.				
Esc:				
Tolerancia Rugosidad			BIODIGESTOR	N° de Plano Area
				AREA 200
				N° de Plano 002
				Remmp. a

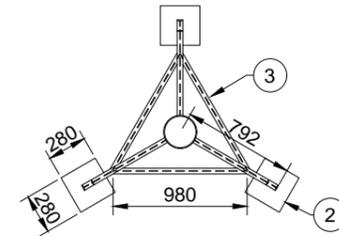
SOPORTE PARA MEMBRANA
ESCALA 1:50



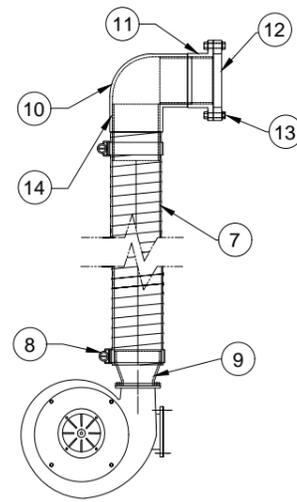
DETALLE "A" DE ANILLO
ESCALA 1:50



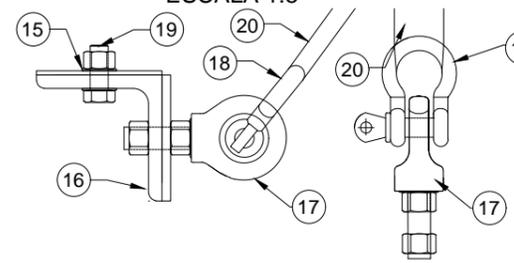
DETALLE "B" DE SOPORTE
ESCALA 1:50



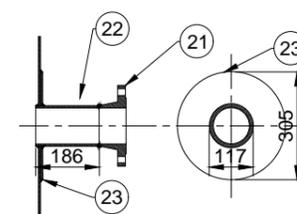
CONEXION SOPLADOR-MEMBRANA
ESCALA 1:30



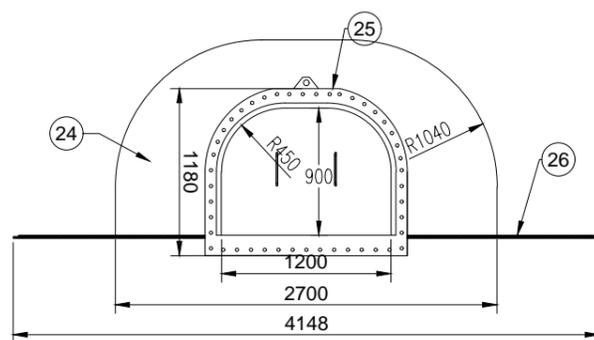
ELEMENTOS DE SUJECION DE CORREAS
ESCALA 1:5



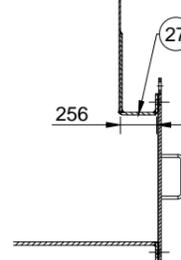
CONEXION 4"
ESCALA 1:20



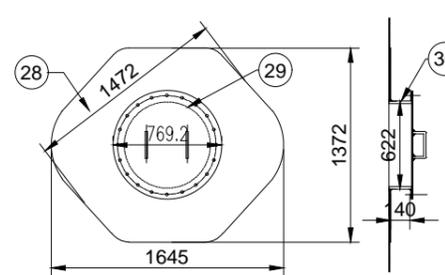
CONEXION "F" PUERTA DE LIMPIEZA
ESCALA 1:50



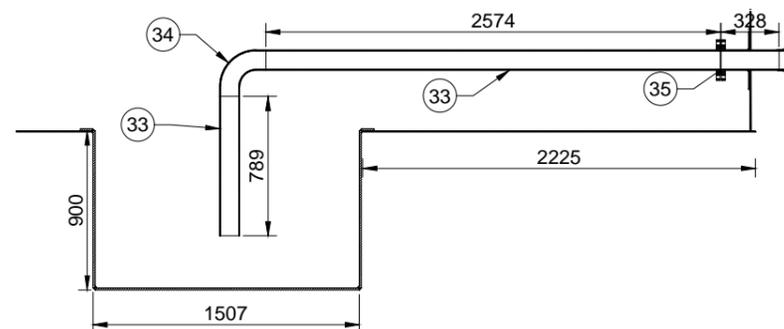
DETALLE "C" PUERTA DE LIMPIEZA
ESCALA 1:50



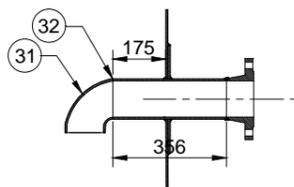
CONEXION "E" PASO DE HOMBRE
ESCALA 1:50



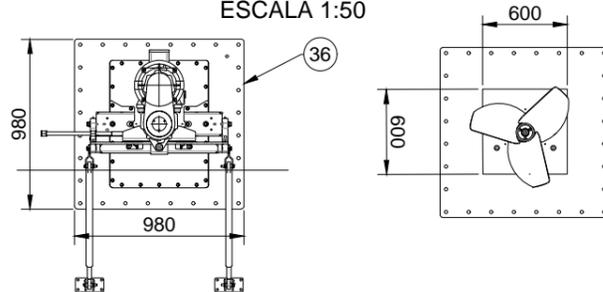
CONEXION "D" OLLA DE PURGA
ESCALA 1:40



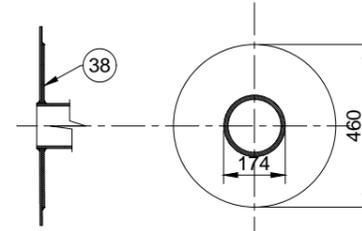
CONEXION "A" ENTRADA DE LIQUIDO A TRATAR
ESCALA 1:20



CONEXION "G" AGITADOR
ESCALA 1:50



CONEXION "C" SALIDA DE BIOGAS
ESCALA 1:20



LISTADO DE MATERIALES

POS.	DESCRIPCION	LONG. / Ø	SCH / ESPE.	SERIE	MATERIAL	CANT.
1	COLUMNA: SOPORTE DE MEMBRANA	7000 x 200 mm	8 mm.		ASTM A-500	1
2	PLATINAS DE APOYO	280x280 mm	6.4 mm.		IRAM F-24	3
3	SOPORTE COLUMNA CENTRAL	6700 mm	IPN-80		IRAM F-24	1
4	TOPE DE COLUMNA CENTRAL	Ø 1030 mm.			IRAM F-24	1
5	ANILLO DE TOPE	3300mmØ 40 mm.	3 mm.		ASTM A-500	1
6	VARILLAS DEL TOPE	550mm 40x15mm			IRAM F-24	12
