



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional Concepción del Uruguay
INGENIERIA ELECTROMECHANICA

PROYECTO FINAL DE CARRERA
(P F C)

ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMA
APROVECHAMIENTO CAMA DE POLLOS

Proyecto N°: PFC - 1409A

Autores:

Carro, Osvaldo Ariel
Joannas, Facundo Martín

Tutor:

Martín, Matías Sebastián

Dirección de
Proyectos:

Ing. Puente, Gustavo
Ing. De Marco, Luis

AÑO 2015

Agradecimientos

A nuestros padres que nos apoyaron a lo largo de toda la carrera.

A nuestro tutor y profesor Ing. Martin, Matias Sebastian.

A Nuestro Profesor Diaz Abal, Oscar Alberto.

Al señor Marsó, Pablo que nos permito usar su granja como modelo para realizar este proyecto.

A MEyCO SRL y a Woeffray, Elbio que nos permitió el contacto con el Sr. Pablo marsó.

A Piloni, Daniel y Tourin, Alberto que nos ayudaron con los presupuestos.

Resumen ejecutivo

El objetivo del presente proyecto es lograr un aprovechamiento de la cama de pollos (residuo) ya utilizada en granjas avícolas; para lo cual se evalúan distintas alternativas posibles y finalmente se elige la que, a priori, resulta ser más viable. Se toma una granja modelo de la zona para ser usada como guía.

Entonces se procede al desarrollo de la alternativa elegida, la cual consiste en un sistema de gasificación, que utiliza la cama de pollo como materia prima para la producción de energía eléctrica.

Finalmente se hace una evaluación económica del sistema desarrollado para verificar la viabilidad del proyecto

Abstract

The target of this project is to achieve the reuse of poultry litter from local poultry farms, for which different alternatives are evaluated and finally the one that beforehand seems to be more viable it is chosen and as a guide a local farm will be used.

Then the chosen alternative is developed, which consists in a gasification system where the poultry litter is used as raw material for the production of electricity.

Finally an economic evaluation of the system developed is made to verify the viability of the project

Capítulo 1: Objetivos – Alcances – Plan de trabajo

1.1	Objetivos.....	4
1.2	Alcances	4
1.3	Plan de trabajo.....	4

1.1 Objetivos

- Estudio de características y manejo (disponibilidad, transporte y almacenamiento) de cama de pollos.
- Estudio de requerimiento energético de una granja de pollos típica de la región en el período de un año.
- Estudio tecnológico de alternativas para aprovechamiento energético de la cama de pollo, con los objetivos de calefacción y generación eléctrica.
- Desarrollo de sistema integrado de aprovechamiento energético técnicamente viable y respetuoso con el ambiente.
- Evaluación económica del sistema, considerando ahorro energético y costos de inversión, mantenimiento y operación.

1.2 Alcances

- Estudio de características y manejo (disponibilidad, transporte y almacenamiento) de cama de pollos en una granja tipo de la región.
- Estudio tecnológico y determinación de las posibles alternativas de aprovechamiento de energía térmica para calefacción y generación de energía eléctrica, utilizando la cama de pollos como combustible.
- Diseño y desarrollo mecánico, térmico y eléctrico del sistema.
- Selección de equipos y elementos requeridos.
- Evaluación económica y determinación del período de amortización del sistema de recuperación energética.

1.3 Plan de trabajo

1. Investigación de tecnologías y procesos existentes.
2. Recolección de información referida a características y manejo de la cama de pollos típica de la zona.
3. De terminación de energía disponible.
4. Estudio de requerimiento energético de una granja de pollos típica de la región en el período de un año.
5. En base a los puntos anteriores se diseña y calcula un sistema acorde a las características y manejo de la cama de pollos de la zona, que satisfaga los requerimientos energéticos de una granja tipo de la región, compatible con las tecnologías y procesos existentes.
6. Selección de equipos y elementos en base a cálculos y diseños anteriores.
7. Balance estimado entre costos de inversión, mantenimiento y operación del sistema y ahorro anual esperado.

Capítulo 2: Ingeniería básica

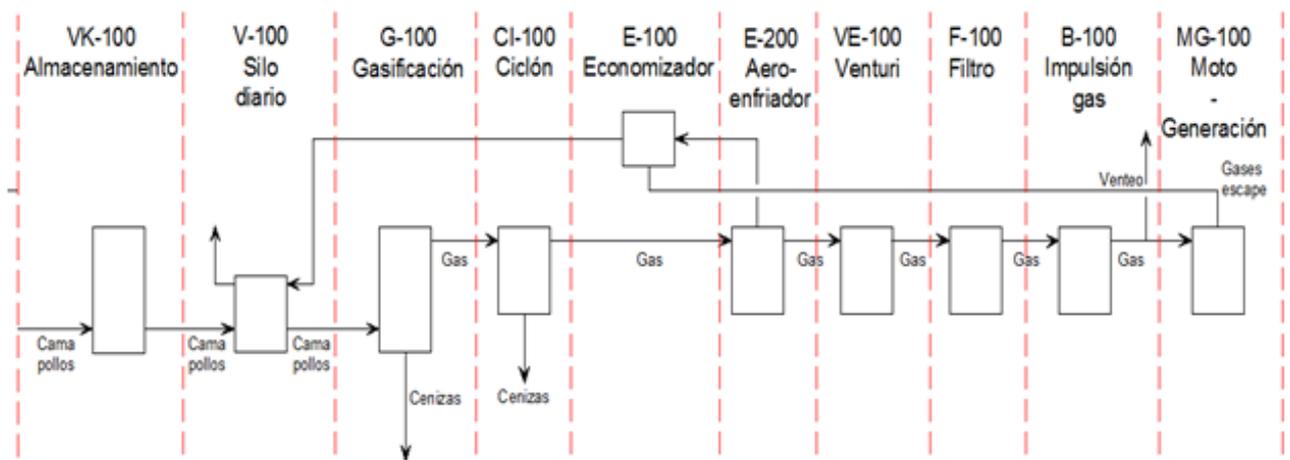
2.1	Elección y diseño del sistema de aprovechamiento	6
2.1.1	Diagrama de bloques	6
2.1.2	Diagrama de flujos	6
2.2	Recepción – acopio de materia prima (VK-100)	7
2.2.1	Transportador	7
2.2.2	Silo de almacenamiento diario (V-100).....	7
2.3	Gasificación (G100)	8
2.3.1	Características:.....	8
2.4	Separación ciclónica (CI-100)	9
2.5	Economizador (E-100)	10
2.6	Aero-enfriamiento (E-200)	11
2.7	Precipitación TAR (Alquitranes) (VE-100)	11
2.8	Filtrado (F-100)	12
2.9	Impulsión del gas (B-100)	12
2.10	Moto-generación (MG-100)	13
2.10.1	Potencia instalada	13
2.10.2	Grupo Moto- generado.....	13
2.10.2.1	Características generales.....	14

2.1 Elección y diseño del sistema de aprovechamiento

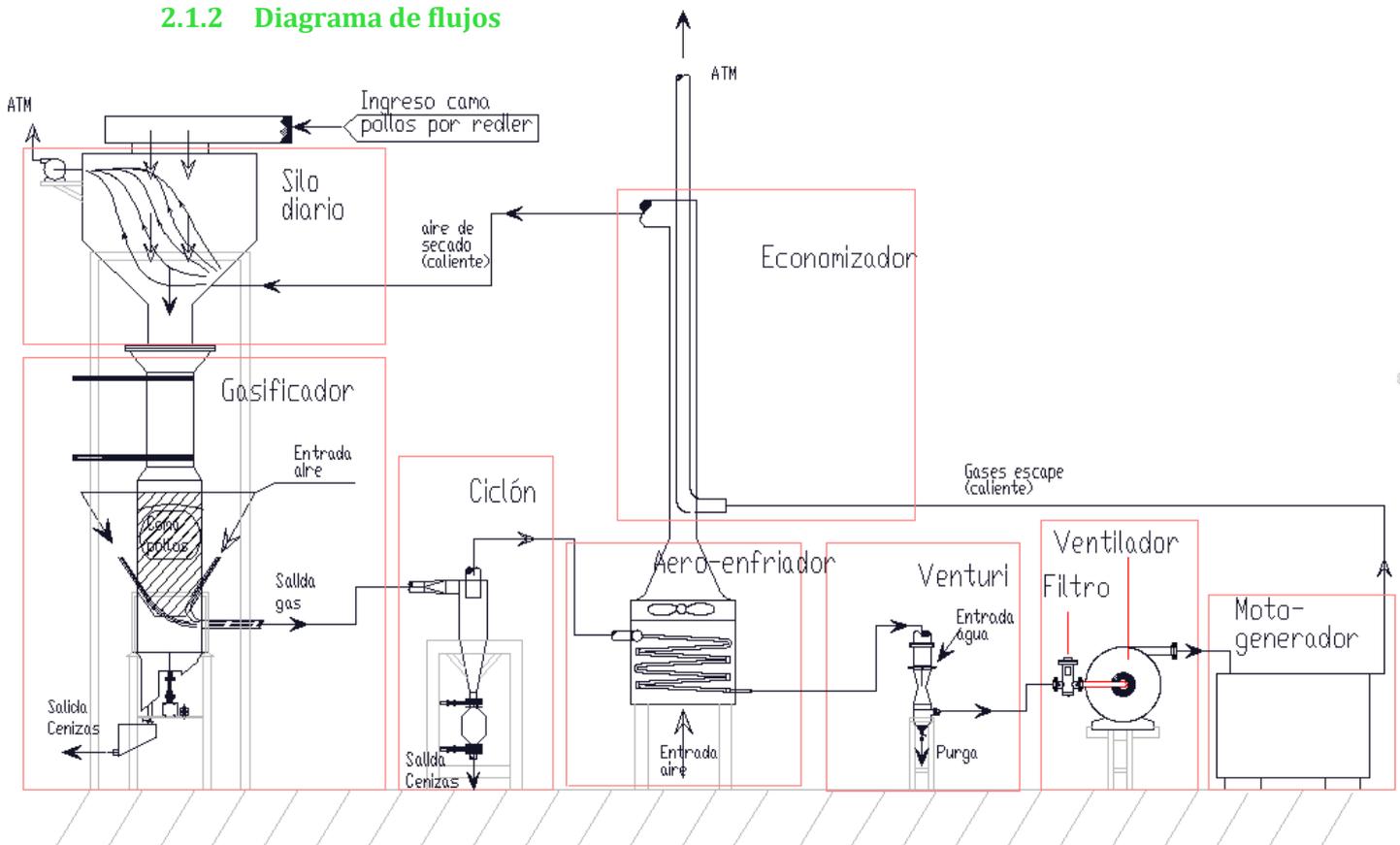
El diseño escogido consiste en un sistema de gasificación de biomasa sólida, que tiene como objetivo transformar, mediante un proceso termoquímico, combustible sólido en un gas con potencial térmico; para luego, ser utilizado en un motor de combustión interna acoplado a un generador eléctrico.

Se presenta seguidamente un *diagrama de bloques* y un *diagrama de flujo* con los diferentes procesos que se dan en el ciclo completo, con el nombre asignado a cada sección.

2.1.1 Diagrama de bloques



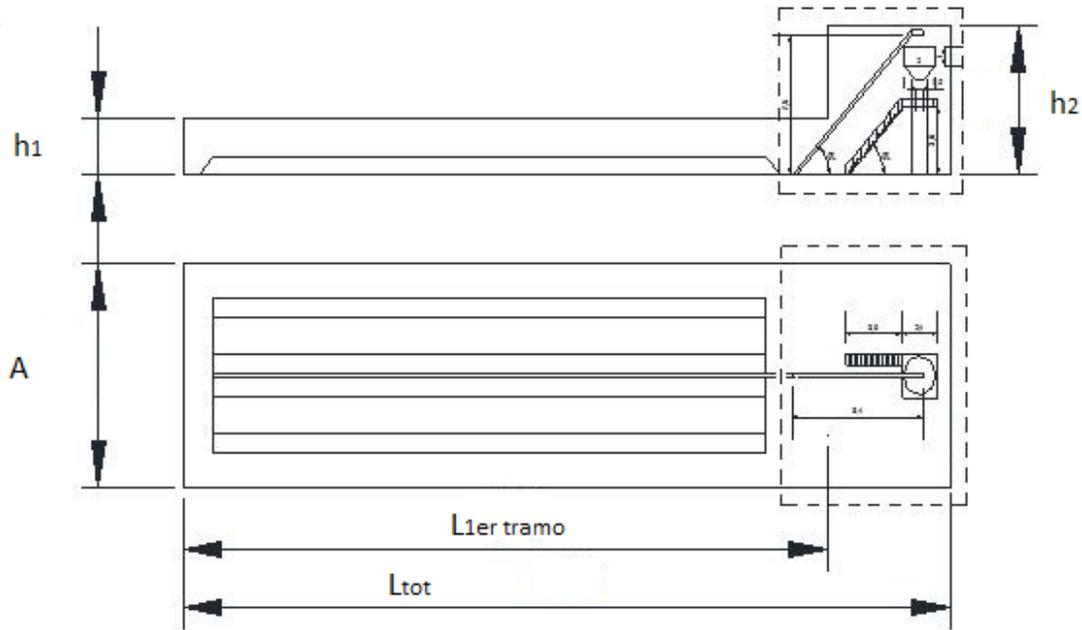
2.1.2 Diagrama de flujos



2.2 Recepción – acopio de materia prima (VK-100)

El almacenamiento consiste en un galpón dividido en dos tramos con diferentes alturas. En el primer tramo se realiza el almacenamiento propiamente dicho del combustible, mientras que en el segundo se dispone el equipamiento de la planta de gasificación y generación de energía eléctrica.

Se presenta un Lay-Out del almacenamiento.



Donde:

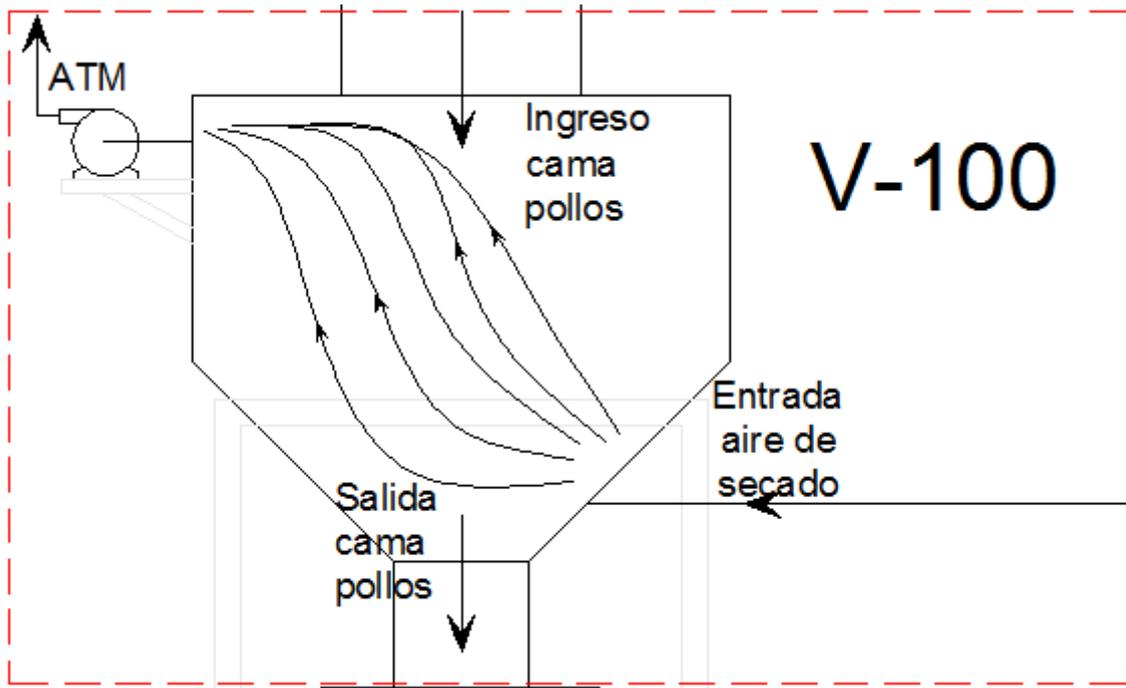
- L_{tot} = Longitud total del almacenamiento.
- $L_{1er\ tramo}$ = Longitud del primer tramo.
- h_1 = altura primer tramo.
- h_2 = altura segundo tramo.
- A = Ancho almacenamiento.

2.2.1 Transportador

El transporte de combustible, desde el sector de almacenaje hasta la carga del silo diario, se realiza a través de un transportador tipo Redler.

2.2.2 Silo de almacenamiento diario (V-100)

La alimentación del gasificador se realiza a través de un silo diario, que funciona como pulmón permitiendo al operario realizar la carga de combustible una vez por día. Dicho silo se encuentra ubicado sobre la boca de alimentación del gasificador. Las dimensiones generales son de 2m de diámetro, una altura total de 1,75m y una conicidad en la parte inferior de 45° (la parte cilíndrica es de 1m de altura, mientras que la parte cónica tiene 0,75m).



2.3 Gasificación (G100)

El gasificador es de la marca India Ankur. Se especifican debajo las características.

2.3.1 Características:

- Modelo: FBG-80.
- Caudal de gas: 200Nm³/h.
- Consumo de combustible: 96kg/h.



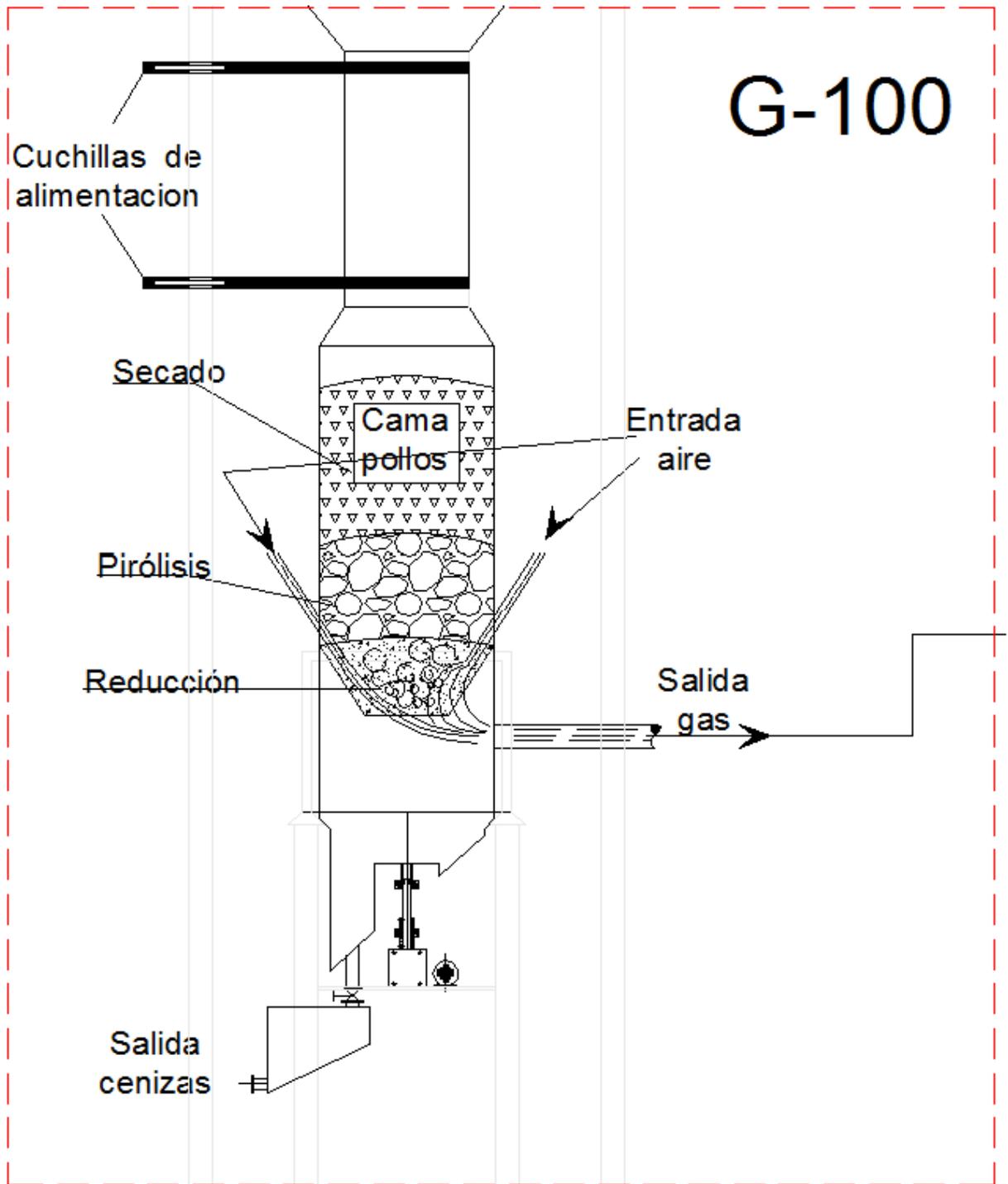
Ankur Scientific Energy Technologies Private Limited
Vadodara, Gujarat

Gasifier FBG -80

In our extensive array of systems, we have in-store superior quality Gasifier FBG -80. Easy to install, these systems are capable of bearing extreme temperature. In addition to this, these systems have modern features and require very little maintenance. Our customers can purchase these gasifiers at market leading prices from us.

gasifier model	FBG -80
gas flow rate	200 nm3/hr
thermal output	206,000 kcal/hr
biomass consumption	upto 96 kg/hr

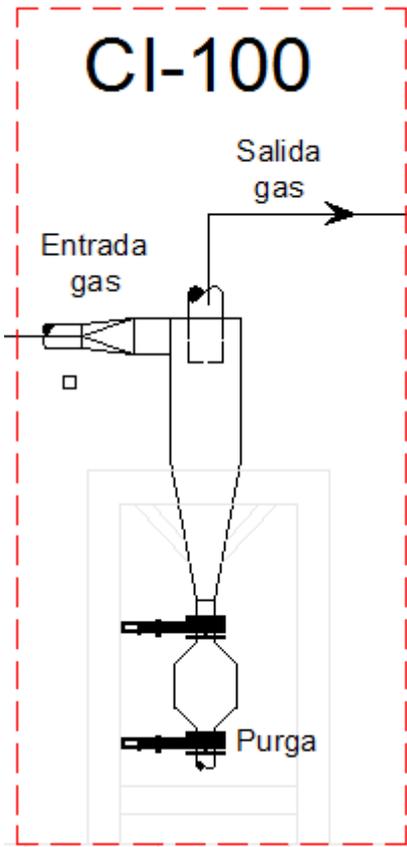
Corte vertical, detalles de funcionamiento de gasificador.



2.4 Separación ciclónica (CI-100) ¹

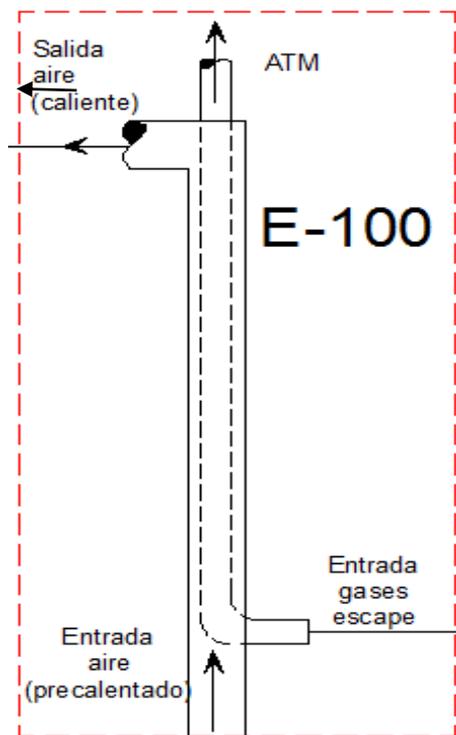
En este punto se instala un sistema de separación que tiene por objetivo disgregar los sólidos en suspensión, presentes en la corriente de gas. Estas impurezas son removidas por un *separador inercial tipo ciclón*.

¹ De este equipo se realiza ingeniería de detalle.



2.5 Economizador (E-100) ²

Se dispone un equipo economizador que, aprovechando el calor del E-200 y de los gases de escape del MG-100, tiene como fin proporcionar aire caliente y de baja humedad relativa para lograr un secado de la cama de pollos en el silo de almacenamiento diario.

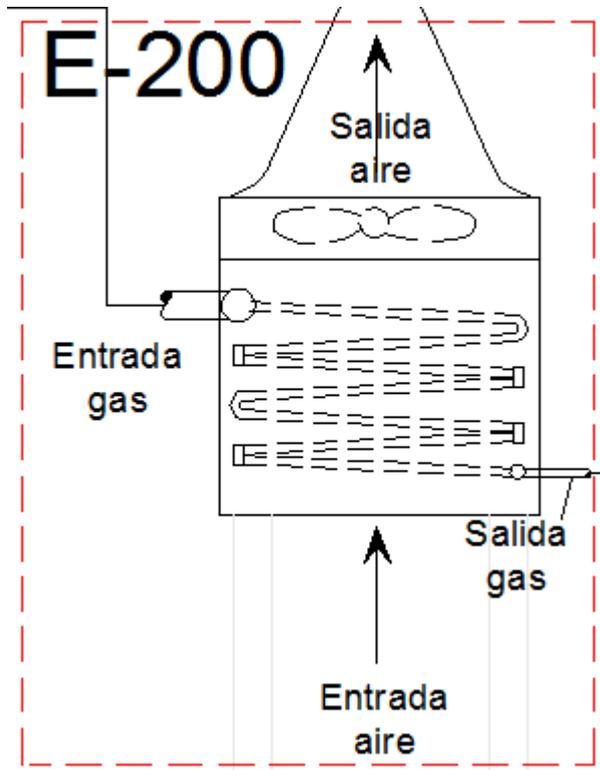


² De este equipo se realiza ingeniería de detalle.

2.6 Aero-enfriamiento (E-200) ³

El generador tiene como exigencia, para los gases de entrada, una temperatura por debajo de los 40º y una humedad absoluta de 40g por cada 1Nm³/h.

Para reducir la temperatura (ya que la salida del gasificador ronda los 700ºC), se coloca un aero-enfriador que reduce la temperatura hasta unos 120ºC.



2.7 Precipitación TAR (Alquitranes) (VE-100)⁴

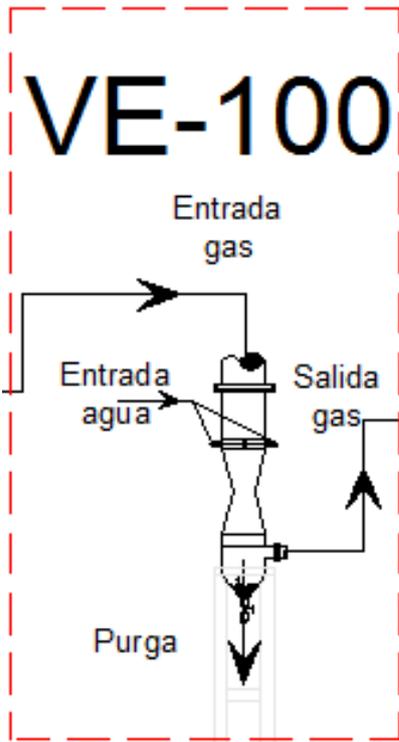
En el gas de salida del proceso de gasificación se encuentran partículas de alquitrán de diferente composición química, las cuales tienen puntos de rocío en el rango 30ºC-400ºC, dependiendo de su concentración y clase (tamaño de molécula y composición).

Para la concentración y composición que tienen los gases de salida del sistema de gasificación proyectado, el punto de condensación ronda los 120ºC.

El método de separación de los TAR más eficiente es la condensación a través de un tubo de Venturi que utiliza con una combinación de agua como fluido de captación de alquitranes.

³ De este equipo se realiza ingeniería de detalle.

⁴ De este equipo se realiza Ingeniería de detalle.

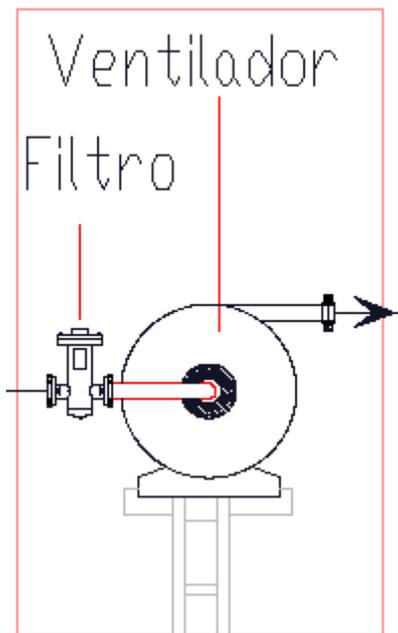


2.8 Filtrado (F-100)

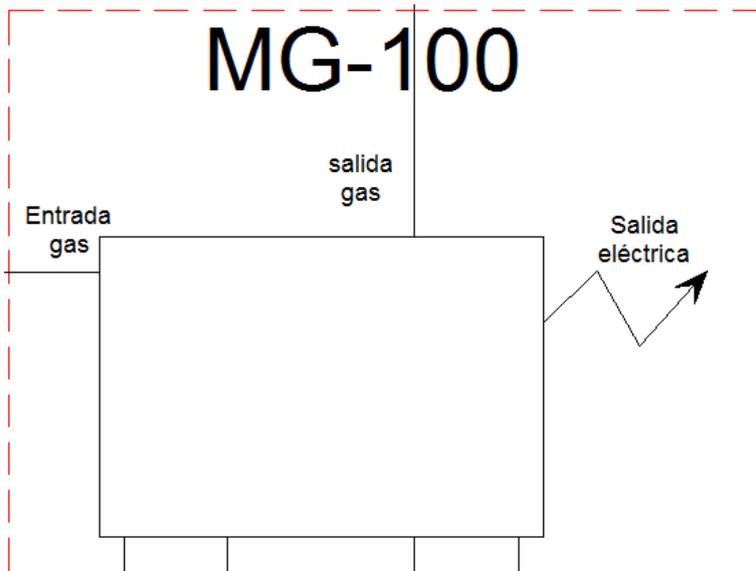
Como un complemento del sistema de separación ciclónico, se instala un filtro de cartucho (considerando que la temperatura es alrededor de 40°C), con de un tamaño de filtrado de 4µm para completar la limpieza del gas, y no ocasionar daños al motor.

2.9 Impulsión del gas (B-100)

Para vencer la pérdida de carga en todo el recorrido del gas, se instala un ventilador centrífugo entre la salida del filtro y la admisión del motor. Por lo tanto, prácticamente, el sistema completo funcionará bajo presión manométrica negativa.



2.10 Moto-generación (MG-100)



2.10.1 Potencia instalada

La potencia instalada del sistema de generación de energía para la totalidad de la granja (involucra 6 galpones) es de 78,5kW.

2.10.2 Grupo Moto- generado

La selección del sistema de generación se realiza a través del representante en Argentina de la marca China “ETTS”.

190 Series Biomass/Coal Gas Generators(50HZ/60HZ)											
Model	Prime Power		Continuous Power(for 24-hr running daily)		Engine Model	Rotation Speed	Alternator	No.of Cylinders & Type	Overall dimension (L*W*H)(mm)	Weight (kg)	Click for Detail Data
	KW	KVA	KW	KVA	SDEC&JDEC	RPM (50HZ/60HZ)	Siemens				
ES-38S	30	38	26	33	R4105	1500/1800	IFC Series	4.L	1800*760*1400	1000	
ES-50S	40	50	32	40	4135T	1500/1800	IFC Series	4.L	2250*900*1550	1350	
ES-63S	50	63	40	50	4135AT	1500/1800	IFC Series	4.L	2250*900*1550	1350	
ES-75S	60	75	50	63	6135T	1500/1800	IFC Series	4.L	2250*900*1550	1450	
ES-100S	80	100	68	85	6135T	1500/1800	IFC Series	6.L	2500*1000*1550	2000	
ES-125S	100	125	85	106	6135T	1500/1800	IFC Series	6.L	2550*1000*1800	2200	
ES-150S1	120	150	100	125	6138T	1500/1800	IFC Series	6.L	2930*1000*1800	2450	
ES-150S2	120	150	100	125	12V135T	1500/1800	IFC Series	12.Vee	3400*1350*1850	3500	
ES-188S	150	188	120	150	12V135T	1500/1800	IFC Series	12.Vee	3400*1350*1850	3500	
ES-250S	200	250	160	200	12V138T	1500/1800	IFC Series	12.Vee	3570*1350*1850	3600	
EJ-313S	250	313	200	250	6190ZLT	1000/1200	IFC Series	6.L	4980*1760*2230	8900	
EJ-500S	400	500	320	400	12V190DT	1000/1200	IFC Series	12.Vee	4566*2040*2200	11800	
EJ-625S	500	625	400	500	12V190ZDT	1000/1200	IFC Series	12.Vee	4790*2040*2212	12000	

2.10.2.1 Características generales

- Potencia nominal del equipo: $P_N = 80\text{kW}$.
- Modelo de generador: ES-100s.
- Modelo de motor: 6135T.
- Peso conjunto: 2000kg.
- Dimensiones aproximadas: (Largo*Ancho*Alto) = 2,5mx1mx1,55m.
- Tensión de salida: 3x380V.
- Frecuencia: 50Hz.

Capítulo 3: Ingeniería de detalle

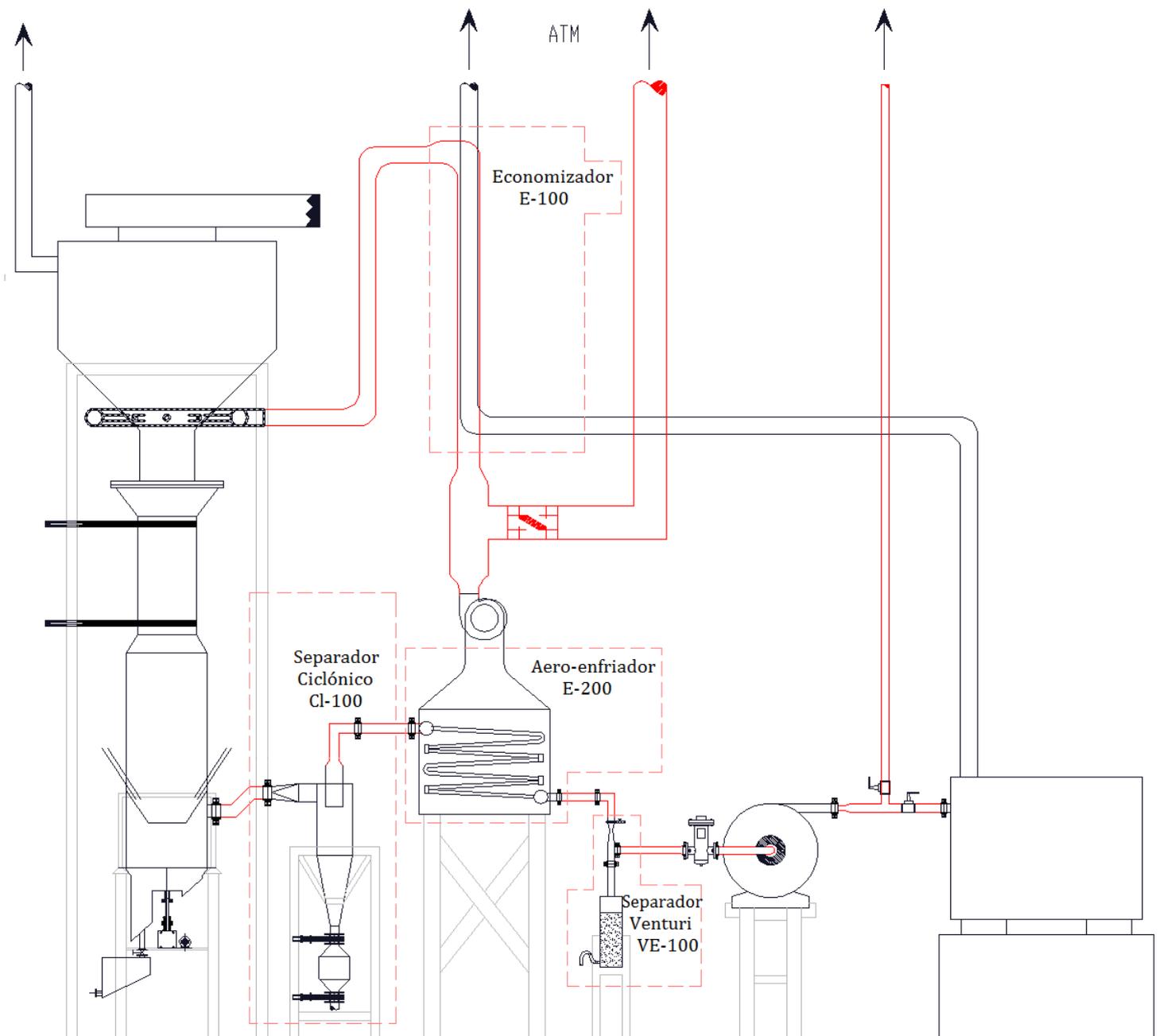
3.1	Equipos ingeniería de detalle	16
3.1.1	Separador ciclónico (CI-100)	17
3.1.1.1	Esquema y balance de masa	17
3.1.1.2	Planos constructivos	17
3.1.1.3	Llaves exclusas (CI-121)	18
3.1.2	Economizador (E-100)	19
3.1.2.1	Planos constructivos	19
3.1.3	Aero-enfriador (E-200)	20
3.1.3.1	Esquema funcionamiento	20
3.1.3.2	Esquema ilustrativo	21
3.1.3.3	Planos constructivos	21
3.1.4	Separador Venturi (VE-100)	22
3.1.4.1	Planos constructivos	22
3.1.5	Tendido de tuberías	22
3.1.5.1	Línea de gas	22
3.1.5.2	Línea de aire	23

3.1 Equipos ingeniería de detalle

Los equipos de los cuales se realiza ingeniería de detalle son:

- Cl-100: Separador ciclónico.
- E-100: Economizador.
- E-200: Aero-enfriador.
- VE-100: Separador Venturi.
- Tendido de tuberías.

