

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

**“DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA UNA EMPRESA
FABRICANTE DE BALANCEADO A PARTIR DE RESTOS DE
ANIMALES”**

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Vicente Zambrano Soledispa.

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por darnos salud y vitalidad para culminar el desarrollo del proyecto de fin de carrera.

Agradezco también a las personas que hicieron posible la recopilación de información y datos muy necesarios para concluir con este trabajo, así como a todo el personal de NUTRILUQ, que me facilitó el ingreso a la planta.

Agradezco a la ESPOL, que me dotó de vastos conocimientos, indispensables en mi formación como futuro ingeniero mecánico, con los cuales logré llevar a cabo este proceso.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi familia, ya que siempre estuvieron a mi lado en los mejores y más duros momentos. Fueron y serán un pilar fundamental de mi inspiración para lograr mis objetivos.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Vicente Braulio Zambrano Soledispa

M.Sc. Carola Sánchez

Y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



Vicente Zambrano Soledispa
AUTOR



M. Sc. Carola Sánchez
TUTOR

RESUMEN

Los procesos alimenticios alteran el medio ambiente, por ello se está en constante investigación para disminuir la contaminación. Actualmente, en Ecuador existen muchas empresas formales e informales que elaboran productos alimenticios, con base en esto el presente proyecto propone la implementación de una alternativa para solucionar la contaminación del medio ambiente generado por dichas empresas.

La empresa NUTRILUQ produce harina de origen animal, dicho proceso genera contaminación, que se ve reflejada en el hedor despedido, vapores que corroen la infraestructura de la empresa, y sólidos volátiles que afectan al respirar. Estos problemas generan imprevistos en la economía de la empresa, por lo tanto se propuso diversas alternativas para solucionarlos.

Con respecto a esto, se diseñó un biodigestor anaeróbico, que se alimenta de los sólidos volátiles, y se calienta utilizando el vapor generado de la descomposición de la materia prima. Con los sólidos en el biodigestor se aprovecha para generar 7.9 m³ de biogás, que será destinado para su consumo en el comedor de la empresa.

Además, para eliminar el hedor ocasionado durante el proceso, se colocó un filtro de carbón activado para evitar olores en el vapor de calentamiento del sistema propuesto.

ABSTRACT

Food processes alter the environment, so research is ongoing to reduce pollution. At present in Ecuador there are many formal and informal companies that produce food products, based on this the present project implements an alternative to solve the pollution in the environment generated by these companies.

The company NUTRILUQ produces flour of animal origin, in which the process consists of stages that generate pollution, this is reflected in the smell that generates, vapors that corrode the infrastructure of the company and volatile solids that affect when breathing. This problem generates unexpected in the economy of the company therefore several alternatives were proposed to solve these requirements.

To solve this environmental contamination anaerobic biodigester was used, separating the volatile solids and the steam generated from the decomposition of the raw material. With the solids in the biodigester it is used to generate 7.9 m³ of biogas which are destined to the consumption of the company's dining room.

In addition to supplementing the odor caused by the process, an activated carbon filter was placed to remove any odor particles in the vapor that later enter the biodigester's jacket, to take advantage of and maintain it at a suitable temperature.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
INDICE DE FIGURAS	VII
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivos Generales	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
1.3. Marco teórico	3
1.3.1. Rendering	3
1.3.2. Cocinador	4
1.3.3. Biodigestor	4
CAPÍTULO 2	6
2. METODOLOGÍA DE DISEÑO	6
2.1. Diseño Conceptual	6
2.2. Consideraciones de diseño.	6
2.3. Alternativas de Diseño	6
2.4. Matriz de Ponderación	10
2.4.1. Matriz de Decisión	12
2.5. Metodología de diseño	13
2.5.1. Diagrama de flujo del proceso de diseño	13
2.5.2. Descripción de la planta	14
2.5.3. Equipos	16
2.5.4. Descripción del proceso de producción	16
2.6. Dimensionamiento del sistema	23
CAPÍTULO 3	26
3. RESULTADOS	26
3.1. CICLON	26
3.2. Biodigestor	31
3.3. Producción de Biogás	33
3.4. Selección de filtro para eliminación de olor y azufre.	35
3.5. Análisis de costos.	36

3.5.1 Costos directos.	36
3.5.2 Costos indirectos.	37
3.5.3 Costo total	37
3.6. Cronograma de trabajo.	38
CAPÍTULO 4	39
4. DISCUSION Y CONCLUSIONES	39
4.1 Conclusiones	40
4.2 Recomendaciones	40
BIBLIOGRAFÍA	42
PLANOS	43

ABREVIATURAS

ASTM	American Society for Testing and Materials (sociedad Americana de prueba y materiales)
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
NUTRILUQ	Nutriente Luque
EPA	Environmental Protection Agency (Agencia de Protección al medio Ambiente)

SIMBOLOGÍA

D	Diámetro
E	Espesor
F	Fuerza
g	Gravedad
kg	Kilogramo
kW	Kilowatt
l	Longitud
L	Litros
m ³	Metro cúbico
mm	Milímetros
MPa	Mega Pascal
N	Newton
Pa	Pascal
P	Potencia
r	Radio
rpm	Revoluciones por minuto
s	Segundo
T	Torque
V	Velocidad
μ	Viscosidad aparente
ρ	Densidad
ω	Velocidad angular
σ	Esfuerzo normal

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Esquema de oxidación térmica	7
Figura 2.2: Esquema de biodigestor y filtro de olor	8
Figura 2.3: Esquema de un Scrubber	9
Figura 2. 4: Metodología de Diseño.....	13
Figura 2. 5: Planta NUTRILUQ S.A	14
Figura 2. 6: Ubicación de Nutriluq S.A.....	14
Figura 2. 7: Canasta semiautomática	17
Figura 2. 8: Cocinador con materia prima lista para	17
Figura 2. 9: Cocinador con puerta de ingreso abierta.....	18
Figura 2. 10: Medidor de Humedad	19
Figura 2.11: Zaranda y máquina para llenar sacos	20
Figura 2.12: Cocinador de subproducto	21

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del problema

La elaboración de harina de origen animal se realiza mediante subproductos generados en corrales y camales (desperdicios orgánicos), convirtiéndolos en harina para la producción de balanceado o abono. Este proceso es denominado “Rendering”, cuyo propósito es reducir el contenido de humedad en la materia prima y eliminar los microorganismos presentes en ella (Haarslev, 2012).

Actualmente, en la empresa NUTRILUQ se ha presentado un problema de corrosión en la cubierta de la planta debido al procesamiento de materia prima, por el vapor y los sólidos volátiles liberados durante el proceso, lo que está ocasionando un aumento en los costos de mantenimiento de la producción, ya que dicha estructura debe ser reemplazada cada 6 meses (NUTRILUQ, 2017). Por otro lado, los trabajadores están presentando problemas en su salud, producto del problema mencionado. Adicionalmente, dicha situación está creciendo debido a la urbanización de las zonas cercanas a la empresa, a pesar de que la planta se encuentra alejada de las zonas normalmente urbanas (NUTRILUQ, 2017).

Por este motivo, se propone el diseño de un sistema que aproveche adecuadamente este vapor liberado en el proceso de elaboración de harina, y que a su vez pueda limpiar y beneficiarse de los elementos que son arrastrados por este vapor.

Existen muchas alternativas para el aprovechamiento del vapor liberado. Sin embargo, son equipos muy costosos porque la mayoría poseen quemadores de alta capacidad, lo que traería como consecuencia un alto costo del proyecto (EPA, 2016).

Es por esto que el sistema debe poseer equipos que utilicen energía renovable y reduzcan la contaminación en el medio ambiente, ya sea esta la corrosión o el olor que se genera producto de la elaboración de harina. Una alternativa sería un equipo que aproveche la energía en forma de calor liberada por el vapor (EPA, 2016).

Con respecto a esto, un sistema de digestión anaeróbica aprovechará los sólidos y el vapor de salida, disminuyendo la contaminación al ambiente. El olor se lo debe tratar con equipos sencillos y de un costo razonable (EPA, 2016).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivos Generales

Diseñar una línea de limpieza de los vapores generados en la empresa NUTRILUQ y aprovechar la energía liberada de este proceso en un biodigestor.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Diseñar línea conductora de vapor para un posterior proceso.
- Seleccionar un sistema contra olores.
- Diseñar el biodigestor.

1.3. Marco teórico

1.3.1. Rendering

Es un proceso para manejar eficientemente los residuos orgánicos que son generados en granjas o camales. El rendering no soluciona únicamente este problema, sino que permite obtener productos finales de alta calidad con un gran valor en el mercado, como puede ser la harina de carne y hueso, y las grasas animales (Haarslev, 2012).

Consiste en quitarle gran parte de la humedad que contiene la materia prima (subproducto), para la obtención de harina. Existen diversos tipos de harina, en los que están: harina de vísceras, harina de pescado, harina de plumas, harina de sangre, harina de carne, harina de huevos, harina de hueso, harina de pluma-sangre. Todos estos productos varían en el porcentaje de humedad relativa, pero existe el rango 12-20% para que el producto tenga la capacidad de adquirir nutrientes en procesos posteriores (Haarslev, 2012).

Existen dos vías para realizar el proceso de Rendering, las cuales son: el proceso discontinuo (batch) y el proceso continuo. El proceso discontinuo es caracterizado por su simplicidad y versatilidad. Cualquier tipo de subproducto animal puede tratarse mediante este proceso. La materia prima (subproducto) se calienta para que el agua que contiene el producto se evapore hasta lograr una humedad relativa deseada, que es 17%.

Por otro lado, el proceso continuo es apropiado para capacidades mucho más elevadas y puede reducir los costos de operación, de igual manera que el proceso discontinuo, se eleva la temperatura de la materia prima para extraer la humedad que posee (FNR, 2015).

Para ambas vías se utiliza un aparato donde se pueda generar la cocción de la materia prima, para ello existe un equipo llamado cocinador, es donde se produce el cambio de fase del agua contenida en el producto para su extracción (FNR, 2015).

1.3.2. Cocinador

El cocinador utilizado en el proceso de rendering es un intercambiador de calor, que consta de un cilindro horizontal donde se almacena la materia prima, las cuales son removidas por paletas (Figura 2.7). Además, posee una camisa donde se ingresa vapor saturado para generar la cocción y, simultáneamente, la separación del agua que posee el producto (Haarslev, 2012).

1.3.3. Biodigestor

Los biodigestores son sistemas diseñados para optimizar la producción de biogás por medio de desechos orgánicos, lo que permite obtener energía limpia, renovable y de bajo costo, conseguir solventar la problemática energética-ambiental (Haarslev, 2012).

Se clasifican en:

- Biodigestor aeróbico
- Biodigestor anaeróbico

El biodigestor aeróbico trabaja con oxígeno, acelerando la fermentación de estiércol, para lograr esto, se utiliza un cóctel de microorganismos, los cuales se alimentan y se multiplican a través del estiércol, descontaminan el caldo preparado y producen finalmente un bioabono que será utilizado en el suelo altamente degradado (FNR, 2015).

Mientras que el biodigestor anaeróbico es un contenedor hermético que permite la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas, es decir, descomposición de los desechos orgánicos, por medio de bacterias que trabajan en ausencia de oxígeno que facilita la extracción del gas resultante para su uso como energía (FNR, 2015).