7	MANGERA DE CONEXION	2300mmØ 200 mm			ASTM D1418	1
8	ABRAZADERAS	Ø 200mm			IRAM F-24	2
9	BRIDA	Ø 200mm		150	ASTM D-2466	1
10	CODO 90°	Ø 200mm	40		ASTM D-2466	1
11	BRIDA FIJA	Ø 200mm		150	ASTM D-2466	1
12	BRIDA SOFF	Ø 200mm		150	ASTM D-2466	1
13	PERNOS	20			ASTM A-500	8
14	NIPLE	Ø 200mm	40		ASTM D-2466	2
15	PERFIL DE FIJACION	2"x1/8"			ASTM F3125	1
16	ANGULO TIPO "L"	3 1/2" x 3 1/2" x3/8"			IRAM F-24	2
17	CANCAMO CON TOPE	1/4"			ASTM 536	219
18	GRILLETE	1/4"			ASTM 536	219
19	PERNOS	1/2"			ASTM A-193	533
20	CINTAS DE SUJECION	35 mm			IRAM 5379	2300mtrs.
21	BRIDA WNRF	4"		150	ASTM A-105	3
22	CAÑO S/C	4"	40		ASTM A-105	3
23	PONCHO DE REFUERZO CONEXION 4"	Ø 305 mm	6 mm		IRAM F-24	3
24	CHAPA DE REFUERZO	2700 mm	8 mm		IRAM F-24	1
25	PUERTA DE LIMPIEZA	900X1200 mm	8 mm		IRAM F-24	1
26	CHAPA DE REFUERZO FONDO	4148 mm	6 mm		IRAM F-24	1
27	CHAPA PARA PUERTA	256X2100 mm	8 mm		IRAM F-24	1
28	PONCHO DE REFUERZO	1645X1472 mm	6 mm		IRAM F-24	1
29	TAPA DE PUERTA	Ø 769	6 mm		IRAM F-24	1
30	CAÑO S/C	24"	40		ASTM A-105	1
31	CODO 90°	4"	40		IRAM F-24	1
32	CAÑO S/C	4"	40		IRAM F-24	1
33	CAÑO S/C	4"	40		ASTM A-105	1
34	CODO 90°	4"	40		IRAM F-24	1
35	BRIDA SORF	4"	40	150	ASTM A-105	2
36	PONCHO DE REFUERZO	1200x1200 mm	6 mm		IRAM F-24	2
37	PONCHO DE REFUERZO	6"	6 mm		IRAM F-24	1

Fecha	Nombre	DETALLES Y CONEXIONES	PLANTA DE BIOGAS
Dib.			
Rev.			
Apr.			
Esc:		<p>N° de Plano Area</p> <p>AREA 200</p> <p>N° de Plano 003</p> <p>Remmp. a</p>	
Tolerancia Rugosidad			

BIODIGESTOR