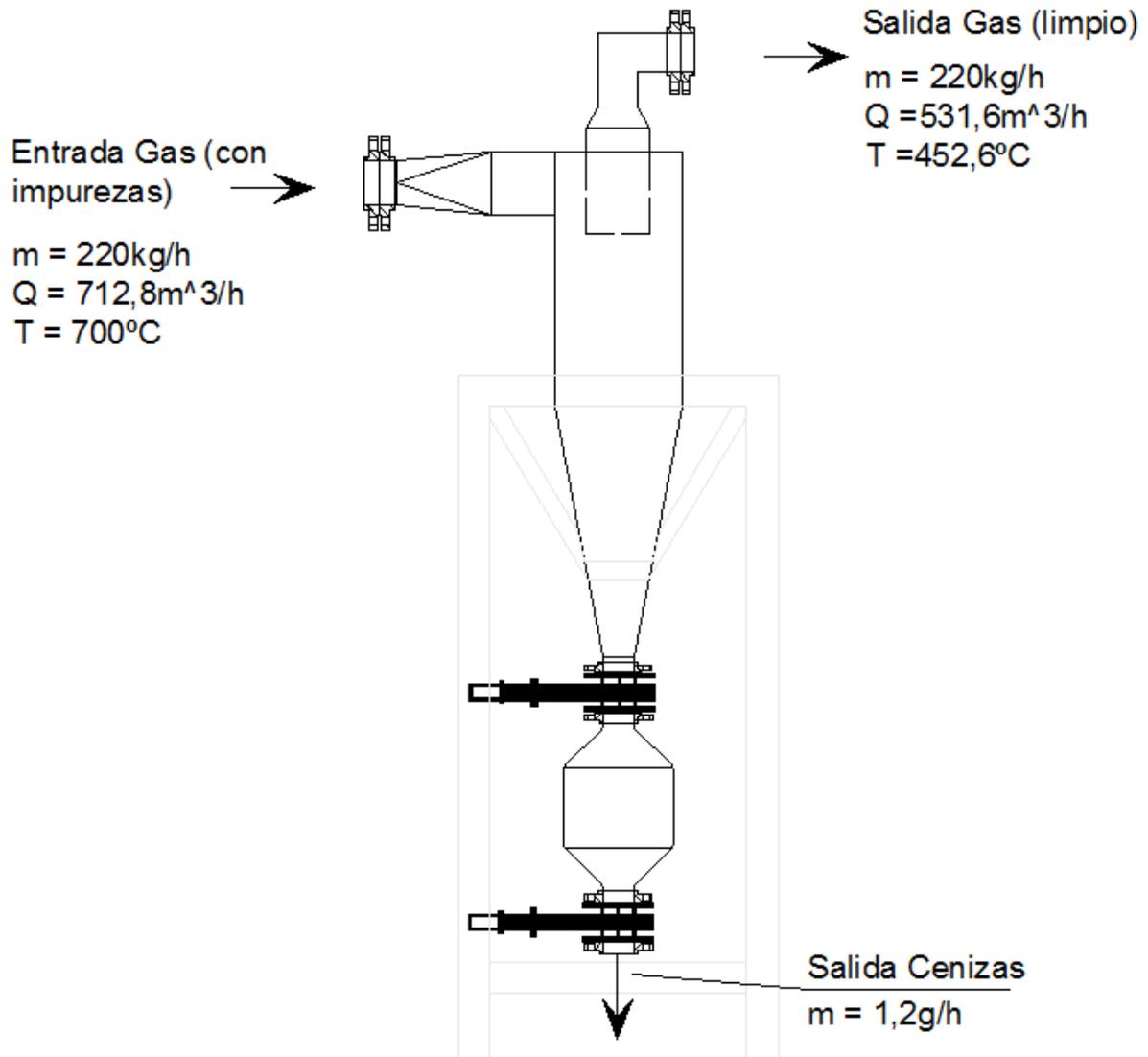
Todas las medidas de longitud en las que no se especifica, la unidad corresponde a “mm”.



3.1.1 Separador ciclónico (CL-100)

El separador es construido íntegramente en de acero galvanizado, con un espesor de chapa de 1/8”.

3.1.1.1 Esquema y balance de masa



3.1.1.2 Planos constructivos

3.1.1.2.1 Cuerpo ciclón (CL-110)

Se detalla en “plano CL-110”

3.1.1.2.2 Colector de cenizas (CL-120)

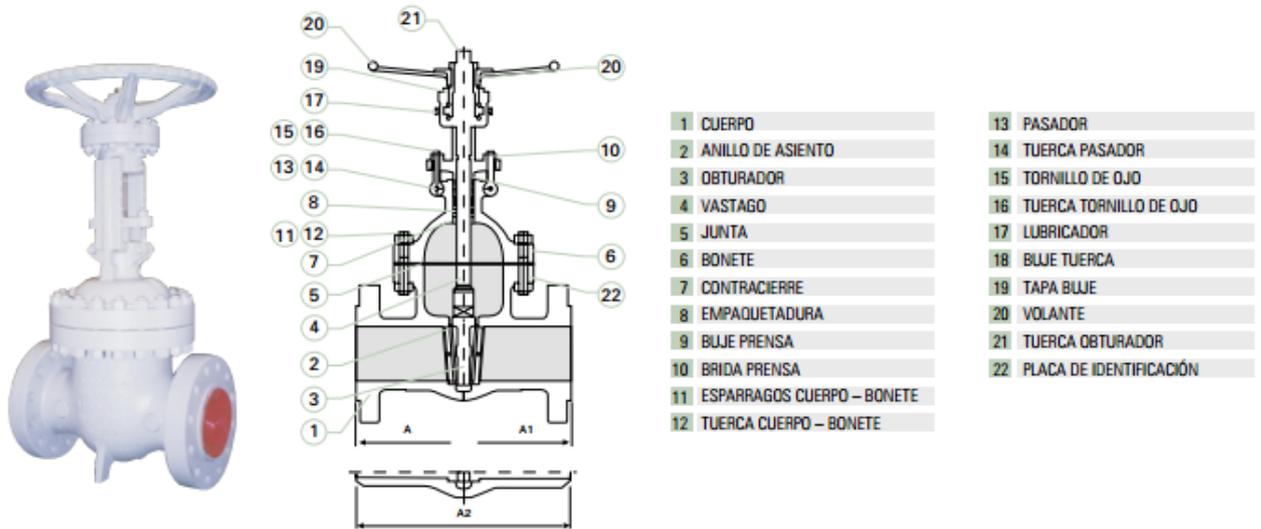
Se detalla en “plano CL-120”

3.1.1.2.3 Soporte ciclón (CL-130)

Se detalla en “plano CL-130”

3.1.1.3 Llaves exclusas (CI-121)

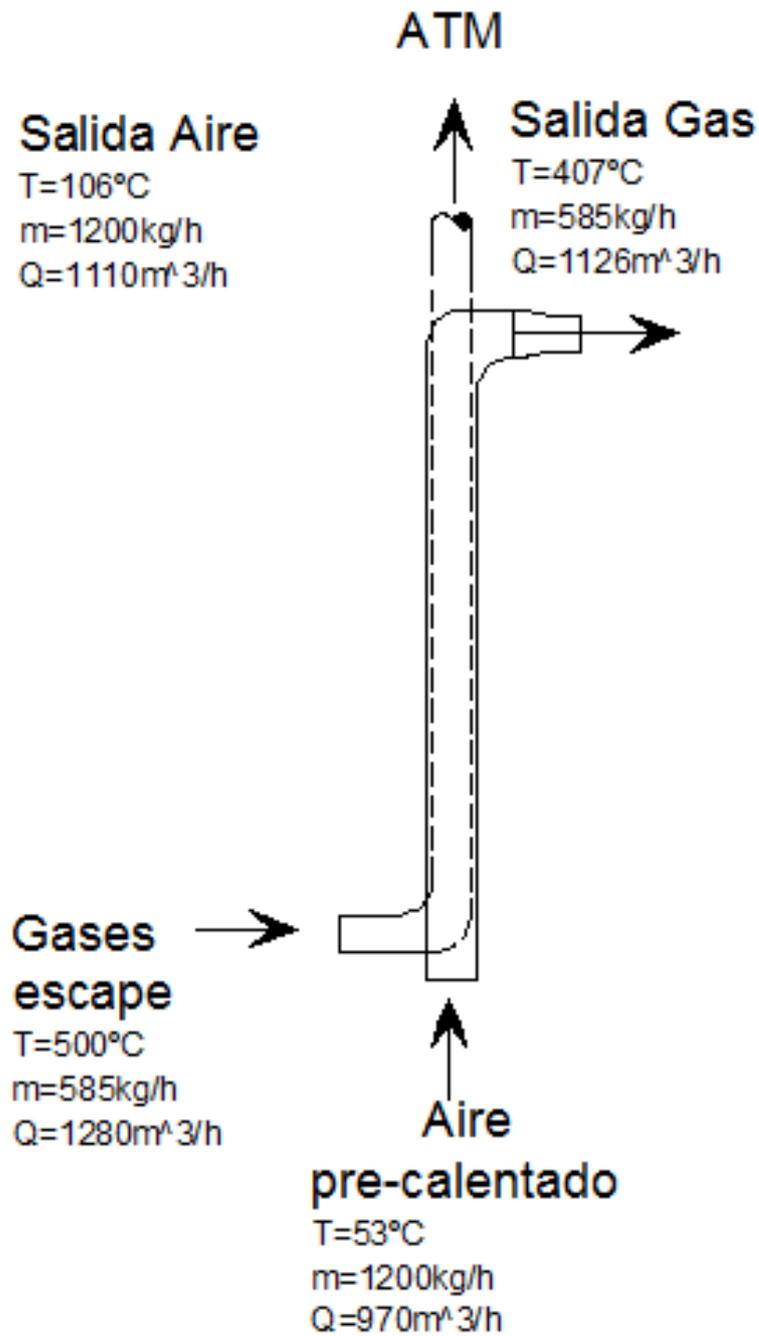
Para el desalojo de cenizas del colector se utilizan llaves exclusas, de un diámetro nominal de 3”, con unión bridada.



EXCLUSIVA SERIE 150 # (Altura del resalte: RF = 1.52 , RJ = 6.35)

DIÁMETRO	NPS	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	
Extremos	RF	A	165.1	178	190.5	203	229	254	267	292	330.2	355.6	381	406	432	457	508
	RJ	A1	177.6	190.5	203.2	215.9	241.3	266.7	279.4	304.8	342.9	368.3	393.7	419.1	444.5	469.9	520.7
	RW	A2	165.1	216	241.3	284	305	381	403	419	457	501	572	610	660	711	813
Bridas	Ø EXTERIOR		127	152	178	191	228.6	254	280	343	406	483	533	597	635	698.7	813
	RJ N°		R19	R22	R25	R29	R36	R40	R43	R48	R52	R56	R59	R64	R68	R72	R76
	ESP. S/RESALTE		12.6	14.3	16	17.5	22.3	22.3	23.9	26.9	28.6	30.2	33.4	35	38.1	41.4	46.2
Volante		200	200	200	230	250	250	300	350	400	450	560	660	710	760	860	
Círc. de agujeros		28.4	120.5	139.5	152.5	190.5	216	241.5	298.5	362	432	476	540	578	635	750	
Cantidad		4	4	4	4	8	8	8	8	12	12	12	16	16	20	20	
Diam. de agujeros		16	19	19	19	19	22	22	22	25	25	29	29	32	32	35	

3.1.2 Economizador (E-100)

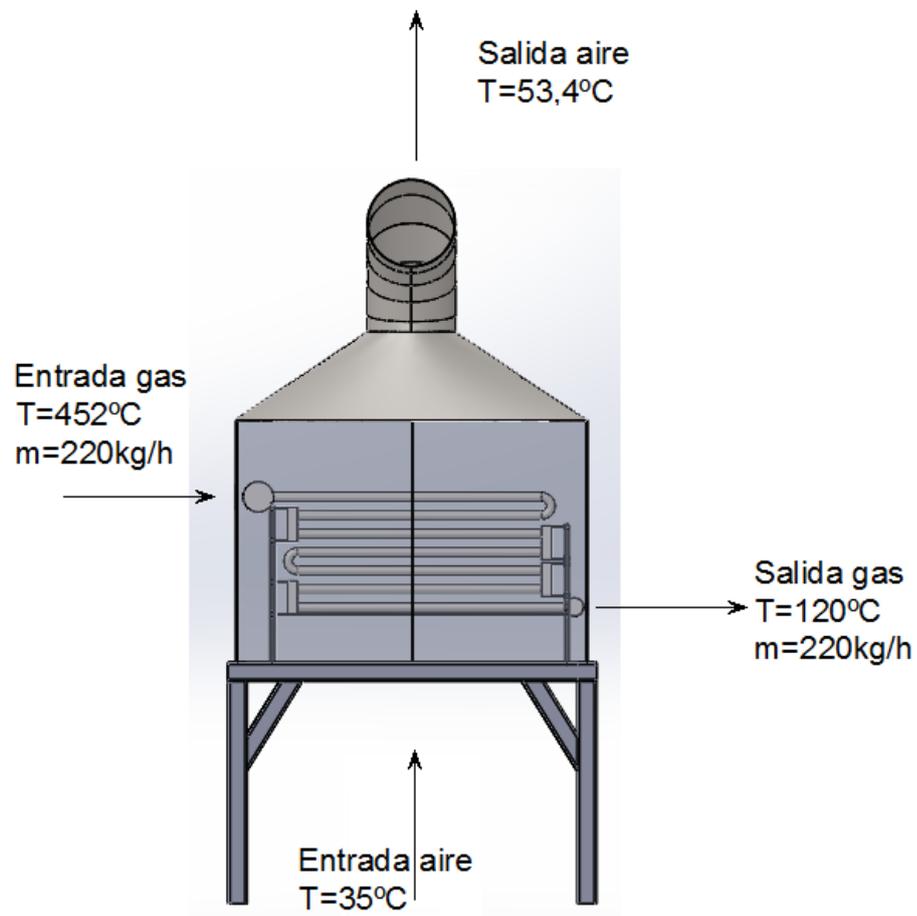


3.1.2.1 Planos constructivos

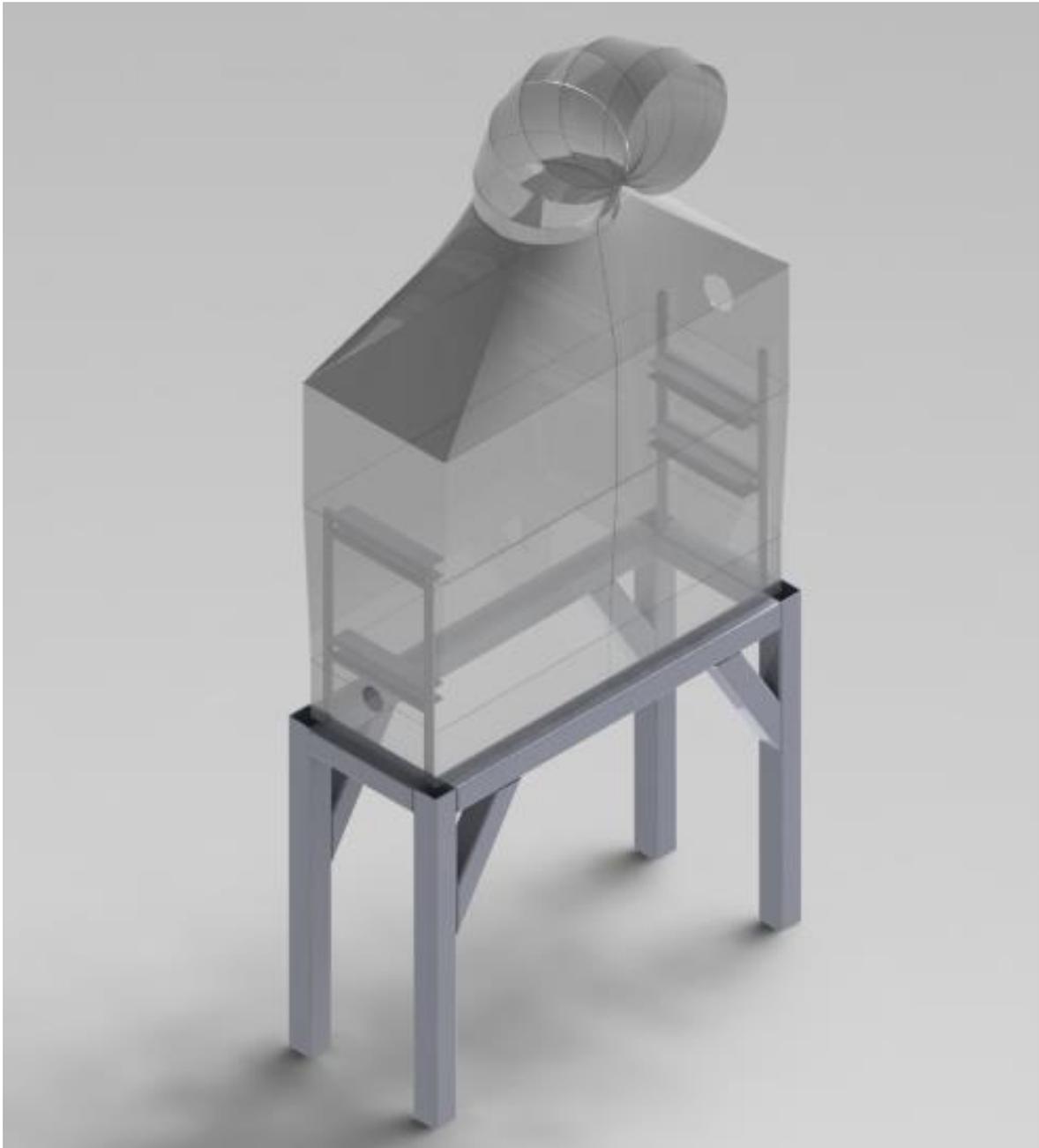
Se detalla en “plano E-100”.

3.1.3 Aero-enfriador (E-200)

3.1.3.1 Esquema funcionamiento



3.1.3.2 Esquema ilustrativo



3.1.3.3 Planos constructivos

3.1.3.3.1 Carcaza aero-enfriador

Se detalla en “plano E-210”.

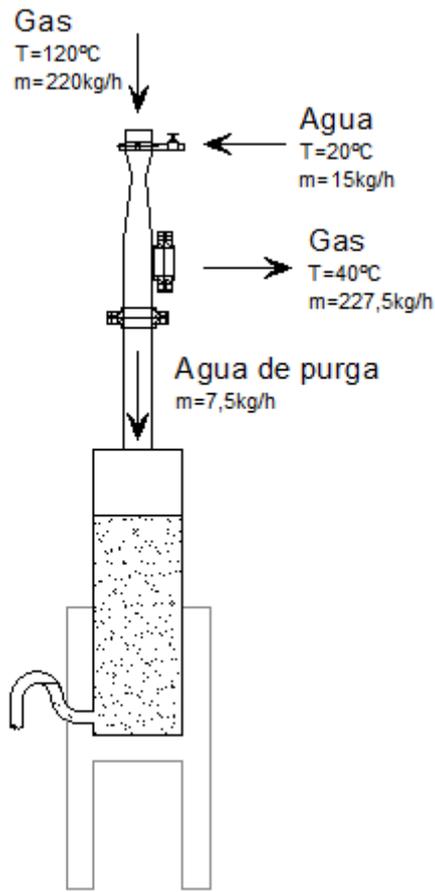
3.1.3.3.2 Cañerías aero-enfriador

Se detalla en “plano E-220”.

3.1.3.3.3 Soporte aero-enfriador

Se detalla en “plano E-230”.

3.1.4 Separador Venturi (VE-100)



3.1.4.1 Planos constructivos

3.1.4.1.1 Cuerpo Venturi

El cuerpo del sistema de separación de alquitranes se realiza con accesorios comerciales para facilitar su fabricación

Se detalla en “plano VE-110”

3.1.4.1.2 Purga

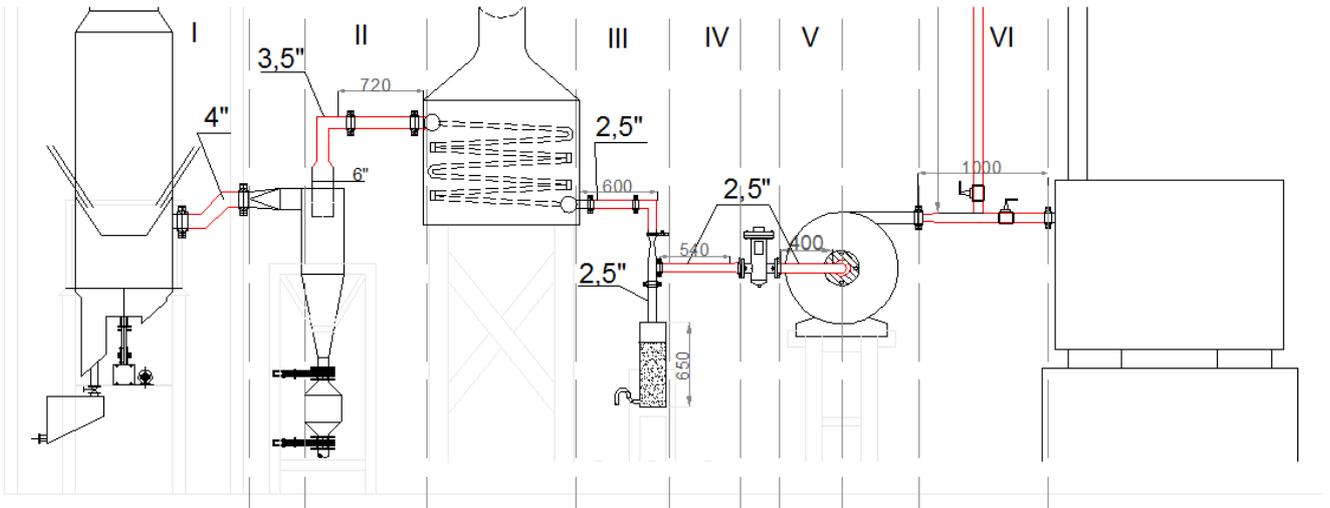
Se detalla en “Plano VE-120”

3.1.5 Tendido de tuberías

Se detalla seguidamente un Lay-Out mostrando la distribución espacial escogida para el recorrido de las tuberías y los diámetros nominales de cada tramo de cañería.

3.1.5.1 Línea de gas

Se muestra un esquema con el detalle del recorrido y dimensiones generales de la línea de gas. Las medidas no especificadas son “mm”.

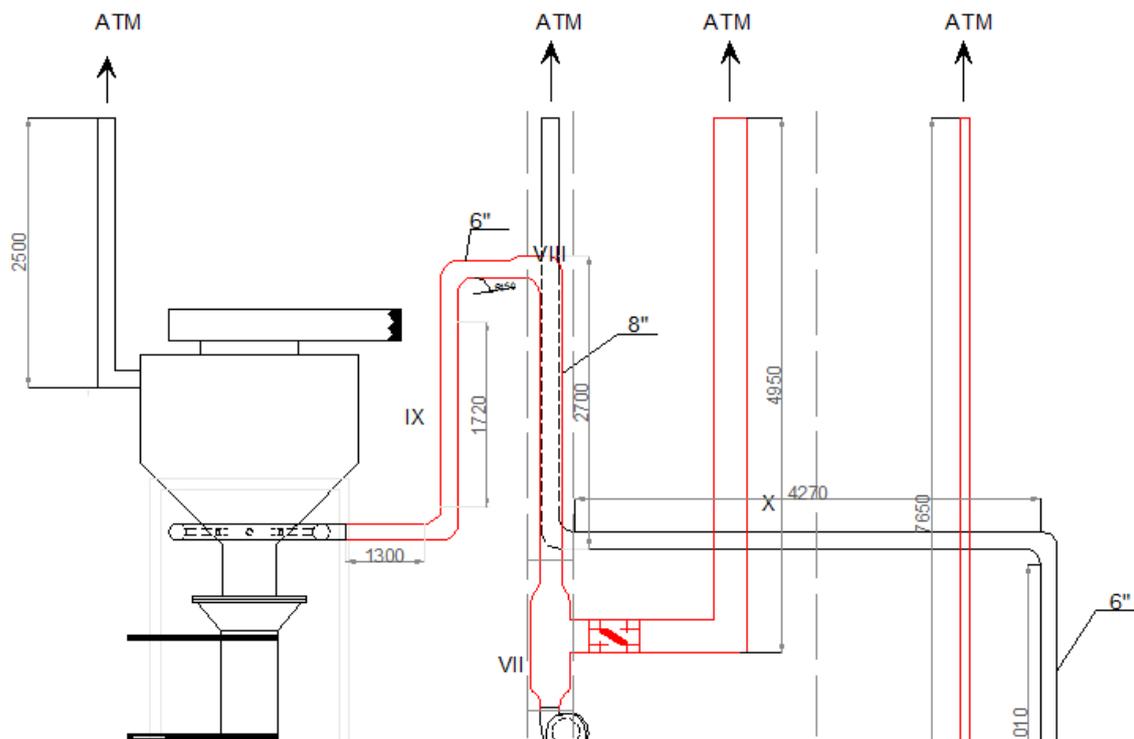


3.1.5.1.1 Dimensiones y lista de materiales

Tramo	Longitud (m)	Diámetro	Codo 45°	Codo 90°	te derivada	te directo	valvula esf.	Reducción	Ensanchamiento
I	0	4"	2	-				-	-
II	0,825	3,5"	-	1				1 (6"-3,5")	-
III	0,6	2,5"	-	1				-	-
Venturi	0	2,5"	-	-	1			1 (2,5"-1,25")	1 (2,5-1,25")
IV	0,54	2,5"	-	-				-	1 (2,5"-3")
V	0,4	3"		1					1 (3"-5")
VI	1	3"				1	1		1 (2"-3")

Los tubos de los tramos I y II son construidos de acero ASTM-A106 grado B (tubos Dalmin).

3.1.5.2 Línea de aire



3.1.5.2.1 *Dimensiones y lista de materiales*

Tramo	Longitud	Diámetro	Curva 90º	Te paso directo	Damper	Reducción	Ensanchamiento
VII	0	14"	-	1	-	1 (14"-8")	1 (6,9"-14")
VIII	2,7	8"	1	-	-	1 (8"-6")	-
IX	3	6"	2	-	-	-	-
X	4,9	12"	1		1		

Las tuberías de transporte de aire son construidas de acero galvanizado de 1/8" de espesor.

Capítulo 4: Memorias de cálculo

4.1	Investigación de tecnologías y procesos existentes	27
4.1.1	Planteo de alternativas	27
4.1.1.1	Generación de biogás a partir de la descomposición de la cama de pollos	27
4.1.1.2	Generación de calor a través de la combustión de la cama de pollos y transmisión en tubos radiantes	27
4.1.1.3	Generación de calor a través de la combustión de cama de pollos y utilización como foco caliente en motor Stirling, acoplado a un generador eléctrico	27
4.1.1.4	Generación de gas pobre y utilización en tubos radiantes	28
4.1.1.5	Generación de gas pobre y utilización en motor de combustión interna adaptado para generar energía eléctrica	29
4.1.1.6	Elección de sistema de aprovechamiento	29
4.2	Recolección de información referida a características y manejo de la cama de pollos típica de la zona	31
4.2.1	Cantidad de cama de pollos disponible	31
4.2.1.1	Materia virgen de cama de pollos	31
4.2.1.2	Aporte de heces de aves	31
4.2.1.3	Cantidad de cama de pollos	32
4.3	Determinación de energía disponible	32
4.3.1	Potencial energético de la cama de pollos	32
4.3.1.1	Combustión de materia virgen de cama de pollos	32
4.3.1.2	Combustión de las heces de pollos	40
4.3.1.3	Combustión de la cama de pollos	43
4.4	Estudio de requerimiento energético de una granja de pollos típica de la región en el período de un año	44
4.5	Diseño y cálculo de sistema	51
4.5.1	Modo de funcionamiento del sistema	51
4.5.1.1	Análisis opción 1	51
4.5.1.2	Análisis opción 2	51
4.5.1.3	Conclusión	52
4.5.2	Potencia instalada	52
4.5.3	Pre - selección de gasificador	52
4.5.4	Cálculo cantidad de cama de pollos necesaria para cubrir potencia instalada	54
4.5.5	Selección de gasificador	55
4.5.6	Tratamiento de gas	57
4.5.6.1	Ciclón	58
4.5.6.2	Aero-enfriador	67
4.5.6.3	Venturi	79
4.5.6.4	Filtro	83
4.5.7	Tratamiento cama de pollos	85
4.5.7.1	Economizador	85
4.5.7.2	Secado	89
4.5.8	Pérdida de carga en sistema	92
4.5.1.4	Cañerías, accesorios y venturi línea de gas	93
4.5.1.5	Pérdida de carga en el silo	95

4.5.1.6	Cañerías, accesorios y economizador línea de aire.....	96
4.5.1.7	Pérdidas totales.....	98
4.5.9	Selección de ventiladores	99
4.5.9.1	Ventilador para línea de gas.....	99
4.5.9.2	Ventilador para línea de aire.....	101
4.5.9.3	Características de funcionamiento.....	102
4.5.9.4	Dimensiones generales	103
4.5.10	Selección de grupo moto-generator.....	103
4.5.11	Recepción y acopio de materia prima	104
4.5.11.1	Diseño de almacenamiento.....	105
4.5.12	Venteo	107
4.5.12.1	Esquema.....	107
4.5.12.2	Llaves esféricas.....	107
4.5.13	Diseño y selección de transportador	108
4.5.13.1	Tapa transportador Redler.....	109
4.5.13.2	Cálculo de capacidad de transporte:.....	111
4.5.13.3	Selección de transportador	114
4.5.13.4	Calculo potencia de transporte.....	114
4.5.13.5	Velocidad de corona conductora del transporte.....	115
4.5.13.6	Selección de moto-reductor:.....	115
4.5.14	Silo diario	118
4.5.14.1	Cálculo capacidad silo diario.....	118
4.5.14.2	Diseño silo	118
4.6	Selección de equipos y elementos.....	120
4.6.1	Selección de bridas	120
4.6.2	Sistema de control de temperatura Aero-enfriador	121
4.6.2.1	Variador de frecuencia.....	121
4.6.2.2	Sensor PT-100 y transductor	121
4.7	Listado de materiales	121

4.1 Investigación de tecnologías y procesos existentes

Se investiga las tecnologías y procesos existentes que pudiesen ser aplicados a una granja de pollos de la región con el fin de calefaccionar los galpones y generar energía eléctrica que en ellos se consume.

4.1.1 Planteo de alternativas.

4.1.1.1 *Generación de biogás a partir de la descomposición de la cama de pollos:*

En la actualidad, los desarrollos tecnológicos respecto a la generación de biogás a partir de la cama de pollos está detenida debido a que es un proceso poco eficiente por las características propias de la cama de pollo, por ser una materia muy fibrosa y de difícil digestión, dificultando el inicio de la reacción anaeróbica que genera finalmente el biogás.

Por otro lado, hay dificultades en cuanto la logística del manejo de la materia prima, debido a que deben solucionarse problemas de incompatibilidad entre los períodos de digestión y renovación de cama de pollos.

4.1.1.2 *Generación de calor a través de la combustión de la cama de pollos y transmisión en tubos radiantes.*

Por ser la cama de pollos un compuesto de chips de madera (o de cáscara de arroz) y heces de aves (compuesto principalmente por carbohidratos) existe potencial para realizar una combustión de la misma y obtener energía en forma térmica.

Actualmente, para generar energía a través de la cama de pollos se utilizan calderas similares a las utilizadas para quemar chips de madera, cáscara de arroz, maní, nueces, almendras, etc. las cuales pueden ser de proceso continuo o por batch. Su diseño varía parcialmente en función de las características de la materia prima.

El sistema de tubos radiantes consta de tubos (generalmente pintado de color oscuro) en el cual circula un fluido a alta temperatura que transmite calor principalmente por radiación. Además, el sistema consta de pantallas reflectivas que dirigen el calor hacia donde sea necesario.

Es conocido que este sistema es utilizado en granjas avícolas de Europa, donde se ha demostrado la efectividad de este sistema mayormente gracias a la capacidad que posee de enfocar la radiación sobre la cama de pollos, permitiendo que las aves reciban más eficientemente el calor transmitido, considerando la pequeña estatura de las aves durante los primeros 20 días, que es cuando las aves no pueden regular su temperatura corporal y es el período donde tener buena calefacción es más importante.

4.1.1.3 *Generación de calor a través de la combustión de cama de pollos y utilización como foco caliente en motor Stirling, acoplado a un generador eléctrico.*

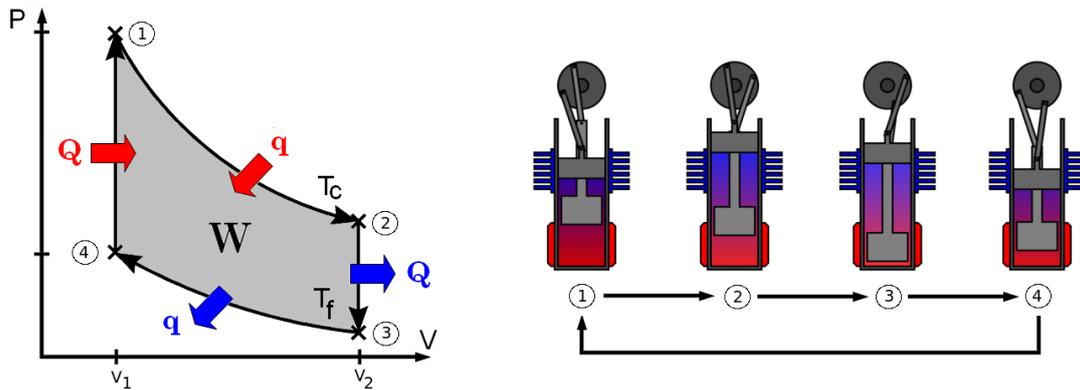
El motor Stirling consta de un ciclo termodinámico cerrado, en el cual el fluido de trabajo es por lo general helio y el trabajo es realizado por la diferencia de volumen específico de este gas a diferentes temperaturas.

Se considera que este motor es una solución inteligente y novedosa, ya que cuenta con varias virtudes, tales como: Por ser un motor de combustión externa es muy silencioso y de muy bajo mantenimiento. Por la evolución termodinámica de los procesos que integran su ciclo, su eficiencia térmica se aproxima a la de Carnot. Este es el único medio que nos permite

transformar la energía térmica de los gases de combustión tal y como son entregados por la caldera, en energía eléctrica (a través de un generador eléctrico acoplado al motor).

Si bien el Stirling es uno de los primeros motores que se inventaron, es una tecnología que se encuentra aún en desarrollo, por lo que es dificultoso encontrar comercialmente un modelo que se adapte a las necesidades energéticas de una granja y los costos de inversión son elevados.

Gráfico 1: Ciclo de funcionamiento motor Stirling



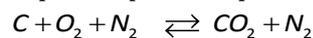
El ciclo consta de las mismas evoluciones termodinámicas que el ciclo de Carnot, que son:

- 1-2 Expansión isotérmica.
- 2-3 Cesión de calor a volumen constante.
- 3-4 Compresión isotérmica.
- 4-1 Absorción de calor a volumen constante.

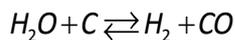
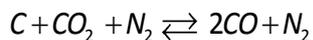
4.1.1.4 Generación de gas pobre y utilización en tubos radiantes.

El gas pobre es un fluido combustible que se obtiene a partir de la combustión con defecto de oxígeno de una sustancia rica en carbono.

El primer proceso químico que tiene lugar en el reactor, es una combustión de carbón

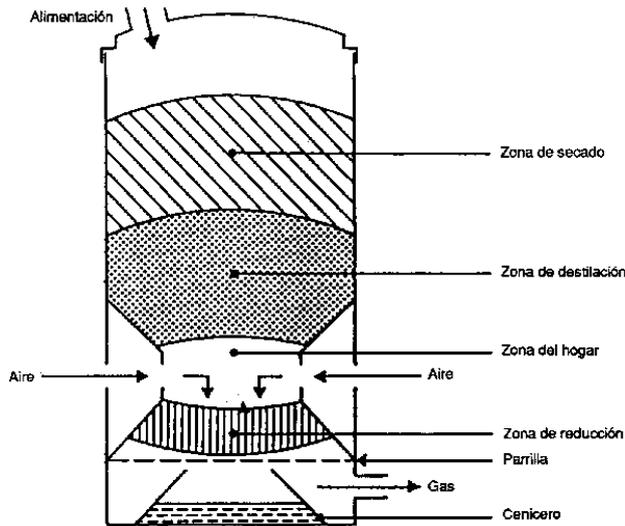


Luego sobreviene un proceso de reducción, donde el agua presente en forma de vapor (derivado de la humedad) reacciona con el carbón excedente, y parte del dióxido sigue el mismo camino.



Se llama “pobre” porque el poder calorífico es bajo en relación al de otros gases combustibles; esto se debe a que el poder calorífico del monóxido de carbono (componente principal del gas pobre) es bajo y que en el gas resultante el porcentaje de nitrógeno es elevado.

Gráfico 2: Esquema gasificador



Una vez generado y filtrado el gas se transporta hasta los galpones y es quemado y conducido por los tubos radiantes.

Una ventaja comparativa con el sistema que plantea una combustión completa en el hogar es que en este sistema el gas se transporta hasta los galpones a una temperatura (y con un caudal volumétrico) menor, para luego ser quemado dentro de ellos, disminuyendo así las pérdidas de calor en el transporte.

4.1.1.5 Generación de gas pobre y utilización en motor de combustión interna adaptado para generar energía eléctrica.

Se genera gas pobre con el método ya visto, y se lo utiliza para alimentar un motor de combustión interna diseñado para trabajar con este tipo de combustible, el cual acciona un generador eléctrico trifásico.

La ventaja comparativa con el motor Stirling, es que esta tecnología se encuentra más desarrollada comercialmente, lo que lo hace una alternativa más factible respecto a lo económico y técnico.

Como desventajas tiene menor rendimiento, mayor mantenimiento y el sistema es más complejo.

4.1.1.6 Elección de sistema de aprovechamiento.

Para tomar la decisión se genera un cuadro de doble entrada, definiendo aspectos principales influyentes en la misma.

Cuadro doble entrada, elección de sistema.

	Generacion de biogas (Digestor)	Caldera y calefaccion con tubos radiantes	Motor Stiring	Generacion gas pobre y tubos radiantes	Generacion de gas pobre y motor combustion interna
Costo Inversion	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Medio/Alto
Costo Operativo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Energia Producida	Electrica/Termica	Térmica	Eléctrica	Térmica	Eéctrica
Complejidad operacional	Alta	Baja	Baja	Media	Media
Desarrollo de Tecnología	Alto	Alto	Bajo	Medio	Medio
Disponibilidad de equipos	Alta	Alta	Baja	Media	Media/Baja
Eficiencia	Medio/Baja	Media/Alta	Alta	Alta	Media/Baja

Observando los aspectos ponderados en el cuadro antes presentado, el sistema que mejor se adapta a las condiciones económico-técnicas es el sistema de “*generación de gas pobre y utilización en motor de combustión interna*”.