El biodigestor cuenta con una entrada para el material orgánico, un espacio para su descomposición, una salida con válvula de control para el gas (biogás), y una salida para el material ya procesado (bioabono). La biodigestión anaeróbica ocurre en un rango de temperaturas que van desde los 5°C hasta los 60°C (FNR, 2015).

El proceso de digestión anaerobio no se ve afectado si la temperatura aumenta en unos pocos grados. Sin embargo, un decrecimiento podría retardar la producción de metano, sin perjudicar la actividad de las bacterias acidificantes, lo cual permite una excesiva acumulación de ácidos y una posible falla en el biodigestor. En este sentido, se debe procurar mantener un microclima cálido en el biodigestor para conservar una tasa de producción de biogás alta.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DE DISEÑO

2.1. Diseño Conceptual

El sistema debe aprovechar la energía de los vapores que se liberan en el proceso de elaboración de harina animal. Además, debe reutilizar los sólidos que son arrastrados por el vapor.

El diseño del equipo debe estar bajo las siguientes especificaciones esenciales.

- El equipo debe ser económicamente factible.
- La energía suministrada para su funcionamiento debe provenir de los vapores que se libera en el proceso de elaboración de harina.
- Aprovechar los sólidos que son arrastrados por el vapor.

2.2. Consideraciones de diseño.

El diseño del equipo debe estar bajo las siguientes especificaciones esenciales.

- Se debe diseñar sobre el espacio disponible en sitio.
- El sistema deberá ser construido por materiales resistentes a la corrosión y degradación debido a los ácidos presentes en el proceso.
- Debe utilizar energías renovables, a fin de evitar la contaminación ambiental.

2.3. Alternativas de Diseño

Las alternativas de diseño que se presentan a continuación se basan en soluciones factibles en el sector industrial:

- Alternativa A: Línea de incineración de olor (oxidación térmica).
- Alternativa B: Línea de biodigestor y filtro de olor.
- Alternativa C: Línea de condensador y scrubber.

2.3.1. Línea de incineración de olor (oxidación térmica).

El sistema de incineración de olor es también usado en los sistema de cremación, donde los gases o vapores que contengan partículas de olor son llevados a una cámara de oxidación, es ahí donde se eleva la temperatura por encima de la requerida para que se inicie la oxidación hacia componentes sin olor y menos perjudiciales.

Los gases o los vapores son comúnmente llevados a través de una caldera y/o a través de un intercambiador, para recuperar energía en forma de calor, este proceso disminuye la pérdida de energía. Posteriormente, los gases son liberados a la atmósfera mediante una chimenea, como se observa en la Figura 2.1.

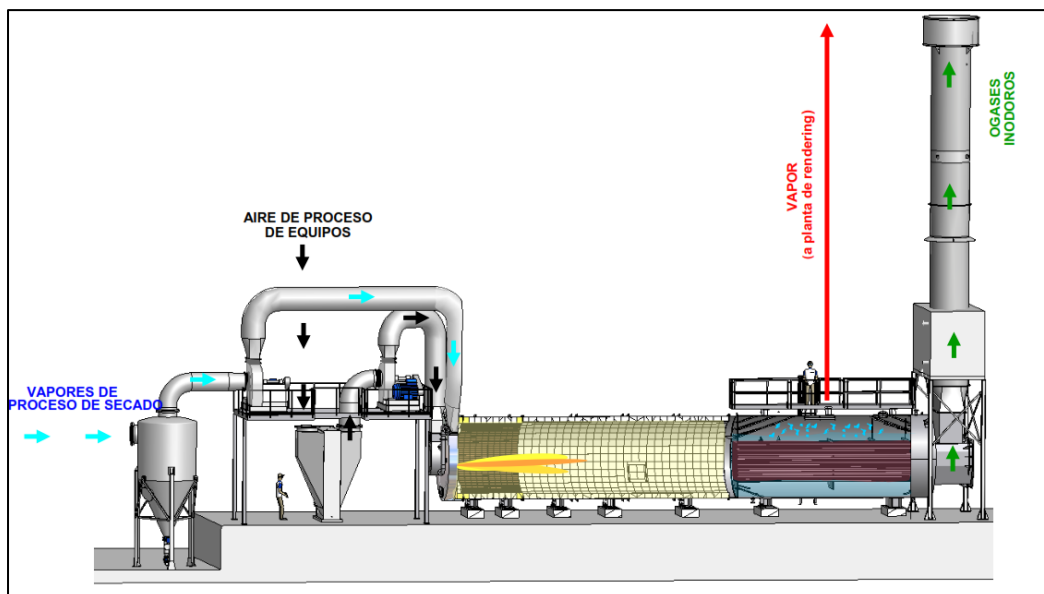


Figura 2.1: Esquema de oxidación térmica

Fuente: HAARSLEV INDUSTRIES

2.3.2. Línea de biodigestor y filtro de olor.

Para esta alternativa se tomó de base el proceso de cremación de seres humanos, el cual consiste en calcinar el cuerpo hasta solo obtener un polvo, a esto se llega elevando la temperatura del cuerpo, posteriormente los gases de este proceso son llevados a un condensado y los gases que no pudieron ser condensados son transportados mediante un ducto donde se le proporciona unos gramos de cal viva y carbón activado para luego ser llevados a un filtro de mangas y liberados al ambiente.

El propósito del carbón activado es recoger compuestos volátiles, olores, purifica el agua y el aire, que esto apoya a no contaminar el ambiente.

En definitiva el carbón activado atraparé partes sólidas que son arrastradas por el vapor de salida del proceso rendering y a la vez purificar el vapor. En cuanto a la parte sólida será transportada a un biodigestor, del cual se obtendrá como beneficio el biogás el cual se lo puede utilizar en el comedor de la empresa, lo que representaría un beneficio para la empresa.

El esquema de la línea propuesta se la observa en la Figura 2.2.

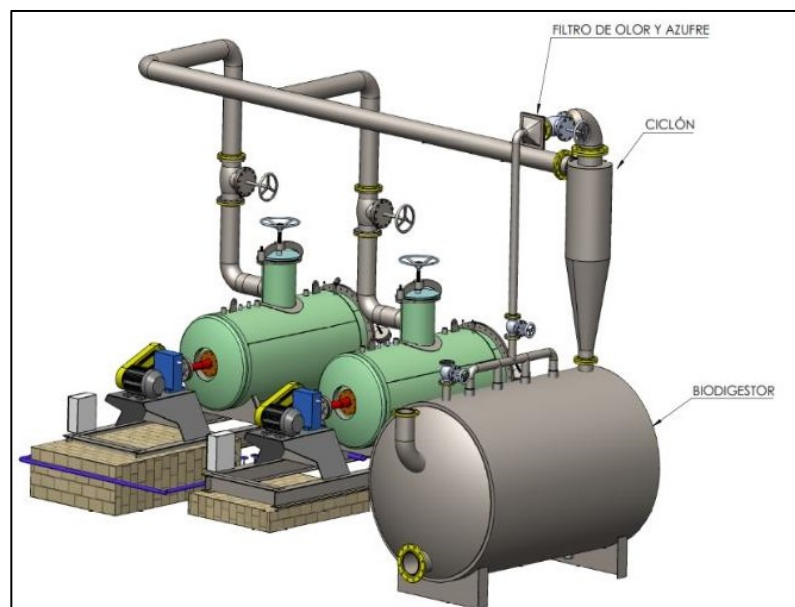


Figura 2.2: Esquema de biodigestor y filtro de olor

Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Línea de condensador y Scrubber

Para esta alternativa un condensador y un scrubber proveen un sistema mucho más sencillo en comparación a los anteriores. Pero tiene la desventaja que para su funcionamiento utiliza agua y filtros que dependiendo del uso se deberá dar un mantenimiento muy complicado. La función del scrubber es llevar los vapores del digestor de subproducto a través de varios filtros y de un contra flujo de agua atomizada. Una vez que salen los vapores de digestor de subproducto, se los enfría rápidamente para atrapar partículas de mal olor, tal como se muestra en la Figura 2.3.

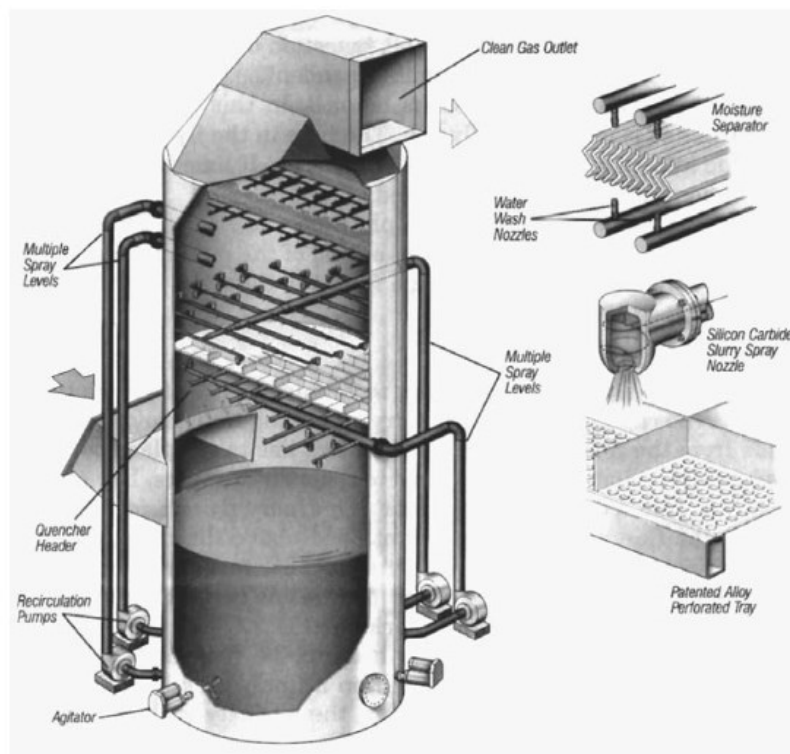


Figura 2.3: Esquema de un Scrubber

Fuente: STEAM PLANT OPERATION 8 EDITION

2.4. Matriz de Ponderación

Se plantearon los criterios de selección, y sus respectivas calificaciones en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Valores de Calificación de Criterios

Valoración	Descripción
1	Menos importante
2	Igual importancia
3	Más importante

Fuente: Elaboración propia

La ponderación correspondiente en relación a la importancia para mejor elección se encuentra en la Tabla 2.2.

Tabla 2. 2: Matriz de Ponderación

Criterio	Reducción Impacto ambiental	Costo del sistema	Vida Útil	Tamaño	Total parcial	Ponderación
Reducción Impacto ambiental	---	3	2	1	6	30%
Costo del sistema	3	---	2	1	6	30%
Vida Útil	2	2	----	1	5	25%
Tamaño	1	1	1	---	3	15%
TOTAL					20	100%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 2.2 muestra la importancia que debe existir entre criterios de selección, para ello se evaluó cada criterio.

Al impacto ambiental se le atribuyó una ponderación de 30%, ya que la línea a seleccionar soluciona un problema. La mayor puntuación será para el sistema que provoque menos impacto al ambiente y que cumpla con los estándares locales.