4.1.1.6.1 *Sistema de gasificación*

4.1.1.6.1.1 *Fundamentos*

La gasificación de la biomasa es un proceso termo-químico en el que la biomasa, normalmente de origen leñoso, es transformada en un gas combustible (conocido como syngas, gas de síntesis, gas pobre, gas de madera o gas de gasógeno). Se considera que el gas producido tiene un bajo o medio poder calorífico (1.000 - 3.000 kcal/ Nm³) si es comparado con el gas natural (9.000 kcal/m³), el butano (28.000 kcal/Nm³) o el hidrógeno (2.500 kcal/Nm³).

El gas producido contiene CO, H₂, CH₄, CO₂, N₂, vapor de agua entre otros componentes que se encuentran en menor cantidad. Estos compuestos se encuentran en el gas en proporciones distintas, principalmente según: la presentación y la composición de la biomasa, la tecnología utilizada para gasificar, el agente gasificante y la relación agente gasificante/biomasa. El agente gasificante puede ser vapor de agua, oxígeno, aire o una mezcla de los anteriores, obteniendo el gas con menor poder calorífico cuando se utiliza aire, en este caso la entrada se limita entre un 20% y un 40% del teóricamente necesario para una combustión completa, y la temperatura de operación oscila entre 700 y 1.400°C según el tipo de tecnología utilizada y las condiciones del proceso.

El gas combustible generado puede ser aprovechado de diversas maneras: a través de procesos de combustión para producir electricidad y/o energía térmica o como gas de síntesis (gas con mayor poder calorífico que el denominado gas pobre, por tener mayor concentración porcentual de H₂) transformándose en productos de mayor valor agregado.

4.1.1.6.1.2 *Breve reseña histórica*

La gasificación de biomasa y de carbón es una tecnología usada desde hace más de 200 años. Fue utilizada para producir gas de ciudad a finales del siglo XIX y durante el siglo XX y desde sus orígenes ha ido mejorando desde el punto de vista de la eficiencia de las emisiones al medio ambiente. Los primeros gasificadores de carbón fueron construidos en Alemania por Bischof en 1.839 y por Siemens en 1.861. El gas era utilizado como combustible para los hornos de la industria siderúrgica, luego mediante la aplicación de mecanismos de limpieza del gas, desarrollados en Inglaterra por Dowson en 1.881, el uso de gasificadores se extendió a hornos pequeños y motores de combustión interna. A principios del siglo XX se utilizaron en barcos, automóviles, camiones y tractores. Durante la II guerra mundial, debido a la escasez de petróleo, la gasificación fue ampliamente utilizada. En Francia y en Suiza innumerables de coches, autobuses, camiones y barcos, utilizaban gas de madera como combustible, el cual era obtenido por gasificación a partir de carbón vegetal. Después de la segunda guerra mundial, los bajos costes de los derivados del petróleo, en relación con la gasificación, hicieron que la tecnología se relegara a un segundo plano. En la actualidad el proceso tecnología de la gasificación vuelve a tomar forma paulatinamente, con el creciente desarrollo e interés de las energías renovables.

4.2 Recolección de información referida a características y manejo de la cama de pollos típica de la zona.

Se considera como una granja compuesta de 6 galpones, con una capacidad de aproximadamente 129,6 mil aves por crianza. Las dimensiones de los galpones son de 12m de frente por 150m de fondo.

4.2.1 Cantidad de cama de pollos disponible

Consideraciones (en base a datos otorgados por granja “El Progreso”, ubicada en Dpto. Uruguay, Entre Ríos):

- La cantidad estimada de heces ronda los 20g por ave y por día, como un promedio durante toda la vida.
- La densidad de población de aves promedio que se toma para un galpón con tecnología tipo túnel está entre 10 y 12 aves/m², por lo que se adopta 12aves/m².
- La humedad depende de la época del año y la temperatura ambiente. Ronda entre 10% y 20%.
- Un equipo completo (chasis más acoplado) de materia virgen, puede almacenar un volumen entre 35-40m³, aproximadamente.
- En promedio, se realizan 5 crianzas al año, con lo que cada crianza conlleva alrededor de 73 (50 días de crianza propiamente dicha).
- Se recambia un espesor de 2cm de cama de pollos por cada crianza.
- La densidad de la cama de pollos es de aproximadamente 0,7tn/m³.

4.2.1.1 Materia virgen de cama de pollos

Con los datos antes presentados se calcula la cantidad de cama virgen de pollos disponible.

$$S = \frac{150m \cdot 12m}{\text{galpón}} = \frac{1800m^2}{\text{galpón}}$$

$$e = 2cm$$

Entonces

$$V = S \cdot e = \frac{1800m^2 \cdot 0,02m}{\text{galpón}} = \frac{36m^3}{\text{galpón}}$$

Y sabiendo que la densidad de la materia virgen de la cama, en la condición más desfavorable, es de $0,4 \frac{tn}{m^3}$ se tiene que la masa disponible por cada recambio de la cama y por galpón viene dada por:

$$m_{chips} = V \cdot \rho = 36m^3 \cdot 0,4 \frac{tn}{m^3} = 14,4tn \Rightarrow m_{chips} = \frac{14,4tn}{\text{galpon}}$$

4.2.1.2 Aporte de heces de aves

Como las heces son compuestos de carbohidratos, tienen potencial de combustión.

$$m_{heces} = 0,02 \frac{kg}{\text{ave} \cdot \text{día}} \cdot 12 \frac{\text{ave}}{m^2} \cdot 1800 \frac{m^2}{\text{galpon}} = 432 \frac{kg}{\text{galpon} \cdot \text{día}}$$

Por lo que la masa de heces por crianza es aproximadamente:

$$m_{heces} = 432 \frac{kg}{galpón \cdot día} \cdot 50 días \Rightarrow m_{heces} = 21,6 \frac{tn}{galpón}$$

4.2.1.3 Cantidad de cama de pollos

El peso de la cama de pollos será igual a la suma de la masa de chips más las heces; con lo que se tiene.

$$m_{cama} = 14,4 \frac{tn}{galpón} + 21,6 \frac{tn}{galpón} = 36 \frac{tn}{galpón} \Rightarrow m_{cama} = 36 \frac{tn}{galpón}$$

La granja que se tomó consta de 5 galpones, por lo que el total de peso de cama a manejar es.

$$m_{T, cama} = 5 galpones \cdot 36 \frac{tn}{galpón} = 180tn \Rightarrow m_{T, cama} = 180tn$$

4.3 Determinación de energía disponible

4.3.1 Potencial energético de la cama de pollos

Como materia prima se considera, en principio, una disponibilidad de 14,4tn de materia virgen y 21,6tn de heces por galpón (o lo que es lo mismo, cada 1kg de heces hay 2/3kg de materia virgen).

Para evaluar energéticamente la cama, se realiza una evaluación de los componentes por separado (cama virgen por un lado y heces por el otro).

4.3.1.1 Combustión de materia virgen de cama de pollos

Actualmente, el material constitutivo de la cama de pollos es cáscara de arroz ó chips de madera de eucaliptus (principalmente esta última). Se procede a analizar las dos opciones.

4.3.1.1.1 Combustión de chips de madera

Para el análisis energético se considera una madera tipo eucaliptus.

Luego de investigar, se encontró que la composición varía parcialmente, por lo que se optó por realizar un promedio de los componentes a partir de las tablas presentadas a continuación.

Tabla 1 (Ebeling, 2014)

TABLE 1. Chemical analysis of biomass fuels

	Qvh	Qvl	Proximate analysis			Ultimate analysis						Residue
			VCM	ASH	FC	C	H	O	N	S	Cl	
Energy crops												
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	19.42	18.23	81.42	0.76	17.82	49.00	5.87	43.97	0.30	0.01	0.13	0.72
<i>globulus</i>	19.23	18.03	81.60	1.10	17.30	48.18	5.92	44.18	0.39	0.01	0.20	1.12
<i>grandis</i>	19.35	18.15	82.55	0.52	16.93	48.33	5.89	45.13	0.15	0.01	0.08	0.41
<i>Casuarina</i>	19.44	18.26	78.94	1.40	19.66	48.61	5.83	43.36	0.59	0.02	0.16	1.43
Cattails	17.81	16.31	71.57	7.90	20.53	42.99	5.25	42.47	0.74	0.04	0.38	8.13
Poplar	19.38	18.19	82.32	1.33	16.35	48.45	5.85	43.69	0.47	0.01	0.10	1.43
Sudan grass	17.39	16.31	72.75	8.65	18.60	44.58	5.35	39.18	1.21	0.08	0.13	9.47

Tabla 2 (Planet Power "energy and the environment", 2014)

Table 1 – Thermal properties of *E. grandis*, *T. glaucescens*, *A. hockii* and *C. molle*.

Property		<i>E. grandis</i>	<i>T. glaucescens</i>	<i>A. hockii</i>	<i>C. molle</i>	Standard deviation
Moisture (mass fraction %, w.b.)		10.9	10	10.3	9	0.687
HHV (MJkg ⁻¹ , d.b.)		19.2	19.3	19.2	19.1	0.070
Proximate Analysis (mass fraction %, d.b.)	Volatile	88.4	83.9	83.8	82.6	2.210
	Fixed C	11.5	15.1	15.1	15.3	1.590
	Ash	0.1	1	1.1	2.1	0.708
Ultimate Analysis (mass fraction %, d.b.)	C	48.45	48.24	48.00	47.90	0.214
	H	7.52	7.91	7.20	7.69	0.259
	O	43.86	43.56	44.52	44.09	0.350
	N	0.11	0.24	0.23	0.27	0.061
	S	0.05	0.05	0.05	0.05	0.004
Ash Melting temp. (°C)	Sintering	1334	1312	1318	1332	9.274
	Softening	1450	1372	1368	1378	33.675
	Hemisphere	Not detectable	1412	1402	1494	41.215
	Fluid	Not detectable	1430	1450	1510	33.993

Tabla 3 (Energy Research centre of the Netherlands, 2014)

Eucalyptus bark

Property	Unit	Value			Std dev	Det lim	Lab	Date	Method	Remarks
		ar	dry	daf						
▼ Ultimate Analysis										
Carbon	wt%	41.71	47.40	49.79					Measured	
Hydrogen	wt%	4.84	5.50	5.78					Measured	
Nitrogen	wt%	0.26	0.30	0.32					Measured	
Sulphur	wt%	0.04	0.05	0.05					Measured	
Oxygen	wt%	38.81	44.10	46.32					Calculated	
Total (with halides)	wt%	102.12	102.41	102.53					Calculated	

Tabla 4 (Adrian Pirraglia, 2014)

Code	Pellets length	MC %	Volatiles Matter	Ash Content	Fixed Carbon	C%	H%	O%	N%	HHV (MJ/Kg)
EB6	10 - 15 mm	7.54	68.95% (±0.22%)	3.67% (±0.07%)	27.38% (±0.27%)	58.41 (±0.15)	5.96 (±0.11)	32.92 (±0.16)	2.72 (±0.01)	24.38 (±0.03)
EB7		8.29	68.46% (±0.44%)	3.66% (±0.09%)	27.88% (±0.51%)	55.55 (±0.09)	5.99 (±0.22)	36.26 (±0.22)	2.21 (±0.03)	24.30 (±0.06)
EB	-	~54	83.26% (±0.85%)	0.44% (±0.08%)	16.30% (±0.77%)	49.19	5.00	45.65	0.16	24.50* (±0.12)

Tabla 5 (Biomass Energy Foundation (BEF), 2014)

Name	Fixed	Volatiles	Ash	C	H	O	N	S	HHV	HHV
	Carbon								MEAS	CALC
	%	%	%	%	%	%	%	%	kJ/g	kJ/g
WOOD										
Beech	-	-	0.65	51.64	6.26	41.45	0.00	0.00	20.38	21.10
Loblolly Pine bark	33.90	54.70	0.40	56.30	5.60	37.70	0.00	0.00	21.78	22.35
ENERGY CROPS										
Eucalyptus Camaldulensis	17.82	81.42	0.76	49.00	5.87	43.97	0.30	0.01	19.42	19.46

FUENTES:

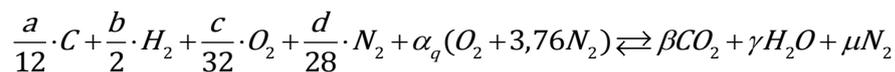
Tabla 6: A partir de los datos anteriores (compilados nuevamente en la tabla actual), se calcula el promedio para cada elemento constitutivo.

Elemento	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 3	Tabla 4	Tabla 5	Promedio
-	%	%	%	%	%	%
C	49	48,45	49,79	49,19	49	49,086
H	5,87	7,52	5,78	5	5,87	6,008
O	43,97	43,86	46,32	45,65	43,97	44,754
N	0,3	0,11	0,32	0,16	0,3	0,238
S	0,01	0,06	0,05	-	0,01	0,0325

4.3.1.1.1 Reacción química

Las reacciones que tienen lugar en la combustión estequiométrica, viene representada por la siguiente ecuación.

4.3.1.1.2 Combustión ideal

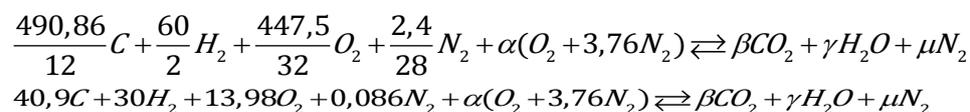


Donde:

“a,b,c,d” son las fracciones (en peso) de combustible si se da que a+b+c+d=1kg de combustible, α_q es el aire estequiométrico, “ β, γ, μ ” son las fracciones en moles de los productos. Cabe destacar que en esta ecuación no se muestra el contenido de azufre, debido a que se encuentra en proporciones despreciables.

Del promedio de la tabla 6, se tiene que:

$$\begin{aligned} a &= 490,86 \\ b &= 60 \\ c &= 447,5 \\ d &= 2,4 \end{aligned}$$



De aquí se tiene.

- Para el carbono:

$$\beta = 40,9 \rightarrow 40,9 O_2$$

- Para el hidrógeno:

$$\gamma = 30 \rightarrow 300 = \frac{30}{2} O_2 = 15 \text{ moles } O_2$$

Se necesitan (40,9 moles + 15 moles) O_2 , y se dispone de 13,98 moles de O_2 .

Por lo tanto, el oxígeno real necesario es:

$$O_{2,necesario} = (40,9 + 15 - 13,98) \text{ moles } O_2 = 41,92 \text{ moles } O_2$$

Por lo que

$$\alpha = 41,92$$

La cantidad de aire necesaria para una combustión estequiométrica, resulta.

$$N_{aire} = \alpha(O_2 + 3,76N_2) = 41,92(O_2 + 3,76N_2) = 41,92 \text{ moles } O_2 + 157,62 \text{ moles } N_2$$

$$N_{aire} = 199,54 \text{ moles de aire}$$

Volumen de aire necesario:

$$V_{a,madera} = N_{aire} \cdot 22,4 \frac{l}{mol} = 199,54 \text{ moles} \cdot 22,4 \frac{l}{mol} = 4469,7 l = 4469,7 m^3$$

$$V_{a,madera} = 4,47 \frac{m^3_{aire}}{kg_{chips}}$$

Por lo tanto, se requiere un volumen de $4,47 m^3$ de aire por cada kilo de chips de madera.

4.3.1.1.1.3 Cálculo de poder calorífico superior e inferior de madera

4.3.1.1.1.3.1 Poder calorífico superior (PCS)

Para calcular el PCS se utiliza:

$$PCS = 8100 \cdot \%C + 34000 \cdot \left(H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 2230 \cdot \%S$$

$$PCS = 8100 \cdot \frac{49 \text{ kcal}}{100 \text{ kg}_{chips}} + 34000 \cdot \left(\frac{6}{100} - \frac{44,75}{800} \right) \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_{chips}} = (3969 + 138,1) \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_{chips}}$$

$$PCS = 4107,2 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_{chips}}$$

4.3.1.1.3.2 Poder calorífico inferior (PCI)

$$PCI = PCS - 600(\%H_2O)$$

El porcentaje de agua luego de la combustión se determina a partir del coeficiente $\gamma = 31 \text{ moles}$.

$$1 \text{ mol } H_2O \rightarrow 18 \text{ g}$$

$$30 \text{ moles } H_2O \rightarrow 540 \text{ g de agua por cada 1 kg de combustible}$$

Por lo tanto el porcentaje de humedad es 54%.

$$PCI = 4107,2 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_{chips}} - 600 \cdot \left(\frac{54}{100} \right) \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_{chips}} = 3783,2 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_{chips}}$$

$$PCI = 3783,2 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}_{chips}}$$

4.3.1.1.2 Combustión de cáscara de arroz

La composición de la cáscara de arroz, al igual que la madera varía parcialmente. El procedimiento para adoptar un valor representativo es el mismo al anterior.

Se presentan a continuación las tablas pertinentes.

Tabla 7 (Applied Thermal Engineering, 2014)

Ultimate analysis (wt.%)	
C	38.0
H	4.55
O	32.4
N	0.69
S	0.06
Moisture	10.3
Ash	14.0

Tabla 8 (Kuen Song Lin, H. Paul Wang, 2014)

Ultimate analysis (wt.%)

Carbon	38.92
Hydrogen	5.55
Oxygen	37.94
Nitrogen	0.35
Sulfur	0.02
Chlorine	0.09
High heating value	3440 kcal/kg

Tabla 9 (TAKUMA, 2014)

Ultimate Analysis	
C%	36.10
H%	4.80
N%	0.29
S%	<0.02
O%	35.90
Cl%	0.16

Tabla 10 (Tarashiti, Omakaua, 2014)

Ultimate analysis

Comparison of rice husk, rice straw and wood in % (d.b.)

Property	Rice husk	Rice Straw	Wood
Carbon	38.7	37.7	48
Hydrogen	5	5	6.5
Oxygen	36	37.5	43
Nitrogen		0.5	0.6
Sulphur	0.1	NA	NA

Tabla 11 (S. M. Zahid Hasan, 2014)

Ultimate analysis result of rice husk

Carbon, %	Nitrogen, %	Chlorine, %	Sulfur, %	Hydrogen, %	Oxygen, %	Moisture, %	Ash, %
39.10	0.18	0.09	0.04	4.59	34.70	8.20	13.20

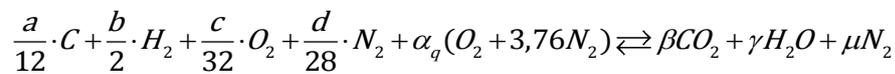
Tabla 12: Se compilan los promedios de los componentes de la cáscara de arroz.

Elemento	Tabla 7	Tabla 8	Tabla 9	Tabla 10	Tabla 11	Promedio
-	%	%	%	%	%	%
C	38	38,92	36,1	38,7	39,1	38,164
H	4,55	5,55	4,8	5	4,59	4,898
O	32,4	37,94	35,9	36	34,7	35,388
N	0,69	0,35	0,29	-	0,18	0,3775
S	0,06	0,02	0,02	0,1	0,04	0,048

4.3.1.1.2.1 Reacción química

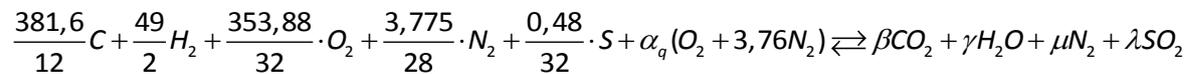
Al igual que para la combustión de los chips de madera, la cascara de arroz sigue la ecuación de combustión mostrada a continuación (para una combustión ideal)

4.3.1.1.2.1.1 Combustión ideal



Con la el promedio de la 12, se obtienen los valores de a, b, c, d y e.

$$\begin{aligned} a &= 381,6 \\ b &= 49 \\ c &= 353,88 \\ d &= 3,775 \\ e &= 0,48 \end{aligned}$$



Balaceando la ecuación se tiene:

Del carbono:

$$\beta = 31,8 \Rightarrow 31,8 \text{ moles de } O_2$$

Del hidrógeno:

$$\gamma = 24,5 \rightarrow 24,5 \text{ moles de } O = 12,25 \text{ moles de } O_2$$

Del azufre:

$$\lambda = 0,24 \Rightarrow 0,24 \text{ moles de } O_2$$

Teniendo el total de oxígeno requerido y disponible, se calcula el necesario.

$$O_{2, \text{ necesario}} = O_{2, \text{ requerido}} - O_{2, \text{ disponible}} = (31,8 + 12,25 + 0,24 - 11,058) \text{ moles } O_2 = 33,232 \text{ moles de } O_2$$

Por lo tanto:

$$\alpha_q = 33,232$$

Con esto se calcula el nitrógeno presente al final de la combustión es.

$$N_{2, \text{ presente}} = 33,232 \cdot 3,76 = 124,95 \text{ moles de } N_2 \Rightarrow \lambda = 124,95$$

La cantidad de aire necesario es:

$$33,232 \text{ moles de } O_2 + 124,95 \text{ moles de } N_2 = 158,2 \text{ moles de aire}$$

Considerando que un mol de cualquier gas ideal tiene un volumen de 22,4l, se tiene.

$$V_{a, \text{ cáscara}} = 158,2 \text{ moles} \cdot 22,4 \frac{l}{\text{mol}} = 3,543 \frac{m^3_{\text{aire}}}{kg_{\text{cáscara}}}$$

$$V_{a, \text{ cáscara}} = 3,543 \frac{m^3_{\text{aire}}}{kg_{\text{cáscara}}}$$

4.3.1.1.2.2 Cálculo del poder calorífico superior e inferior de la cáscara de arroz

A continuación se muestra los cálculos de los poderes caloríficos inferior y superior para la cáscara de arroz como combustible.

4.3.1.1.2.2.1 Poder Calorífico Superior (PCS)

Para calcular el PCS se utiliza:

$$PCS = 8100 \cdot \%C + 34000 \cdot \left(H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 2230 \cdot \%S$$

$$PCS = 8100 \cdot \frac{38,164}{100} + 34000 \cdot \left(\frac{4,9}{100} - \frac{35,388}{800} \right) + 2230 \cdot \frac{0,048}{100} = (3091 + 162 + 1,1) \frac{kcal}{kg_{\text{cáscara}}} = 3254,1 \frac{kcal}{kg_{\text{cáscara}}}$$

$$PCS = 3254,1 \frac{kcal}{kg_{\text{cáscara}}}$$

4.3.1.1.2.2.2 Poder calorífico superior (PCI)

$$PCI = PCS - 600(\%H_2O)$$

El porcentaje de agua luego de la combustión se determina a partir del coeficiente

$$\gamma = 24,5 \text{ moles}.$$

$$1 \text{ mol } H_2O \rightarrow 18 \text{ g}$$

$$24,5 \text{ moles } H_2O \rightarrow 441 \text{ g de agua por cada 1 kg de combustible}$$

Por lo tanto el porcentaje de humedad es 44,1%.

$$PCI = 3254,1 \frac{kcal}{kg_{cáscara}} - 600 \cdot \left(\frac{44,1}{100} \right) \frac{kcal}{kg_{cáscara}} = 2989,5 \frac{kcal}{kg_{cáscara}}$$

$PCI = 2989,5 \frac{kcal}{kg_{cáscara}}$
--

4.3.1.2 Combustión de las heces de pollos

Debido a que las heces son mayormente carbohidratos, compuestos de CO₂, H₂ y O₂, tienen potencial energético térmico. Con las proporciones adecuadas de O₂ se puede lograr una correcta combustión.

La composición química de las heces se puede determinar con ayuda de las siguientes tablas.

Tabla 13 (ETD, 2014)

Table- 8: Ultimate analysis of poultry manure

Nitrogen (%)	2.26 ± 0.02
Hydrogen (%)	4.29 ± 0.39
Carbon (%)	36.97 ± 0.34
Oxygen (%)	25.43 ± 0.57
Sulfur (%)	0.58 ± 0.07

Tabla 14 (ECN - Phyllis, 2014)

chicken manure

Property	Unit	Value			Std dev	Det lim	Lab	Date	Method
		ar	dry	daf					
▼ Fuel Properties									
▼ Proximate Analysis									
Moisture content	wt%	34.00	← Edit						
Ash content	wt%	16.70	25.30						
Volatile matter	wt%	39.60	60.00	80.32					
Fixed carbon	wt%	9.70	14.70	19.68					Calculated
▼ Ultimate Analysis									
Carbon	wt%	23.01	34.87	46.68					Measured
Hydrogen	wt%	3.08	4.66	6.24					Measured
Nitrogen	wt%	1.87	2.84	3.80					Measured
Sulphur	wt%	0.44	0.66	0.88					Measured
Oxygen	wt%	21.35	32.35	43.31					Measured
Total (with halides)	wt%	101.06	101.61	102.16					Calculated

Tabla 15 (Michael A. Serio, Rosemary Bassilakis, 2014)

Table 2 - Elemental Analysis of Manure and Wheat Straw (Reference) Samples*

Sample	Basis	Moisture	Ash	C	H	O	S	N
Chicken I ^a (broiler)	AR	11.4						
	D		22.1	37.0	5.0	30.8	0.8	4.3
	DAF			47.4	6.5	39.5	1.0	5.6
Chicken II ^b (layer)	AF	9.6						
	D		36.3	29.4	3.8	25.2	0.8	4.6
	DAF			46.1	6.0	39.5	1.2	7.2
Turkey ^c	AF	6.0						
	D		52.3	21.5	2.7	14.9	3.3	5.2
	DAF			44.8	5.7	31.8	6.9	10.8
Seabird ^d	AF	13.2						
	D		36.4	18.3	3.4	24.1	2.2	15.6
	DAF			28.8	5.3	37.8	3.4	24.7
Cow ^e	AF	24.5						
	D		74.0	13.2	1.8	8.5	0.6	1.9
	DAF			50.5	7.1	32.8	2.3	7.3
Wheat Straw (NIST)	AF	7.9						
	D		9.0	43.7	5.6	40.9	0.2	0.6
	DAF			48.0	6.2	44.9	0.2	0.7

Tabla 16 (Jonathan Rea, 2014)

Table 3: Published ultimate analyses of chicken waste.

Reference	C (%)	H (%)	O (%)	N (%)	S (%)	Ash (%)	Moisture (%)
Dayananda et al ²²	25.2	3.5	22.25	6.7	0.25	34.8	7.3
Bock Consulting ²³	27.2	3.7	23.1	2.7	0.3	15.7	27.4
Serio et al ²⁴ (Broiler)	37.0	5.0	30.8	4.3	0.8	22.1	11.4
Serio et al ²⁴ (Layer)	29.4	3.8	25.2	4.6	0.8	36.3	9.6

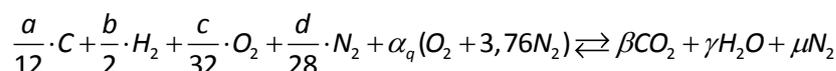
Tabla 17: Promedio de la composición de las heces de pollos.

Elemento	Tabla 13	Tabla 14	Tabla 15	Tabla 16	Promedio
-	%	%	%	%	%
C	36,97	34,87	37	29,16	34,5
H	4,29	4,66	4,66	5	4,6525
O	25,43	32,35	32,35	30,8	30,2325
N	2,26	2,84	2,84	4,3	3,06
S	0,58	0,66	0,66	0,8	0,675

4.3.1.2.1 *Reacción química*

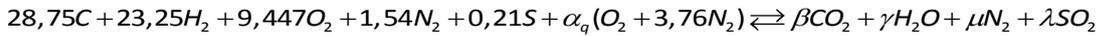
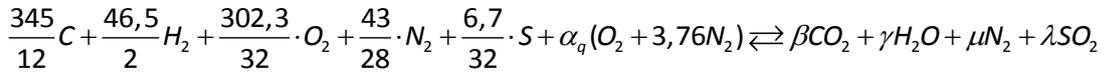
Al igual que para la combustión de la materia virgen, las heces siguen la ecuación de combustión mostrada a continuación (para una combustión ideal)

4.3.1.2.1.1 *Combustión ideal*



Con la columna “promedio” de la tabla 17, se obtienen los valores de a, b, c, d y e.

$$\begin{aligned} a &= 345 \\ b &= 46,5 \\ c &= 302,3 \\ d &= 43 \\ e &= 6,7 \end{aligned}$$



Balanceando la ecuación se tiene:

Del carbono:

$$\beta = 28,75 \Rightarrow 28,75 \text{ moles de } O_2$$

Del hidrógeno:

$$\gamma = 23,25 \rightarrow 23,25 \text{ moles de } O = 11,625 \text{ moles de } O_2$$

Del azufre:

$$\lambda = 0,21 \Rightarrow 0,21 \text{ moles de } O_2$$

Teniendo el total de oxígeno requerido y disponible, se calcula el necesario.

$$O_{2, \text{necesario}} = O_{2, \text{requerido}} - O_{2, \text{disponible}} = (28,75 + 11,625 + 0,21 - 9,447) \text{ moles } O_2 = 31,138 \text{ moles de } O_2$$

Por lo tanto:

$$\alpha_q = 31,138$$

Con esto se calcula el nitrógeno presente al final de la combustión es.

$$N_{2, \text{presente}} = 31,138 \cdot 3,76 = 117,1 \text{ moles de } N_2 \Rightarrow \lambda = 117,1$$

La cantidad de aire necesario es:

$$31,138 \text{ moles de } O_2 + 117,1 \text{ moles de } N_2 = 148,2 \text{ moles de aire}$$

Considerando que un mol de cualquier gas ideal tiene un volumen de 22,4l, se tiene.

$$V_{a, \text{heces}} = 148,21 \text{ moles} \cdot 22,4 \frac{l}{\text{mol}} = 3,320 \frac{m^3_{\text{aire}}}{kg_{\text{heces}}}$$

$$V_{a, \text{heces}} = 3,773 \frac{m^3_{\text{aire}}}{kg_{\text{heces}}}$$

4.3.1.2.2 Cálculo del poder calorífico superior e inferior de las heces de pollos

Como ya se dijo, las heces son compuestos derivados de carbón, hidrógeno, oxígeno y otros. Por lo que el poder calorífico, depende del poder propio de sus componentes y de las proporciones en que se encuentran.

4.3.1.2.2.1 Poder Calorífico Superior (PCS)

Para calcular el PCS se utiliza:

$$PCS = 8100 \cdot \%C + 34000 \cdot \left(H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 2230 \cdot \%S$$

$$PCS = 8100 \cdot \frac{39,5}{100} + 34000 \cdot \left(\frac{4,3}{100} - \frac{27,3}{800} \right) + 2230 \cdot \frac{0,8}{100} = (3199,5 + 301,75 + 17,84) kcal$$

$$PCS = 3519,1 kcal$$

4.3.1.2.2.2 Poder calorífico superior (PCI)

$$PCI = PCS - 600(\%H_2O)$$

El porcentaje de agua luego de la combustión se determina a partir del coeficiente $\gamma = 21,5 moles$.

$$1 mol H_2O \rightarrow 18g$$

$$21,5 moles H_2O \rightarrow 387g \text{ de agua por cada } 1kg \text{ de heces}$$

Por lo tanto el porcentaje de humedad es 38,7%.

$$PCI = 3519 \frac{kcal}{kg_{heces}} - 600 \cdot \left(\frac{38,7}{100} \right) \frac{kcal}{kg_{heces}} = 3283,8 \frac{kcal}{kg_{heces}}$$

4.3.1.3 Combustión de la cama de pollos

Se obtuvo anteriormente los volúmenes de aire necesarios para la combustión de los componentes de la cama de pollos por separado. Ahora se presenta el aire para el compuesto.

Por cada 1kg de heces, se tiene 2/3kg de chips de madera, por lo tanto:

$$1,6666 kg_{cama} \rightarrow 1 kg_{heces}$$

y

$$1,6666 kg_{cama} \rightarrow 0,666666 kg_{madera}$$

Entonces, para 1kg de cama de pollos se tiene (por regla de tres simple).

$$m_{heces} = 0,6 \frac{kg_{heces}}{kg_{cama}} \text{ y } m_{madera} = 0,4 \frac{kg_{madera}}{kg_{cama}}$$

4.3.1.3.1 Volumen de aire estequiométrico.

4.3.1.3.1.1 Cama de chips de madera

$$V_q = V_{a,heces} \cdot m_{heces} + V_{a,madera} \cdot m_{madera} = 4,657 \frac{m^3_{aire}}{kg_{chips}} \cdot 0,4 \frac{kg_{chips}}{kg_{cama}} + 0,6 \frac{kg_{heces}}{kg_{cama}} \cdot 3,773 \frac{m^3_{aire}}{kg_{heces}} = 4,127 \frac{m^3}{kg_{cama}}$$

Se necesitan $4,127 m^3 / kg_{cama}$ para una combustión ideal de la cama de pollos a base de chips.

4.3.1.3.1.2 Cama de cascara de arroz

$$V_q = V_{a,heces} \cdot m_{heces} + V_{a,cáscara} \cdot m_{madera} = 3,543 \frac{m^3_{aire}}{kg_{cáscara}} \cdot 0,4 \frac{kg_{cáscara}}{kg_{cama}} + 0,6 \frac{kg_{heces}}{kg_{cama}} \cdot 3,773 \frac{m^3_{aire}}{kg_{heces}} = 3,681 \frac{m^3}{kg_{cama}}$$

Se necesitan $3,681 m^3/kg_{cama}$ para combustión la cama de pollos a base de cascara de arroz.

4.3.1.3.2 Estimación del poder calorífico de la cama de pollos

4.3.1.3.2.1 Cama de chips de madera

Teniendo los poderes caloríficos de la madera y las heces, y las proporciones cada componente se determina los correspondientes a la cama de pollos.

$$PCS = \%heces \cdot PCS_{heces} + \%madera \cdot PCS_{madera} = 0,6 \cdot 3519,1 \frac{kcal}{kg_{comb}} + 0,4 \cdot 4107,2 \frac{kcal}{kg_{comb}} =$$

$$PCS = 3754,34 \frac{kcal}{kg_{comb}}$$

$$PCI = \%heces \cdot PCI_{heces} + \%madera \cdot PCI_{madera} = 0,6 \cdot 3283,8 \frac{kcal}{kg_{comb}} + 0,4 \cdot 3783,2 \frac{kcal}{kg_{comb}} =$$

$$PCI = 3483,56 \frac{kcal}{kg_{comb}}$$

2.1.1.1.1.1 Cama de cáscara de arroz

Con los poderes caloríficos de la cáscara de arroz y las heces, y las proporciones cada componente se determina los PCS y PCI de la cama de pollos.

$$PCS = \%heces \cdot PCS_{heces} + \%Cáscara \cdot PCS_{cáscara} = 0,6 \cdot 3519,1 \frac{kcal}{kg_{comb}} + 0,4 \cdot 3254,1 \frac{kcal}{kg_{comb}} =$$

$$PCS = 3413,1 \frac{kcal}{kg_{comb}}$$

$$PCI = \%heces \cdot PCI_{heces} + \%madera \cdot PCI_{madera} = 0,6 \cdot 3283,8 \frac{kcal}{kg_{comb}} + 0,4 \cdot 2989,5 \frac{kcal}{kg_{comb}} =$$

$$PCI = 3165,6 \frac{kcal}{kg_{comb}}$$

4.4 Estudio de requerimiento energético de una granja de pollos típica de la región en el período de un año.

Se detalla a continuación un resumen de los consumos energéticos que tienen las granjas de pollos para las diferentes épocas del año (otorgado por granja “El Progreso”).

Por galpón:

PFC – “Estudio y diseño de sistema aprovechamiento cama de pollos”

- Iluminación: 35 lámparas de 20w, se encuentran encendidas las 24hs del día, durante toda la crianza.
- Ventilación: 12 extractores de 1hp instalados. Se ponen en funcionamiento dependiendo de la temperatura dentro del galpón. En verano es cuando más tiempo se mantienen en funcionamiento.
- 1 bomba de riego de 2hp, con funcionamiento variable.
- 2 líneas de comedero de 3/4hp, con períodos de funcionamiento variable.
- 1 alimentador transversal para agua de bebederos de 1hp. Tiempo de funcionamiento despreciable.

Los extractores, riegos y bebederos varían de acuerdo a la época del año, en meses calurosos funcionan durante más tiempo.

Tabla 18: Se presenta seguidamente el consumo eléctrico registrado a lo largo de un año en una granja de la zona, constituida de 6 galpones cuyas dimensiones son de 150m de largo por 12m de ancho, están manejados automáticamente por un sistema de control de tecnología de punta.

GRANJA	TARIFA	TRAFO kVA	POT. CONV. kW	Consumo Electrico [kW] - 2013											
				Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
El Progreso 2	T3	200	50	20500	37602	9606	27192	7668	14148	4206	14874	6828	21738	12090	27958
			50												

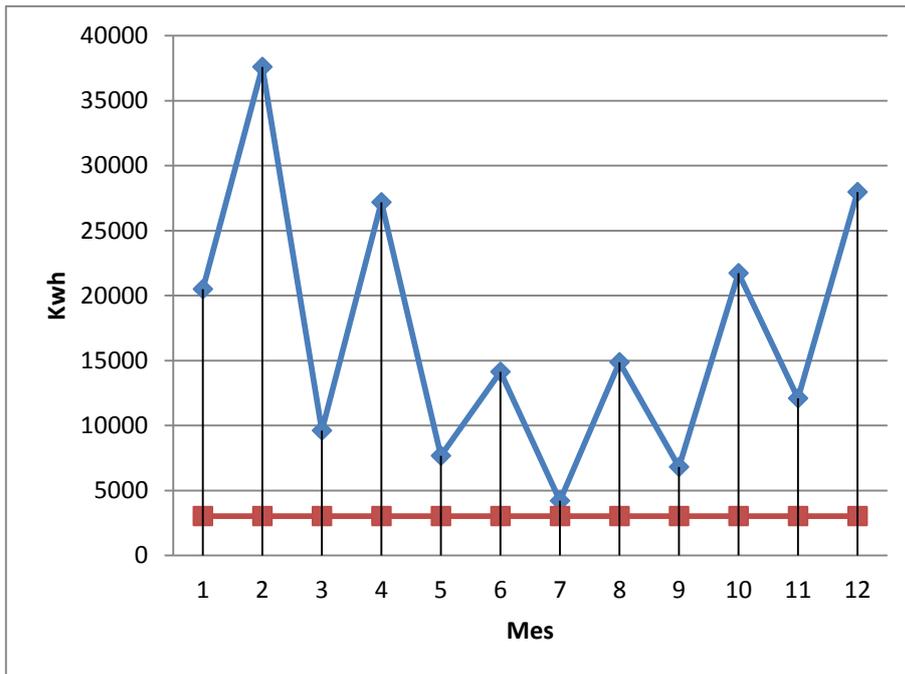
Tabla 19: Consumo de energía y de potencia promedio para el período de 30 días.

Granja completa (consumo de los 6 Galpones)			
Mes	Consumo [Kwh]	Consumo [Kw]	Iluminación [Kwh]
Enero	20500	28,5	3024
Febrero	37602	52,2	3024
Marzo	9606	13,3	3024
Abril	27192	37,8	3024
Mayo	7668	10,7	3024
Junio	14148	19,7	3024
Julio	4206	5,8	3024
Agosto	14874	20,7	3024
Septiembre	6828	9,5	3024
Octubre	21738	30,2	3024
Noviembre	12090	16,8	3024
Diciembre	27958	38,8	3024

Gráfica 3: Consumo de energía de la granja por mes.

La línea constante (marrón) pertenece al consumo de energía por iluminación; es de notar que es constante debido a que se mantienen prendidas todas las luces las 24hs de día durante toda la crianza.

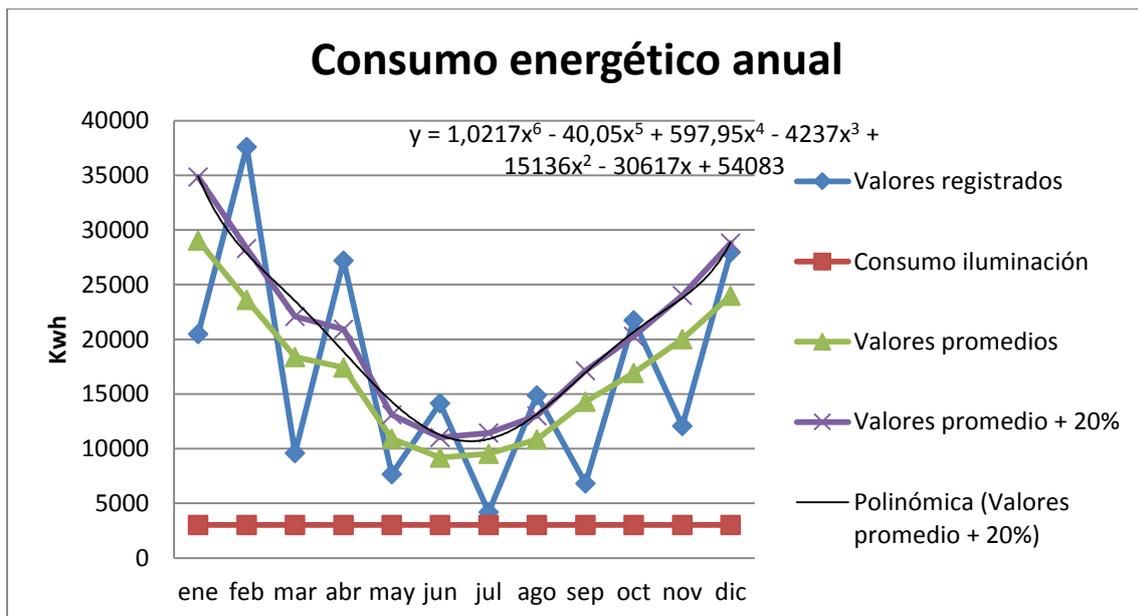
Gráfico 3: Consumo de energía de la granja por mes.



Para el diseño del sistema de aprovechamiento se necesita conocer la cantidad de energía que debe aportarse a la granja en promedio para cubrir el requerimiento de un año y, por otro lado, se debe elegir un valor de potencia instalada que logre cubrir mayormente los picos de consumo.

Para determinar los valores antes mencionados, se procede a realizar una aproximación con la recta de mejor ajuste de la herramienta Excel para un gráfico como el mostrado debajo, en el cual se presentan los consumos registrados para los diferentes meses.

Gráfico 4: Consumo energético anual



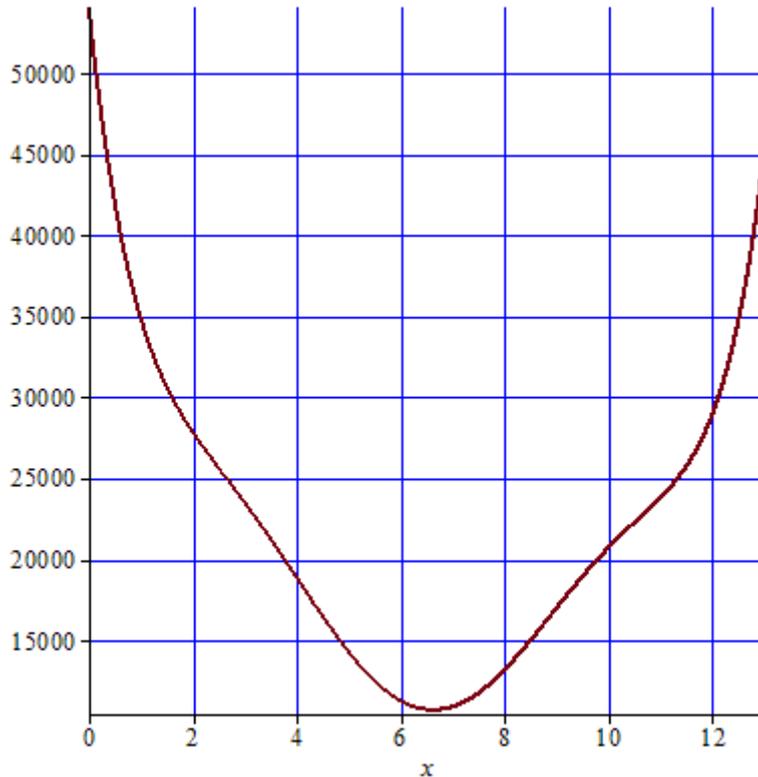
Es de notar que se graficó una curva (valores promedio + 20%) en la cual se contempla un 20% más de lo consumido por la granja. Esto es debido a:

- Incertidumbre en rendimiento real de gasificador.
- Incertidumbre en rendimiento real de motor.
- Días con variaciones en temperatura ambiente (verano e invierno), y consecuente variación en rendimientos.

Teniendo en cuenta la curva de mejor ajuste, con Maple se grafica la función a integrar, se calcula el área bajo la curva y con ella el valor medio, que representa en consumo medio durante el año.

Gráfico de función a integrar:

```
plot(1.0217 x^6 - 40.05 x^5 + 597.95 x^4 - 4237 x^3 + 15136 x^2 - 30617 x + 54083, x
= 0..13, numpoints = 20000, axis = [gridlines = [10, color = blue]])
```



Luego se procede a integrar

```
int(1.0217 x^6 - 40.05 x^5 + 597.95 x^4 - 4237 x^3 + 15136 x^2 - 30617 x + 54083, x
= 0..12)
```

2.545839991 10⁵

Teniendo el valor del área bajo la curva se calcula el valor promedio con:

```
eI := solve(b·12 = 2.545839991 105, b)
```

21215.33326

Este valor representa la energía promedio que consume la granja durante cada mes, expresada en kWh.

El equivalente en masa de biomasa se calcula seguidamente considerando una eficiencia de motor de 30%, un poder calorífico del gas 1000Kcal/m³, un rendimiento de 2,5m³ de gas por cada kg de biomasa.

$$kgbiol := \frac{eI}{ef} \cdot \frac{861}{p \cdot con} \quad 5$$

24355.20258

Por año, la biomasa necesaria es (en toneladas):

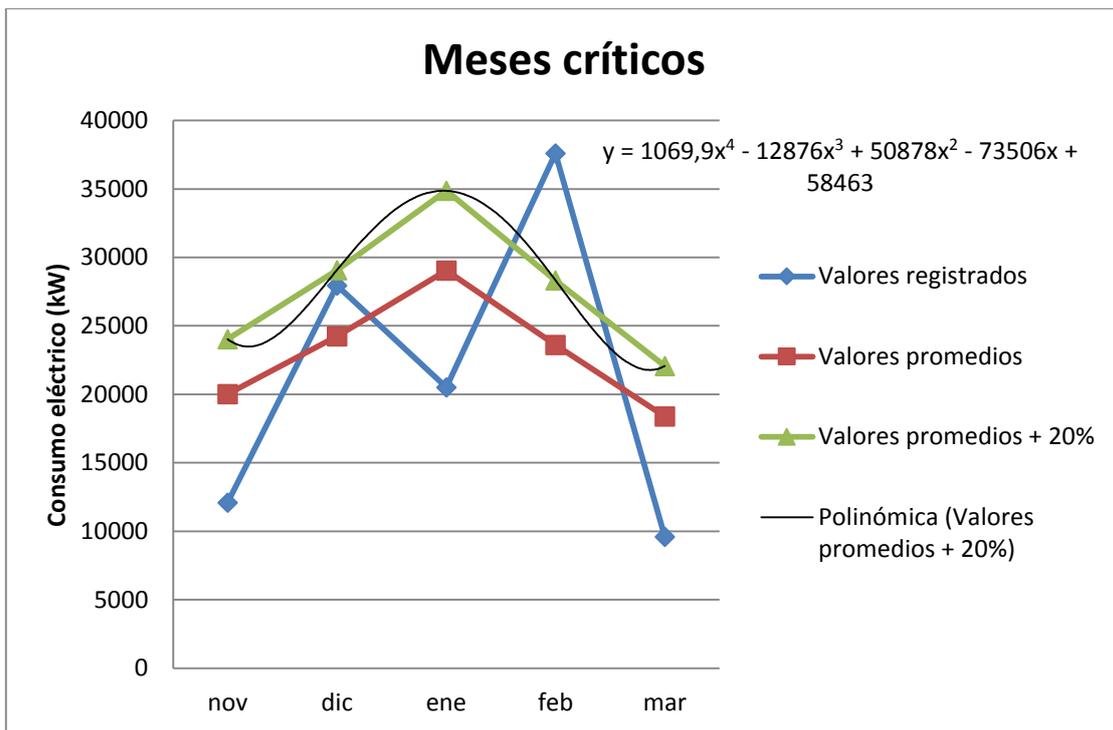
⁵ La constante “861” surge de la conversión de kwh a Kcal.

$$\frac{kgbio1 \cdot 12}{1000}$$

292.2624310

Debido a que el consumo de energía eléctrica no es parejo durante el año, es decir que tiene fluctuaciones bastante pronunciadas, se debe diseñar el almacenamiento de manera tal que permita disponer de la materia prima necesaria para cubrir el pico de consumo más elevado del año. Esto es, durante los meses noviembre, diciembre, enero y febrero que corresponden a las dos crianzas más desfavorables.

Gráfico 5: Meses críticos de consumo



Para ello, se saca el consumo total de energía eléctrica en este período y se lo traduce luego a cantidad de combustible a almacenar. Esto se realiza sobre los valores promedios con un sobredimensionamiento del 20% con ayuda de Excel (para hallar la ecuación de la línea de mejor ajuste) y Maple para encontrar el valor medio.

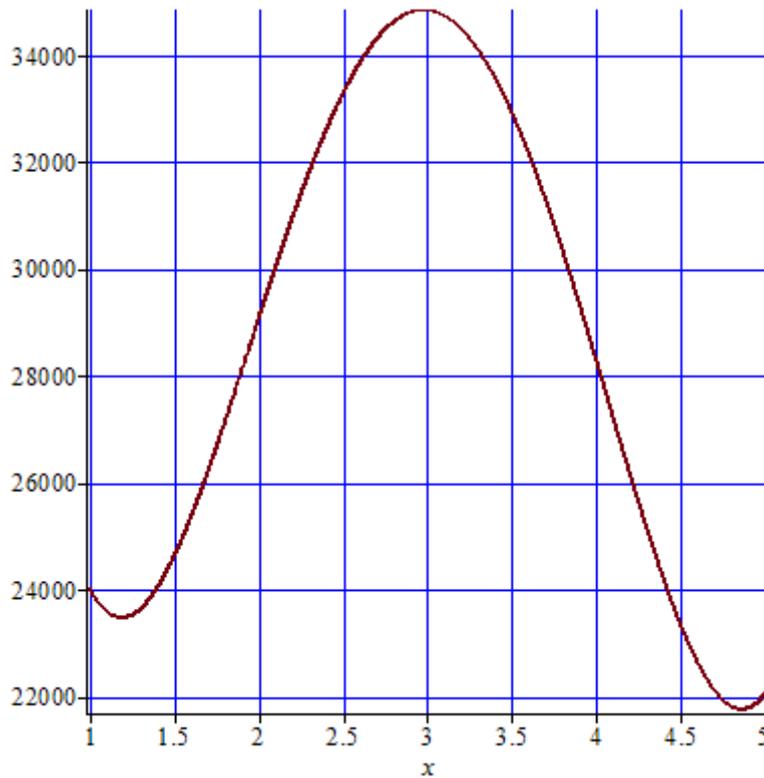
CALCULO CON CURVAS DOS CRIANZAS MAS CRTICAS CON UN 20% DE SEGURIDAD

$p := 1000 : ef := 0.3 : con := 2.5 :$

$y := 1069.9 \cdot x \cdot 4 - 12876 \cdot x \cdot 3 + 50878 \cdot x \cdot 2 - 73506 \cdot x + 58463$

$$1069.9x^4 - 12876x^3 + 50878x^2 - 73506x + 58463$$

$\rightarrow plot(y, x = 1 .. 5, numpoints = 20000, axis = [gridlines = [10, color = blue]])$



$$\int \left(\left(0.0138 \cdot \left(\frac{x}{1} \right) \cdot 6 \right) + \left(2.1803 \cdot \left(\frac{x}{1} \right) \cdot 5 \right) - \left(94.608 \cdot \left(\frac{x}{1} \right) \cdot 4 \right) + \left(1330.8 \cdot \left(\frac{x}{1} \right) \cdot 3 \right) - \left(7207.4 \cdot \left(\frac{x}{1} \right) \cdot 2 \right) + \left(9550 \cdot \left(\frac{x}{1} \right) \right) + 33795, x = 1..5 \right)$$

1.061993720 10⁵

Teniendo el valor de la integral, se determina el valor medio (expresado en kWh).

$$e := \text{solve}(b \cdot 4 = 1.061993720 \cdot 10^5, b)$$

26549.84300

El equivalente en masa de biomasa se calcula seguidamente considerando una eficiencia de motor de 30%, un poder calorífico del gas 1000Kcal/m³, un rendimiento de 2,5m³ de gas por cada kg de biomasa.

$$kgbio := \frac{e}{ef} \cdot \frac{861}{p \cdot con}$$

30479.21977

Toneladas de biomasa que se debe almacenar en el período (4 meses = 2 crianzas).

$$\frac{kgbio \cdot 4}{1000}$$

121.9168791

Por lo tanto, se debe almacenar 121,92 toneladas de cama de pollos para abastecer los dos períodos de mayor consumo.

4.5 Diseño y cálculo de sistema

4.5.1 Modo de funcionamiento del sistema

Las opciones de operación del sistema de generación son dos:

- Funcionamiento en sincronismo con la red.
- Funcionamiento aislado de la red.

4.5.1.1 Análisis opción 1:

El mecanismo necesario para coordinar el sincronismo y fase del moto-generator con la red consiste de un sistema electrónico, que toma la salida del generador y la adapta (a tensión y frecuencia constantes) a los valores necesarios (exigidos por la red o el usuario) en CA.

Técnicamente, es una solución interesante ya que, para el correcto funcionamiento de la granja, se necesita cubrir un espectro de cargas muy variables entre las diferentes estaciones del año, e incluso dentro de un mismo día (si se considera la variación de temperatura entre día y noche) y este sistema permite utilizar la energía que necesita la granja en el momento y el resto entregarla a la red y (dependiendo de la legislación del lugar referida al tema) obtener una ganancia por ello; o bien, tomar de la red el defecto de energía cuando el sistema autónomo en cuestión no llega a cubrir los requerimientos del establecimiento.

Legislativamente en Argentina, existe un inconveniente marcado: No existe una legislación a nivel nacional que contemple un marco regulatorio para la generación de energía eléctrica de pequeños generadores (potencias menores a 1MW).

Sin embargo, en la provincia de Santa Fe, el tema está más desarrollado y se presenta la ley provincial N° 12503 donde *“se declara de interés provincial la generación y el uso de energías alternativas o blandas a partir de la aplicación de las fuentes renovables en todo el territorio de la Provincia de Santa Fe.”* También define a las *“energías renovables, alternativas o blandas, a todas aquellas que se producen naturalmente, en forma inagotable y sin ocasionar perjuicio al equilibrio ambiental”*. Define como este tipo de energías a las procedentes de *“el viento, el sol, el biogás, la biomasa, la geotermia, la mini-hidráulica, y toda otra que científicamente se desarrolle manteniendo las cualidades básicas que distinguen a este tipo de energía”*.

Noticias presentadas en el diario La Nación, certifican que la provincia de Santa Fe es la primera de la Argentina en adoptar esta política; sin embargo, otras como Salta y Tucumán están en vías de lograr esta implementación (Ver anexo VII).

4.5.1.2 Análisis opción 2:

Con este diseño, se puede hacer independiente la crianza de aves del suministro de energía eléctrica. Considerando esta alternativa, es punto muy favorable para considerar la oportunidad de expandir las zonas de producción avícola a las partes del país que no dispongan de un sistema eléctrico con gran potencia y fiabilidad. Sin embargo, para la zona no es necesario ya que la disponibilidad de energía en las redes es buena.

Legislativamente no tiene ningún inconveniente, debido a que no se requiere de permiso alguno para funcionar como autónomo, y como ya se dijo económicamente la diferencia no es influyente.

Económicamente, la opción de funcionamiento 1 y 2 tienen costos similares.

4.5.1.3 Conclusión

Analizando las dos alternativas, se decide que la mejor opción para la zona es la 1 por las ventajas técnicas que presenta en el funcionamiento; y, por otro lado, porque permite optimizar al máximo el aprovechamiento del residuo si se considera el valor real de la energía.

4.5.2 Potencia instalada

El valor de la potencia instalada es aquel que esté por encima del máximo valor de consumo instantáneo de energía. Para el sistema en cuestión corresponde a la suma de la potencia de todas las cargas instaladas en cada galpón, las cuales se detallan seguidamente.

Potencia Instalada (por galpón)			
Carga	Potencia unit (kW)	Cantidad	potencia total (kW)
Iluminación	0,020	35,000	0,700
Ventiladores	0,750	12,000	9,000
Bombas	1,500	1,000	1,500
Transversal	0,750	1,000	0,750
Comederos	0,6	2,000	1,125
TOTAL			13,075

Por lo tanto la potencia instalada de cálculo para la granja es:

$$P = P_u \cdot N_{galpones} = 13,075kW \cdot 6 = 78,45kW$$

4.5.3 Pre - selección de gasificador

El sistema gasificador seleccionar es de la empresa Ankur Scientific Energy Technologies Private Limited, de India.

Se preseleccionan dos modelos que son los que, a priori, satisfacen de modo favorable los requerimientos del sistema. Las características de cada uno de ellos se especifican en las imágenes.

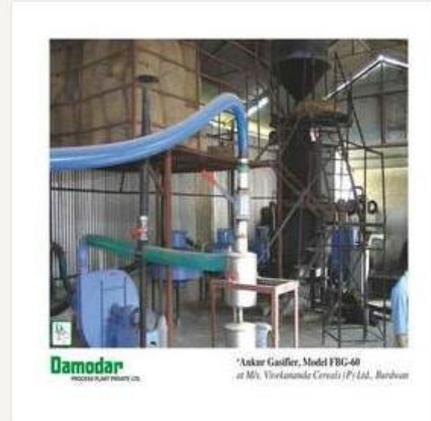


Ankur Scientific Energy Technologies Private Limited
 Vadodara, Gujarat

Gasifier FBG -60

We have years of experience in manufacturing a wide range of **Gasifier FBG -60**. Engineered with utmost caution, these contribute to lesser toxic emissions & reduction in fuel wood consumption. Owing to these reasons, our gasifiers are used as biogas by farmers and also find application in numerous industries.

Gasifier Model	FBG-60
Gas Flow Rate	150 nm ³ /hr
Thermal Output	155,000 kcal/hr
Biomass Consumption	upto 72 kg/hr



Yes! I am interested

Gasifier FBG -80

In our extensive array of systems, we have in-store superior quality Gasifier FBG -80. Easy to install, these systems are capable of bearing extreme temperature. In addition to this, these systems have modern features and require very little maintenance. Our customers can purchase these gasifiers at market leading prices from us.

gasifier model	FBG -80
gas flow rate	200 nm ³ /hr
thermal output	206,000 kcal/hr
biomass consumption	upto 96 kg/hr

Yes! I am interested

Seguidamente se muestra un reporte realizado por la empresa Ankur donde se ve la composición del gas de salida, así como también el poder calorífico inferior del mismo.

Gráfico 6: Reporte de análisis de gas.

PRODUCER GAS ANALYSIS REPORT		
Client's Name & Address	Report No.	EME/LAB/CEIPL/2004-05/144
Clarke Energy India Pvt.Ltd. Shivkiran, Plot No. 160, Lane No. 4, CTS No. 632, Dahanukar Colony, Kothrud, Pune 411 038	Dated	14/03/2005
	Lab Reference No.	EME/LAB/CEIPL/2004-05/144
	Date of Analysis	12/03/2005

RESULTS

Sr. No.	Parameters	Unit	Results
01	Hydrogen	%	18.56
02	Oxygen	%	0.80
03	Nitrogen	%	50.01
04	Methane	%	3.40
05	Carbon Monoxide	%	14.40
06	Carbon Dioxide	%	11.00
07	Particulate Matter	mg/NM ³	6.03
08	Tar	mg/NM ³	3.0
09	Lower Calorific Value	Kcal/NM ³	1289

Details of Sample: Producer -gas sample collected from Ankur Scientific Technologies Pvt. Ltd. Savli ,Baroda,Gujarat.

REMARKS / OBSERVATIONS:

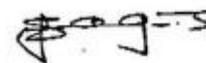
For MITCON Ltd



Sr. Chemist



For MITCON Ltd



Lab In-charge

Conociendo las características de los modelos FBG-60 y FBG-80, se puede determinar si cubren los requerimientos energéticos de la granja o no, hecho que se muestra en pasos posteriores.

4.5.4 Cálculo cantidad de cama de pollos necesaria para cubrir potencia instalada

La potencia instalada es de 78,45kW.

Considerando un factor de simultaneidad de 0,9 se tiene la potencia de diseño (P_d).

$$P_d = P_{inst} \cdot F_s = 78,45kW \cdot 0,9 = 70,6kW \longrightarrow \text{Realizando la conversión a kcal/h se tiene:}$$

$$P_d = 70,6kW \cdot 861 \frac{kcal/h}{kW} = 60752,16 \frac{kcal}{h} \longrightarrow \text{Potencia a entregar por el motor-generator.}$$

Considerando el rendimiento del grupo generador (30%), se determina la potencia térmica a entregar por el gasificador.

$$P_{gas} = \frac{P_d}{\eta} = \frac{60752,16}{0,3} \text{ kcal/h} = 202507,2 \text{ kcal/h}$$

El modelo de gasificador FBG-60 tiene como características un caudal de salida de gas de 150Nm³/h y un consumo de 72kg/h de combustible, mientras que el modelo FBG-80 tiene un caudal de salida de 200 Nm³/h y un consumo de 96kg/h de combustible. Se realiza el cálculo de la potencia térmica que es capaz de entregar cada gasificador.

4.5.1.3.1 Potencia FBG-60.

$$P_{FGB-60} = Q \cdot P_{C,gas} = \frac{150 \text{ Nm}^3}{h} \cdot \frac{1200 \text{ kcal}}{\text{Nm}^3} = 180000 \frac{1200 \text{ kcal}}{h}$$

$P_{FGB-60} < P_{gas} \therefore$ No es suficiente

4.5.1.3.2 Potencia FBG-80.

$$P_{FGB-80} = Q \cdot P_{C,gas} = \frac{200 \text{ Nm}^3}{h} \cdot \frac{1200 \text{ kcal}}{\text{Nm}^3} = 240000 \frac{1200 \text{ kcal}}{h}$$

$P_{FGB-80} > P_{gas} \therefore$ Satisface los requerimientos

Este equipo satisface los requerimientos energéticos de diseño, y el consumo de combustible según lo especificado por el fabricante es de 96kg/h, y la densidad de la cama de pollos 0,7tn/m³.

$$\dot{V}_{cama} = \frac{\dot{m}}{\delta} = \frac{0,096 \frac{\text{tn}}{h}}{0,7 \text{ tn/m}^3} = 0,133 \frac{\text{m}^3}{h} \longrightarrow \text{Para una crianza completa (60 días) es:}$$

$$\dot{V}_{cama} = 0,133 \frac{\text{m}^3}{h} \cdot \frac{24h}{\text{día}} \cdot \frac{60 \text{ días}}{\text{crianza}} = \frac{197,5 \text{ m}^3}{\text{crianza}} \longrightarrow \text{Con este valor se calcula el espesor que se necesita extraer por galpón y crianza, del siguiente modo.}$$

$$\dot{V}_{cama} = N_{galpones} \cdot S_{galpon} \cdot e \longrightarrow e = \frac{\dot{V}_{cama}}{N_{galpones} \cdot S_{galpon}} = \frac{197,5 \text{ m}^3}{6_{galpones} \cdot 1800 \frac{\text{m}^2}{galpon}} = 0,01828 \text{ m}$$

Entonces e=1,828cm para lograr obtener (según el fabricante) una potencia térmica de 240.000kcal/h, sin embargo el sistema requiere de 202.507,2kcal/h; por lo tanto extrayendo un espesor de 2cm de cama de pollos por crianza el sistema funciona correctamente e incluso sobra combustible.

Por lo tanto, el volumen real a almacenar es:

$$V_{Alm} = e \cdot N_{galpones} \cdot S_{galpon} = 0,02 \text{ m} \cdot 6_{galpones} \cdot 1800 \frac{\text{m}^2}{galpon} = 216 \text{ m}^3$$

4.5.5 Selección de gasificador

Como se ve, el modelo de gasificador que se adapta mejor al sistema es el FBG-80, por lo que este es el modelo del proyecto.

Las características fundamentales se señalan a continuación:

- Caudal de gas generado: 200Nm³/h o
- Consumo de combustible: 96kg/h
- Poder calorífico aproximado: 1200kcal/h
- Dimensiones globales (ancho, largo, alto): 4mx4,7mx5,12m.

Gráfico 7: Vista frontal gasificador

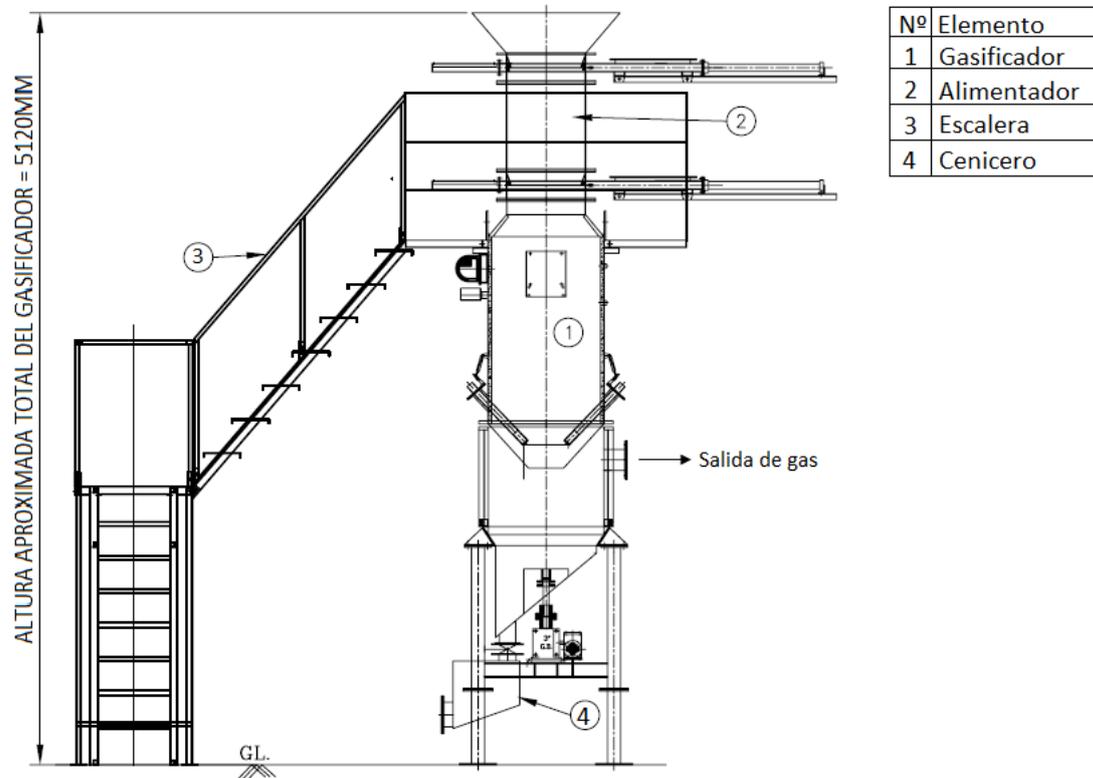
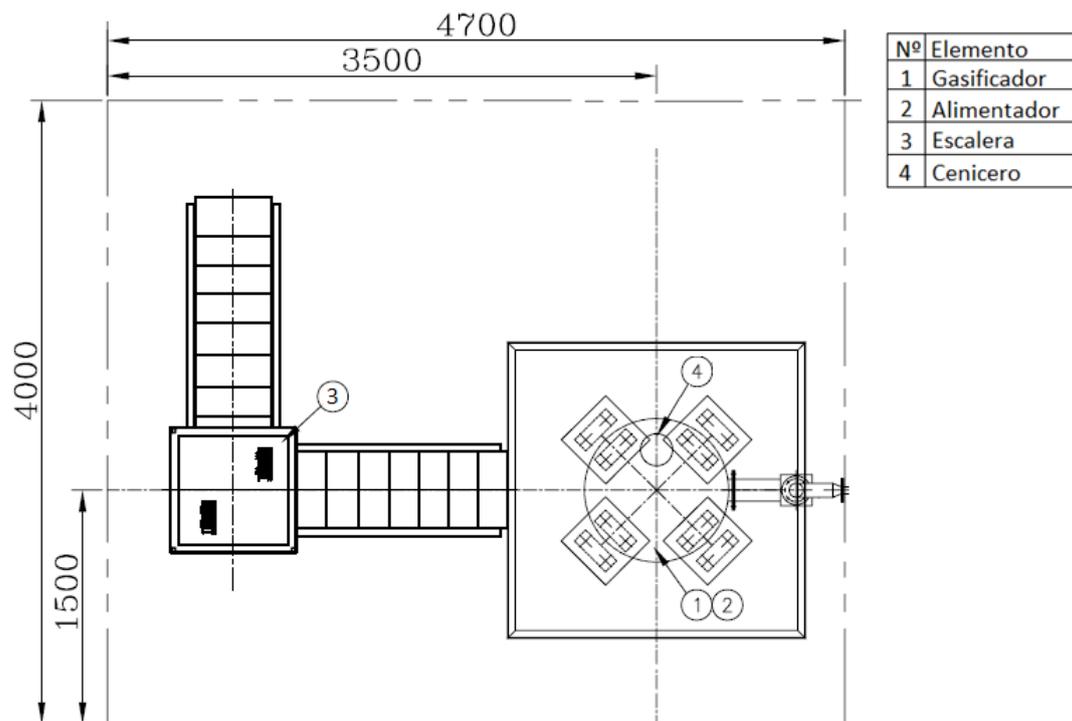


Gráfico 8: Vista lateran gasificador (medidas en "mm")



4.5.6 Tratamiento de gas

El gas de salida, producto de la gasificación presenta algunos inconvenientes; tales como presencia de sólidos en suspensión en la corriente de gas, temperatura elevada y concentración de TAR (alquitrán), los cuales deben ser resueltos antes del ingreso al motor de combustión interna.

El primero de ellos, se reduce con un sistema de separación ciclónico colocado inmediatamente después de la salida del gasificador. Y, luego de sufrir otros procesos, se termina de limpiar mediante un filtro pasivo.

El segundo, temperatura elevada, se reduce en dos etapas: 1 - El ciclón además de funcionar como separador de partículas sólidas, participa activamente en la refrigeración debido a que funciona como un intercambiador de calor con el medio (mayormente a través de un proceso de transferencia por radiación, debido a las altas temperaturas del gas en este punto). 2 - Un aero-enfriador toma la salida del ciclón y reduce la temperatura del gas hasta alcanzar los 120° (temperatura de diseño óptima para el correcto funcionamiento del sistema global).

El tercero, se adopta para la separación de los alquitranes presentes en el gas, un tubo de Venturi, con la particularidad que se derrama agua en su interior, la cual es arrastrada por el flujo de gas y que al llegar a la garganta del equipo se atomiza por acción de la alta velocidad, incrementándose varias veces la superficie de contacto y generándose así un enfriamiento evaporativo del gas.

La separación de los alquitranes se da por 3 motivos, el brusco descenso de temperatura hace que el gas quede por debajo del punto de rocío de la gran mayoría de los alquitranes, razón por la cual condensan. El agua actúa como aglomerante favoreciendo la formación de partículas de mayor tamaño, las cuales se depositan en el fondo del equipo por acción del violento cambio de dirección que sufre el gas que permite una separación de sólidos del tipo inercial.

Según ECN (Energy Research centre of the Netherlands, 2014), se pueden distinguir cinco clases de alquitranes:

Clase 1: Son TAR indetectables, en ellos se incluyen los más pesados que condensan a alta temperatura aunque se encuentren en bajas concentraciones.

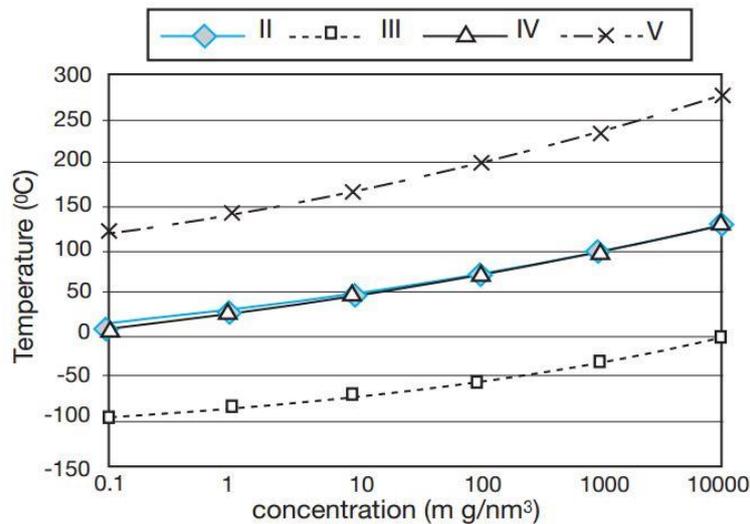
Clase 2: Componentes Heterociclicos como Fenoles, poseen alta solubilidad en agua como consecuencia de su polaridad.

Clase 3: Componentes aromáticos: hidrocarburos livianos que no presentan problemas de condensación ni solubilidad en agua.

Clase 4: Hidrocarburos poliaromaticos livianos: Estos componentes condensan en altas concentraciones y temperaturas intermedias.

Clase 5: Hidrocarburos poliaromaticos pesados: condensan a relativamente alta temperatura y a baja concentraciones.

La temperatura de diseño de salida del enfriador es 120°C, la principal razón se puede ver claramente en el siguiente gráfico:



Las concentración de los clase 5, por el tipo de gasificador backdraft, será muy baja (por la temperatura a la que se produce la combustión) por lo que condensara aproximadamente a 120°C, y la temperatura de salida del enfriador no puede estar muy por encima de este valor ya que, de esta manera, se requeriría un enfriamiento excesivo en el sistema posterior (tubo venturi), y se cargaría de humedad el gas a niveles perjudiciales para el motor.

Por último, otro mecanismo para evitar las deposiciones de alquitranes en las tuberías es mantener una velocidad de más de 20m/s a lo largo de todo el recorrido del gas por el enfriador y en especial sobre los últimos pasos del mismo.

4.5.6.1 Ciclón

El diseño y cálculo del sistema ciclónico se realiza en base a (Perry, Jhon: "Manual del ingeniero químico"). Está constituido por el cuerpo del ciclón propiamente dicho, por un colector de cenizas y un soporte metálico.

4.5.6.1.1 Diseño geométrico

Condiciones de entrada:

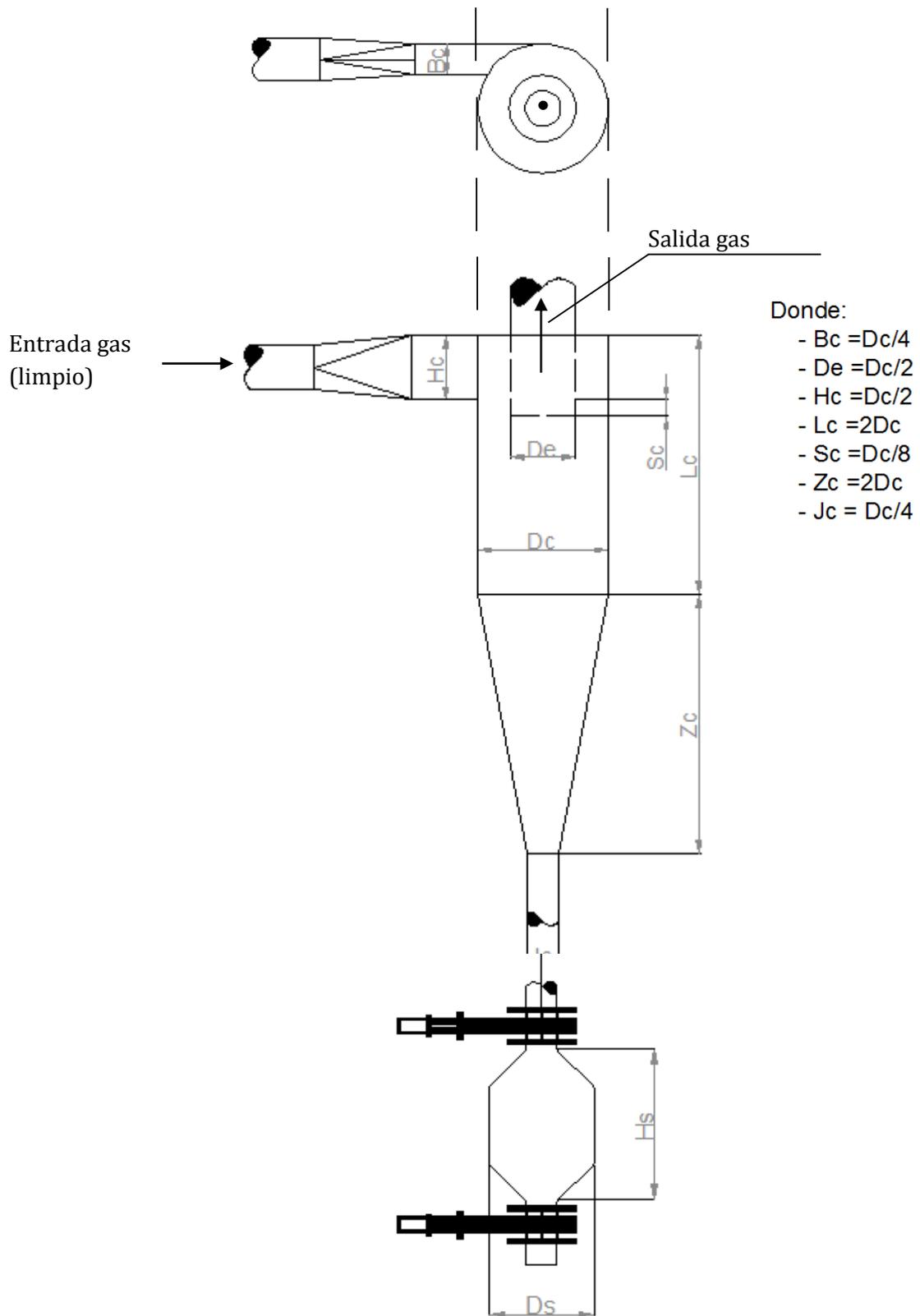
- Temperatura: 700°C.
- $\dot{V}_{CNPT} = 200 \frac{m^3}{h}$

De la ley de los gases ideales.

$$\frac{P_1 \cdot \dot{V}_1}{T_1} = \frac{P_{CNPT} \cdot \dot{V}_{CNPT}}{T_{CNPT}} \Rightarrow \dot{V}_1 = \frac{\dot{V}_{CNPT} \cdot T_1}{T_{CNPT}} = \frac{200 \frac{m^3}{h} \cdot (700 + 273)K}{(0 + 273)K} = 712,8 \frac{m^3}{h}$$

$$\dot{V}_1 = 712,8 \frac{m^3}{h}$$

El modelo de ciclón que se utiliza tiene las relaciones que se muestra en el siguiente esquema.