El valor económico posee una gran importancia en la selección de la mejor decisión, puesto que un elevado costo ocasionaría poca rentabilidad en la empresa y afectaría sus intereses económicos. La mayor puntuación será para la línea que sea más económica.

La vida útil de la línea tiene una ponderación de 25%, la necesidad de equipos con larga vida útil tiene una gran ponderación debido a su ubicación y los recursos existentes. La mayor puntuación será para la línea que sea más económica.

El tamaño tiene una ponderación de 15% puesto que el espacio físico existente es muy pequeño y la movilización hasta llevar los equipos al sitio es complicada, por lo que se tendrá que seleccionar con mayor puntaje la línea que presente menor tamaño en su diseño.

2.4.1. Matriz de Decisión

Una vez ponderados los criterios más importantes, se procedió a seleccionar la mejor alternativa, para lo cual se muestra la matriz de decisión en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3: Matriz de Decisión

Criterio	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Reducción en el impacto ambiental (30%)	20%	28%	20%
Costo del sistema (30%)	10%	25%	23%
Vida Útil (25%)	20%	23%	23%
Tamaño (15%)	5%	8%	13%
TOTAL	55%	84%	79%

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la Tabla 3 indica que la alternativa B es la opción con mayor ventaja a las otras para la aplicación requerida, esta alternativa reduce la contaminación de olores y materia sólida esparcida por zonas de la planta.

En relación la alternativa C (Scrubber) es un equipo que ofrece un tratamiento al vapor, pero se genera una contaminación en el agua que utiliza para su proceso y no aprovecha la energía en forma de calor que es liberado en el proceso rendering.

El costo de la alternativa B es mucho más conveniente para la empresa, porque se estaría aprovechando toda la energía que actualmente se está liberando sin control alguno y con afectación al medio ambiente.

2.5. Metodología de diseño

2.5.1. Diagrama de flujo del proceso de diseño

El diseño de la línea de biodigestor y filtro de olor, se encuentra detallada en la Figura 2.4.

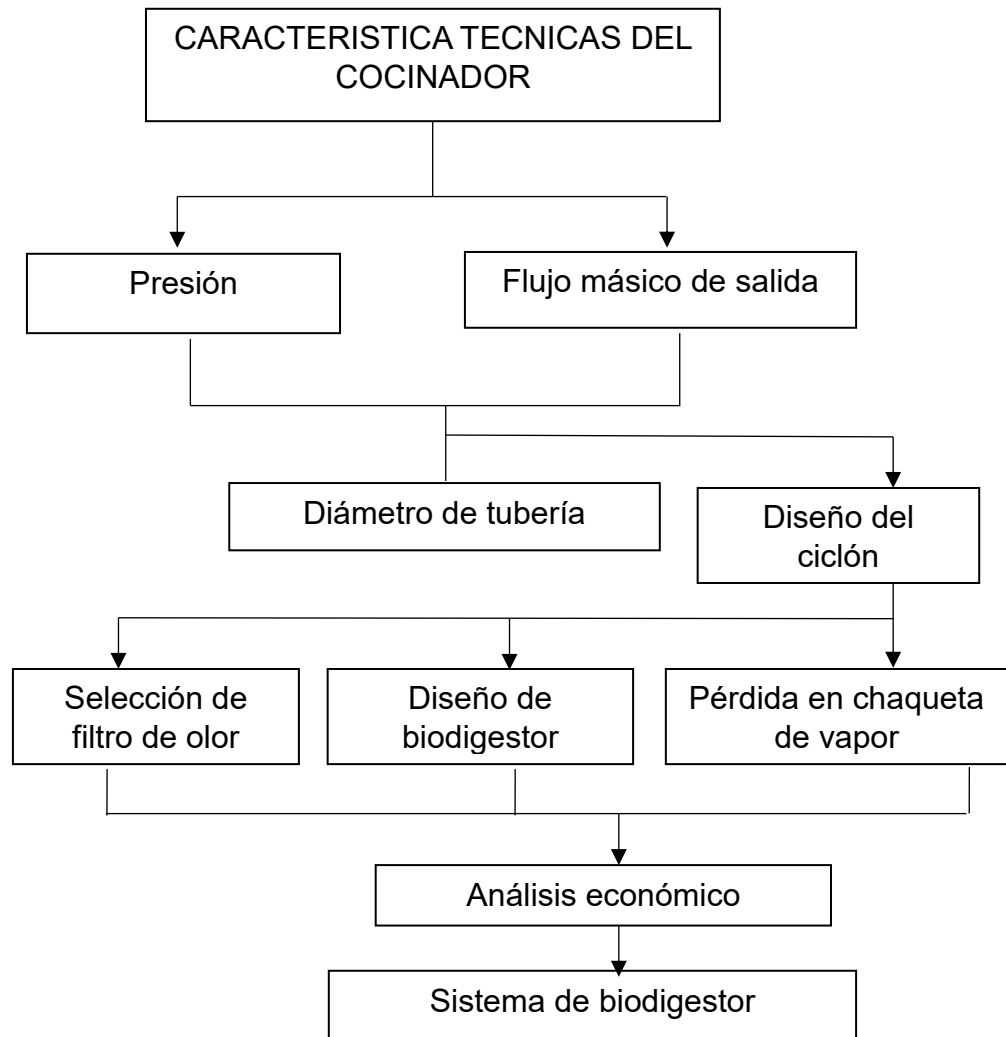


Figura 2. 4: Metodología de Diseño

Fuente: Elaboración propia

2.5.2. Descripción de la planta

La planta procesadora de sub-productos avícolas NUTRIENTES LUQUE NUTRILUQ S.A. elabora harina para diversos productos, entre los que se encuentran el abono, balanceado, alimento de animales, entre otros. Se observa parte de la planta en la Figura 2.5.



Figura 2. 5: Planta NUTRILUQ S.A

Fuente: NUTRILUQ S.A

La planta ocupa un área aproximada de 700 m^2 y se encuentra ubicada en el Km 47 vía Durán – El Triunfo, como se observa en la figura 2.6. La planta está rodeada por cultivos de banano y la casa más cercana a la planta se encuentra 700 m.

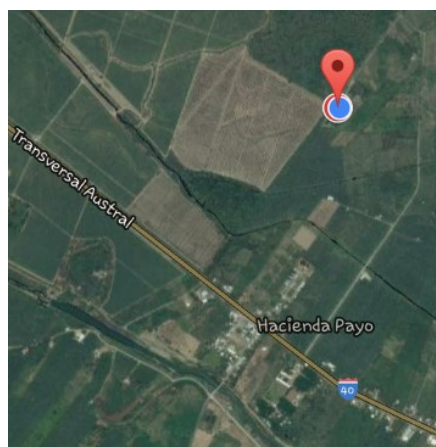


Figura 2. 6: Ubicación de Nutriluq S.A

Fuente: Google maps

Se han identificado cuatro zonas bien delimitadas en la planta de sub-productos avícolas nutrientes Luque:

- Zona administrativa.
- Zona de producción y almacenamiento temporal de producto terminado.
- Zona de almacenamiento de materia prima.
- Zona de fuerza.

En la zona administrativa se encuentran las oficinas principales de la empresa, las cuales ocupan una pequeña fracción del área total de la planta.

La zona de producción aloja la totalidad de los equipos utilizados para elaborar el producto terminado, es decir, la harina. Esa zona está conformada por un piso de concreto, un cerramiento de cuatro paredes empastadas con cemento, y un sobre techo localizado a un nivel mayor que la cubierta del galpón, con la finalidad de obtener una ventilación natural, de manera que en la parte superior del mismo se pueden apreciar espacios abiertos hacia el exterior. La zona utilizada para la producción sirve, además, como sitio de almacenamiento temporal del producto terminado.

La zona de almacenamiento de materia prima (subproductos) es una parte del galpón con un área de acceso para descarga desde los camiones. La materia prima es almacenada en unos tanques plásticos de unos 200 litros cada uno, estos tanque son llevados a una plataforma superior por medio de un elevador.

En la zona de fuerza se encuentra los calderos, tanque de agua y un tanque para uso diario de diésel, que proporciona de combustible a los calderos. De manera general, la planta presenta una infraestructura adecuada para el proceso productivo, en la cual no se notan problemas generados por falta de espacio, por lo que es posible hacer mejoras a los procedimientos, especialmente cuando estos demanden la utilización del área disponible.

2.5.3. Equipos

La planta cuenta con los siguientes equipos para la producción de harina, como se presenta en la Tabla 2.4:

Tabla 2. 4: Lista de equipos

Equipo	Capacidad
1 Caldera pirotubular Cleaver Brook	100BHP- 150PSI
1 Cocinador 1	3000 Kg
1 Cocinador 2	4000 Kg
2 Secador de humedad	3000 Kg / batch

Fuente: Datos técnicos otorgados por NUTRILUQ

2.5.4. Descripción del proceso de producción

Los procesos productivos de la elaboración de harina empieza con la compra de subproductos orgánicos, por lo general estos son plumas de aves, vísceras de animales y materia orgánica que no es de consumo humano. La producción de harina en la planta es un proceso batch (no continuo) en todas su etapas.

La materia prima (subproductos) ingresa a la planta por medio de camiones, dejando toda la materia prima en la zona de almacenamiento, en tanques de plásticos de 200 litros, posterior a esto se los clasifica en sacos de aproximadamente 40Kg, donde son transportados a las plataformas de ingreso de producto a los cocinadores, estos son elevados por medio de una canasta semiautomática, como se muestra en la Figura 2.7.



Figura 2. 7: Canasta semiautomática

Fuente: Nutriluq S.A.

La materia prima ingresa a uno de los cocinadores, aproximadamente 100 sacos como se muestra en la Figura 2.8. Una vez que la materia prima está dentro del cocinador, se da paso al vapor que proviene de la zona de fuerza para cocinar esta materia prima por medio de una camisa de vapor. La materia prima ocupa aproximadamente la mitad del volumen del cocinador.



Figura 2. 8: Cocinador con materia prima lista para

Fuente: Elaboración propia

El flujo de vapor que sale de la caldera tiene una presión absoluta de 6 bares (90 Psi) con una temperatura aproximada a los 160°C (tomada en sitio), la presión en el interior del cocinador sube de 0 a 3 bares (43 Psi) en unos 35 minutos dependiendo de la humedad que posea la materia prima, pero por lo general se mantiene este tiempo.

Luego de haber alcanzado esa presión se ajusta la válvula para que la presión se mantenga constante 3 bar (43 Psi) durante un tiempo de 30 minutos, con lo que se asegura que se cumpla el proceso de transformación del subproducto en ingredientes alimenticios valiosos. La despresurización toma un tiempo de 30 min desde 3 bar hasta la presión atmosférica.

Actualmente, existe un ducto de dimensión 6NPS Sch 40, donde el vapor es transportado a un condensador y, posteriormente, a una piscina. Esto se lo realizó con el objetivo de reducir contaminación, pero no tiene ningún efecto, ya que todavía se requiere que se expulse parte del vapor.

Luego, se abre la tapa de ingreso de materia prima y se mantiene trabajando el equipo durante 25 minutos para seguir cocinando como se observa en la Figura 2.9, para poder retirar la mayor cantidad de humedad de la materia prima.