Según el manual citado, la velocidad recomendable para la entrada al ciclón es de 15m/s. En función del caudal volumétrico, ésta velocidad y la ecuación de continuidad se determina la sección de entrada (y por ende sus dimensiones H_c y B_c).

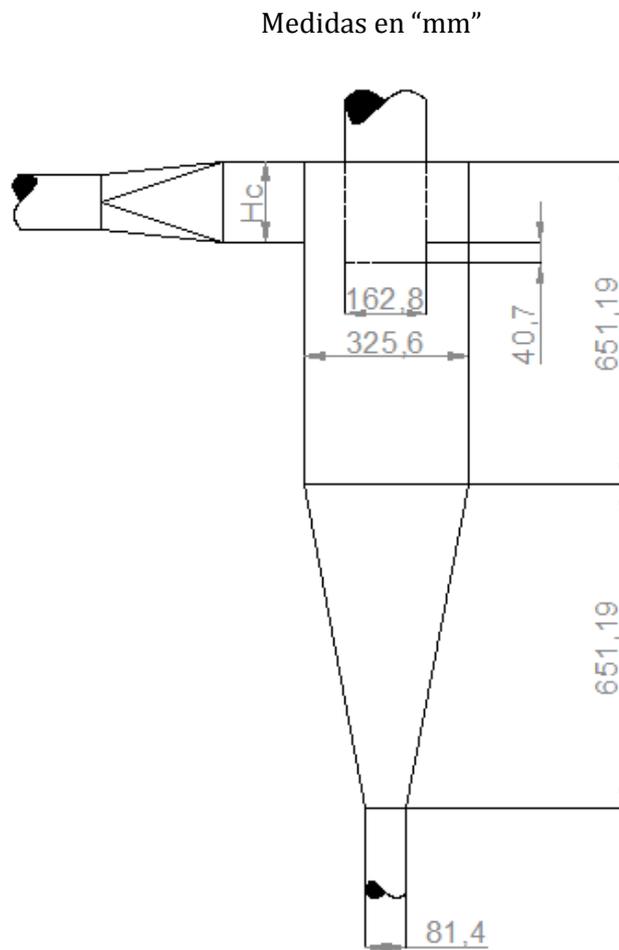
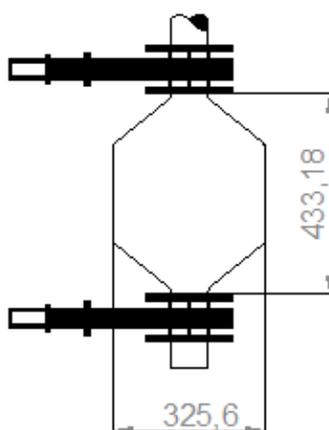
$$\dot{V}_1 = A_c \cdot v = H_c \cdot B_c \cdot v \Rightarrow H_c \cdot B_c = \frac{\dot{V}_1}{v} = \frac{712,8 \frac{m^3}{h}}{15 \frac{m}{s} \cdot 3600 \frac{s}{h}} = 0,013255m$$

Según las relaciones presentes en el esquema:

$$\left. \begin{array}{l} H_c = D_c / 2 \\ B_c = D_c / 4 \end{array} \right\} A_c = \frac{D_c}{4} \cdot \frac{D_c}{2} = \frac{D_c^2}{8} \Rightarrow D_c = \sqrt{A_c \cdot 8} = \sqrt{0,013255m^2 \cdot 8} = 0,3256m$$

Por lo tanto, las dimensiones del ciclón resultan:

$$\begin{aligned} B_c &= D_c / 4 = 0,3256m / 4 = 0,0814m \\ D_e &= D_c / 2 = 0,3256m / 2 = 0,1628m \\ H_c &= D_c / 2 = 0,3256m / 2 = 0,1628m \\ L_c &= 2D_c = 2 \cdot 0,3256m = 0,6512m \\ S_c &= D_c / 8 = 0,3256m / 8 = 0,0407m \\ Z_c &= 2D_c = 2 \cdot 0,3256m = 0,6512m \\ J_c &= D_c / 4 = 0,0814m \\ H_s &= 4 / 3D_c = 0,43318m \\ D_s &= D_c = 0,3256m \end{aligned}$$



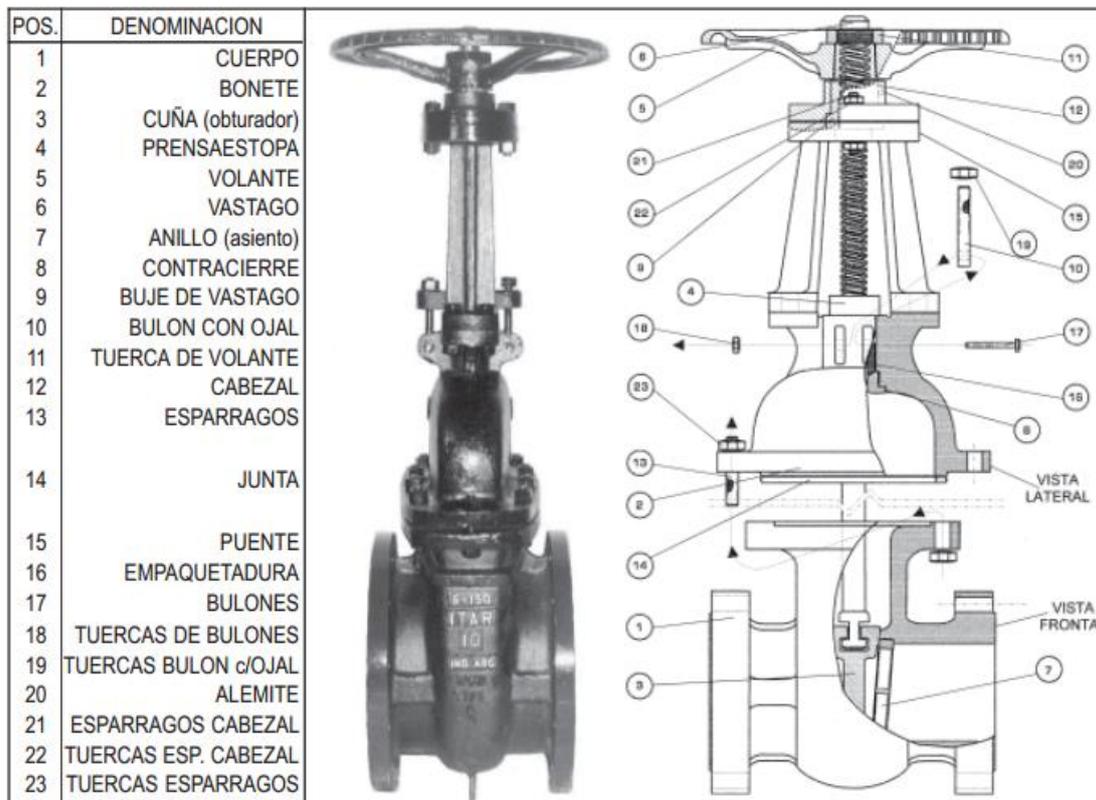
Es de destacar, que en colector de cenizas poseen dos válvulas exclusas. Esto es necesario debido a que el sistema trabaja con presión negativa. Cuando está en funcionamiento el colector se mantiene abierta la compuerta superior, mientras que, cuando se va a retirar las cenizas, se cierra dicha compuerta y se abre la inferior, permitiendo el vaciado del

colector. Una vez completado el proceso, se vuelve a cerrar la llave inferior y a abrir la llave superior, para dar comienzo a un nuevo ciclo de recolección.

4.5.6.1.1 *Válvulas esclusas:*

Para el desalajo de cenizas del colector se utilizan llaves esclusas, de un diámetro nominal de 3”, CLASE 150, con unión bridada según norma ASME B16.5. Se selecciona de la marca Itar srl, situada en Lanús (Buenos Aires, Argentina).

VALVULA ESCLUSA ACERO FUNDIDO





DISEÑO:

Válvula esclusa de acero fundido Clase 150 psi (PN 20 bar), Normas API 600/API 6D.

Dimensiones entre bridas y extremos para soldar según ANSI B16.10 y B16.25.
Dimensión bridas ANSI B16.5.

Presiones y temperaturas de operacion ASME B16.34

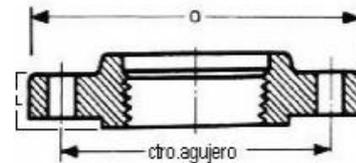
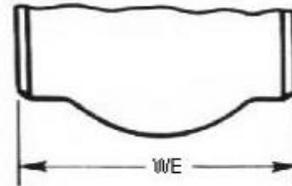
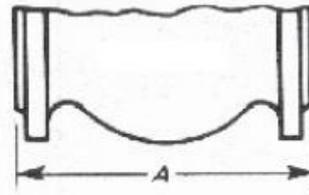
Bonete abulonado, yugo y rosca exterior, vástago ascendente, volante fijo, cuña sólida o flexible, asientos renovables roscados o soldados al cuerpo. Extremos bridados RF.

ENSAYOS (API598):

Cuerpo 450 psi (30 bar)
Cierre 300 psi (21 bar)

OPERACION ESTANDAR:

150 psi a 500° F
10,5 bar a 260° C



CLASE 150

DIMENSIONES

∅ nominal pulg. (NPS)	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24
∅ nominal mm. (DN)	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600
entre bridas (A)	178	190,5	203,2	228,6	254	266,7	292,1	330,2	355,6	381	406,4	431,8	457,2	508
entre caras (WE)	216	241,3	282,4	304,8	381	403,3	419,1	457,2	501,6	571,5	609,6	660,4	771,2	812,8
∅ exterior bridas (O)	152,5	178	191	229	254	279	343	406	483	535	595	635	700	815
espesor brida c/resalte (L)	19	22,3	23,9	23,9	23,9	25,4	28,4	30,2	31,7	35	36,6	39,6	42,9	47,7
espesor resalte	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
∅ de resalte	92	104,8	127	157,2	185,7	215,9	269,9	323,8	381	412,7	469,9	533,4	584,2	692,2
∅ centro de agujero	120,5	139,7	152,4	190,5	215,9	241,3	298,4	361,9	431,8	476,2	539,7	577,8	635	749,3
N° y ∅ de agujeros	4x19	4x19	4x19	8x19	8x22	8x22	8x22	12x25	12x25	12x28	16x28	16x32	20x32	20x35

4.5.6.1.1.2 Cálculo pérdida de carga

La pérdida de carga del equipo viene representada por la siguiente expresión empírica.

$$h_c = \frac{0,065 \cdot \rho_{\text{gas},e} \cdot v_e^2 \cdot A_c}{De^2}$$

Donde:

- $\rho_{\text{gas},e} = 0,307 \text{ kg/m}^3$ = densidad del gas a la entrada
- $V_e = 15 \text{ m/s}$ = velocidad a la entrada.
- $A_c = 0,013255 \text{ m}^2$ = sección a la entrada.
- $D_e = 0,1628 \text{ m}$ = diámetro de la boca de salida del gas en ciclón.

Entonces, es.

$$h_c = \frac{0,065 \cdot 0,307 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (15 \text{ m/s})^2 \cdot 0,013255 \text{ m}^2}{(0,1628 \text{ m})^2} = 2,2455 \text{ cm.c.a.} = 22,46 \text{ mm.c.a.}$$

4.5.6.1.1.3 Pérdida de calor

Se calcula según (Torreguitar, Raúl F. "Combustión y generación de vapor") la pérdida de calor en el ciclón por medio de los únicos dos mecanismos que intervienen: Radiación y convección.

4.5.6.1.1.3.1 Radiación:

El calor perdido por radiación se determina con la siguiente expresión.

$$Q_R = e \cdot A \cdot C \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \text{ (A)}$$

Datos generales para ciclón:

- Coeficiente de emisividad: $e = 0,4$. (Tabla N° 21, pág 69, Torreguitar).
- Constante de radiación: $C = 4,96 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}$
- Superficie radiante considerada de ciclón: $A = 1,36 \text{ m}^2$
- Temperatura de los alrededores: $T_2 = 35^\circ \text{C} = 308 \text{ K}$

4.5.6.1.1.3.2 Convección:

En el mecanismo de convección, el calor se transfiere desde el gas al tubo (A), desde la pared interna hasta la externa (B), y finalmente desde el tubo hacia el aire refrigerante (C); por lo que se deberían tener en cuenta estas tres etapas, sin embargo, por la conductividad y espesor de las paredes del tubo la etapa (B) se desprecia.

Para cada uno de los procesos, [(A) y (C)], se puede identificar un coeficiente de transferencia térmica (a_a y a_c , respectivamente), que depende de:

Para proceso (A):

- Velocidad del fluido.
- Diámetro de la superficie de transferencia.
- Temperatura de la superficie de transferencia.

Para proceso (C):

- Diferencia de temperatura entre pared de tubo y aire.
- Temperatura de pared.

El calor disipado por el gas en el proceso (A) debe ser igual al absorbido por el aire en el proceso (C), por ley de conservación de energía, por lo que estos coeficientes guardan una relación (J), que se calcula con la siguiente expresión.

$$J = \frac{1}{\frac{1}{a_c} + \frac{1}{a_a}} = \frac{a_c \cdot a_a}{a_c + a_a}$$

Determinación de coeficientes a_c y a_a .

Coficiente a_a :

Se ingresa a Gráfico de cálculo A, anexo IV, con los siguientes datos propuestos.

- Velocidad: 18m/s (promedio dentro del ciclón).
- Temperatura: 700°C (promedio dentro del ciclón).

De aquí se determina que el coeficiente es $a_a = 26 \frac{kCal}{m^2 h^\circ C}$.

Coficiente a_c :

Se ingresa a Gráfico de cálculo B, anexo IV con los siguientes datos y se extrapola.

- $T_{sup} = 700^\circ C \rightarrow$ Temperatura de superficie.
- $\Delta T_{aire-sup\ ciclón} = T_{sup} - T_{aire} = 700^\circ C - 35^\circ C = 665^\circ C$

De este modo, se determina el coeficiente $a_c = 8 \frac{kCal}{m^2 h^\circ C}$.

Teniendo los valores de a_a y a_c , se calcula J:

$$J = \frac{a_c \cdot a_a}{a_c + a_a} = \frac{26 \cdot 8}{26 + 8} = 6,12 \frac{kCal}{m^2 h^\circ C}$$

El calor que se transfiere por convección se define a través de la siguiente expresión.

$$Q_c = J \cdot A \cdot \Delta T_c \quad (B)$$

El calor total viene dado por

$$Q_T = Q_R + Q_C \text{ (C)}$$

El calor específico (Cp) del gas se calcula según el siguiente procedimiento:

- 1- Para conocer la fracción volumétrica de cada gas componente se remite a la composición del gas según la tabla de análisis de gas otorgada por Ankur (gráfico 6).
- 2- Se buscan las densidades y masas molares de cada gas componente.
- 3- Tomando como muestra 1m³ de gas se multiplica la fracción volumétrica de cada componente por su densidad, obteniéndose así la masa de cada uno por cada m³ de gas.

$$\left(\%_i \left[\frac{V}{V} \right] \times 100 \right) \times \rho_i = \frac{m_i}{V}$$

- 4- Se utiliza la tabla A-2 pag 887 de (Çengel) para conocer el Cp de cada componente a cualquier temperatura entre 273-1500/1800K.

TABLA A-2
Calores específicos de gas ideal de varios gases comunes (conclusión)
c) Como una función de la temperatura

$$\bar{c}_p = a + bT + cT^2 + dT^3$$

(T en K, c_p en kJ/kmol · K)

Sustancia	Fórmula	a	b	c	d	Rango de temp., K	% de error	
							Máx.	Prom.
Acetileno	C ₂ H ₂	21.8	9.2143 × 10 ⁻²	-6.527 × 10 ⁻⁵	18.21 × 10 ⁻⁹	273-1500	1.46	0.59
Aire	—	28.11	0.1967 × 10 ⁻²	0.4802 × 10 ⁻⁵	-1.966 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.72	0.33
Amoniaco	NH ₃	27.568	2.5630 × 10 ⁻²	0.99072 × 10 ⁻⁵	-6.6909 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.91	0.36
Azufre	S ₂	27.21	2.218 × 10 ⁻²	-1.628 × 10 ⁻⁵	3.986 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.99	0.38
Benceno	C ₆ H ₆	-36.22	48.475 × 10 ⁻²	-31.57 × 10 ⁻⁵	77.62 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.34	0.20
i-Butano	C ₄ H ₁₀	-7.913	41.60 × 10 ⁻²	-23.01 × 10 ⁻⁵	49.91 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.25	0.13
n-Butano	C ₄ H ₁₀	3.96	37.15 × 10 ⁻²	-18.34 × 10 ⁻⁵	35.00 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.54	0.24
Cloruro de hidrógeno	HCl	30.33	-0.7620 × 10 ⁻²	1.327 × 10 ⁻⁵	-4.338 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.22	0.08
Dióxido de azufre	SO ₂	25.78	5.795 × 10 ⁻²	-3.812 × 10 ⁻⁵	8.612 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.45	0.24
Dióxido de carbono	CO ₂	22.26	5.981 × 10 ⁻²	-3.501 × 10 ⁻⁵	7.469 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.67	0.22
Dióxido de nitrógeno	NO ₂	22.9	5.715 × 10 ⁻²	-3.52 × 10 ⁻⁵	7.87 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.46	0.18
Etano	C ₂ H ₆	6.900	17.27 × 10 ⁻²	-6.406 × 10 ⁻⁵	7.285 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.83	0.28
Etanol	C ₂ H ₅ O	19.9	20.96 × 10 ⁻²	-10.38 × 10 ⁻⁵	20.05 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.40	0.22
Etileno	C ₂ H ₄	3.95	15.64 × 10 ⁻²	-8.344 × 10 ⁻⁵	17.67 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.54	0.13
n-Hexano	C ₆ H ₁₄	6.938	55.22 × 10 ⁻²	-28.65 × 10 ⁻⁵	57.69 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.72	0.20
Hidrógeno	H ₂	29.11	-0.1916 × 10 ⁻²	0.4003 × 10 ⁻⁵	-0.8704 × 10 ⁻⁹	273-1800	1.01	0.26
Metano	CH ₄	19.89	5.024 × 10 ⁻²	1.269 × 10 ⁻⁵	-11.01 × 10 ⁻⁹	273-1500	1.33	0.57
Metanol	CH ₃ O	19.0	9.152 × 10 ⁻²	-1.22 × 10 ⁻⁵	-8.039 × 10 ⁻⁹	273-1000	0.18	0.08
Monóxido de carbono	CO	28.16	0.1675 × 10 ⁻²	0.5372 × 10 ⁻⁵	-2.222 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.89	0.37
Nitrógeno	N ₂	28.90	-0.1571 × 10 ⁻²	0.8081 × 10 ⁻⁵	-2.873 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.59	0.34
Oxido nítrico	NO	29.34	-0.09395 × 10 ⁻²	0.9747 × 10 ⁻⁵	-4.187 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.97	0.36
Óxido nítrico	N ₂ O	24.11	5.8632 × 10 ⁻²	-3.562 × 10 ⁻⁵	10.58 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.59	0.26
Oxígeno	O ₂	25.48	1.520 × 10 ⁻²	-0.7155 × 10 ⁻⁵	1.312 × 10 ⁻⁹	273-1800	1.19	0.28
n-Pentano	C ₅ H ₁₂	6.774	45.43 × 10 ⁻²	-22.46 × 10 ⁻⁵	42.29 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.56	0.21
Propano	C ₃ H ₈	-4.04	30.48 × 10 ⁻²	-15.72 × 10 ⁻⁵	31.74 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.40	0.12
Propileno	C ₃ H ₆	3.15	23.83 × 10 ⁻²	-12.18 × 10 ⁻⁵	24.62 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.73	0.17
Trióxido de azufre	SO ₃	16.40	14.58 × 10 ⁻²	-11.20 × 10 ⁻⁵	32.42 × 10 ⁻⁹	273-1300	0.29	0.13
Vapor de agua	H ₂ O	32.24	0.1923 × 10 ⁻²	1.055 × 10 ⁻⁵	-3.595 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.53	0.24

- 5- Se divide la masa por m³ de gas de cada gas por la masa molar correspondiente a cada componente, para encontrar la masa molar de componente por cada 1m³ de gas.

$$\frac{m_i}{V} = \frac{n_i}{V} M_i$$

- 6- Se multiplica la masa molar de cada componente (por m³ de gas) por el factor “22,4 $\frac{m^3}{Kmol}$ ” dando como resultado una relación masa molar de componente vs masa molar de gas, es decir la fracción molar de cada uno.

$$\frac{n_i}{V} \times 22,4 \frac{m^3}{Kmol} = y_i$$

- 7- Se halla la masa molar del gas haciendo la suma de los productos de las masas molares por la fracción molar de cada componente.

$$\sum M_i \times y_i = M$$

- 8- Se calcula el Cp del gas en [Kj/KmolK] haciendo la suma de los productos del Cp por la fracción molar de cada componente.

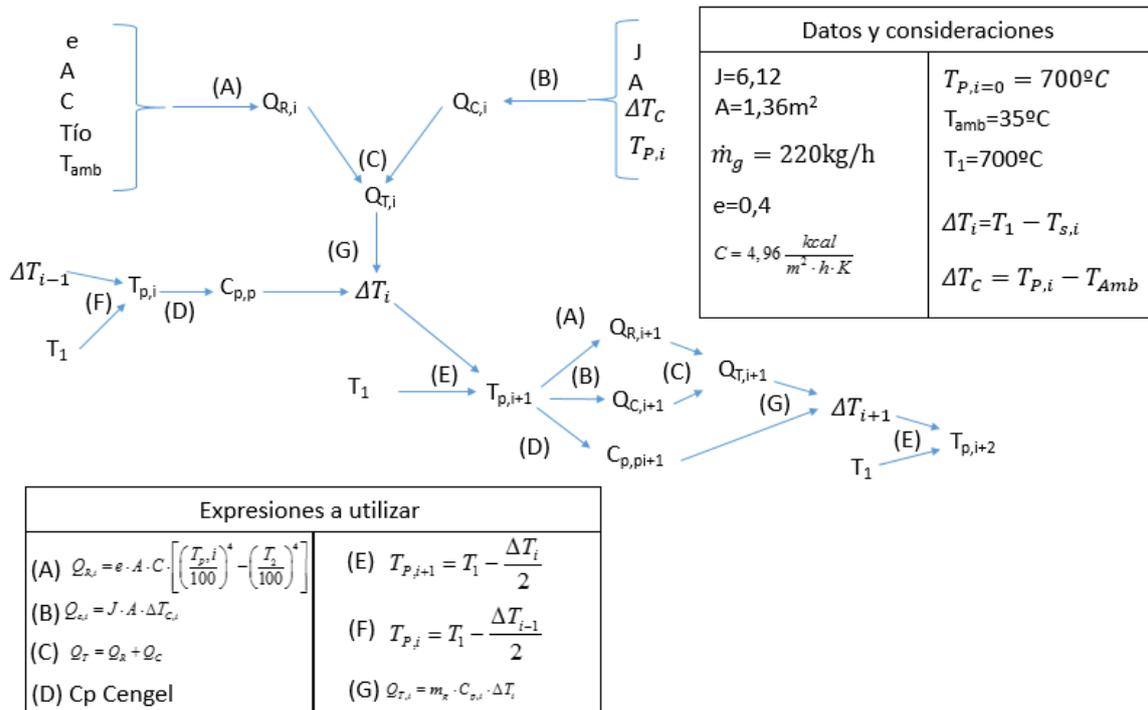
$$\sum Cp_i \times y_i = Cp$$

- 9- Finalmente se divide el Cp por la masa molar del gas para obtener un Cp expresado en [kj/kgK]

$$\frac{Cp[kj/kmolK]}{M[kg/kmol]} = Cp[kj/kgK]$$

4.5.6.1.1.3.3 Determinación de calor perdido y temperatura de salida en ciclón.

El calor perdido en el ciclón depende de la temperatura promedio dentro del mismo, y a su vez, la temperatura de salida (por lo tanto, la promedio) depende del calor perdido. Hecho por el cual se encuentra un punto de equilibrio entre estas dos variables por medio de sucesivas iteraciones, según el siguiente esquema de cálculo.



Se debe repetir el esquema hasta que las sucesivas iteraciones no difieran de manera apreciable en el resultado (que en este caso es el ΔT entre entrada y salida del ciclón). Para simplificar el cálculo se confecciona una tabla de Excel que combina el esquema y el procedimiento anteriormente explicado para en cada iteración utilizar el C_p que corresponde a la temperatura promedio propuesta. Dicha tabla se puede ver en el anexo IV como tabla de cálculo A.

De la iteración se concluye que la variación de temperatura entre salida y entrada del ciclón es:

$$\Delta T = 247,38K$$

Por lo que la temperatura de salida viene a ser.

$$T_{salida} = 700^{\circ}C - 247,38^{\circ}C = 452,6^{\circ}C$$

El volumen específico a la salida viene dado por.

$$\frac{P_{salida} \cdot \dot{V}_{salida}}{T_{salida}} = \frac{P_1 \cdot \dot{V}_1}{T_1} \Rightarrow \dot{V}_{salida} = \frac{\dot{V}_1 \cdot T_{salida}}{T_1} = \frac{712,8 \frac{m^3}{h} \cdot 725,6K}{973K} = 531,6 \frac{m^3}{h}$$

4.5.6.2 Aero-enfriador

4.5.6.2.1 Pérdida de calor

Este equipo es el encargado de disminuir la temperatura del gas desde $452,6^{\circ}C$ (salida de ciclón) hasta los $120^{\circ}C$, es un intercambiador del tipo aire-aire, con tubos lisos (sin superficie extendida) el cual se calcula solo por convección y, al área necesaria calculada se le agrega un 20% (debido a incertidumbre en el cálculo por el uso de tablas y gráficos empíricos). Primeramente se determina el calor que ha de perder el gas, dentro del aero-enfriador, para salir a $120^{\circ}C$; esto se puede conocer sabiendo las temperaturas de entrada y salida, y el calor específico (c_p) promedio del gas dentro del equipo.

$$Q = C_{p_{prom}} \cdot \dot{m} \cdot (T_e - T_s)$$

Donde:

- $C_{p_{prom}} = 0,34 kCal/kgK$ (de Excel de c_p del gas)
- $\dot{m} = 220 kg/h$
- $T_e = 452,61^{\circ}C$ Temperatura de entrada (salida del ciclón)
- $T_s = 120^{\circ}C$ Temperatura de salida (condición de diseño)

Entonces

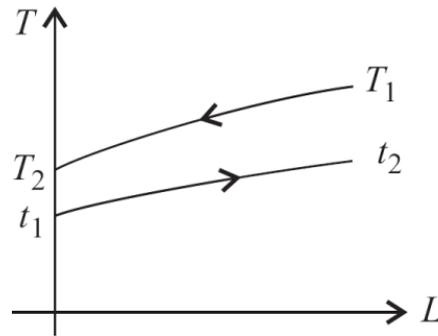
$$Q = 0,34 \frac{kCal}{Kg \cdot K} \cdot 220 \frac{kg}{h} \cdot (452,61^{\circ}C - 120^{\circ}C)$$

$$Q = 24880 \frac{kCal}{h}$$

Este es el calor que se evacúa en el aero-enfriador; el cual, por otro lado, es

$$Q_c = J \cdot A \cdot \Delta T_{m\log}$$

Que es similar a la expresión (B), usada en el punto 7.6.1.1.3, con la diferencia que en este caso se usa delta “T” medio logarítmico ($\Delta T_{m\log}$), esto se debe a que la variación de temperaturas entre los dos fluidos no sigue la forma de una recta, sino que, por tratarse de un intercambiador de flujo cruzado, se tiene la siguiente curva:



Donde: T_1 y T_2 son entrada y salida del fluido refrigerado (gas)
 t_1 y t_2 son entrada y salida de fluido refrigerante (aire)

Luego el delta T medio logarítmico se calcula como:

$$\Delta T_{m\log} = \frac{(T_{e,gas} - T_{s,aire}) - (T_{s,gas} - T_{e,aire})}{\ln \left(\frac{(T_{e,gas} - T_{s,aire})}{(T_{s,gas} - T_{e,aire})} \right)}$$

Donde:

- $T_{e,gas}$ = Temperatura de entrada de gas.
- $T_{s,gas}$ = Temperatura de salida de gas.
- $T_{e,aire}$ = Temperatura de entrada aire.
- $T_{s,aire}$ = Temperatura de salida aire.

Se propone una temperatura de salida del aire de 15°C superior a la entrada, y se considera como temperatura ambiente el caso más desfavorable (verano) $T_{amb}=35^\circ C$.
 Por lo tanto, $T_{s,aire} = 50^\circ C$.

$$\Delta T_{m\log} = \frac{(452,61^\circ C - 50^\circ C) - (120^\circ C - 35^\circ C)}{\ln \left(\frac{(452,61^\circ C - 50^\circ C)}{(120^\circ C - 35^\circ C)} \right)}$$

$$\Delta T_{m\log} = 204,21^\circ C$$

Se procede al cálculo del coeficiente “J”, para lo cual se debe encontrar los coeficientes a_c y a_a .

Calculo de a_a :

Se ingresa al gráfico de cálculo C, anexo, con:

- $v= 5\text{m/s}$ velocidad del aire entre tubos.
- $\emptyset_{\text{ext}}= 0,0334\text{m}$ (adoptado).
- $P=7$ (números de pasos adoptado).
- $T=35^\circ\text{C}$ (Temperatura ambiente más desfavorable).

Y se determina el valor de a_a :

$$a_a = 39 \frac{\text{kCal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}$$

Calculo de a_g :

Se ingresa al grafico de cálculo A, con los siguientes datos propuestos:

- $v= 24\text{m/s}$ velocidad del gas por los tubos.
- $\emptyset= 1''$
- $T=450^\circ\text{C}$

Y se determina el valor: $a_g = 58 \frac{\text{kCal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}$

Teniendo los valores de a_a y a_g , se calcula J:

$$J = \frac{a_g \cdot a_a}{a_g + a_a} = \frac{58 \cdot 39}{58 + 39} = 23,32 \frac{\text{kCal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}$$

Utilizando la expresión de transferencia de calor por convección (B), se despeja área de intercambio necesaria.

$$Q_c = J \cdot A \cdot \Delta T_{m\log} \Rightarrow A = \frac{Q_c}{J \cdot \Delta T_{m\log}}$$
$$A = \frac{24880 \frac{\text{kCal}}{\text{h}}}{23,32 \frac{\text{kCal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}} \cdot 204,21^\circ\text{C}} = 5,22\text{m}^2$$

Por las razones ya expuestas, se incremente la superficie calculada en un 20%, resultando

$$A = A' \cdot 1,2$$

$$A = 5,22\text{m}^2 \cdot 1,2$$

$$A = 6,27\text{m}^2 \rightarrow \text{Área de intercambio necesaria.}$$

Área de tubo (A_t)

$$A_t = P_t \cdot L_t$$

Donde:

$$L_t = 1m \rightarrow \text{Largo por paso de tubo}$$

$$P_t = \pi \cdot \varnothing_{ext} \rightarrow \text{Perímetro tubo}$$

$$P_t = \pi \cdot 0,0334m$$

$$P_t = 0,105m$$

Entonces:

$$A_t = 0,105m \cdot 1m$$

$$A_t = 0,105m^2$$

Con este valor, se calcula el número de tubos (N), haciendo siguiente la relación.

$$N = \frac{A}{A_t}$$

$$N = \frac{6,27m^2}{0,105m^2}$$

$$N = 59,8$$

Se asegura entonces que con 60 tubos de 1m de largo se satisface los requerimientos de transferencia térmica. Se ve posteriormente la disposición de diseño.

Pasos	Tubos del paso	Tubos acumulados
0	0	0
1	11	11
2	11	22
3	9	31
4	8	39
5	8	47
6	7	54
7	6	60

Es menester para futuros cálculos (de velocidad de fluido y pérdida de carga) el conocimiento de la temperatura promedio de cada paso, por lo que se realiza la siguiente aproximación.

Se considera que la temperatura desciende de forma proporcional al número de tubos acumulados. Es decir, que cuando el gas pasa el 50% de los tubos, la temperatura descendido un 50% de lo requerido.

Se dice que es una aproximación, debido a que en la primera parte del aero-enfriador la temperatura desciende más rápidamente por tener un ΔT mayor que en la segunda parte.

Se presenta seguidamente tabulado los valores de temperatura promedio y al final de cada paso.

Pasos	Tubos del paso	Tubos acumulados	Porcentaje del total de tubos	Temperatura al final del paso	Temperatura prom. del paso
0	0	0	0,0	725,6	-
1	11	11	18,3	664,6	695,1
2	11	22	36,7	603,7	634,1
3	9	31	51,7	553,8	578,7
4	8	39	65,0	509,4	531,6
5	8	47	78,3	465,1	487,2
6	7	54	90,0	426,3	445,7
7	6	60	100,0	393,0	409,6

Con estas temperaturas y aplicando la ley de los gases ideales se calcula el caudal volumétrico al final de cada paso (\dot{V}_2), según:

$$\frac{P_1 \cdot \dot{V}_1}{n_1 \cdot R \cdot T_1} = \frac{P_2 \cdot \dot{V}_2}{n_2 \cdot R \cdot T_2} \Rightarrow \frac{\dot{V}_1}{T_1} = \frac{\dot{V}_2}{T_2} \Rightarrow \dot{V}_2 = \frac{\dot{V}_1 \cdot T_2}{T_1}$$

Donde \dot{V}_1 y T_1 son el caudal volumétrico y la temperatura a condiciones normales

Pasos	Tubos del paso N_i	Temperatura al final del paso	Caudal vol. Al final del paso
0	0	725,6	531,6
1	11	664,6	486,9
2	11	603,7	442,2
3	9	553,8	405,7
4	8	509,4	373,2
5	8	465,1	340,7
6	7	426,3	312,3
7	6	393,0	287,9

El área de flujo total por cada paso ($A_{tot i}$) es.

$$A_{tot i} = \frac{N_i \cdot \pi \cdot \varnothing_{int}^2}{4}$$

Donde N_i es el número de caños en el paso y \varnothing_{int} es el diámetro interno de cada tubo.

Con el caudal volumétrico, el número y diámetro de los tubos, se calcula la velocidad de gas.

Luego:

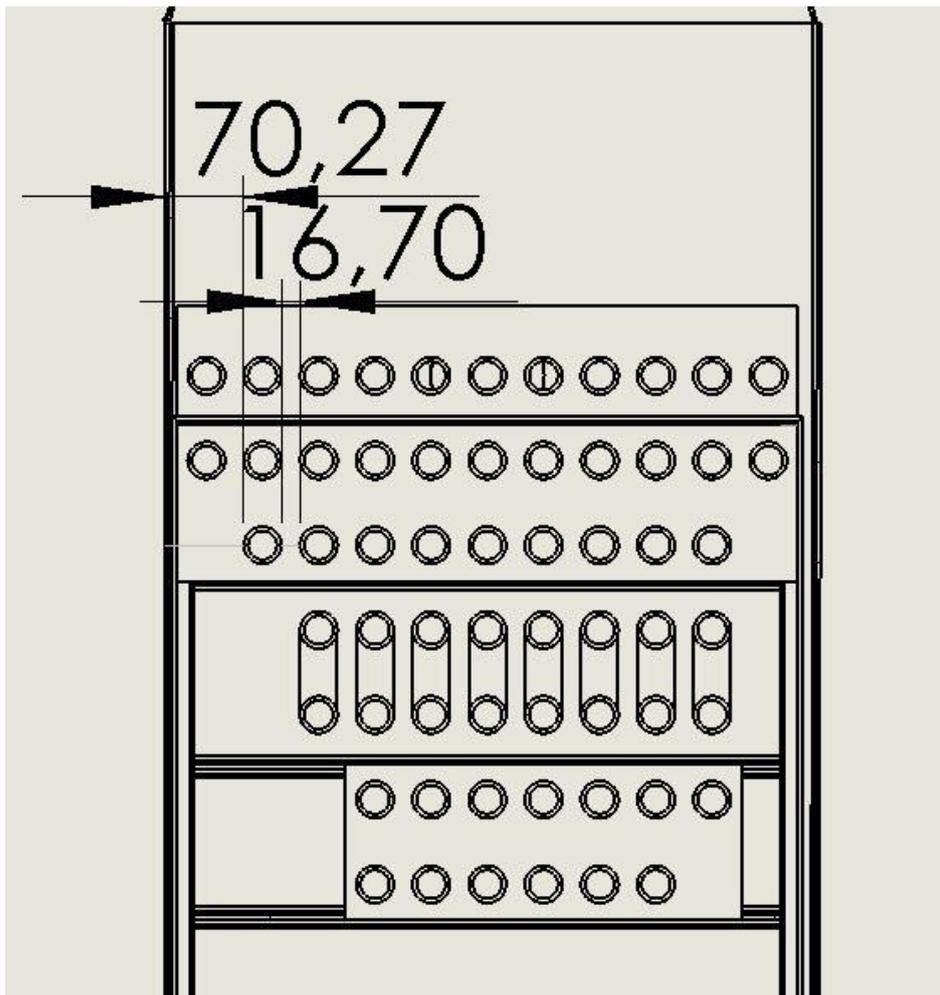
$$v_i = \frac{\dot{V}_i}{A_{tot i}}$$

Pasos (i)	Tubos del paso N_i	Caudal vol. Al final del paso	Área total $A_{tot i}$	Velocidad entrada	Velocidad salida	Velocidad promedio
0	0	531,6	0,006131278	-	24,1	
1	11	486,9	0,006131278	24,1	22,1	23,1
2	11	442,2	0,006131278	22,1	20,0	21,0
3	9	405,7	0,0050165	24,5	22,5	23,5
4	8	373,2	0,004459111	25,3	23,2	24,3
5	8	340,7	0,004459111	23,2	21,2	22,2
6	7	312,3	0,003901722	24,3	22,2	23,2
7	6	287,9	0,003344333	25,9	23,9	24,9

El promedio de las velocidades de cada paso da 23,2m/s lo cual es muy próximo a los 24m/s adoptados para el cálculo del coeficiente de transferencia por convección a_g .

Como la velocidad del aire por fuera de los tubos se debe mantener lo más uniforme posible, la forma de la chapa envolvente del equipo acompaña la disminución del número de caños con una reducción de la sección interior según el siguiente esquema:

Gráfico 9: Esquema disposición tubos. Cálculo sección libre A.



Basándonos en el tercer paso, vemos que la separación entre tubos es de 16,7mm, y entre los tubos extremos con el chapón del equipo es de 70,27mm por lo que la separación total es:

$$h = 8 \cdot 16,7 \text{ mm} + 2 \cdot 70,27 \text{ mm}$$

$$h = 274 \text{ mm}$$

Por lo que la sección por la que pasará el aire es $A \approx 0,27 \text{ m}^2$ (sabiendo que el aerofriador tiene 1m de profundidad), entonces el caudal de aire se calcula como:

$$\dot{V} = A \cdot v$$

$$\dot{V} = 0,27 \text{ m}^2 \cdot 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,35 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Para conocer el caudal másico se debe conocer la densidad, la cual calcularemos para la temperatura de entrada del aire (condición más desfavorable: $T = 35^\circ\text{C} = 308\text{K}$), haciendo uso de la ecuación de gases ideales:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow P \cdot V = m \cdot \bar{R} \cdot T$$

$$\frac{V}{m} = \frac{\bar{R} \cdot T}{P} \Rightarrow \frac{m}{V} = \frac{P}{\bar{R} \cdot T}$$

$$\frac{m}{V} = \frac{101,3 \text{ kPa}}{0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 308 \text{ K}} = 1,15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Con lo que el caudal másico de aire del aerofriador es.

$$\dot{m}_a = \dot{V} \cdot \rho$$

$$\dot{m}_a = 1,35 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1,15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1,55 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Finalmente con el calor absorbido por el aire (Q), el caudal másico (\dot{m}) y su calor específico (C_p), se calcula la diferencia de temperatura entre la entrada y la salida del aire en el equipo.

$$Q = \dot{m}_a \cdot C_p \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{\dot{m}_a \cdot C_p}$$

$$\frac{Q}{\dot{m}_a \cdot C_p} = \frac{24880 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}}{1,55 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 1,012 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 861 \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{kJ}}}$$

$$\Delta T = 18,4^\circ\text{C}$$

La variación de temperatura resulta ser de $18,4^\circ\text{C}$, por lo que sale del equipo a $53,4^\circ\text{C}$.

4.5.6.2.2 Pérdida de carga interior tubos

Una vez definidos los pasos se procede a calcular la pérdida de carga del equipo, para lo cual se calcula solo un tubo que recorra todos los pasos y, por estar en paralelo con los otros, será igual a la caída de presión total.

NOTA: Los distribuidores se considerarán como dos curvas con radio igual al diámetro ($r=D$).

Para éste cálculo se emplea el siguiente procedimiento:

- 1- Se busca, para el gas, la viscosidad cinemática y la densidad a la temperatura promedio para cada paso (la del aire se adopta)
- 2- Con el ϕ_{int} de los tubos, la viscosidad cinemática y la velocidad promedio se calcula el número de Reynolds (Re) de cada paso con la siguiente fórmula:

$$Re = \frac{\phi_{int} \times v_{prom}}{\mu_c}$$

- 3- Se busca la rugosidad relativa del material de los tubos, en este caso acero comercial y se ingresa al diagrama de Moody (gráfico de cálculo D, anexo V) con dicho valor y el número de Reynolds para salir con el “factor de fricción” (λ).
- 4- Se hace uso de la fórmula de Darcy-Weisbach para calcular la pérdida de carga primaria (en tramos rectos), expresada en metros de columna de gas, la cual resulta.

$$h_{fp} = \frac{L \times \lambda \times v_{prom}^2}{\phi_{int} \times 2 \times g}$$

- 5- Se transforman las unidades de la caída de presión de metros de columna de gas a mm comuna de agua, haciendo una relación de densidades.

$$h_{fp[mmH_2O]} = \frac{\rho_{gas} \times h_{fp[mgas]}}{\rho_{H_2O}} \times 1000 \frac{mm}{m}$$

- 6- Se suman las h_{fp} de cada paso y se obtiene la caída de presión total por pérdidas primarias.
- 7- Se calculan las pérdidas secundarias (pérdidas en curvas) para cada paso, considerando dos curvas de $r=D$ consecutivas al final de cada uno. Según (Mataix) estas caídas de presión secundarias se calculan como:

$$h_{fs} = \frac{\xi \times v_{prom}^2}{2 \times g}$$

Donde el coeficiente ξ para una curva de ($r=D$), según Mataix 2da edición, página 241, es $\xi = 1,6$.

- 8- Se repite el paso 6 pero, esta vez, aplicado a las pérdidas secundarias.
- 9- Se suman las pérdidas secundarias de cada paso y se obtiene la total.
- 10- Finalmente se suman las pérdidas totales primarias y secundarias, obteniendo así la caída de presión total en el equipo.

Todo el procedimiento anterior fue aplicado a una tabla de Excel (Tabla B, anexo IV) para simplificar el cálculo, de la cual se concluye que la pérdida de carga total del equipo es:

$$h_f = 176,34 mm_{H_2O}$$

4.5.6.2.3 Pérdida de carga exterior tubos

El cálculo caída de presión sufrida por el aire al atravesar de forma transversal los tubos del aero-enfriador se realiza en base a (Kern, Donald "Procesos de transferencia de calor"), el cual aconseja utilizar la correlación de Gunter y Shaw. Para lo cual se debe calcular primero el diámetro volumétrico equivalente que es igual a:

$$D_{ev} = \frac{4 \cdot V_{nl}}{A_f \cdot A_0}$$

Dónde: A_f es el área de las aletas de ambos lados

A_0 es el área de los tubos lisos

V_{nl} es el volumen neto libre.

El volumen neto libre es el volumen entre las líneas de centro de dos bancos de tubos verticales menos los volúmenes de la mitad de los tubos y aletas comprendidos dentro de las líneas de centro.

En este caso se considera una vertical central que contenga los 7 pasos, por lo que la ecuación es:

$$V_{nl} = (L_H \cdot L_V \cdot L) - \left(\frac{N \cdot A \cdot L}{2} \right)$$

Donde L_H es la distancia horizontal entre un tubo y otro del mismo paso.

L_V es la distancia vertical desde el tubo del primer paso hasta el tubo del último.

L longitud de los caños.

A área de cada caño.

N número de caños.

Según el cad la formula anterior quedaría:

$$V_{nl} = (0,05m \cdot 0,456m \cdot 1m) - \left(\frac{7 \text{ tubos} \cdot \frac{\pi \cdot (0,0334m)^2}{4} \cdot 1m}{2} \right) = 0,0197m^3$$

A continuación se calcula el área friccional que es el término $A_f \cdot A_0$ de la ecuación del diámetro volumétrico equivalente, en este caso en particular no se considera el término A_f ya que este equipo no cuenta con superficie extendida, por lo que solo se calcula A_0 .

$$A_0 = \pi \cdot \varnothing \cdot L \cdot N$$

$$A_0 = \pi \cdot 0,0334m \cdot 1m \cdot 7 \text{ tubos}$$

$$A_0 = 0,7345m^2$$

Entonces el diámetro volumétrico equivalente es:

$$D_{ev} = \frac{4 \cdot V_{nl}}{A_f \cdot A_0} = \frac{4 \cdot 0,0197 m^3}{0,7345 m^2}$$

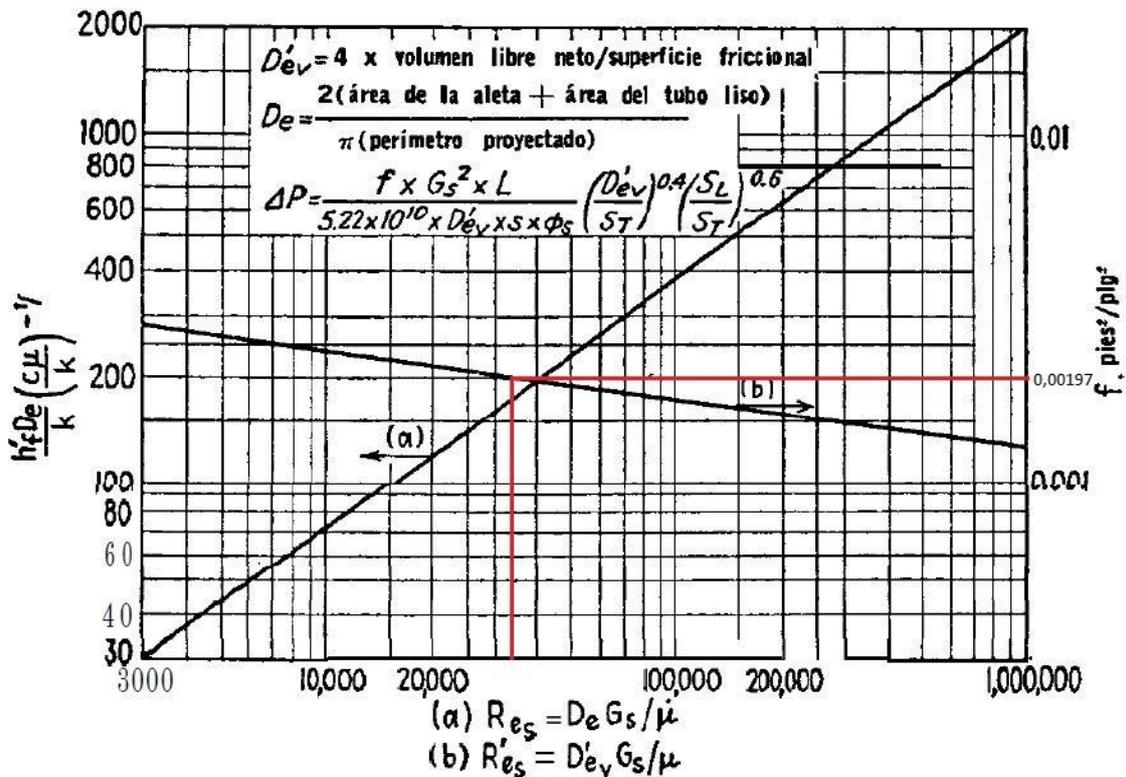
$$D_{ev} = 0,107 m$$

Con este diámetro, la velocidad propuesta de 5m/s y la viscosidad a 35°C se debe calcular el número adimensional de Reynolds:

$$Re = \frac{D_{ev} \times V}{\mu_c} = \frac{0,107 m \times 5 \frac{m}{s}}{16,5 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = 32565$$

Con el número de Reynolds se ingresa en la figura 16.18 de (Kern, Donald "Procesos de transferencia de calor") (pág. 635) se interseca la recta (b) y se recorre el diagrama horizontalmente hasta llegar a la ordenada derecha donde se lee el valor de “f”



Que es el factor de fricción. Para un Reynolds de 32565 :

$$f = 0,00197 \frac{ft^2}{in^2}$$

Finalmente la pérdida de carga se calcula con la siguiente fórmula:

$$\Delta P = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot L_V}{5,22 \times 10^{10} \cdot D_{ev} \cdot s \cdot \Phi_s} \cdot \left(\frac{D_{ev}}{S_t}\right)^{0,4} \cdot \left(\frac{L_H}{S_t}\right)^{0,6}$$

A continuación se procede a explicar y cuando sea necesario calcular cada uno de los componentes de la ecuación anterior, es importante tener en cuenta que la misma fue

pensada para ser usada con unidades del sistema Ingles, por lo que con excepción de los términos adimensionales se debe trabajar con este sistema.

G_s : Caudal másico por unidad de superficie.

$$G_s = \frac{m_a}{A}$$

Donde m_a debe estar en lb/h

$$m_a = \frac{1,55 \frac{kg}{s}}{0,453 \frac{kg}{lb}} = 3,42 \frac{lb}{s}$$

$$m_a = 3,42 \frac{lb}{s} \cdot 3600 \frac{s}{h} = 12312 \frac{lb}{h}$$

Y A es el área en ft^2 por donde circula la masa considerada:

$$A = L_H \cdot L = 0,051m \cdot 1m$$

$$A = \frac{0,051m^2}{\left(0,308 \frac{m}{ft}\right)^2} = 0,54ft^2$$

Entonces:

$$G_s = \frac{12312 \frac{lb}{h}}{0,54ft^2}$$

$$G_s = 22800 \frac{lb}{h \cdot ft^2}$$

S es la densidad relativa del fluido:

$$s = \frac{\rho_{aire}}{\rho_{agua}} = \frac{1,15 \frac{kg}{m^3}}{994,1 \frac{kg}{m^3}} = 1,157 \times 10^{-3}$$

Φ es un cociente entre la viscosidades.

$$\Phi = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

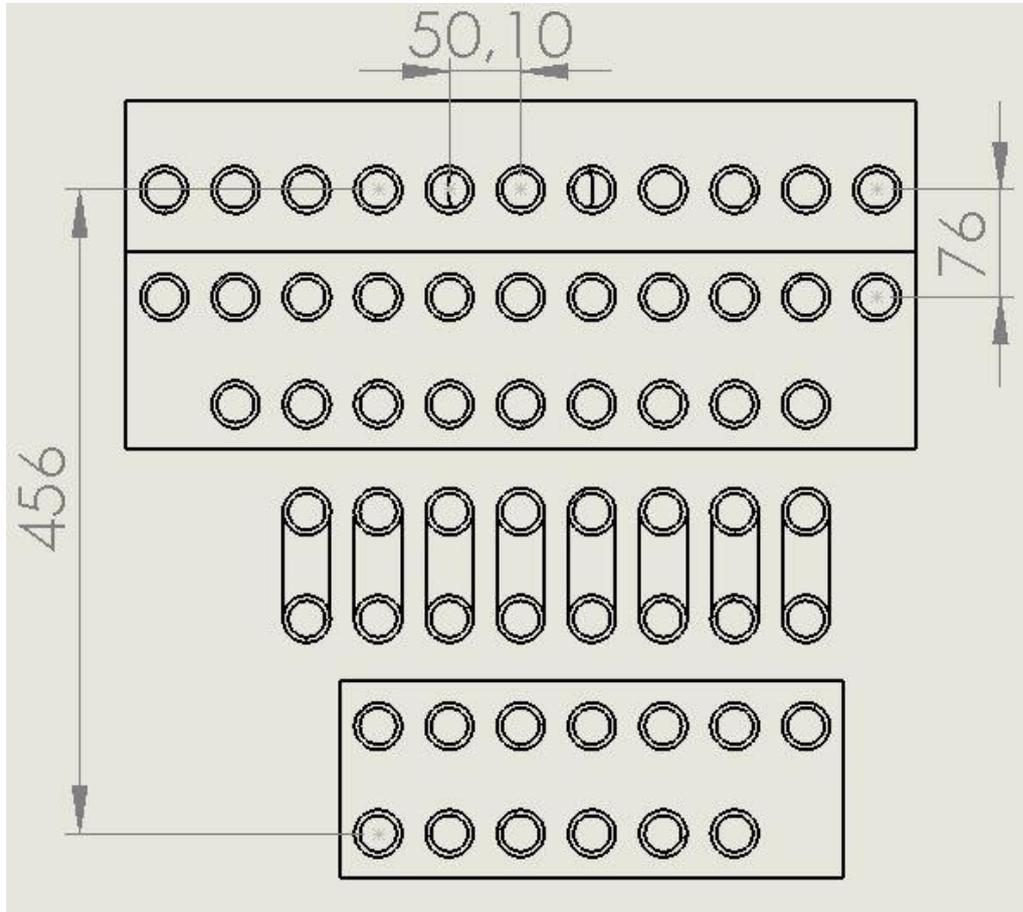
Donde μ_w es la viscosidad a la temperatura de los caños, para este cálculo se considera la temperatura promedio del aero-enfriador: $T_{prom} = 559,3K$

$$\Phi = \left(\frac{1,65 \times 10^{-5}}{4,617 \times 10^{-5}} \right)^{0,14}$$

$$\Phi = 0,866$$

S_t es la distancia vertical entre un tubo y otro un paso inmediatamente anterior o posterior.

Para facilitar la visualización de algunas de las variables intervinientes en la fórmula anterior se adjunta un corte del aerofriador extraído del plano E-220



$$S_t = 76 \text{ mm}$$

Habiendo calculado todos los términos de la ecuación, se procede a resolverla.

$$\Delta P = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot L_V}{5,22 \times 10^{10} \cdot D_{ev} \cdot s \cdot \Phi_s} \cdot \left(\frac{D_{ev}}{S_t} \right)^{0,4} \cdot \left(\frac{L_H}{S_t} \right)^{0,6}$$

$$\Delta P = \frac{0,00197 \frac{\text{ft}^2}{\text{in}^2} \cdot \left(22800 \frac{\text{lb}}{\text{h} \cdot \text{ft}^2} \right)^2 \cdot 0,456 \text{ m}}{5,22 \times 10^{10} \cdot 0,107 \text{ m} \cdot 1,157 \times 10^{-3} \cdot 0,866} \cdot \left(\frac{0,107 \text{ m}}{0,076 \text{ m}} \right)^{0,4} \cdot \left(\frac{0,051 \text{ m}}{0,076 \text{ m}} \right)^{0,6}$$

$$\Delta P = 0,053 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

A continuación se hará un pasaje de unidades para dejar expresado el resultado anterior en mm de columna de agua.

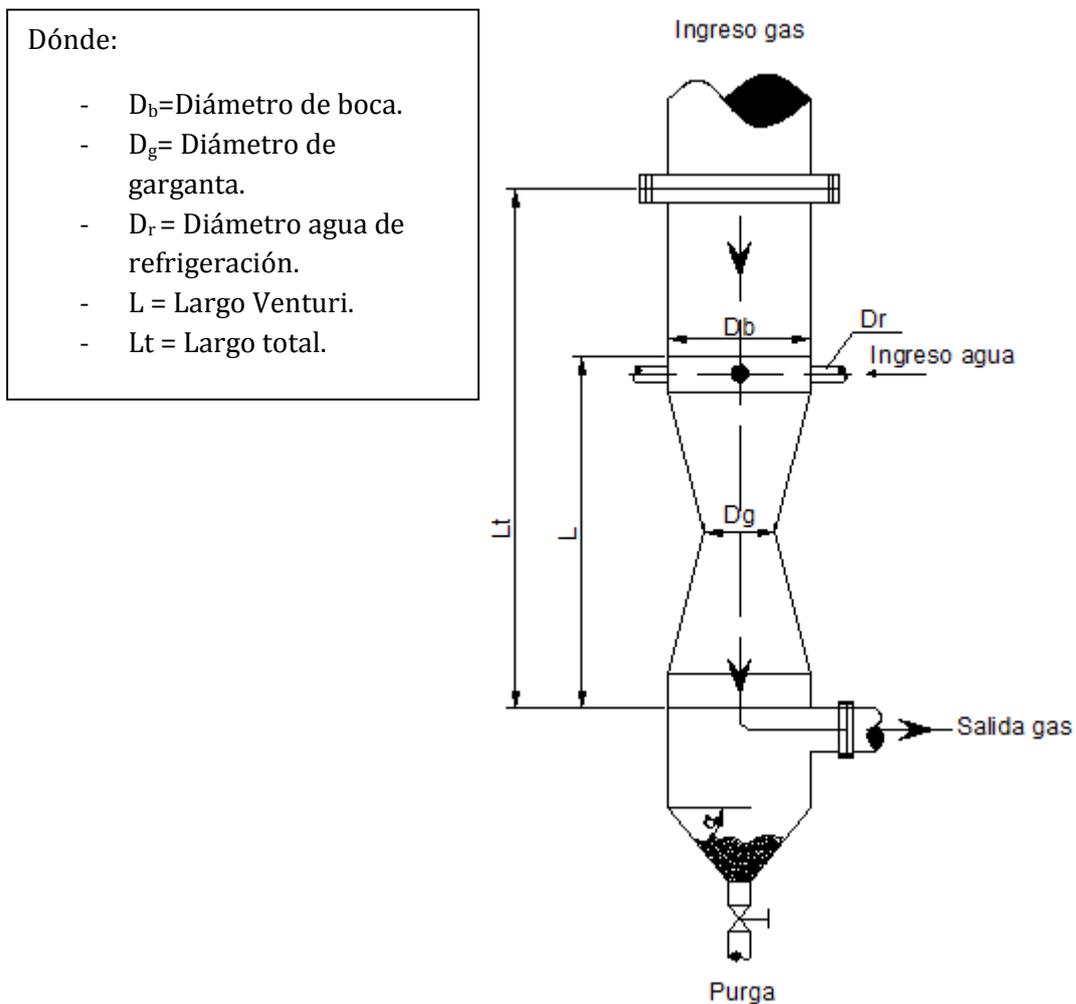
$$\Delta P = 0,053 \frac{lb}{in^2} \cdot \left(0,3937 \frac{in}{cm} \right)^2 \cdot 0,453 \frac{kg}{lb} = 3,72 \times 10^{-3} \frac{kg}{cm^2} \cdot 98,000 \frac{Pa}{\frac{kg}{cm^2}} = 0,365 kPa \cdot 102,3 \frac{mm_{H_2O}}{kPa}$$

$$\Delta P = 37,3 mm_{H_2O}$$

4.5.6.3 Venturi

Un sistema conformado por un tubo de Venturi, combinado con bocas de ingreso de agua se coloca a cierta distancia de la salida del gasificador. Tiene por objetivo primario el de precipitar los sólidos presentes en el gas, como secundario (pero no menos importante) colabora positivamente en el enfriamiento (reduciendo la temperatura hasta el punto deseado).

Se presenta un esquema del Venturi a dimensionar.



Las condiciones de entrada al venturi son:

- Composición del gas (de “producer gas analysis report”):
 - Hidrógeno: 18,56%.
 - Oxígeno: 0,8%.
 - Nitrógeno: 50,01%.
 - Metano: 3,4%.
 - Monóxido de Carbono: 14,4%.
 - Dióxido de Carbono: 11%.
 - Material sólido particulado: 6,03%.
 - Alquitrán: 3%.
- Temperatura de entrada: 120°C.
- Caudal: 200Nm³/h.
- Presión: Desconocida.

4.5.6.3.1 Cálculo ϕ_b y ϕ_g

El flujo volumétrico se calcula con la ecuación simplificada de los gases ideales.

$$\dot{V}_b = \frac{\dot{V}_g}{T_g} \cdot T_b = \frac{200m^3/h \cdot (120+273)K}{273K} = 287,9 \frac{m^3}{h}$$

Para que el sistema de precipitación por Venturi funcione correctamente debe tener una velocidad que ronde los 30m/s en la entrada.

Según la ecuación de continuidad:

$$\dot{V}_b = A_b \cdot v \Rightarrow A_b = \frac{\dot{V}_b}{v} = \frac{287,9 \frac{m^3}{h} \cdot \frac{1h}{3600s}}{30m/s} \left(\frac{1000mm}{1m} \right)^2 = 2665,7mm^2$$

$$A_b = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \Rightarrow \phi_b = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2665,7mm^2}{\pi}} = 58,26mm$$

$$\boxed{\phi_b = 58,26mm}$$

Para que el venturi funcione correctamente, la relación entre el diámetro de la garganta y el diámetro de la boca debe ser de 0,5.

$$\frac{\phi_g}{\phi_b} = 0,5 \Rightarrow \phi_g = \phi_b \cdot 0,5 = 58,26mm \cdot 0,5 = 29,13mm$$

$$\boxed{\phi_g = 29,13mm}$$

La velocidad de circulación del gas en la garganta se calcula con la ecuación de continuidad y el diámetro de la garganta.

$$A_g = \frac{\pi \cdot \phi_g^2}{4} = \frac{\pi \cdot (29,13\text{mm})^2}{4} = 666,43\text{mm}^2$$

$$\dot{V}_g = A_g \cdot v_g \Rightarrow v_g = \frac{V_b}{A_g} = \frac{287,9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{666,43\text{mm}^2 \cdot \frac{1\text{m}^2}{(1000\text{mm})^2}} = 432003,4 \frac{\text{m}}{\text{h}} = 432 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 120\text{m} / \text{s}$$

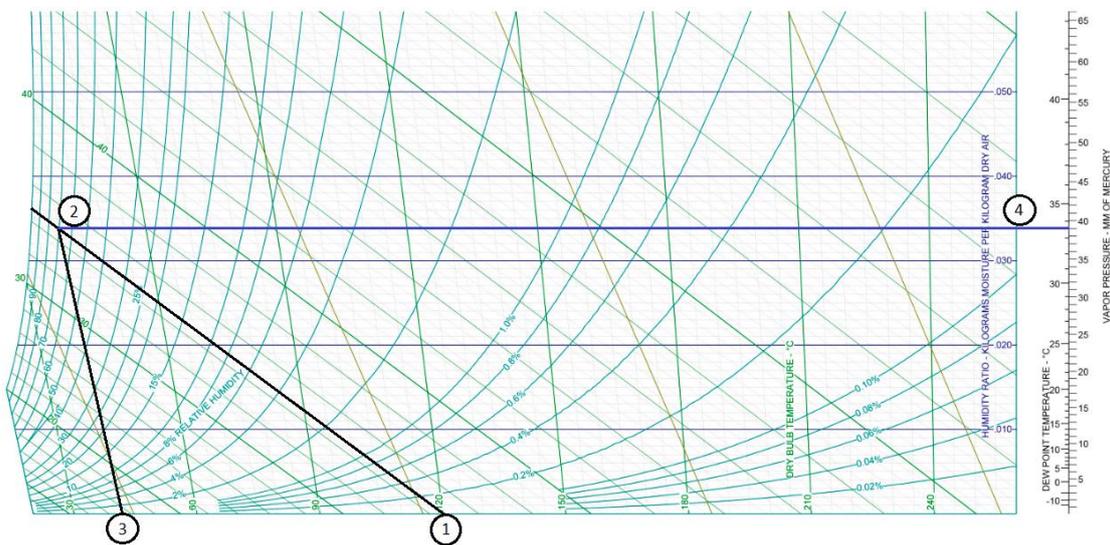
$$v_g = 120\text{m} / \text{s}$$

4.5.6.3.2 Cálculo de temperatura de salida

La temperatura de salida del sistema, se calcula en función del diagrama psicrométrico para las siguientes condiciones:

- Temperatura de entrada: 120°C.
- Humedad absoluta de entrada: 0g/kg (dato fabricante gasificador).
- Humedad absoluta de salida: 39g/kg.

Gráfico 10: Diagrama psicrométrico proceso



4.5.6.3.3 Inyección de agua

Suponiendo que el punto de funcionamiento (2) en el diagrama psicrométrico se mantiene constante calculamos por medio de un balance de masa, la cantidad de agua que se evapora en el sistema Venturi.

$$\dot{m}_{H_2O} = m_{Gas} \cdot \omega$$

$$\dot{m}_{H_2O} = 220 \frac{\text{kg}_{gas}}{\text{h}} \cdot 0,034 \frac{\text{kg}_{H_2O}}{\text{kg}_{gas}}$$

$$\dot{m}_{H_2O} = 7,5 \frac{\text{kg}_{H_2O}}{\text{h}}$$

Para la regulación del caudal de entrada de agua se coloca una válvula globo.

4.5.6.3.4 Pérdida de carga Venturi

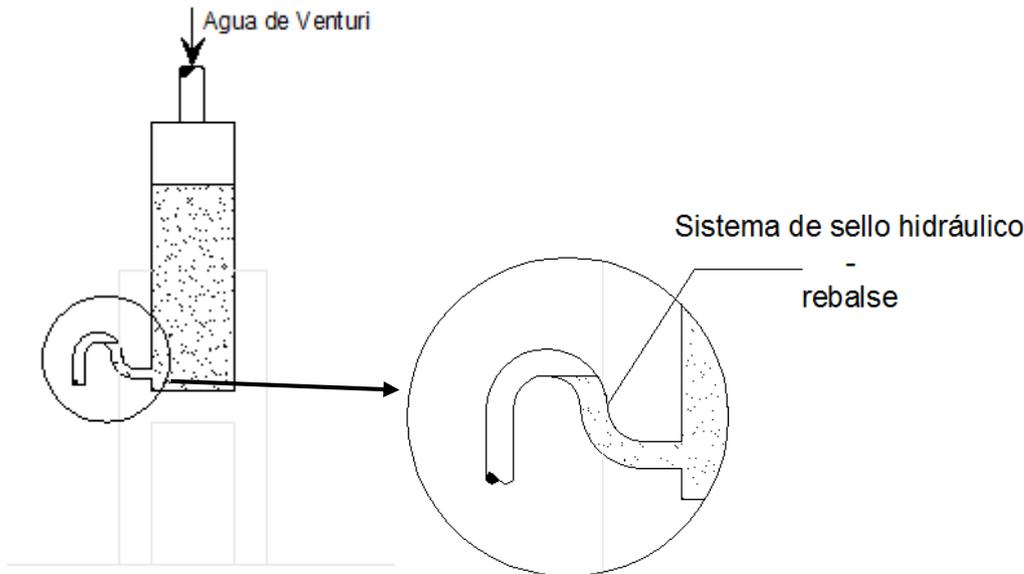
A los fines de la pérdida de carga, se considera al tubo de venturi como una restricción, seguida por un ensanchamiento brusco, por lo que se lo incluye dentro del cálculo de caída de presión en cañerías (sección 7.9.1.1).

4.5.6.3.5 Presión en Venturi

Para asegurar la eficiencia en el funcionamiento del equipo, se inyecta un caudal de agua mayor al necesario para lograr un óptimo enfriamiento evaporativo.

Este caudal es al menos el doble del caudal de cálculo; sin embargo, por medio de una regulación se permite el control para, midiendo la temperatura a la salida del equipo, saber cuál es el punto de funcionamiento adecuado.

Como el caudal necesario de agua es bajo, la purga realiza de forma continua con un sistema por rebalse en circuito abierto, según el siguiente esquema.



Recordando que en este punto la presión es inferior a la atmosférica, el nivel del sifón se encuentra por debajo del pelo de agua deseado en el tanque. Ésta distancia es la presión negativa (en mm de columna de agua) en este punto del sistema, la cual resulta.

$$\Delta P_{total\ venturi} = \Delta P_{gasificador} + \Delta P_{ciclon} + \Delta P_{aero-enfira} + \Delta P_{caños+venturi}^*$$

$$\Delta P_{total\ venturi} = 100\text{mm}_{H_2O} + 22,46\text{mm}_{H_2O} + 176,34\text{mm}_{H_2O} + 73,11\text{mm}_{H_2O}$$

$$\Delta P_{total\ venturi} = 371,91\text{mm}_{H_2O}$$

Por lo tanto la presión absoluta en este punto de la línea de gas resulta.

$$P_T = 10330\text{mmca} - 371,9\text{mmca} = 9959\text{mmca}$$

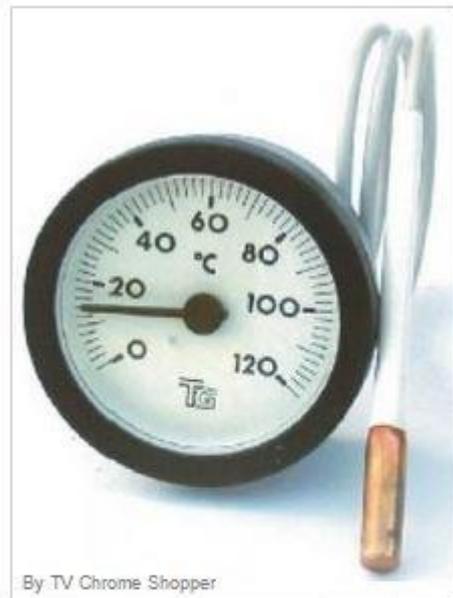
$$P_T = 9959\text{mmca} = 97,66\text{kPa}$$

* Cálculo de pérdida de cargas en cañería y venturi en sección 7.9.1.1

4.5.6.3.6 Sensor de temperatura

Debido a que la temperatura en la salida del Venturi depende de la humedad que absorbe el gas, con un sensor de temperatura a la salida del tubo, se puede determinar si se requiere mayor o menor caudal de agua (y por consiguiente actuar sobre la válvula de regulación de entrada de agua).

El sensor seleccionado es un termómetro convencional, con escala entre 0 y 120°C. El funcionamiento normal se encuentra en el orden de 35-40 °C, por lo que si se desvía de esta temperatura se actúa y ratifica a los valores que corresponden.



Código: 012.0100

T&G 110-10135-00A

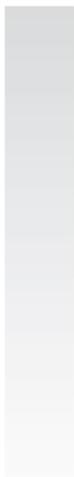
Descripción

Termometro 0 a 120 °C

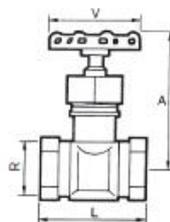
- Temperatura máxima que soporta el cuerpo: 70°C
- Bulbo de cobre
- Bulbo: 6,5 x 30 mm
- Caja: 52 mm
- Revestimiento de capilar en PVC
- Mínimo radio de curvatura del capilar: 5 mm
- Largo del bulbo: 1,5 mts

4.5.6.3.7 Válvula globo

Se selecciona una válvula globo para controlar el caudal de agua de entrada. Las dimensiones y características se pueden observar en la siguiente imagen.



ART. 2230
VALVULA DE GLOBO PN - 16
CONSTRUCCION: INOX. CF8M (316) MICROFUSION
JUNTAS: PTFE CONEXION: ROSCA GAS DIN 259
PRESION MAX.: 16 Kgs/cm2 A 120°C
10 Kgs/cm2 A 180°C

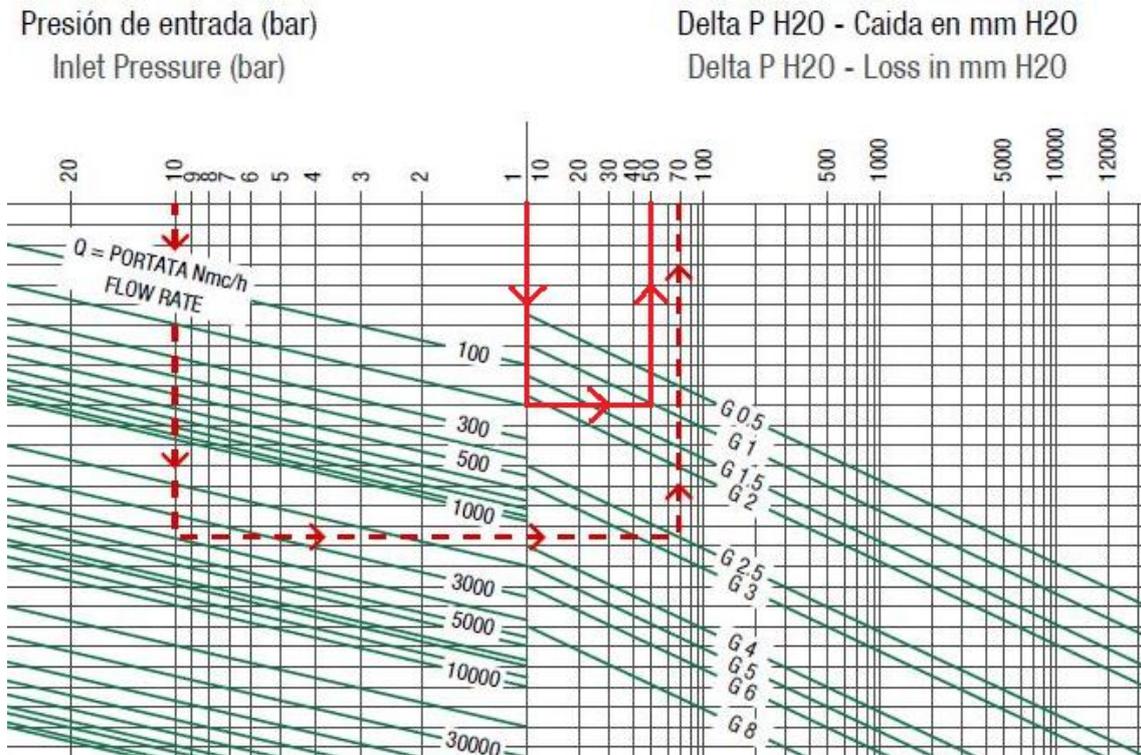


R	DN	A	L	V	FACTOR CV
1/2"	15	63	58	55	3,6
3/4"	20	93	65	70	7,0
1"	25	100	76	70	11,0
1 1/4"	32	130	87	100	21,0
1 1/2"	40	145	92	100	29,0
2"	50	170	110	115	50,0

4.5.6.4 Filtro

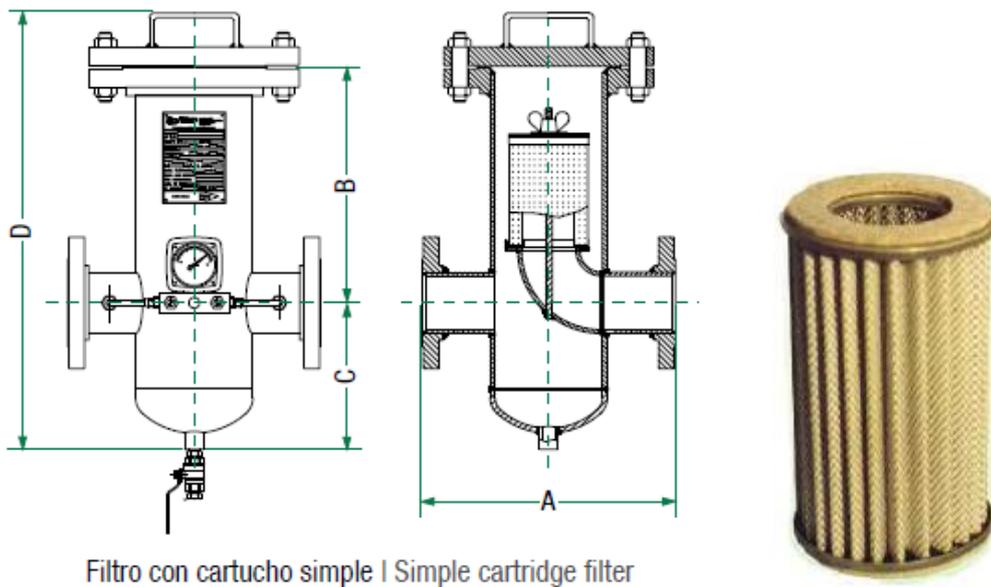
Se utilizara filtros de cartucho de la marca Tormene Americana como los utilizados en el tratamiento de gas natural para proteger las PRM y PRS logrando un filtrado del 99% de las partículas $\geq 5\mu\text{m}$.