Figura 2. 9: Cocinador con puerta de ingreso abierta

Fuente: Elaboración propia

Luego de esto, se toma una muestra de la materia prima abriendo un toma muestra presente en el equipo para conocer el porcentaje de humedad, generalmente encontrada en un rango de un 28 – 30 %. En esta parte del proceso la planta ha estimado que entre un 68 – 70% de la materia se evaporó.

Con este 30% de humedad aun no es suficiente para el cliente, pues se requiere menos humedad ya se utiliza las proteínas del producto mas no la humedad por lo tanto si no se tiene tanta demanda en la producción se deja en el cocinador unas 6 horas más a presión atmosférica, pero si no, la materia prima es transportada por medio de tornillos sinfín al secador, donde realiza un proceso muy parecido al cocinador pero este en su interior no se presuriza y trabaja con la puerta de carga abierta para que por ahí se libere el vapor generado, en este punto se deja trabajando el equipo a la necesidad del cliente, pero se tiene un estimado de 4 horas, con ese tiempo se obtiene una humedad relativa del 17% como se muestra en la Figura 2.10 el cual es aceptable para el cliente.



Figura 2. 10: Medidor de Humedad

Fuente: Elaboración propia

Se realiza las pruebas en el equipo medidor de humedad. La harina es enviada a una zaranda vibradora que los conduce hasta otro elevador y los transporta a una tolva donde posterior a esto se llenan en unos sacos de aproximadamente 40Kg. Los cuales son cocidos con una máquina manual antes de colocarlos sobre pallets de madera. El producto terminado es transportado al área de almacenamiento temporal para su despacho y comercialización, como se muestra en la Figura 2.11.



Figura 2.11: Zaranda y máquina para llenar sacos

Fuente: Elaboración propia

INSPECCIÓN TÉCNICA EN PLANTA

En la planta se realizó una inspección técnica dando énfasis en identificar los problemas de contaminación ambiental y las fuentes que la generan, de ello se encontró lo siguiente:

- El olor es muy desagradable, tanto que son percibidos en el entorno de la planta, aun estando a distancias superiores a los 100 m, que es donde se encuentra la garita de recepción.
- Los olores se los percibe en todas las zonas que conforman la planta, a pesar de que se encuentren completamente cerradas y acondicionadas con aire.
- Se podía apreciar a simple vista, las partículas de harina asentadas en los equipos.
- Varios transportadores presentaban materia prima esparcida en sus alrededores.

- Se observó un deterioro en el techo de la planta en la zona de producción.
- El vapor que se libera al ambiente se llega a condensar en el techo lo que produce una especie de lluvia en el interior de la zona de producción.
- Los desperdicios orgánicos de los baños son llevados por una red de tuberías a un pozo donde son depositados, sin ningún tratamiento.

La gran parte de los problemas generados en la planta se deben al vapor que se libera al ambiente y que lo contamina.

El presente estudio está basado en un levantamiento de datos realizado por el gerente de Nutriluq S.A. y otros, tomados en sitio. El principal objeto de estudio será el cocinador, ya que es aquí donde se retira la mayor parte de humedad. Para ello se realizó un levantamiento del equipo como se muestra en la Figura 2.12.

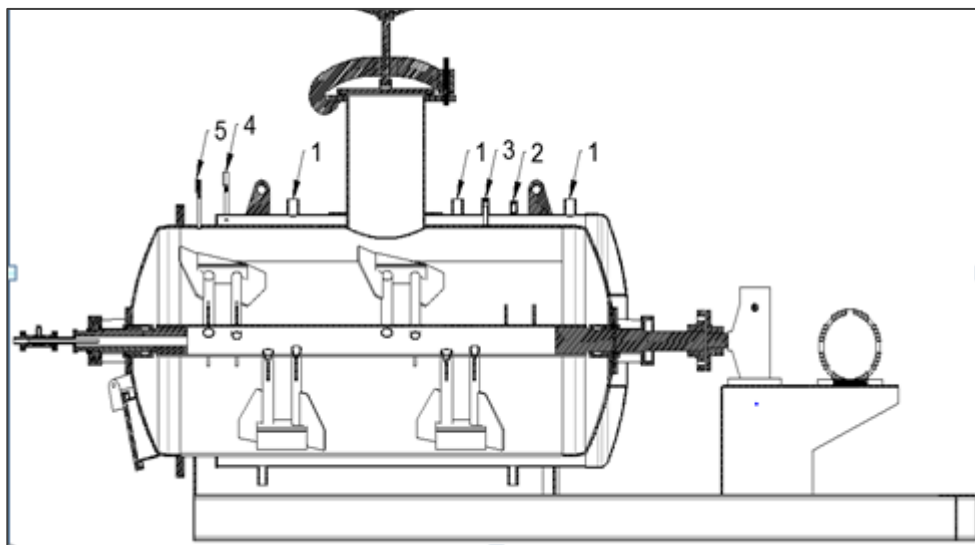


Figura 2.12: Cocinador de subproducto

Fuente: Elaboración propia

Los datos técnicos del cocinador se muestran en la Tabla 2.5.

Tabla 2. 5: Ficha técnica del Cocinador

Marca:	S/N
Capacidad:	8 m ³
Diámetro exterior de cuerpo:	1.62 m
Diámetro exterior de camisa:	1.70 m
Potencia de motor:	50 HP
Velocidad:	30 rpm
Presión interna de trabajo:	3 Bar
Presión en la camisa de vapor:	6 Bar
Descripción:	Item:
Ingreso de vapor	1
Válvula de seguridad en el interior	2
Válvula de seguridad en la camisa	3
Medidor de presión en la camisa	4
Medidor de presión en el interior	5

Fuente: Datos obtenidos de la documentación del equipo.

Para la alimentación de flujo de vapor en el cocinador se utiliza una caldera Cleaver Brooks, cuyas especificaciones se describen en la tabla 2.6.

Tabla 2. 6: Ficha técnica de la Caldera

MARCA	CLEAVER BROOKS
CAPACIDAD	100 BHP
TIPO:	HORIZONTAL - PIROTUBULAR
POTENCIA:	3'347.000 BTU/h
Max. Cap. Gen. Vapor:	3.450 lb/h
PRESION DE DISEÑO (MAWP):	150 PSI
PRESION DE TRABAJO:	125 PSI
COMBUSTIBLE:	30 GL/h DIESEL

Fuente: Nutriluq S.A.

2.6. Dimensionamiento del sistema

A continuación, se analizó el proceso productivo de la harina por etapas, este proceso no incluye los secadores porque se toma el caso donde se lo realiza en el secador.

- 1) Se ingresa 4000 Kg de materia prima al cocinador, donde se aumenta la presión y temperatura de 0 – 3 (bar), este proceso tarda aproximadamente 40 min.
- 2) Una vez alcanzada la presión de 3 bar se la mantiene 25 min. y luego es liberada por medio de una tubería en la cual también tarda 30 min.
- 3) En esta etapa se quiere retirar más humedad en el producto, de los 4000Kg al ingreso solo se obtiene al final aproximadamente 1500 Kg de harina con una humedad entre los 28 – 30% en un tiempo de 30 min.

Considerando la conservación de masa en este proceso y según los datos obtenidos, se planteó la ecuación 1 para hallar la masa rechazada en el cocinador.

$$m_{Rec} = m_{ent} - m_{sal} \quad (Ec. 1)$$

Donde

m_{Rec} = masa rechazada (Kg).

m_{ent} = masa de materia prima al ingreso del proceso (Kg).

m_{sal} = masa de harina que sale del proceso (Kg).

$$m_{Rec} = 4000 \text{ Kg} - 1500 \text{ Kg}$$

$$m_{Rec} = 2500 \text{ Kg.}$$

Cabe recalcar que estos 2500 Kg de masa rechazada están conformados por vapor y otros elementos que fueron arrastrados durante aproximadamente 1 hora de proceso. Para la estimación de cálculos se tomó en cuenta los pasos en el proceso donde es liberada la masa rechazada.

$$\dot{m}_{Rec} = 2500 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

Antes que se libere el vapor por el ducto hacia el ciclón, se tienen siguientes datos mostrados en la Tabla 2.6.

Tabla 2. 7: Datos del cocinador

Variable	Valor
Presión (P)	3 Bar
<i>Flujo de calor hacia el cocinador (\dot{Q}_m)</i>	844120 $\frac{KCal}{h}$
<i>Potencia del motor (\dot{W})</i>	32080.6 $\frac{KCal}{h}$
<i>Entalpia especifica ($\Delta h_{@ 3bar}$)</i>	509.55 $\frac{KCal}{Kg}$

Fuente: Elaboración Propia

Aplicando la Ley la Conservación de Energía en el cocinador, se planteó la ecuación 2:

$$\dot{Q} + \dot{W} = \Delta U \quad (Ec. 2)$$

Considerando que $\Delta U = \dot{m} * \Delta h$ y reemplazando los datos de la tabla 2.6, se obtuvo:

$$\dot{m}_1 = 1719.55 \frac{Kg}{h}$$

Por lo tanto, 859.78 Kg son generados en 30 minutos.

Para la 2da etapa del proceso se utilizaron los datos mostrados en la tabla 2.7:

Tabla 2. 8: Datos del cocinador

Variable	Valor
Presión (P)	1 Bar
<i>Flujo de calor hacia el cocinador (\dot{Q}_{in})</i>	844120 $\frac{KCal}{h}$
<i>Potencia del motor (\dot{W})</i>	32080.6 $\frac{KCal}{h}$
<i>Entalpia especifica ($\Delta h_{@3bar}$)</i>	539.06 $\frac{KCal}{Kg}$

Fuente: Elaboración Propia

Reemplazando en la ecuación 2:

$$\dot{m}_1 = 1625.41 \frac{Kg}{h}$$

Por lo tanto 812.70 Kg son generados en 30 minutos.

Se puede aproximar que la generación de vapor es de 1672.49 Kg en una hora.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1. CICLON

Para el diseño del ciclón, se consideraron las dimensiones de un ciclón de alta eficiencia ya que el proceso que necesita es extraer al máximo las partículas que son arrastradas por el vapor.

En los ciclones entran los vapores en dirección tangencial y forma un remolino dentro de un núcleo, del cual sale vapor depurado. Los sólidos son lanzados contra las paredes por la fuerza centrífuga y desciende por éstas.

Para ciclones de alta eficiencia y convencionales, el área de entrada de los vapores al ciclón es rectangular y está en función del diámetro del cuerpo del ciclón. A continuación se muestra la Tabla 3.1. las relaciones de dimensión de un ciclón de alta eficiencia.

Tabla 3.1: Relación de dimensiones de ciclón alta eficiencia (STAIRMAND)

SIMBOLOGIA	NOMENCLATURA	RELACION
Dc	Diámetro del cuerpo	$Dc/Dc = 1.0$
a	Altura de entrada	$a/Dc = 0.5$
b	Ancho de entrada	$b/Dc = 0.2$
s	Altura de salida	$s/Dc = 0.85$
Ds	Diámetro de salida	$Ds/Dc = 0.5$
h	Altura del cilindro	$h/Dc = 2$
z	Longitud del cono	$z/Dc = 2.5$
B	Diámetro de descarga (abajo)	$B/Dc = 0.25$

Fuente: CYCLONES OPTIMAL DESIGN. Medellín 2006

Para obtener las dimensiones del ciclón de alta eficiencia, se debe considerar una velocidad de entrada que está en el intervalo de 15.2 a 27.4 m/s (CYCLONES OPTIMAL DESIGN). Para este caso en particular, se seleccionó una velocidad de entrada de 27m/s. Con este valor, se determinó el diámetro del ciclón y, consecuentemente, las otras dimensiones con base en las relaciones establecidas.