Se selecciona para tener una pérdida de carga de alrededor de 50mmH₂O utilizando el siguiente diagrama:



Por lo que se selecciona un cartucho modelo **G1**, a continuación se selecciona el cuerpo del filtro.

Dimensiones principales | Main dimensions



PFC – “Estudio y diseño de sistema aprovechamiento cama de pollos”

Ø Conexión Ø Connection	Ø Cuerpo Ø Body	Modelo Type	Serie Class	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	Cartucho Cartridge	Area de filtrado Filtering Area	Ø Purga Ø Purge
2" (51mm)	4" (102mm)	TA-FM2	#150	278	265	170	547	385	667	G 0.5	600 cm ²	1/2" (12.5mm)
			#300	278								
			#600	470								
3" (76mm)	6" (152mm)	TA-FM3	#150	363	330	225	672	540	882	G 1	1250 cm ²	3/4" (19mm)
			#300	400						G 1.5	2.300 cm ²	
			#600	550								
4" (102mm)	8" (203mm)	TA-FM4	#150	453	410	250	781	680	1.051	G 2	4700 cm ²	3/4" (19mm)
			#300	550								
			#600	650								
6" (152mm)	12" (305mm)	TA-FM6	#150	553	600	350	1.081	920	1.401	G 2.5	7250 cm ²	1" (25mm)
			#300	650						G 3	9.500 cm ²	
			#600	800								
8" (203mm)	16" (406mm)	TA-FM8	#150	653	750	450	1.337	1.165	1.752	G 4	14.500 cm ²	1" (25mm)
			#300	750								
			#600	920								
10" (254mm)	20" (508mm)	TA-FM10	#150	850	1.135	415	1.694	1.605	2.164	G 5	23.000 cm ²	1" (25mm)
			#300	900								

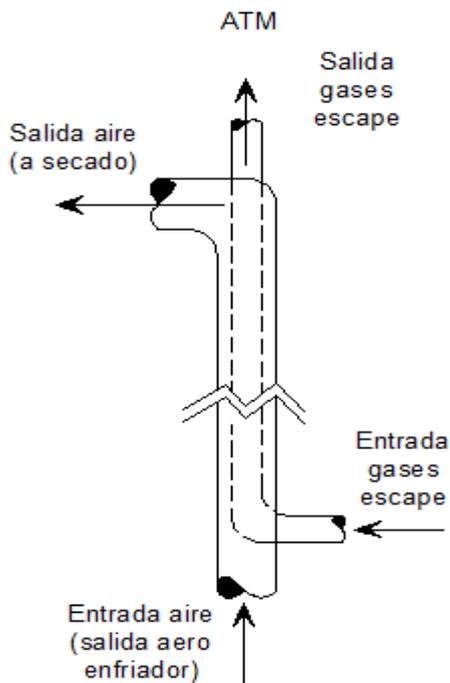
4.5.7 Tratamiento cama de pollos

Por ser la cama de pollos un compuesto que proviene de un ambiente adecuado a las necesidades de las aves, posee un porcentaje de humedad que es desfavorable para el sistema de gasificación, hecho por el cual se realiza un secado.

4.5.7.1 Economizador

Considerando que el combustible ingresa al circuito con un porcentaje de humedad que se encuentra por encima de lo que se considera óptimo para el sistema de gasificación, se realiza un secado. Para ello, se aprovecha el aire de salida del equipo aero-enfriador, y además, se eleva la temperatura aún más con un reaprovechamiento de los gases de salida de la combustión en el moto-generator. El modo en que se recupera el calor es a través de un economizador, dónde el fluido caliente circula por un tubo interior y el aire destinado al secado fluye en un tubo exterior.

Un esquema del sistema se muestra seguidamente.



4.5.7.1.1 *Cálculo gases de escape del motor*

A partir de la composición del gas se encuentra a través de la siguiente ecuación los moles de aire necesarios para poder realizar la combustión ideal de 1kmol de combustible:



$$\gamma = A + 2D = 259 \text{ mol}$$

$$\alpha : B + \frac{E}{2} + F + \alpha = \beta + \frac{\gamma}{2}$$

$$\alpha = \beta + \frac{\gamma}{2} - B - \frac{E}{2} - F = 230 \text{ mol}$$

Llamando X a la cantidad de aire buscada:

$$X = \alpha(O_2 + 3,76N_2)$$

$$X = 230O_2 + 864,8N_2$$

$$X = 1094,8 \text{ mol}_A$$

Considerando un exceso en la combustión del 15% que es lo usual para motores de combustión interna como el presente en este sistema, se calcula la relación aire combustible en kmolA/kmolG.

$$f' = \frac{1,095 \text{ kmol}_A}{1 \text{ kmol}_G} = 1,095 \frac{\text{kmol}_A}{\text{kmol}_G}$$

$$f = f' \cdot e = 1,095 \frac{\text{kmol}_A}{\text{kmol}_G} \cdot 1,15 = 1,26 \frac{\text{kmol}_A}{\text{kmol}_G}$$

A continuación se utiliza la ley de los gases ideales para obtener los kmol/h con los que se alimenta el motor.

$$n_G = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{101,3 \text{ kPa} \cdot 200 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{8,31447 \frac{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \cdot 273 \text{ K}}$$

$$n_G = 8,928 \frac{\text{kmol}}{\text{h}}$$

Aplicando al resultado anterior la relación calculada.

$$n_A = n_G \cdot e = 8,928 \frac{\text{kmol}_G}{\text{h}} \cdot 1,26 \frac{\text{kmol}_A}{\text{kmol}_G}$$

$$n_A = 11,25 \frac{\text{kmol}_A}{\text{h}}$$

Se suman los moles de aire y los de combustible para conocer el total por hora que es igual a los kmol/h de gases de escape.

$$n_T = n_G + n_A = 8,928 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} + 11,25 \frac{\text{kmol}}{\text{h}}$$

$$n_T = 20,18 \frac{\text{kmol}}{\text{h}}$$

Con la ley de los gases ideales se encuentra el caudal volumétrico de gases de escape.

$$\dot{V} = \frac{n_T \cdot R \cdot T}{P} = \frac{20,18 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} \cdot 8,31447 \frac{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \cdot 773\text{K}}{101,3\text{kPa}}$$

$$\dot{V} = 1280,34 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Por último se calcula el caudal másico de gases de escape con la misma ley.

$$\dot{m} = \frac{P \cdot V}{\bar{R} \cdot T} = \frac{101,3\text{kPa} \cdot 1280,34 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{0,287 \frac{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 773\text{K}}$$

$$\dot{m} = 584,6 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

4.5.7.1.2 Cálculo de transferencia de calor.

Para el cálculo de transferencia térmica en el economizador, se sigue un procedimiento muy similar al utilizado para la pérdida del ciclón, donde por medio de una iteración se calcula la temperatura promedio del gas caliente, con ésta se calcula el calor transferido desde los gases de escapes hacia el aire. Según datos de fabricantes de motores para este tipo de aplicaciones, la temperatura de salida de los gases ronda los 500°C.

Lo primero que se debe hacer es encontrar los coeficientes de transferencia individuales y el general para poder, para esto es necesario conocer la velocidad de los fluidos por sus respectivos tubos. Como no circulará por el economizador la totalidad del aire del aerofriador por ahora se propondrá una velocidad cual luego se verificará, en el caso de los gases de escape se puede calcular antes de realizar el cálculo térmico.

Coeficiente a_a :

Se ingresa a Gráfico de cálculo A, anexo IV, con los siguientes datos propuestos.

- Velocidad: 20m/s (propuesto)
- Temperatura: 50°C.

De aquí se determina que el coeficiente es $a_a = 26 \frac{\text{kCal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}$

Gases de escape

$$\dot{V} = \frac{\dot{m} \cdot \bar{R} \cdot T}{P} = \frac{0,162 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 0,287 \frac{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 773\text{K}}{101,3\text{kPa}}$$

$$\dot{V} = 0,355 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$A = \frac{\pi \cdot 0,154^2}{4} = 0,0186m^2$$

$$v = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{0,355 \frac{m^3}{s}}{0,0186m^2}$$

$$v = 19,1 \frac{m}{s}$$

Coefficiente a_c :

Se ingresa a Gráfico de cálculo A, anexo IV, con los siguientes datos propuestos.

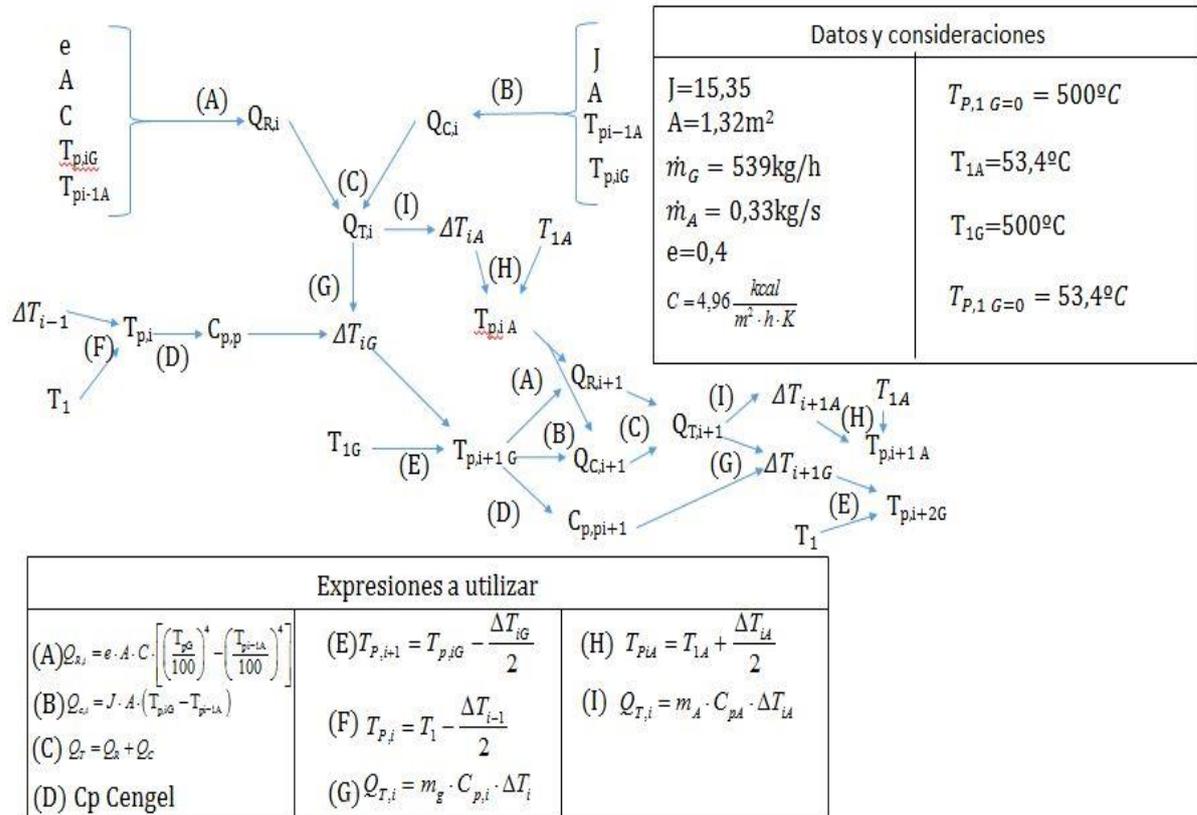
- Velocidad: 19m/s.
- Temperatura: 500°C.

De aquí se determina que el coeficiente es $a_c = 37 \frac{kCal}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C}$

Teniendo los valores de a_a y a_c , se calcula J:

$$J = \frac{a_c \cdot a_a}{a_c + a_a} = \frac{26 \cdot 37,5}{26 + 37,5} = 15,35 \frac{kCal}{m^2 h ^\circ C}$$

Donde el esquema de cálculo es:



Se usa como condición de diseño una temperatura de salida del aire de 100°C o levemente por encima, teniendo en cuenta que puede perder una cantidad considerable de calor desde el economizador hasta el silo diario.

Se encuentra que el economizador de 2,5m de longitud, cuando es sometido al procedimiento del esquema anterior, arroja los siguientes resultados:

Reducción de temperatura en gases de escape: 95,44°C.

Incremento de temperatura de aire de secado: 51,71°C.

Entonces, la temperatura del aire de salida en el economizador es:

$$T_{salida} = T_{amb} + \Delta T_{aero-enfriador} + \Delta T_{Economizador} = 35^{\circ}C + 18,4^{\circ}C + 52,37^{\circ}C = 105,77^{\circ}C$$

$$T_{salida} = 105,77^{\circ}C$$

Se puede observar que el aire sale alrededor de los 105°C, lo que satisface los valores de diseño deseados.

Los datos obtenidos en las iteraciones realizadas se pueden ver en la “Tabla de cálculo B”, en el anexo IV.

4.5.7.2 **Secado**

Según informe⁶ de INTA, la humedad de la cama de pollos puede alcanzar hasta un 50%, y según Ankur, para el correcto funcionamiento del gasificador la materia prima debe contener entre un 10 y 20% de humedad, siendo óptimo un 15%.

Hecho por el cual se diseña un sistema de secado, de manera tal que, en el peor de los casos (que es tener cama a 50% de humedad), se la pueda llegar a un 20% de humedad absoluta. Para lograrlo, se toma el aire del aero-enfriador y se lo sobrecalienta por medio de un intercambiador tipo tubo-tubo, donde el fluido de calefacción son los gases de combustión del motor, que se encuentran a unos 500°C.

4.5.7.2.1 Condiciones de diseño

- Aire atmosférico: T=35°C, Hu= 80% (A), caso más desfavorable.
- Salida aero-enfriador: 53°C.
- Salida economizador: 100°C.
- Salida de silo diario (salida aire de secado): T=?, Hu=80% (propuesta).

Con las condiciones de entrada del aire atmosférico (A), se utiliza un diagrama psicrométrico para determinar la humedad absoluta del aire atmosférico.

Se encuentra que la humedad absoluta del aire atmosférico es: $\omega=29\text{g/kg}_{\text{aire seco}}$

Con la humedad absoluta y la temperatura de salida del economizador (100°C) se ingresa nuevamente al diagrama psicrométrico y se ubica el punto en cuestión (B) definido por:

⁶ La tabla con los valores mencionados pertenecientes al informe se puede ver en el anexo IV, “Tabla propiedades cama de pollos INTA”

PFC – “Estudio y diseño de sistema aprovechamiento cama de pollos”

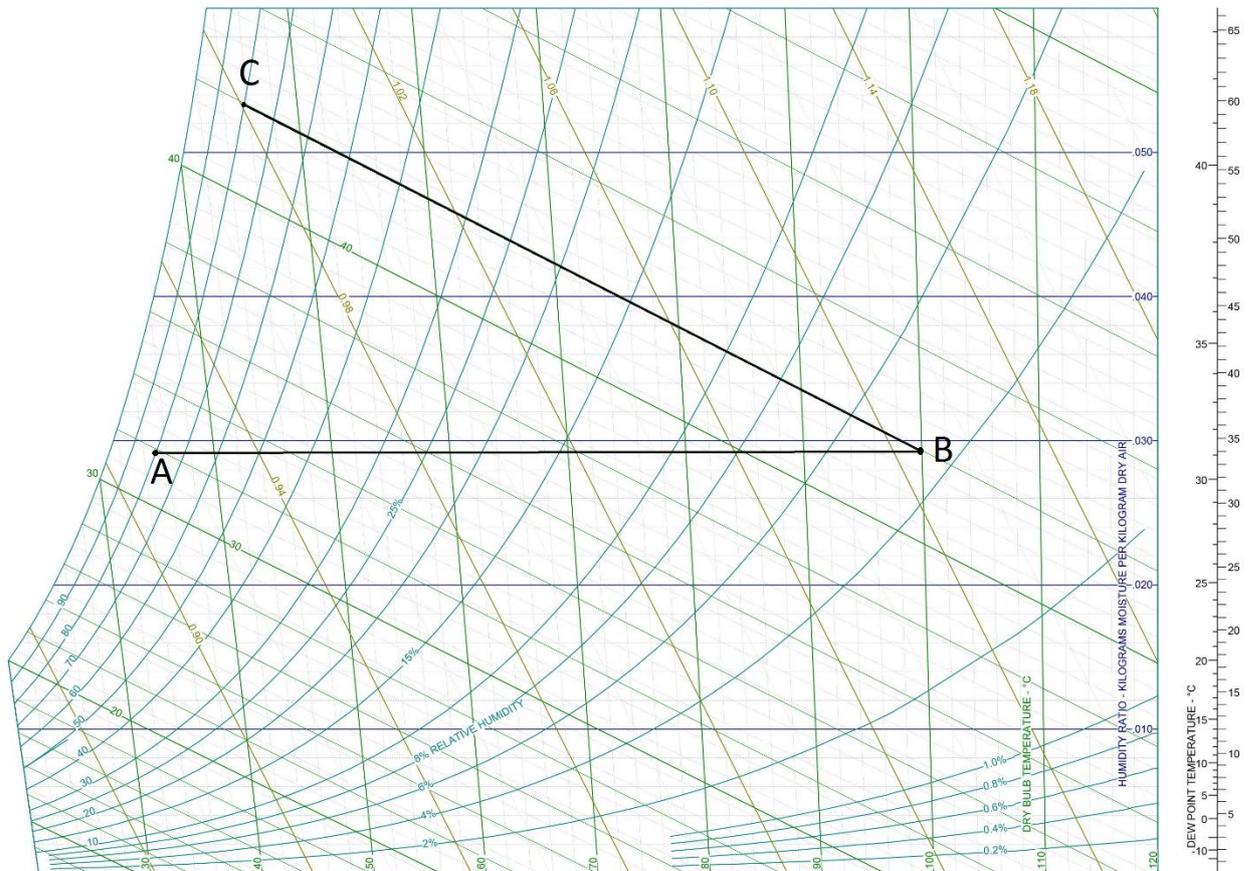
$$T = 100^{\circ}\text{C}$$

$$H_{\%r} = 4,5\%$$

$$\omega = 29 \frac{\text{gr}_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{kg}_{\text{a.seco}}}$$

Luego desde ahí, se sigue la línea de entalpia constante hasta una humedad relativa del 80% para encontrar la condición de salida del aire después del secado (C).

ALTITUDE: SEA LEVEL
BAROMETRIC PRESSURE: 101.325 kPa
ATMOSPHERIC PRESSURE: 14.696 psia



$$T = 45^{\circ}\text{C}$$

$$H_{\%r} = 80\%$$

$$\omega = 53 \frac{\text{gr}_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{kg}_{\text{a.seco}}}$$

El secado será proporcional a la diferencia entre las humedades absolutas entre los puntos (B) y (C)

$$\Delta\omega_{\text{aire}} = \omega_{\text{sal.secado}} - \omega_{\text{sal.econo.}}$$

$$\Delta\omega_{\text{aire}} = 53 \frac{\text{gr}_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{kg}_{\text{a.seco}}} - 29 \frac{\text{gr}_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{kg}_{\text{a.seco}}}$$

$$\Delta\omega_{\text{aire}} = 24 \frac{\text{gr}_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{kg}_{\text{a.seco}}}$$

Es decir que por cada un kilogramo de aire que pase por el lecho de cama de pollos se podrá extraer 24gr de agua. Se debe entonces conocer la cantidad de humedad a extraer, en un tiempo determinado, para poder calcular el caudal de aire necesario.

Se debe reducir la humedad de la cama de pollos desde el 50 al 20%.

$$\Delta\omega_{\text{cama}} = \frac{\dot{m} \cdot \Delta H_{r\%}}{100\%}$$

$$\Delta\omega_{\text{cama}} = \frac{96 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot (50\% - 20\%)}{3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \cdot 100\%} = 0,008 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\Delta\omega_{\text{cama}} = 8 \frac{\text{gr}_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{s}}$$

Se tiene por lo tanto que el flujo de aire necesario para secar la cama de pollos es:

$$\dot{m}_{\text{aire}} = \frac{\Delta\omega_{\text{cama}}}{\Delta\omega_{\text{aire}}}$$

$$\dot{m}_{\text{aire}} = \frac{8 \frac{\text{gr}_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{s}}}{24 \frac{\text{gr}_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{kg}_{\text{a.seco}}}} = 0,333 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Lo cual representa un porcentaje del caudal total, dado por.

$$\% \dot{m} = \frac{0,333 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{1,55 \frac{\text{kg}}{\text{s}}} \cdot 100\% = 21,5\%$$

A continuación se verifica la velocidad del aire propuesta en el punto 7.7.1.2

$$\dot{V} = \frac{\dot{m} \cdot \bar{R} \cdot T}{P} = \frac{0,333 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 0,287 \frac{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 350\text{K}}{101,3\text{kPa}}$$

$$\dot{V} = 0,33 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

El área de la sección anular por la que circula el aire es la diferencia entre el área de el diámetro mayor menos el menor

$$A = \frac{\pi \cdot (0,219^2 - 0,168^2)}{4} = 0,0155\text{m}^2$$

Finalmente se calcula con el área de la sección anular la velocidad del aire:

$$v = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{0,33 \frac{m^3}{s}}{0,0155 m^2}$$
$$v = 21,3 \frac{m}{s}$$

Es un 33% mayor a la velocidad propuesta pero no se modifica el sistema porque es una condición más favorable, y el caudal de aire que circula se puede regular fácilmente por el damper descrito en la siguiente sección.

4.5.7.2.2 *By pass aire de enfriador (Damper)*

Debido a que el caudal necesario para secar la cama de pollos es un 21,5% del caudal total, el sobrante de aire se libera directamente al ambiente.

El sistema para realizar la regulación de caudal elegido consiste en un mecanismo llamado Damper, que es en esencia una válvula mariposa de gran diámetro.



Se selecciona un Damper de un diámetro de 12", construido en acero galvanizado.

4.5.8 Pérdida de carga en sistema

Se calculan las pérdidas de carga que no hayan sido calculadas anteriormente en los diferentes ductos de gas y aire, y se determina la presión total a vencer por los impulsores.

4.5.1.4 Cañerías, accesorios y venturi línea de gas.

Lo primero es realizar una lista donde consten las longitudes de tramo recto y accesorios de cada tramo.

Tramo	Longitud	Diámetro	Codo 45º	Codo 90º	Te Derivada	Te Directo	Válvula esf.	Reducción	Ensanchamiento
I	0,17	4"	2	-				-	-
II	0,825	3,5"	-	1				1 (6"-3,5")	-
III	0,6	2,5"	-	1				-	
Venturi	0	2,5"	-	-	1			1 (2,5"-1,25")	1 (2,5-1,25")
IV	0,67	2,5"	-	-				-	1 (2,5"-3")
V	0	3"		1					1 (3"-5")
VI	1	3"				1	1		1 (2"-3")

Luego se ingresa a gráfico del cálculo E de anexo V, con los accesorios y sus diámetros correspondientes y se sale con la longitud equivalente de cada uno.

Accesorio	diámetro	Long. Equivalente
codo 45	4"	1,525
codo 90	3,5"	2,745
	3"	1,525
	2,5"	0,915
Te 3"	3"	5,795
Reducción 2,5"-3"	2,5"-1,25"	1,0675
	6"-3,5"	1,0675
Ensanchamiento	3"-5"	1,525
	2,5"-3"	0,488
	2,5"-1,25"	0,7625
	2"-3"	0,915
Válvula Esférica	3"	0,4575

Se confecciona una tabla donde se presentan las longitudes equivalentes totales por tramo.

Tramo	Diámetro	Codo 45º	Codo 90º	Te Derivada	Te Directo	Válvula Esf.	Reducción	Ensanchamiento	Longitud Equivalente [m]
I	4"	2	-				-	-	3,05
II	3,5"	-	1				1 (6"-3,5")	-	3,8125
III	2,5"	-	1				-		0,915
Venturi	2,5"	-	-	1			1 (2,5"-1,25")	1 (2,5"-1,25")	7,625
IV	2,5"	-	-				-	1 (2,5"-3")	0,488
V	3"		1					1 (3"-5")	3,05
VI	3"				1	1		1 (2"-3")	2,8975

El siguiente procedimiento se lo aplica a cada tramo de cañerías por separado, se supone que las mismas no tienen pérdidas de calor:

- 1- Se busca, para el gas, la viscosidad cinemática y la densidad a la temperatura de cada tramo.
- 2- Con el ϕ_{int} de los tubos, la viscosidad cinemática y la velocidad promedio se calcula el número de Reynolds (Re) de cada tramo con la siguiente fórmula:

$$Re = \frac{\phi_{int} \times v_{prom}}{\mu_c}$$

- 3- Se busca la rugosidad relativa del material de los tubos, en este caso acero comercial y se ingresa al diagrama de Moody (gráfico D) con dicho valor y el número de Reynolds para salir con el “factor de fricción” (λ).
- 4- Se suman las longitudes de tramos rectos con las equivalentes provenientes de los accesorios y se obtiene la longitud total de cada tramo.
- 5- Se hace uso de la fórmula de Darcy-Weisbach para calcular la pérdida de carga total en cada tramo.

$$h_{fp} = \frac{L \times \lambda \times v_{prom}^2}{\phi_{int} \times 2 \times g}$$

- 6- Se transforman las unidades de la caída de presión de metros de columna de gas a mm de columna de agua, haciendo una relación de densidades.

$$h_{fp[mmH_2O]} = \frac{\rho_{gas} \times h_{fp[mgas]}}{\rho_{H_2O}} \times 1000 \frac{mm}{m}$$

- 7- Se suman las h_{fp} de cada tramo y se obtiene así la caída de presión total debida a caños, accesorios y el venturi.

Todo el procedimiento anterior se aplica a una tabla de Excel (Tabla de cálculo D, anexo IV) para simplificar el cálculo, de la cual se concluye que la pérdida de carga total de las cañerías con sus accesorios, e incorporando además el sistema Venturi, es.

$$h_f = 150mm_{H_2O}$$

4.5.1.5 Pérdida de carga en el silo

Fórmula de Shedd que requiere el uso de constantes establecidas para cada tipo de grano, en este caso se adoptará los valores del arroz con cáscara.

$$\Delta P' \left[\frac{Pa}{m} \right] = \frac{a \cdot Q_a^2 \left[\frac{m^3}{seg \cdot m^2} \right]}{\ln(1 + b \cdot Q_a)}$$

$\Delta P'$ = Presión estática por metro de altura de la capa de granos.

Q_a = Caudal volumétrico por unidad de superficie de piso del silo

a y b = constantes para cada tipo de grano.

Grano	Unidades Standard Internacionales		Unidades Inglesas	
	A	B	A	B
Cebada	2.14 x 10 ⁴	13.2	6.76 x 10 ⁻⁴	6.71 x 10 ⁻²
Avena	2.41 x 10 ⁴	13.9	7.62 x 10 ⁻⁴	7.06 x 10 ⁻²
Colza	3.99 x 10 ⁴	4.2	14.07 x 10 ⁻⁴	2.47 x 10 ⁻²
Arroz en cáscara	2.57 x 10 ⁴	13.2	8.12 x 10 ⁻⁴	6.71 x 10 ⁻²
Maíz	2.07 x 10 ⁴	30.4	6.54 x 10 ⁻⁴	15.44 x 10 ⁻²
Sorgo	2.12 x 10 ⁴	8.06	6.7 x 10 ⁻⁴	4.09 x 10 ⁻²
Soja	1.02 x 10 ⁴	16.0	3.22 x 10 ⁻⁴	8.13 x 10 ⁻²
Girasol Confitería	1.10 x 10 ⁴	18.1	3.48 x 10 ⁻⁴	9.19 x 10 ⁻²
Girasol Aceite	2.49 x 10 ⁴	23.7	7.87 x 10 ⁻⁴	9.19 x 10 ⁻²
Trigo	2.7 x 10 ⁴	8.77	8.53 x 10 ⁻⁴	4.46 x 10 ⁻²

Primero se debe calcular Q_a para lo que se calcula la superficie de la parte cilíndrica del silo:

$$A = \frac{\pi \cdot \varnothing^2}{4} = \frac{\pi \cdot (2m)^2}{4}$$

$$A = \pi m^2$$

Y en caudal volumétrico es:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho}$$

$$\dot{V} = \frac{0,333 \frac{kg}{s}}{0,95 \frac{kg}{m^3}} = 0,35 \frac{m^3}{s}$$

Entonces:

$$Q_a = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{0,35 \frac{m^3}{s}}{\pi m^2}$$

$$Q_a = 0,1114 \frac{m^3}{s \cdot m^2}$$

Y finalmente la caída de presión en el silo es:

$$\Delta P' \left[\frac{Pa}{m} \right] = \frac{a \cdot Q_a^2 \left[\frac{m^3}{seg \cdot m^2} \right]}{\ln(1 + b \cdot Q_a)} = \frac{2,57 \times 10^4 \cdot \left(0,1114 \frac{m^3}{s \cdot m^2} \right)^2}{\ln \left(1 + 13,2 \cdot 0,1114 \frac{m^3}{s \cdot m^2} \right)}$$

$$\Delta P' = 352,6 \frac{Pa}{m} = 35,97 \frac{mm_{H_2O}}{m}$$

En promedio, el lecho de cama de pollos tiene 1,5m de profundidad (esto se ve en la sección 7.13, posterior a la presente, donde se diseña el silo). Por lo tanto.

$$\Delta P = 35,97 \frac{mm_{H_2O}}{m} \cdot 1,5m$$

$$\Delta P = 53,96 mm_{H_2O}$$

4.5.1.6 Cañerías, accesorios y economizador línea de aire.

Se procede en forma similar al punto anterior. En este caso el economizar se incluye en el cálculo de las cañerías, con la excepción que cuando se debe calcular el número de Reynolds del economizador quien presenta una sección anular, se debe buscar un diámetro equivalente para la pérdida de carga, la cual se calcula como:

$$D_{eq} = \frac{4 \times \text{Area de flujo}}{\text{Perímetro humedo de fricción}} = \frac{4 \cdot \pi(D_2^2 - D_1^2)}{4 \cdot \pi(D_2 + D_1)} = D_2 - D_1$$

PFC – “Estudio y diseño de sistema aprovechamiento cama de pollos”

Dónde: D_1 : Diámetro del caño interior
 D_2 : Diámetro del caño exterior

Entonces:

$$D_{cp} = D_2 - D_1 = 203,1mm - 152,4mm$$

$$D_{cp} = 50,8mm = 0,0508m$$

A continuación se procede a realizar una lista donde consten las longitudes de tramo recto y accesorios de cada tramo.

Tramo	Long.	Te 14"- 12"	Reduccion 15,7" a 14"	Reduccion 14"-8"	Reducción 8" a 6"	Curva 90º 6"	Curva 90º 8"	Curva 90º 12"	Damper 12"
VII	0	1	1	1					
VIII	2,7				1		1		
IX	3					2			

Luego se ingresa al gráfico de cálculo D, anexo V, con los accesorios y sus diámetros correspondientes y se sale con la longitud equivalente de cada uno.

Accesorio	diámetro	Long. Equivalente
Codo 90º	6"	3,05
	8"	4,27
Reducción 8"-6"	8"	1,83
Reducción 14"-8"	14"	4,575
Ensanchamiento 6,9"-14"	14"	6,1
Te paso directo	14"	6,71

Se confecciona una tabla donde se presentan las longitudes equivalentes totales por tramo.

Tramo	Diámetro	Curva 90º	Te paso directo	Damper	Reducción	Ensanchamiento	long eq.
VII	14"	-	1	-	1 (14"-8")	1 (6,9"-14")	17,385
VIII	8"	1	-	-	1 (8"-6")	-	6,1
IX	6"	2	-	-	-	-	6,1

Habiendo calculado esto, se procede a aplicar el siguiente procedimiento:

El siguiente procedimiento se lo aplica a cada tramo de cañerías por separado, se supone que las mismas no tienen pérdidas de calor:

- 1- Se busca, para el gas, la viscosidad cinemática y la densidad a la temperatura de cada tramo.
- 2- Con el ϕ_{int} de los tubos (salvo el tramo VII el cual usa el D_{cp}), la viscosidad cinemática y la velocidad promedio se calcula el número de Reynolds (Re) de cada tramo con la siguiente fórmula:

$$Re = \frac{\phi_{int} \times v_{prom}}{\mu_c}$$

- 3- Se busca la rugosidad relativa del material de los tubos, en este caso acero comercial y se ingresa al diagrama de Moody (gráfico D) con dicho valor y el número de Reynolds para salir con el “factor de fricción” (λ).
- 4- Se suman las longitudes de tramos rectos con las equivalentes provenientes de los accesorios y se obtiene la longitud total de cada tramo.
- 5- Se hace uso de la fórmula de Darcy-Weisbach para calcular la pérdida de carga total en cada tramo.

$$h_{fp} = \frac{L_{tot} \times \lambda \times v_{prom}^2}{\phi_{int} \times 2 \times g}$$

- 6- Se transforman las unidades de la caída de presión de metros de columna de gas a mm comuna de agua, haciendo una relación de densidades.

$$h_{fp[mmH_2O]} = \frac{\rho_{gas} \times h_{fp[mgas]}}{\rho_{H_2O}} \times 1000 \frac{mm}{m}$$

- 7- Se suman las h_{fp} de cada tramo y se obtiene así la caída de presión total debida a caños y accesorios.

Todo el procedimiento anterior se aplica a una tabla de Excel (Tabla E, anexo IV) para simplificar el cálculo, de la cual se concluye que la pérdida de carga total de las cañerías con sus accesorios, e incorporando además el sistema Venturi, es.

$$h_f = 64,4 mm_{H_2O}$$

4.5.1.7 Pérdidas totales

4.5.1.7.1 Línea de gas

La pérdida total en la línea de gas viene dado por la suma de las pérdidas de cada uno de los equipos y tuberías dispuestas en serie.

Se usaran dos ventiladores centrífugos en toda la instalación, uno estará ubicado en la línea de gas, y deberá vencer las pérdidas de presión producto de:

- Gasificador: 100mmH₂O
- Ciclón: 22,46 mmH₂O

- Aero-enfriador: 176,34 mmH₂O
- Venturi y cañerías: 73,11 mmH₂O
- Filtro: 50 mmH₂O

Pérdida de gas total a vencer:

$$h_{f,T_1} = \sum h_f = (100 + 22,46 + 176,34 + 150 + 50) \text{ mmca} = 498,8 \text{ mmca}$$

$$h_{f,T_1} = 498,8 \text{ mmca}$$

4.5.1.7.2 Línea de aire

La pérdida total en la línea de aire se determina con la suma de las pérdidas de cada uno de los equipos y tuberías dispuestas en serie.

Se usaran dos ventiladores centrífugos en toda la instalación, uno estará ubicado en la línea de gas, y deberá vencer las pérdidas de presión producto de:

- Aero-enfriador: 37,3 mmH₂O
- Cañerías (incluido economizador): 65,25 mmH₂O
- Silo: 53,96 mmH₂O

Pérdida de carga total a vencer:

$$h_{f,T_1} = \sum h_f = (37,3 + 64,4 + 53,96) \text{ mm}_{H_2O} = 155,67 \text{ mmca}$$

$$h_{f,T_1} = 155,67 \text{ mmca}$$

4.5.9 Selección de ventiladores

Los ventiladores necesarios en el sistema son dos. Uno para la impulsión de la línea de gas y otro para la línea de aire. Debido a los requerimientos de presión y caudal, se requiere de ventiladores centrífugos. Los equipos se seleccionan de la marca chilena Sodeca.

4.5.9.1 Ventilador para línea de gas

Con el siguiente gráfico se selecciona un modelo de ventilador que satisfaga los requerimientos de presión y caudal en la línea.

$$h_{f,V_1} = 498,8 \text{ mmca} \rightarrow \text{Presión a vencer por pérdidas.}$$

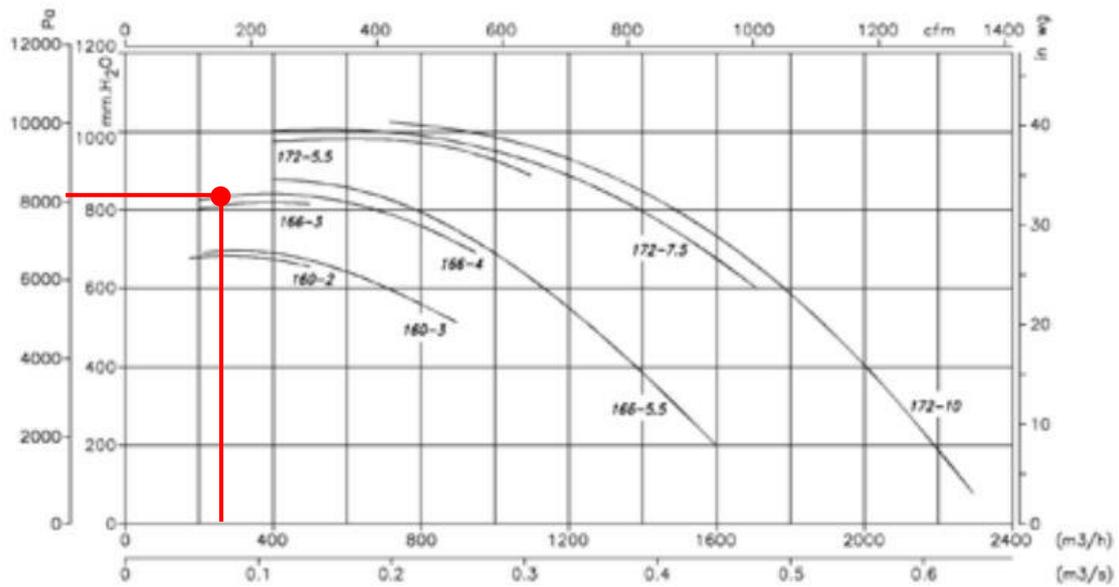
$$Q_{V_1} = 225,6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow \text{Consumo motor (a } 35^\circ\text{C).}$$

El motor requiere una presión de entrada que esté comprendida entre 2,5kPa y 10kPa (255mmca a 1020mmca) de presión manométrica.