Se calculó el diámetro del ciclón por medio de la ecuación 3.

$$Q_{in} = A_{in} * V_{in} = V_{vol} * \dot{m} \quad (Ec. 3)$$

Donde:

Q_{in} = Caudal de vapor a la entrada

A_{in} = Área de entrada del vapor al ciclo.

V_{in} = Velocidad de entrada del vapor al ciclón.

V_{vol} = Volumen específico de vapor.

$$Q_{in} = A_{in} * V_{in} = 1.67 \frac{m^3}{Kg} * 2500 \frac{Kg}{h}$$

$$A_{in} * V_{in} = 1.16 \frac{m^3}{s}$$

$$A_{in} * 27 \frac{m}{s} = 1.16 \frac{m^3}{s}$$

Para encontrar el diámetro de salida de vapor desde el cocinador.

$$A_{in} = \frac{\pi \phi^2}{4} \quad (Ec. 4)$$

$$A_{in} = 0.0429 m^2$$

$$\phi_{out\ cocinador} = 0.234 m \rightarrow 233.71 mm$$

Diámetro del ciclón de acuerdo a la tabla 2.8.

$$A_{in} = 0.1 D^2$$

$$A_{in} = 0.0429 m^2$$

$$D = 0.655 m \rightarrow 655 mm$$

Se seleccionó un diámetro de 655 mm, ya que es donde va a pasar la mayor cantidad de flujo másico.

Con ello ya se obtuvo todas las dimensiones del ciclón, tal como se muestra en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2: Dimensiones de ciclón alta eficiencia (STAIRMAND)

SIMBOLOGIA	NOMENCLATURA	DIMENSION (mm)
Dc	Diámetro del cuerpo	655
a	Altura de entrada	328
b	Ancho de entrada	131
s	Altura de salida	557
Ds	Diámetro de salida	328
h	Altura del cilindro	1310
z	Longitud del cono	1638
B	Diámetro de descarga (abajo)	164

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se halló la velocidad equivalente en el ciclón con la ecuación 6

$$W = \sqrt[3]{\frac{4 \times g \times \mu \times (\rho_p - \rho)}{3 \times \rho^2}} \quad (\text{Ec. 6})$$

Variable	Valor
<i>Densidad del vapor a 3bar (ρ)</i>	$2.17 \frac{Kg}{m^3}$
<i>Viscosidad del vapor a 3bar (μ)</i>	$1.38 \times 10^{-5} \frac{Kg}{m \cdot seg}$
<i>Densidad aparente del producto (ρ_p)</i>	$570 \frac{Kg}{m^3}$

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando en la Ec.6:

$$W = \sqrt[3]{\frac{4 \times 9.8 \times 1.38 \times 10^{-5} \times (570 - 2.17)}{3 \times 2.17^2}}$$

$$W = 0.28 \frac{m}{seg}$$

Velocidad de saltación

$$V_s = \frac{4.913 \times W \times Kb^{0.4} \times Dc^{0.067} \times \sqrt[3]{Vi^2}}{\sqrt[3]{1 - Kb}} \quad (Ec. 7)$$

$Kb =$ Relación entre el ancho de la entrada y el diametro del ciclon (b/Dc)

Siendo $Kb = 0.2$

Reemplazando valores:

$$V_s = 6.810 \text{ m/s}$$

Se debe cumplir

$$\frac{V_i}{V_s} < 5$$

Reemplazando $\frac{27}{6.81} < 5 \quad \therefore \text{cumple.}$

Caída de presión

Se estimó la caída de presión debido al ciclón con la ecuación 8, para poder seleccionar el ventilador que permitiría el flujo requerido por el sistema.

$$\Delta P = \frac{1}{2} \times \rho \times Vi^2 \times NH \quad (Ec, 8)$$

$$NH = K \times \frac{a \times b}{Ds^2} \quad (\text{Numero de cabezas de velocidad a la entrada del ciclón.})$$

$K = \text{Constante, toma el valor de 16 para entrada tangencial}$

Reemplazando:

$$\Delta P = 0.05 \text{ Bar}$$

Caudal de salida

Para encontrar el caudal de salida en el ciclón de alta eficiencia se debe obtener primero la eficiencia del ciclón. Los ciclones de alta eficiencia están diseñados para alcanzar una mayor remoción de partículas pequeñas que otros ciclones. Los ciclones de alta eficiencia pueden remover partículas de 5 μm con una eficiencia del 90%. Utilizando la ecuación 9:

$$Q_{in} = (1 + n) \times Q_{out} \quad (Ec. 9)$$

Reemplazando $n = 0.90$ y Q_{out} :

$$Q_{out} = 0.61 \frac{m^3}{s}$$

3.2. Biodigestor

Para dimensionar el biodigestor se necesita estimar la cantidad de materia orgánica que ingresa en el biodigestor. La producción de estiércol de un humano adulto es de 0.4 Kg/día, lo que representaría 8kg/día por los 20 colaboradores de la empresa.

Para encontrar la masa orgánica arrastrada por el vapor se plantea la siguiente ecuación.

$$\dot{m}_{arrastrada} = \dot{m}_{harina\ salida} - \dot{m}_{vapor}$$

$$\dot{m}_{arrastrada} = 2500 \frac{Kg}{dia} - (1672.49 + 650) \frac{Kg}{dia}$$

$$\dot{m}_{arrastrada} = 177.51 \frac{Kg}{dia}$$

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$v = 0.623 \frac{m^3}{dia} \text{ (volumen de harina arrastrada por el vapor).}$$

Volumen de estiércol humano:

$$m = 8 \frac{Kg}{dia} \text{ (estiercol humano promedio)}$$

$$\rho = 1640 \frac{Kg}{m^3} \text{ (densidad de estiercol humano)}$$

$$v = 4.87 \times 10^{-3} \frac{m^3}{dia} \text{ (volumen del estiercol de los colaboradores)}$$

El biodigestor debe trabajar a una fermentación thermophilica para aprovechar el vapor a la salida del cocinador. En este rango es óptimo para eliminar gérmenes dañinos por medio de higienización del sustrato, la elevada temperatura del proceso ocasiona una tasa más alta de descomposición y una menor viscosidad. En el gráfico 11 se observa el tipo de fermentación, la temperatura óptima y el tiempo de fermentación.

Dimensionamiento de Biodigestor.

Utilizando la ecuación de la guía sobre el biogás elaborado por el Ministerio Federal para la guía de nutrición [1].

Fermentación	Mínimo	Óptimo	Máximo	Tiempo de fermentación
Psycrophilica	4-10 °C	15-18°C	20-25°C	Sobre 100 días
Mesophilica	15-20 °C	25-35°C	35-45°C	30-60 días
Thermophilica	25-45°C	50-60°C	75-80°C	10-15 días

Figura 3.1: Rangos de temperatura y tiempo de fermentación anaeróbica.

Fuente: Manual de BIOGÁS, lagrange, 1979.

$$\frac{\text{Volumen del biodigestor (m}^3\text{)}}{\text{Tiempo de retención (día)}} = \text{Volumen de carga diaria } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{Kg}}\right)$$

$$\text{Volumen del biodigestor (m}^3\text{)} = \left(0.6228 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}\right) * 2 (\text{cant.}) * (10 \text{ dias})$$

$$\text{Volumen del biodigestor (m}^3\text{)} = 12.46 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del biodigestor (m}^3\text{)} = \frac{\pi \theta^2 L}{4}$$

Para tanques horizontales se utilizó la norma UL 142 donde expresa esta condición $L < 6 \theta$.

Se propone una longitud de 3,6 m para estimar las dimensiones del biodigestor, hay que tener presente que el volumen obtenido solo representa el 75% de la capacidad.

$$\theta^2 = \frac{15.86}{3.6} * \left(\frac{100}{75}\right)$$

$$\theta = 2,4 \text{ m}$$

3.3. Producción de Biogás

La producción de biogás es estimada de acuerdo a la Figura 3.2.

Estiércol	Disponibilidad Kg/día*	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m ³ /kg húmedo	m ³ /día/año
Bovino (500 kg)	10.00	25:1	0.04	0.400
Porcino (50 kg)	2.25	13:1	0.06	0.135
Aves (2 kg)	0.18	19:1	0.08	0.014
Ovino (32 kg)	1.50	35:1	0.05	0.075
Caprino (50 kg)	2.00	40:1	0.05	0.100
Equino (450 kg)	10.00	50:1	0.04	0.400
Conejo (3 kg)	0.35	13:1	0.06	0.021
Excretas humanas	0.40	3:1	0.06	0.025

Figura 3.2: Producción de biogás por tipo de residuo animal

Fuente: Manual de BIOGÁS, Vareno y Arellano, 1991.

El presente documento no contempla un análisis de la cantidad de proteínas presente en la harina de origen animal, por lo tanto se estima de su materia prima en este caso se tomara como comparación el estiércol de bobino.

La producción de biogás está estimada por.

$$V_{biogás\ 1} = \frac{(20\ Kg/día * 0.06\ m^3/Kg)}{0,4\ Kg/día} = 3\ m^3/Kg$$

Producción de biogás por materia sólida.

En este punto para encontrar el flujo volumétrico del biogás, se realiza el análisis para aves y bobino ya que la materia prima está conformada por estos animales.

$$V_{biogás\ bobino} = \frac{(177,51\ Kg/día * 0.04\ m^3/día)}{10\ Kg/día} = 0,71\ m^3/Kg$$

$$V_{biogás\ aves} = \frac{(177,51\ Kg/día * 0.08\ m^3/día)}{0,18\ Kg/día} = 78,89\ m^3/Kg$$

ESPESOR DE CHAQUETA DE VAPOR

El flujo de calor que recibe la materia en el biodigestor se puede obtener mediante una prueba de datos, es decir dándole valores que ayuden en la construcción del equipo.

La harina almacenada en el ciclón llega al biodigestor con una alta temperatura por los que se requiere reducir esta temperatura para poder trabajar en el rango termofilica como se observó en el Gráfico 11.

$$\dot{Q} = m * c * \Delta T$$

$$C_{esp\ Harina} = 2.30 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \quad (\text{Univeridad Politécnica de Valencia})$$

Flujo de energía que debe perder la harina

$$\dot{Q} = \frac{177.51\ Kg}{8} \frac{1}{h} * 2.30 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} * (60 - 100)^{\circ}C = -2041.36 \frac{KJ}{h}$$

Flujo de calor que gana el estiércol humano.

$$C_{esp\ Estiercol} = 4.19 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \quad (\text{Univerdad Austral de Chile, diseño de planta biogas})$$

$$\dot{Q} = \frac{8\ Kg}{8} \frac{1}{h} * 4.19 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} * (60 - 25)^{\circ}C = 146.65 \frac{KJ}{h}$$

Por lo tanto se necesita perder al principio $1894.71 \frac{KJ}{h}$ para conservar una temperatura adecuada. Este flujo de energía lo puede ganar una cantidad de agua que es añadido al biodigestor.

$$1894.71 \frac{KJ}{h} = \dot{m} * \left(4.18 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right) * (60 - 25)^{\circ}C$$

$$\dot{m} = 12.95 \frac{Kg}{h} \quad (\text{lo que representa } 0.01m^3 \text{ en una hora})$$

El volumen que ocupa el agua en el biodigestor no es representativo, por lo tanto no afecta el cálculo de capacidad del biodigestor.

Como se describió anteriormente, se escogerán algunos valores por motivo de construcción en ello la altura de la chaqueta de vapor así como el aislamiento térmico que tendrá el biodigestor, como se observa en el Figura 3.3.

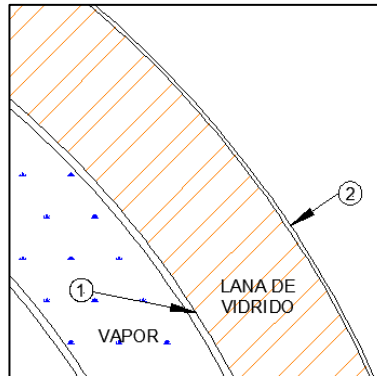


Figura 3.3: Esquema chaqueta de vapor y aislamiento térmico

Fuente: Elaboración propia.

$$\dot{Q} = \frac{t_{s,1} - t_{s,2}}{\frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi LK} + \frac{1}{2\pi Lhr_3}} = 86.50 \text{ W} \approx 311.38 \frac{\text{KJ}}{\text{h}}$$

$$\frac{60 - 25}{\frac{\ln\left(\frac{1.3}{1.25}\right)}{2\pi(3.6)(0.043)} + \frac{1}{2\pi(1.3)(3.6)(23.5)}} = 86.50 \text{ W} \approx 311.38 \frac{\text{KJ}}{\text{h}}$$

3.4. Selección de filtro para eliminación de olor y azufre.

Para la selección de filtro se requirió investigar de diferentes proveedores las condiciones de uso. Se selecciona un filtro de marca TROX, empresa especializada en filtros para la adsorción de sustancias olorosas y contaminantes.

3.5. Análisis de costos.

En la presente sección se muestra el detalle de los costos directos e indirectos para la construcción de la línea de biodigestor y filtro de olor.

3.5.1 Costos directos.

Los costos directos engloban varios costos, entre ellos se encuentran los materiales, componentes y accesorios, costo de mano de obra e instalación. En la Tabla 3.3 se detalla los costos correspondientes a los componentes necesarios.

Tabla 3.3: Costos de Componentes

COMPONENTES	CANTIDAD	V. total
Filtro de olor y azufre (Max 60°C)	1	\$ 1500.00
Válvula Globo (4" Class 150)	1	\$ 600.00
Válvula Globo (6" Class 150)	1	\$ 800.00
Válvula Compuerta (4" Class 150)	1	\$ 300.00
VALOR TOTAL		\$ 3200.00

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 3.4 indica los costos relacionados con los materiales para construcción de la línea de biodigestor y filtro de olor.

Tabla 3.4: Costos de Componentes

Material	Cantidad	V. unitario	V. total
Tubo 4" sch 40. 6 metros (Polimex)	4	\$ 300.00	\$ 1200.00
Tubo 6" sch 40. 6 metros (A/C)	2	\$ 90.00	\$ 180.00
Plancha Galvanizada 2400 x1220 x 3	1	\$ 263.00	\$ 263.00
Brida de 4" Class 150 RF	6	\$ 30.00	\$ 180.00
Brida de 6" Class 150 RF	2	\$ 40.00	\$ 80.00
Brida de 12" Class 150 RF (Inox)	2	\$ 80.00	\$ 160.00
Tubo de 12" sch. 40 Inox	1	\$ 1000.00	\$ 1000.00
VALOR TOTAL			\$ 3063.00

Fuente: Varios proveedores

3.5.2 Costos indirectos.

Los costos indirectos son valores considerados parte de la fabricación que influyen en el costo total del proyecto, sin embargo no se relacionan de forma directa en la construcción. Los costos de ingeniería están comprendidos en los costos indirectos, lo mismo que los imprevistos que en este caso se tomó un 5% como se muestra en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5: Costos indirectos

Descripción	Valor total
Costo de Ingeniería	\$ 3000.00
Imprevistos	\$ 153.15
VALOR TOTAL	\$ 3153.15

Fuente: Varios proveedores

3.5.3 Costo total

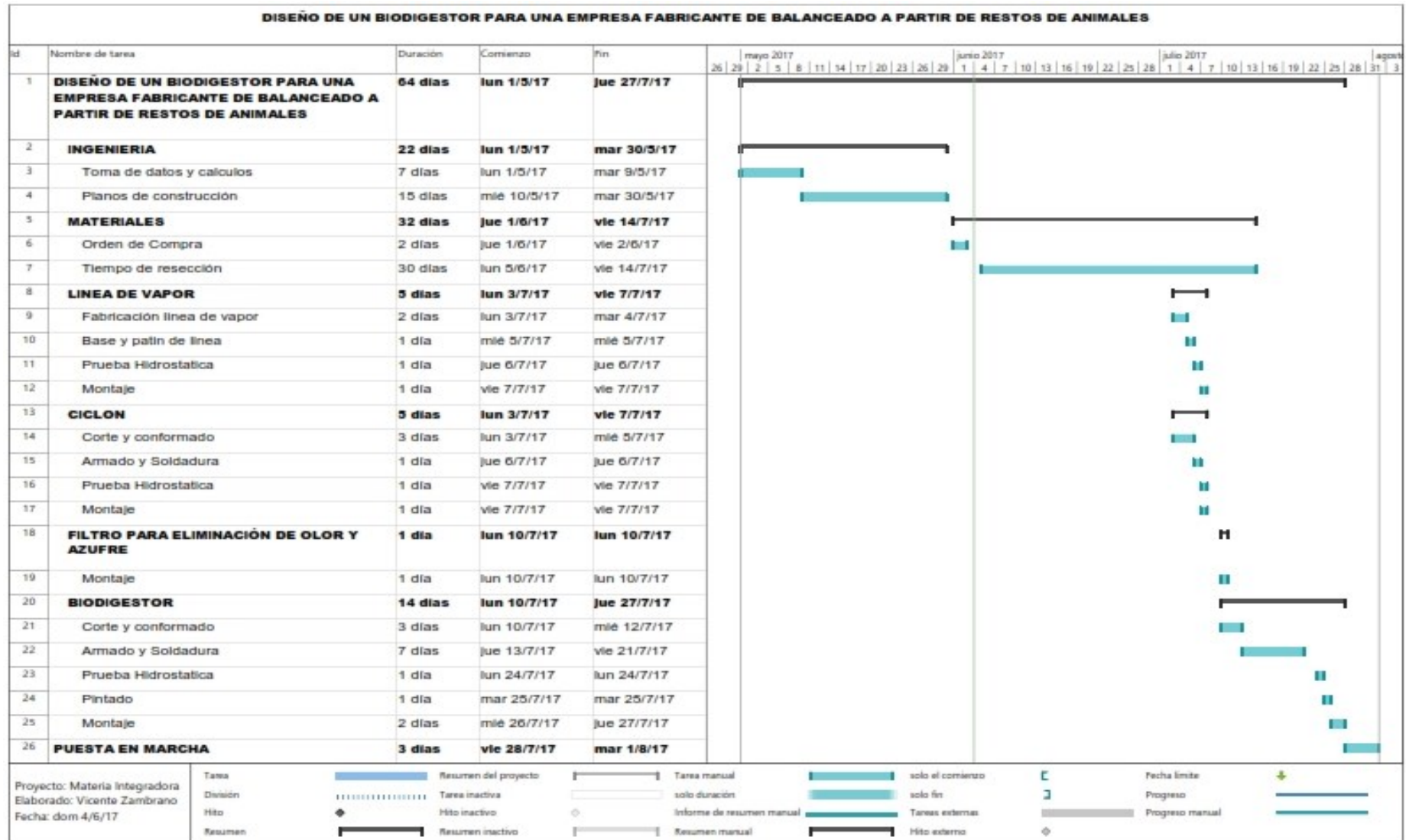
El costo total engloban todos los valores involucrados en la implementación del proyecto y es la suma de los costos directos e indirectos mostrados en las tablas previas. En la Tabla 3.6. Se muestra el costo total del proyecto.

Tabla 3.6: Costos total

COSTO TOTAL	
Costo directos	\$ 3000.00
Costo indirectos	\$ 3153.15
VALOR	\$ 6153.15

Fuente: Elaboración Propia

3.6. Cronograma de trabajo.



CAPÍTULO 4

4. DISCUSION Y CONCLUSIONES

La línea a la salida del cocinador debe de tener un diámetro de 10". Como se mencionó, la empresa cuenta con una línea de salida de diámetro 6", por lo tanto el tiempo que tarda el vapor en salir del cocinador no es el adecuado y la velocidad al ingreso del ciclón no sería óptima. Debido a esto, es necesario abrir la puerta de ingreso de producto para aumentar el área de salida del vapor.

El material utilizado para la línea tiene que ser galvanizado, ya que se requiere que resista la temperatura y los ácidos que son generados durante el proceso, en especial se seleccionó este material por el costo elevado que tiene el acero inoxidable de esa medida.

Para la construcción del ciclón es factible utilizar materiales y medidas estándares, para que la manufactura sea más barata y más rápida. El material utilizado para el ciclón tiene que ser de acero inoxidable SA 304 de espesor de 3 mm.

Las dimensiones del biodigestor cumplen un papel importante ya que se aprovechará la materia que es liberada al ambiente y reducirá la contaminación en toda la planta, especialmente en el área de producción. La producción de biogás depende de la clase de materia y de la temperatura de fermentación.

Los cálculos obtenidos fueron basados a los datos otorgados por el representante de la empresa, en el capítulo 3 en la parte de cálculos se puede observar como los datos entregados se aproximan a los datos teóricos obtenidos.

4.1 Conclusiones

- Se realizó el diseño de la línea conductora de vapor, dando como resultado una tubería de 10", con este diámetro se obtendrá una velocidad de ingreso al ciclón de 27 m/s, la cual es la adecuada para separar el sólido del vapor.
- El diseño del biodigestor fue resultado de la diferencia de masa a la entrada como a la salida del cocinador, por lo tanto da como resultado una capacidad de 12,46 m^3 . Las dimensiones de este equipo son relacionadas bajo una norma internacional de tanques horizontales, que relacionan la longitud y diámetro del tanque, para este caso se obtuvo un diámetro de 2,4 m y un diámetro de 3,6 m.
- La selección del sistema contra olores se basa a la utilización de un filtro de carbón activado, que recoge partículas de olor y de ácido sulfhídrico para evitar contaminación en el medio ambiente. Los parámetros utilizados para la selección básicamente es la temperatura.
- El metano obtenido es destinado al comedor de la empresa para el uso en las cocinas industriales, lo que reducirá el consumo de bombonas de gas para la preparación de alimentos a los colaboradores.

4.2 Recomendaciones

- A los colaboradores no ingresar al sistema del biodigestor estiércol si se encuentran tomando antibióticos porque podría inhibir el proceso en el biodigestor.
- Se recomienda retirar el biol del biodigestor cada 10 días porque que es el tiempo de fermentación, para así dar paso a una nueva etapa de producción del biogás.

- Se debe realizar un mantenimiento a la línea como mínimo una vez al año, así poder garantizar un óptimo desempeño y evitar líneas tapadas o que afecten al proceso de la elaboración de harina.

BIBLIOGRAFÍA

María Teresa Varnero Moreno, Santiago de Chile (2011). MANUAL DE BIOGÁS.

Echeverri Londoño, Carlos Alberto, Diseño óptimo de ciclones, Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 5, 9, julio-diciembre, 2006, pp.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Guía sobre el Biogás Desde la producción hasta el uso, con el apoyo del Ministerio Federal de Alimentación, Agricultura y Protección al Consumidor en base a una decisión del Parlamento de la República Federal Alemana.

Cengel, Y.A. & Boles, M. A. (2011). Termodinámica. Mc Graw Hill.

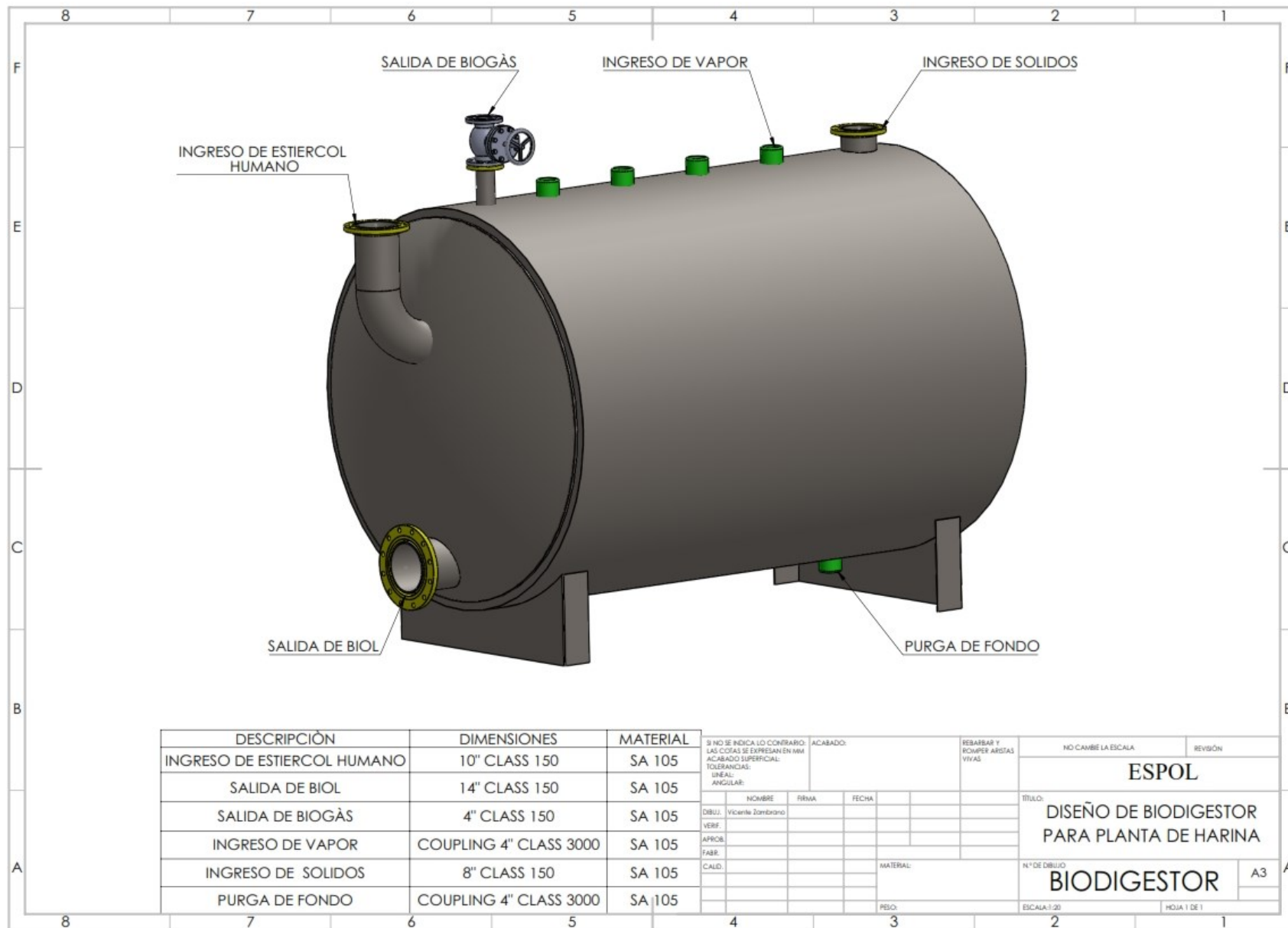
Incropera, F.P. De Witt, D.P. (1999). Fundamentos de transferencia de calor (Cuarta ed.) México, México: Prentice Hall.

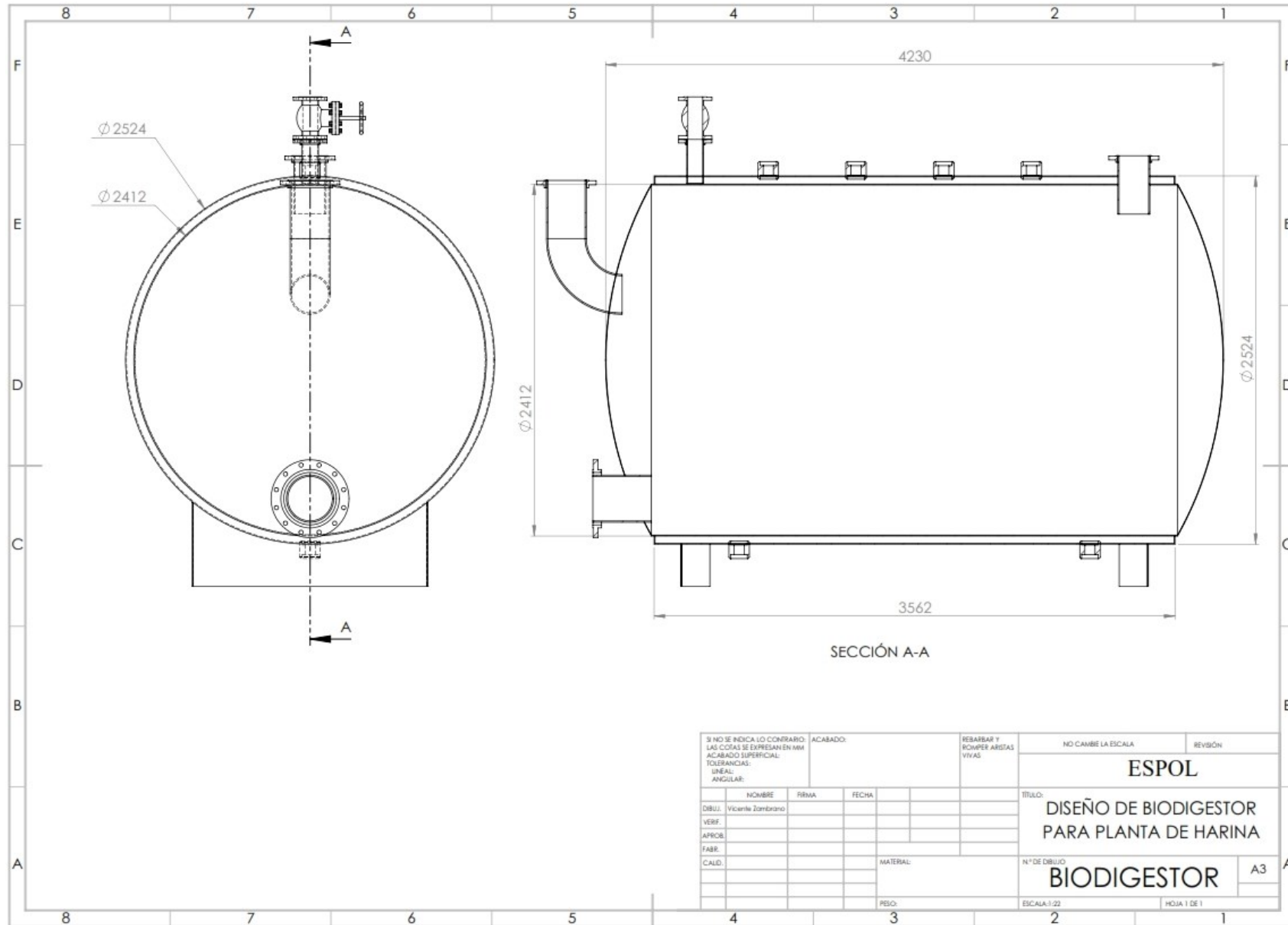
Papini, D & Cammi, A. (2009). Modeling of Heat Transfer Phenomena for Vertical and Horizontal Configurations of In-Pool Condenser and Comparison with Experimental Findings Science and Technology of Nuclear Installations.

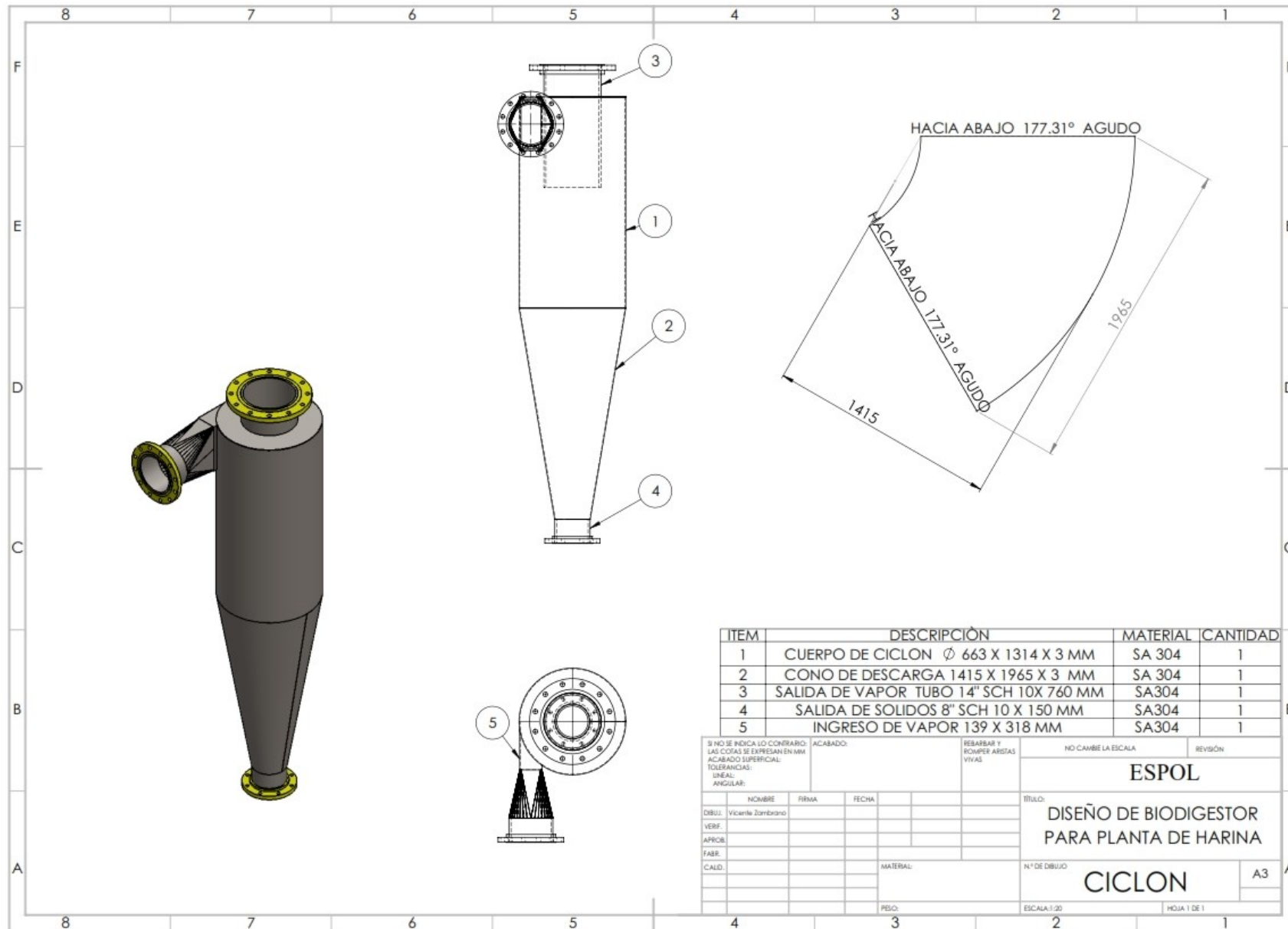
PRBA The Rechargeable Battery Association (s.f) <http://www.prba.org>. Recovered 2016 from [http://www.prba.org/battery-safety-market-infotypes of batteries](http://www.prba.org/battery-safety-market-infotypes-of-batteries)

Ravi, P., Krishnaiah, A Akella, S & Azizuddin, M. (May 5, 2015) Design of Roll Bond Evaporator for Room Air conditioner International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology

PLANOS

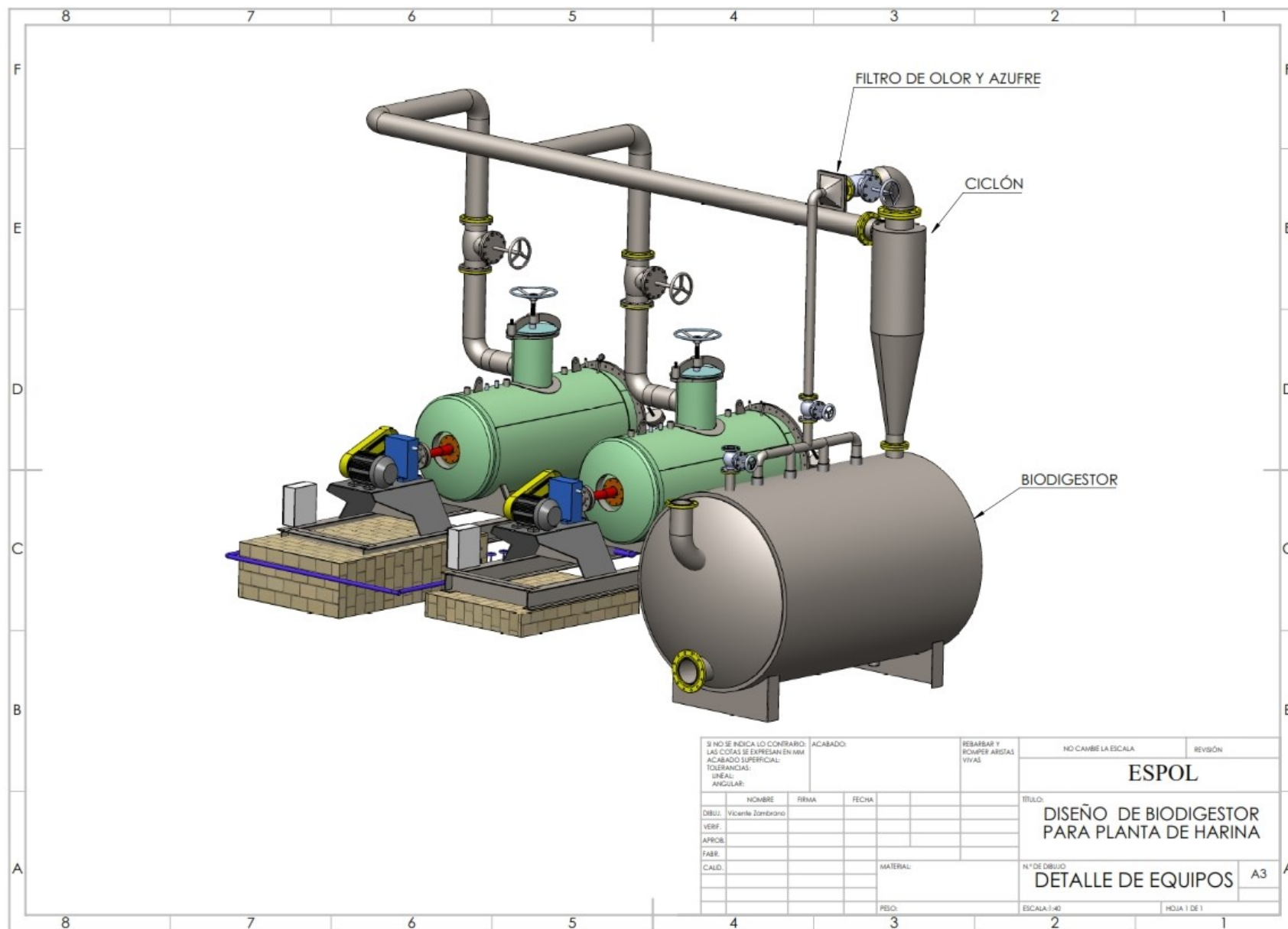




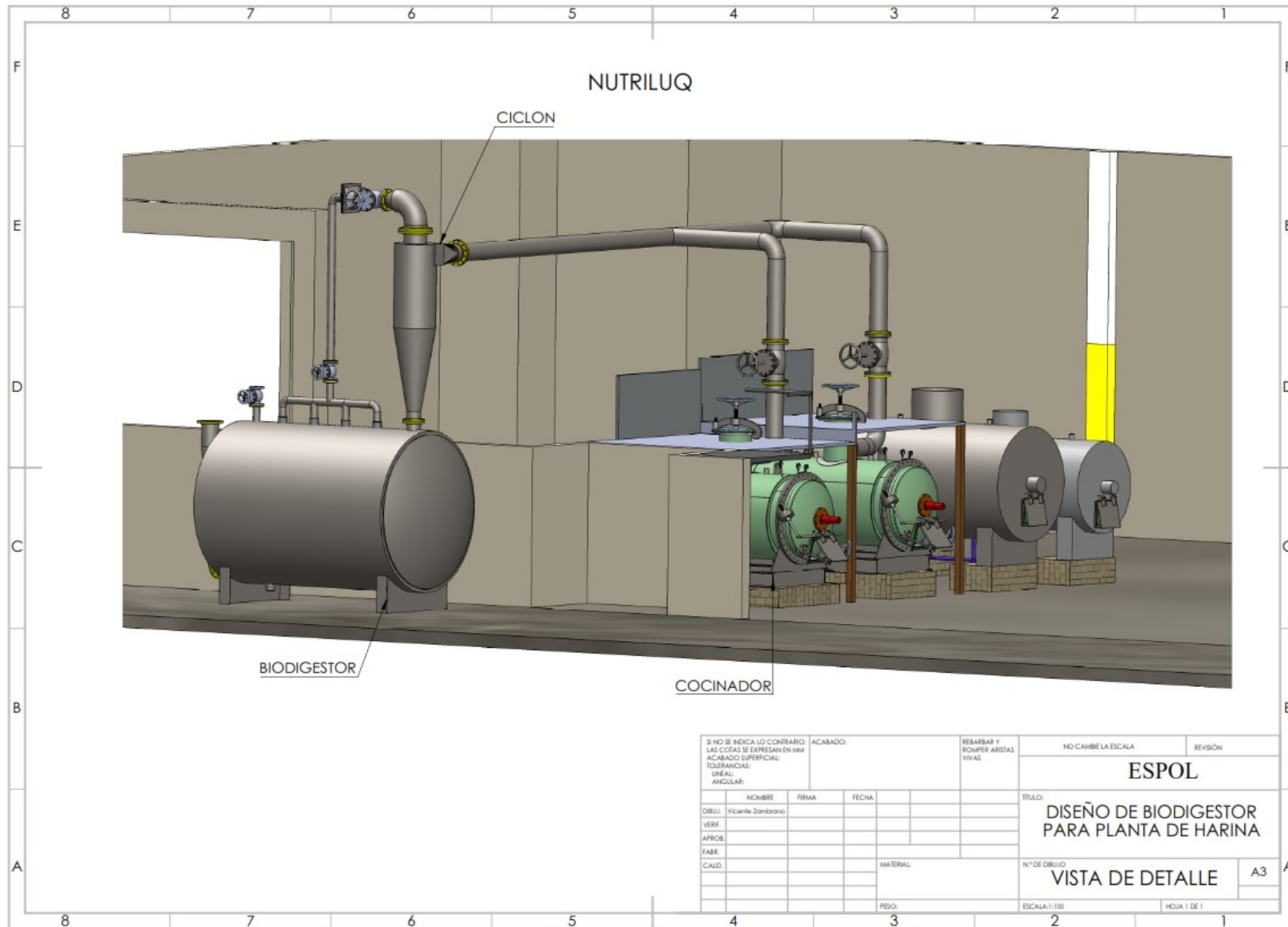


ITEM	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	CUERPO DE CICLON ϕ 663 X 1314 X 3 MM	SA 304	1
2	CONO DE DESCARGA 1415 X 1965 X 3 MM	SA 304	1
3	SALIDA DE VAPOR TUBO 14" SCH 10X 760 MM	SA304	1
4	SALIDA DE SOLIDOS 8" SCH 10 X 150 MM	SA304	1
5	INGRESO DE VAPOR 139 X 318 MM	SA304	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN:
DIBUJ: Vicente Zambrano		FIRMA:	FECHA:	ESPOL TÍTULO: DISEÑO DE BIODIGESTOR PARA PLANTA DE HARINA N° DE DIBUJO CICLON	
VERIF:					
APROB:					
FABE:					
CALD:		MATERIAL:			
		PESO:		ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBE LA ESCALA	REVISIÓN:
					ESPOL	
					TÍTULO: DISEÑO DE BIODIGESTOR PARA PLANTA DE HARINA	
DIBUJ.	Vicente Zambano				Nº DE DIBUJO	A3
VERIF.					DETALLE DE EQUIPOS	
APROB.						
FABR.					ESCALA: 1:40	HOJA 1 DE 1
CAUD.				MATERIAL:		
				PESO:		



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
			ESPOL		
			TÍTULO: DISEÑO DE BIODIGESTOR PARA PLANTA DE HARINA		
NOMBRE		FIRMA	FECHA	N.º DE DIBUJO	
DIBUJ: Vicente Zambano				VISTA DE DETALLE	
VERIF:				A3	
APROB:				ESCALA: 1:100	
FABR:				HOJA 1 DE 1	
CALD:					
			MATERIAL:		
			PESO:		