Por lo tanto la presión total del ventilador es como mínimo: $P_{mín} = 753,8 \text{ mmca}$ y

$$P_{máx} = 1518,8 \text{ mmca}$$

Gráfico 11: Selección Ventilador Gas



Se selecciona el modelo CA-166-2T-4. Se muestra en la gráfica las características constructivas del ventilador centrífugo seleccionado.

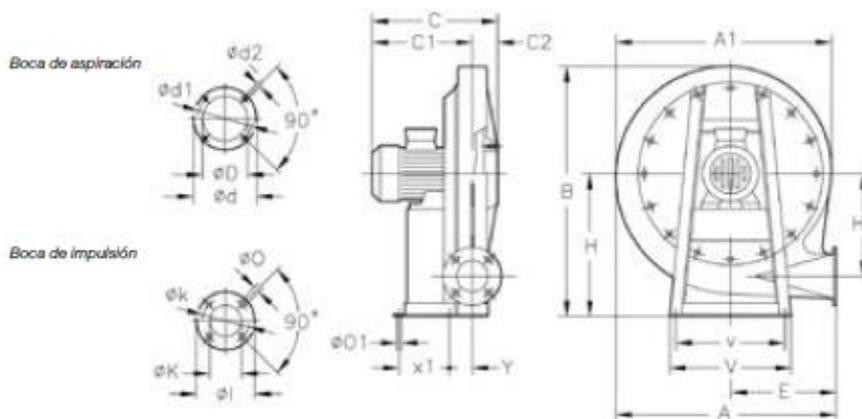


Gráfico 12: Dimensiones Ventilador Gas

Modelo	A	A1	B	C	C1	C2	øD	ød1	ød2	E	H	H1	øl	øk	øO	øO1	V	v	x1	Y		
CA-142-2T-0,33	494	488	540	270	221,52	48,5	90	160	130	M8	240	301	235	120	60	90	11	12	300	270	130	51
CA-142-2T-0,5	494	488	540	290	241,5	48,5	90	160	130	M8	240	301	235	120	60	90	11	12	300	270	130	51
CA-148-2T-0,75	563	557,5	639	308,5	251,5	57	100	170	140	M8	270	360	269,5	150	73	110	11	12	330	290	140	60
CA-148-2T-1	563	557,5	639	324,5	267,5	57	100	170	140	M8	270	360	269,5	150	73	110	11	12	330	290	140	60
CA-148-2T-1,5	563	557,5	639	324,5	267,5	57	100	170	140	M8	270	360	269,5	150	73	110	11	12	330	290	140	60
CA-154-2T-1,5	630	625	708	348	268,5	79,5	115	183	155	M10	300	395	308	160	80	120	13	12	356	320	210	62
CA-154-2T-2	630	625	708	371	291,5	79,5	115	183	155	M10	300	395	308	160	80	120	13	12	356	320	210	62
CA-154-2T-3	630	625	708	396	316,5	79,5	115	183	155	M10	300	395	308	160	80	120	13	12	356	320	210	62
CA-160-2T-2	708	699	785	381	291	90	130	230	192	M10	336	440	338	160	85	120	13	12	373	322	220	62
CA-160-2T-3	708	699	785	406	316	90	130	230	192	M10	336	440	338	160	85	120	13	12	373	322	220	62
CA-166-2T-3	759	752	866	399	319,5	79,5	140	230	200	M10	364	490	372	160	85	120	13	12	450	400	245	70
CA-166-2T-4	759	752	866	423	343,5	79,5	140	230	200	M10	364	490	372	160	85	120	13	12	450	400	245	70
CA-166-2T-5,5	759	752	866	445	365,5	79,5	140	230	200	M10	364	490	372	160	85	120	13	12	450	400	265	70
CA-172-2T-5,5	818	813	923	451	371	80	148	230	200	M10	390	516	404	175	90	140	13	12	450	400	260	78
CA-172-2T-7,5	818	813	923	492	412	80	148	230	200	M10	390	516	404	175	90	140	13	12	450	400	300	78
CA-172-2T-10	818	813	923	492	412	80	148	230	200	M10	390	516	404	175	90	140	13	12	450	400	300	78

La potencia absorbida por el ventilador viene expresada en la siguiente tabla provista por el fabricante.



Erp. Características del punto de máxima eficiencia (BEP)

Modelo	MC	EC	VSD	SR	η_e [%]	N	(kW)	(m³/h)	(mmH₂O)	(RPM)
CA-154-2T-1,5	A	S	NO	1,05	54,7%	64,0	1,298	560	465,08	2869
CA-154-2T-2	A	S	NO	1,05	55,0%	64,0	1,373	556	497,84	2829
CA-154-2T-3	A	S	NO	1,06	55,5%	64,1	1,521	613	505,41	2957
CA-160-2T-2	A	S	NO	1,07	52,8%	60,9	1,690	500	655,13	2790
CA-160-2T-3	A	S	NO	1,07	56,9%	64,1	2,027	696	607,81	2911
CA-166-2T-3	A	S	NO	1,08	53,8%	61,0	2,065	500	815,01	2909
CA-166-2T-4	A	S	NO	1,08	58,6%	64,2	2,929	851	740,17	2900
CA-166-2T-5,5	A	S	NO	1,09	58,6%	64,2	2,890	764	813,24	2919
CA-172-2T-5,5	A	S	NO	1,10	57,6%	61,3	4,436	1015	923,89	2876
CA-172-2T-7,5	A	S	NO	1,10	58,3%	61,4	4,990	1194	893,36	2905
CA-172-2T-10	-	-	-	1,11	-	-	5,169	1171	945,02	2921

4.5.9.2 Ventilador para línea de aire

El ventilador centrífugo tiene las siguientes características.

$$h_{f,r_2} = 155,67 \text{ mmca}$$

$$Q_{v_2} = 5100 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}$$

El modelo que se selecciona es el Modelo CSX-450.



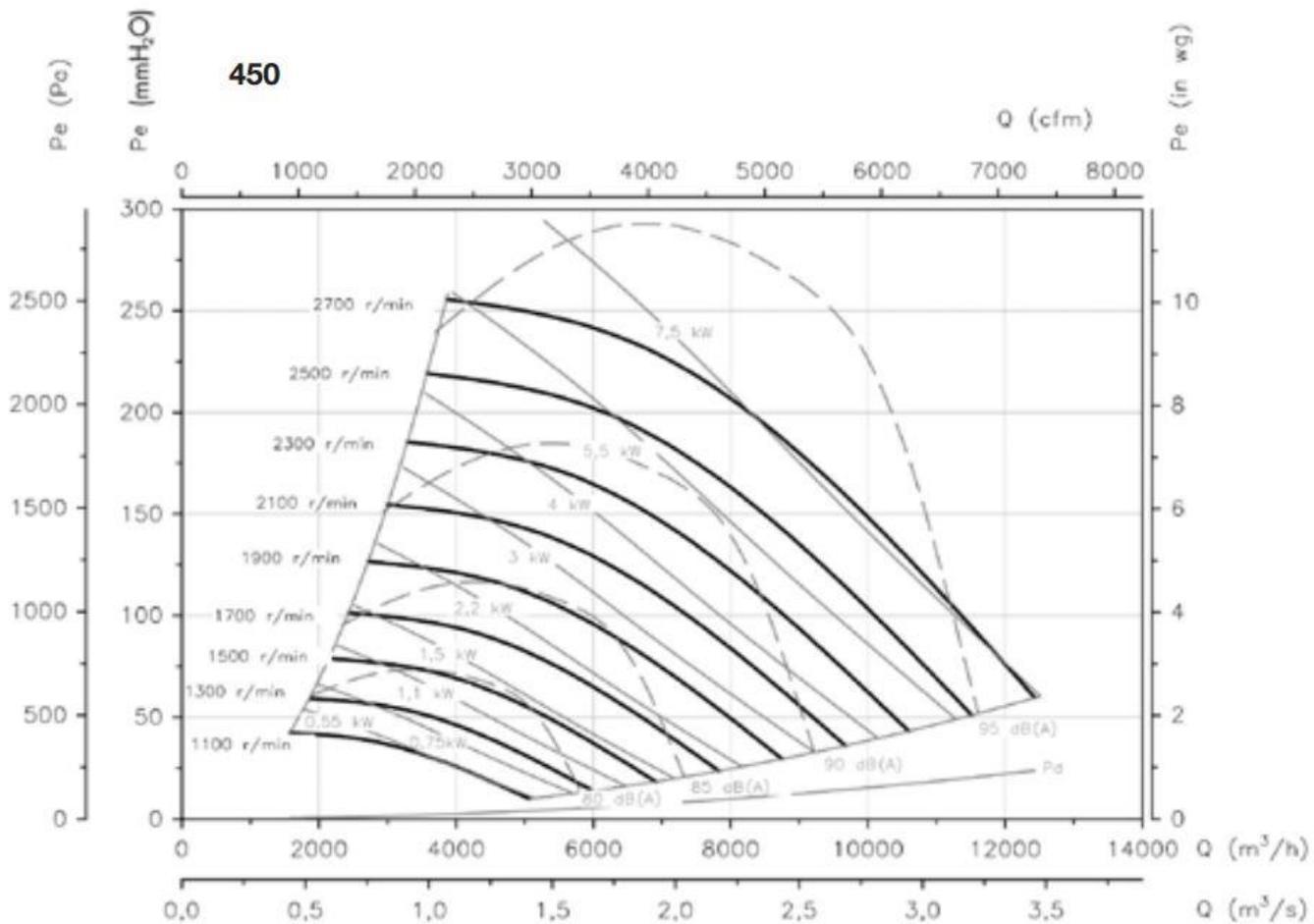
Erp. Características del punto de máxima eficiencia (BEP)

Modelo	MC	EC	VSD	SR	η_e [%]	N	(kW)	(m³/h)	(mmH₂O)	(RPM)
450-0,75	C	S	NO	1,00	48,1%	60,9	0,599	2807	37,69	1095
450-1	C	S	NO	1,00	51,7%	63,4	0,771	3127	46,79	1220
450-1,5	C	S	NO	1,01	53,3%	63,3	1,106	3563	60,73	1390
450-2	C	S	NO	1,01	53,9%	62,6	1,487	3947	74,55	1540
450-3	C	S	NO	1,01	55,2%	62,3	2,132	4485	96,27	1750
450-4	C	S	NO	1,01	55,8%	61,3	3,052	5075	123,23	1980
450-5,5	C	S	NO	1,01	57,3%	61,5	3,972	5588	149,39	2180
450-7,5	C	S	NO	1,02	58,7%	61,5	5,305	6203	184,09	2420
450-10	C	S	NO	1,02	59,6%	61,3	7,008	6843	224,09	2670

CSX

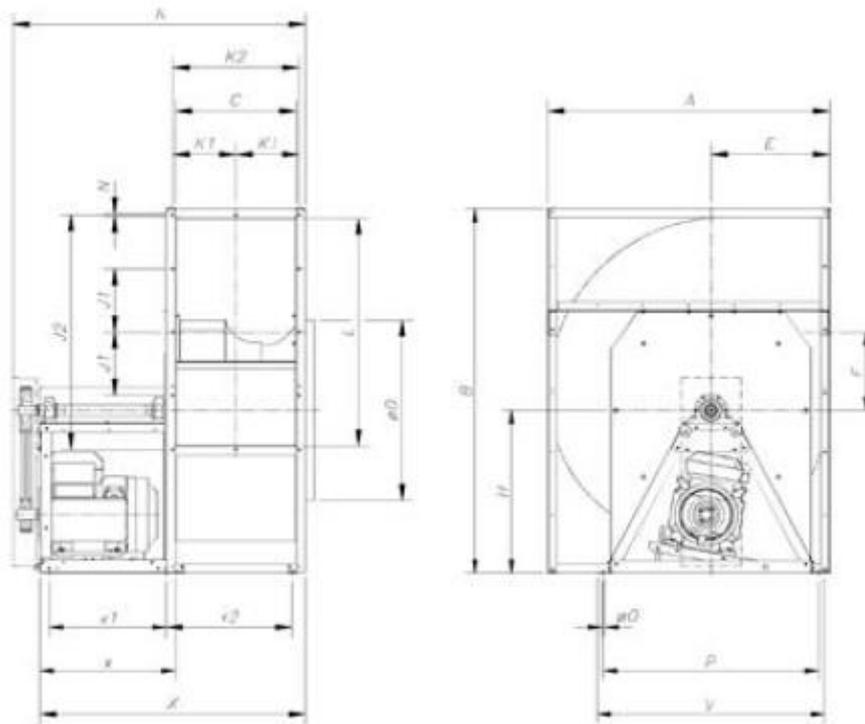


4.5.9.3 Características de funcionamiento



Como se puede ver en el gráfico, el ventilador seleccionado toma una potencia de aproximadamente 3,75kW=5HP, por lo que con un motor de 5,5HP se absorbe satisfactoriamente los requerimientos nominales.

4.5.9.4 Dimensiones generales



	A	B	C	L	K2	K1	J2	J1	N	øD	H	E	F	K	X	øD	P	V	x1	x2	x
CSX-315	522	771,5	223	404	253	126,5	434	-	13x9	313	400	236	139,5	769	679	12	454	504	315	264	415
CSX-355	582,5	869,5	247	453	277	138,5	483	-	13x9	353	450	261	158	793	703	12	496	546	315	288	415
CSX-400	651	963	274	507	304	152	537	-	13x9	398	500	290	179,5	820	730	12	542	592	315	315	415
CSX-450	727,5	1067	308	569	338	169	599	-	13x9	448	550	322	202,5	959	829	12	595	645	380	349	480
CSX-500	801	1180	344	638	374	187	658	-	13x9	498	600	352	221	1005	875	12	654	704	380	380	480
CSX-560	892,5	1295	383	715	413	206,5	745	-	13x9	558	650	390	247,5	1202	1064	12	715	765	515	424	630
CSX-630	998,5	1489,5	432	801	462	231	831	-	13x9	628	769	434	280	1251	1113	12	780	830	515	473	630
CSX-710	1117	1547	479	902	508	254	928	200	13x9	708	730	481,5	316	1298	1160	14	890	930	515	520	630
CSX-800	1250	1665,5	533	1010	563	283,5	1037	250	13x9	798	762	535	358,5	1362	1219	14	980	1050	515	574,5	630
CSX-900	1408	1525	595	1130	625	312,5	1160	300	13x9	898	850	604	407	1424	1281	14	1080	1150	515	636,5	630
CSX-1000	1546	2016	663	1260	693	346,5	1297	350	13x9	998	900	651	433	1600	1456	14	1180	1250	642	690	742

4.5.10 Selección de grupo moto-generator

La selección del sistema de generación se realiza a través del representante en Argentina de la marca China “ETTS”.

Gráfico 13: Características de moto-generador

Biomass/Syngas quality requirements for Ettas Power biomass engine generator set

1). Before entering into engine, the biomass should be appropriate filtering, gas-liquid separation and pressure regulation. If the temperature is too high, it should be through cooling treatment, and make sure there is no liquid contents in the gas.

2). Gas temperature $\leq 40^{\circ}\text{C}$, Gas pressure 2.5~10kpa,
 Pressure change rate $\leq 1\text{kPa}/\text{min}$, tar content $\leq 50\text{mg}/\text{Nm}^3$,
 H₂S content $\leq 50\text{mg}/\text{Nm}^3$, Impurities particle size $\leq 5\mu\text{m}$,
 moisture content $\leq 40\text{g}/\text{Nm}^3$, impurity content $\leq 30\text{mg}/\text{Nm}^3$,
 Heat value $\geq 4\text{MJ}/\text{Nm}^3$.

190 Series Biomass/Coal Gas Generators(50HZ/60HZ)											
Model	Prime Power		Continuous Power(for 24-hr running daily)		Engine Model	Rotation Speed	Alternator	No.of Cylinders & Type	Overall dimension (L*W*H)(mm)	Weight (kg)	Click for Detail Data
	KW	KVA	KW	KVA	SDEC&JDEC	RPM (50HZ/60HZ)	Siemens				
ES-38S	30	38	26	33	R4105	1500/1800	IFC Series	4.L	1800*760*1400	1000	
ES-50S	40	50	32	40	4135T	1500/1800	IFC Series	4.L	2250*900*1550	1350	
ES-63S	50	63	40	50	4135AT	1500/1800	IFC Series	4.L	2250*900*1550	1350	
ES-75S	60	75	50	63	6135T	1500/1800	IFC Series	4.L	2250*900*1550	1450	
ES-100S	80	100	68	85	6135T	1500/1800	IFC Series	6.L	2500*1000*1550	2000	
ES-125S	100	125	85	106	6135T	1500/1800	IFC Series	6.L	2550*1000*1800	2200	
ES-150S1	120	150	100	125	6138T	1500/1800	IFC Series	6.L	2930*1000*1800	2450	
ES-150S2	120	150	100	125	12V135T	1500/1800	IFC Series	12.Vee	3400*1350*1850	3500	
ES-188S	150	188	120	150	12V135T	1500/1800	IFC Series	12.Vee	3400*1350*1850	3500	
ES-250S	200	250	160	200	12V138T	1500/1800	IFC Series	12.Vee	3570*1350*1850	3600	
EJ-313S	250	313	200	250	6190ZLT	1000/1200	IFC Series	6.L	4980*1760*2230	8900	
EJ-500S	400	500	320	400	12V190DT	1000/1200	IFC Series	12.Vee	4566*2040*2200	11800	
EJ-625S	500	625	400	500	12V190ZDT	1000/1200	IFC Series	12.Vee	4790*2040*2212	12000	

10.2.1 Características generales

- Potencia nominal del equipo: $P_N = 80\text{kW}$.
- Modelo de generador: ES-100s.
- Modelo de motor: 6135T.
- Peso conjunto: 2000kg.
- Dimensiones aproximadas: (Largo*Ancho*Alto) = 2,5mx1mx1,55m.
- Tensión de salida: 3x380V.
- Frecuencia: 50Hz.

4.5.11 Recepción y acopio de materia prima

El almacenamiento se realiza en un galpón de acopio, donde se almacena para ser utilizada paulatinamente durante todo el período entre crianzas. Dentro de éste, se instala un sistema de transporte con el cual se hace posible la alimentación diaria del gasificador.

El volumen máximo de cama de pollos a almacenar es el que se requiere para cubrir la potencia instalada de la granja durante el período de una crianza.

4.5.11.1 Diseño de almacenamiento

El almacenamiento cumple dos funciones. Por un lado, el de almacenar la cama de pollos durante toda una crianza, que es el combustible del sistema de gasificación durante todo ese período. Y, por otro lado, el de resguardar los equipos de gasificación y generación de energía eléctrica. Por lo que en el diseño se consideran por separado dos tramos con diferentes dimensiones constructivas.

El volumen a almacenar es el especificado anteriormente: $V_{Alm}=216m^3$.

Dentro del galpón, el almacenamiento del combustible propiamente dicho se efectúa en dos tramos rectos longitudinales, ubicados a los lados de la línea central del galpón, conformados por una sección trapezoidal, tal como se muestra en el croquis del sistema (gráficos 14 y 15).

Gráfico 14: Vista en planta almacenamiento en galpón (medidas en "m")

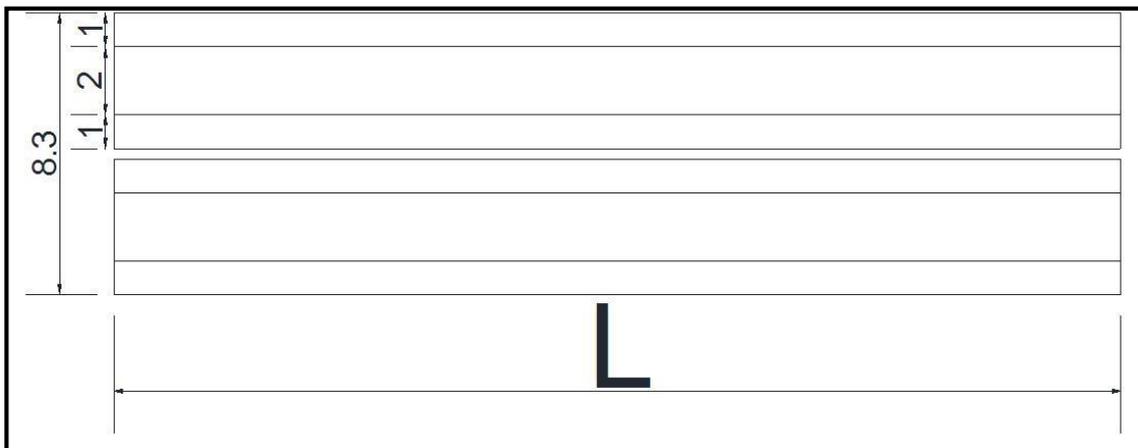
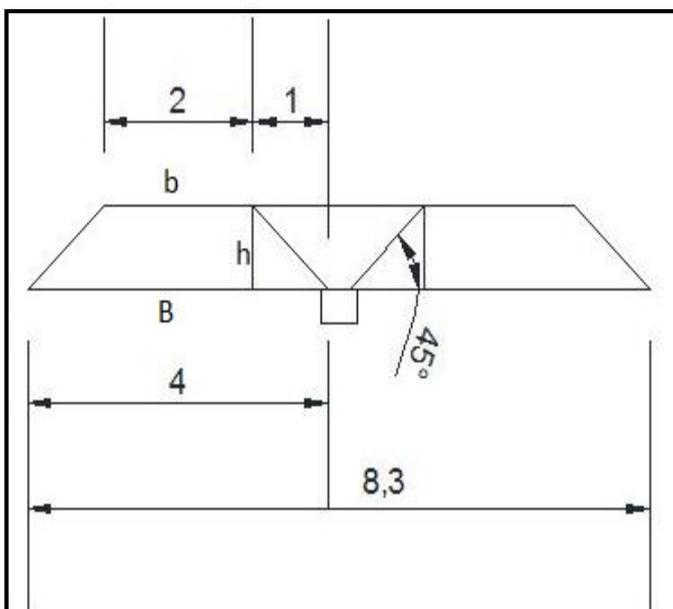


Gráfico 15: Vista frontal almacenamiento en galpón (medidas en "m")



Para determinar el largo de los tramos de depósito, se procede de la siguiente manera.

$$V_{alm} = 2 \cdot A_{Trap} \cdot L \Rightarrow L = \frac{V_{alm}}{2 \cdot A_{Trap}} \quad (1)$$

Donde:

- V_{alm} = Volumen de cama de pollos a almacenar.
- A_{Trap} = Área útil de almacenamiento (área trapezoidal).
- L = largo de perfil de almacenamiento de cama de pollos.

Se diseña un área trapezoidal, que es cómo se comporta (en un sentido lo suficientemente aproximado) el material a almacenar.

El área de un trapecio viene dado por

$$A_{Trap} = \frac{(B + b) \cdot h}{2}$$

$$A_{Trap} = \frac{(4m+2m) \cdot 1m}{2} = 3m^2 \quad (2)$$

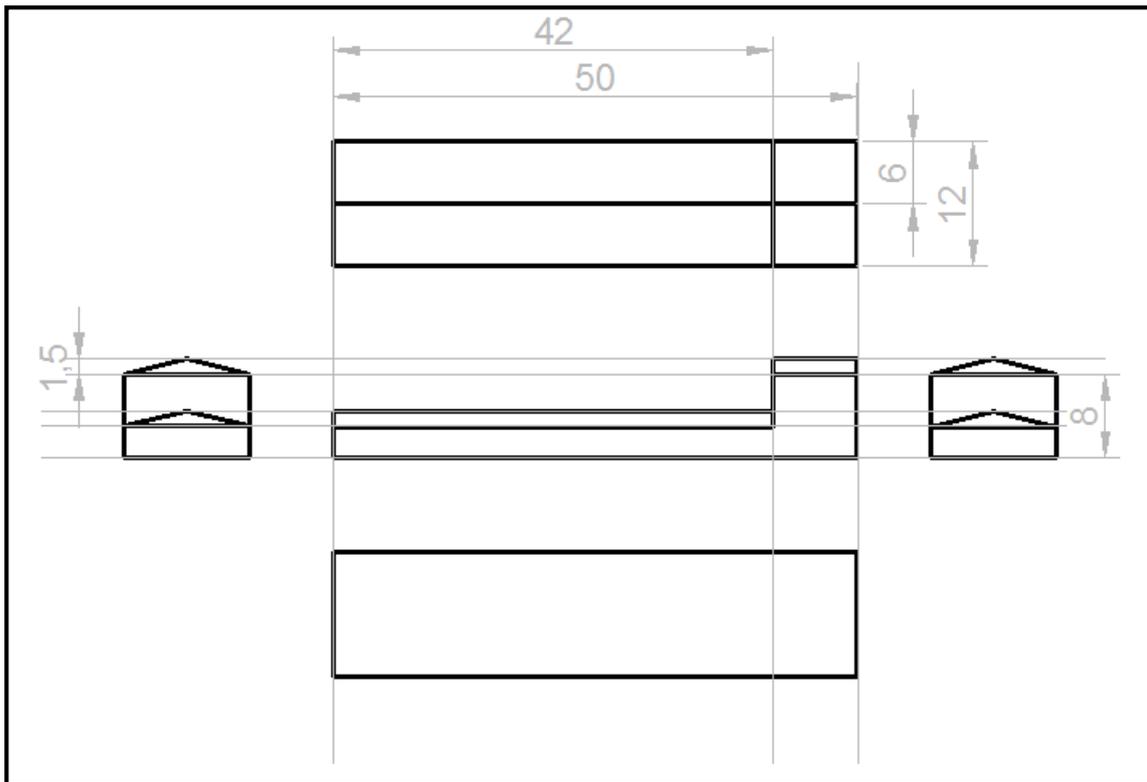
Reemplazando (2) en (1)

$$L = \frac{V_{alm}}{2 \cdot A_{Trap}} = \frac{216m^3}{2 \cdot 3m^2} = 36m$$

Por lo tanto, para conseguir esta capacidad, el galpón tiene, en el tramo de almacenamiento, 12m de ancho, 40m de largo y 3m de alto (en los postes).

Para el diseño de las dimensiones del segundo tramo, se requiere de las características del gasificador, del silo de almacenamiento diario y del transportador. Esto se muestra en los siguientes esquemas.

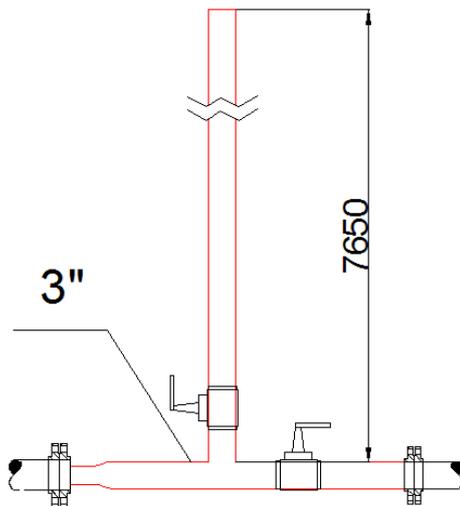
Gráfico 16: Dimensiones generales galpón de almacenamiento (medidas en "m")



4.5.12 Venteo

En el momento de la puesta en marcha del sistema de generación, se realiza una combustión completa dentro del gasificador, por lo que el producto de ésta es (mayormente) dióxido de carbono, nitrógeno y vapor de agua. Evidentemente, este gas no es combustible y no puede inyectarse al motor. Hecho por el cual se dispone de una tubería de venteo.

4.5.12.1 Esquema



4.5.12.2 Llaves esféricas

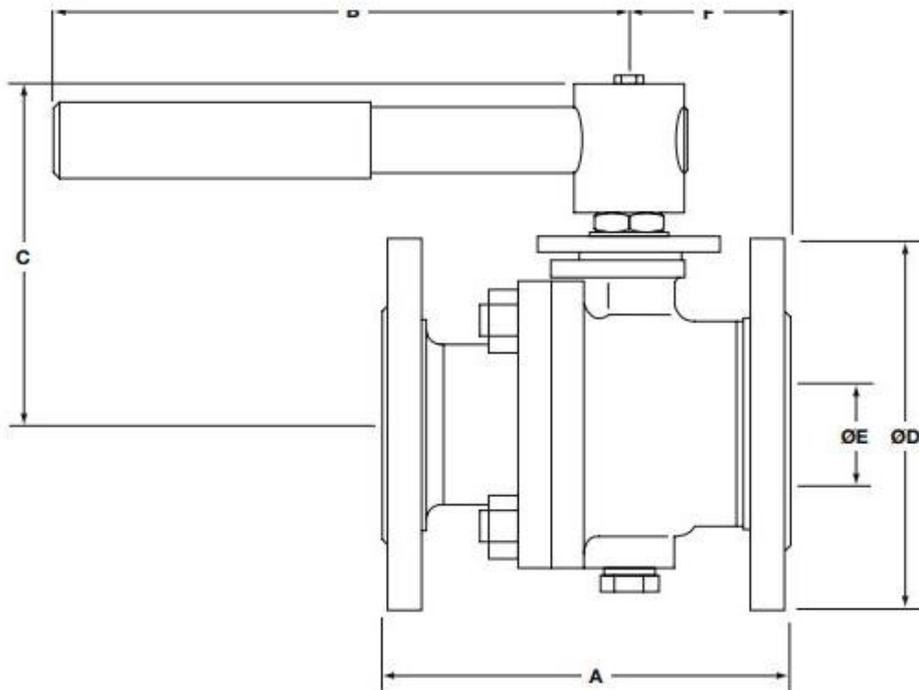
Para activar o desactivar el venteo se disponen 2 (dos) llaves de $\frac{1}{4}$ de vuelta, tal como se ve en el esquema anterior.

Las válvulas seleccionadas son de la marca Spirax Sarco, y las dimensiones y características se detallan a continuación.

Dimensiones/peso (aproximados) en mm y kg

Bridas ANSI 150

Tamaño	A	B	C	D	E	F	Peso
DN50	178	275	140	152	50	70	10,8
DN65	190	415	160	178	63	82,5	16,2
DN80	203	515	168	191	74	87	20,0
DN100	229	700	202	229	100	106	35,3
DN150	394	850	283	279	150	197	80,2
DN200	457	950	317	343	201	228	140,0



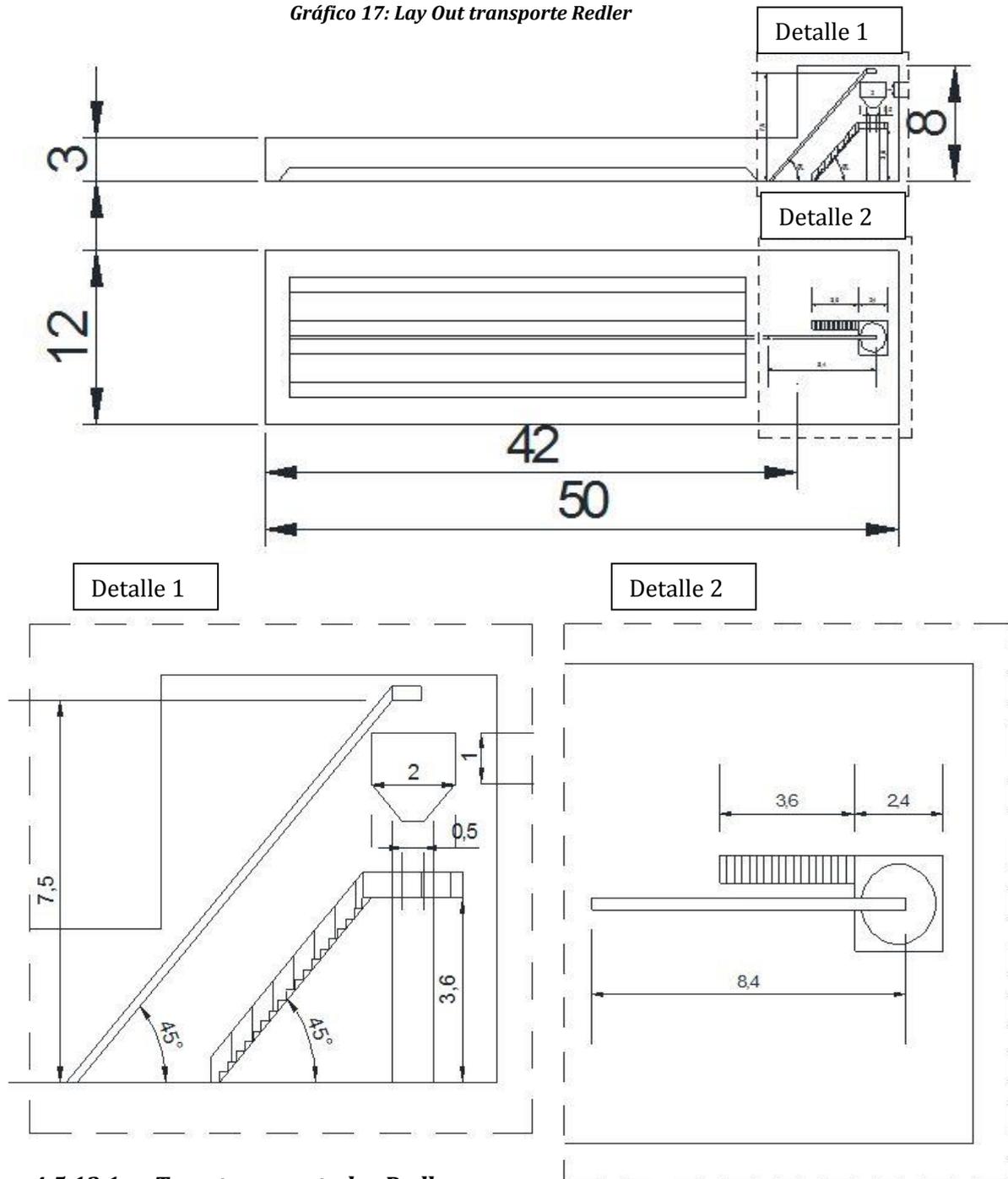
4.5.13 Diseño y selección de transportador

Para trasladar la cama de pollos desde el almacenamiento hasta el silo diario, posicionado sobre el gasificador, se diseña un transporte tipo cadena Redler, debido a que presenta inmejorables características de robustez, ideal para el tipo de material a transportar.

La carga del transporte se realiza en forma manual, debido a que el volumen a cargar por día es aceptable para este tipo de carga. Como hipótesis, se plantea (en función de la experiencia) que el volumen de cama de pollos que puede cargar un hombre es de aproximadamente 5m³/h. Por lo tanto este es el caudal mínimo de diseño del Redler.

Por razones operativas y de seguridad, el transporte no es descubierto, sino que es tapado.

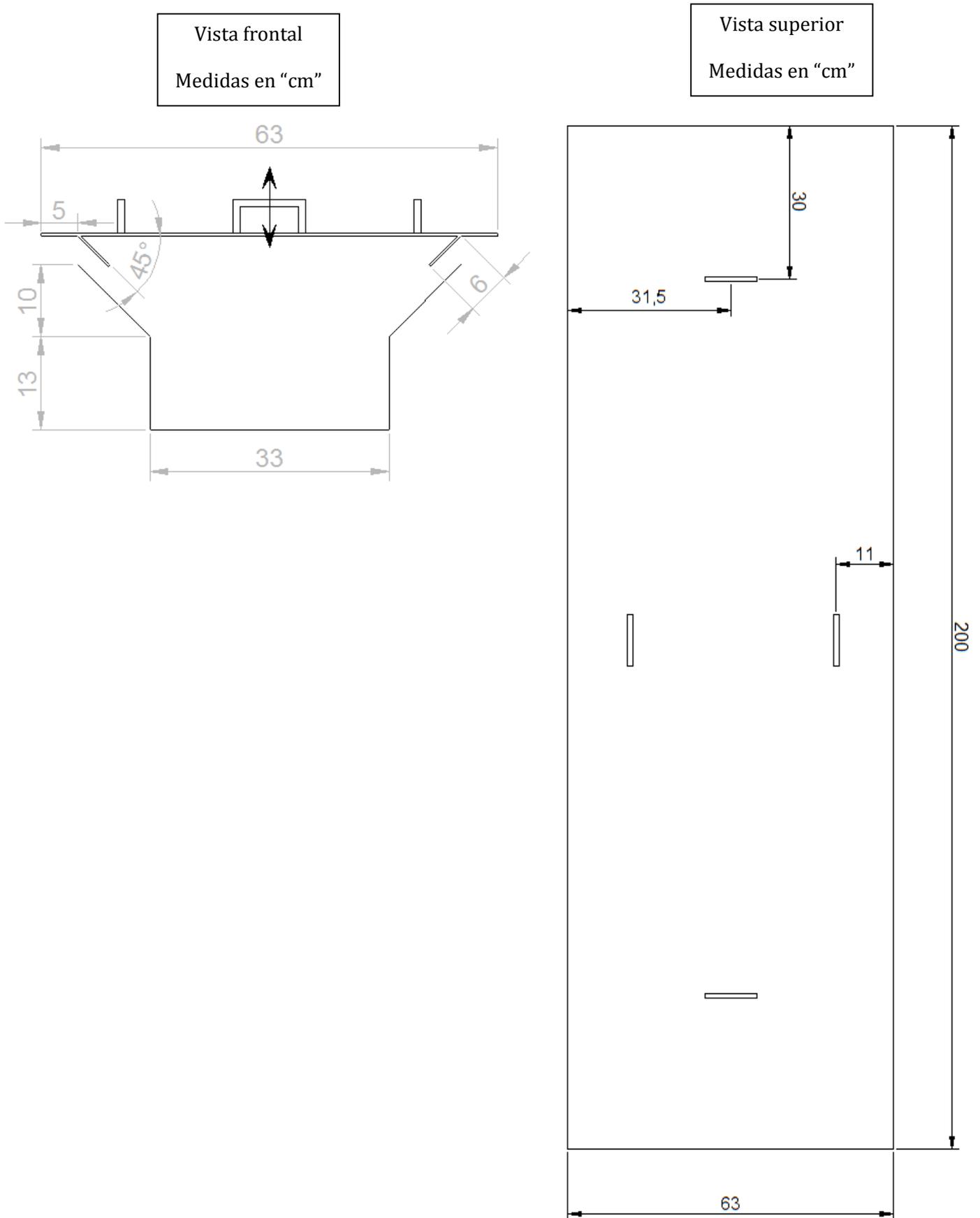
Gráfico 17: Lay Out transporte Redler



4.5.13.1 Tapa transportador Redler

El transportador se encuentra tapado por dos razones. Primeramente, una cuestión de seguridad para las personas circundantes; ya que un transporte destapado puede ocasionar accidentes, poniendo en riesgo la integridad física del granjero o cualquier otra persona. Por otro lado, por una cuestión operacional; para que no se sobrecargue innecesariamente el sistema (e involuntariamente, si se considera que puede haber material que se precipite al transporte de no estar tapado), se destapa solamente el sector que se va a cargar, mientras que el resto permanece cubierto.

Gráfico 18: Esquema tapa transportador, medidas en “m”.



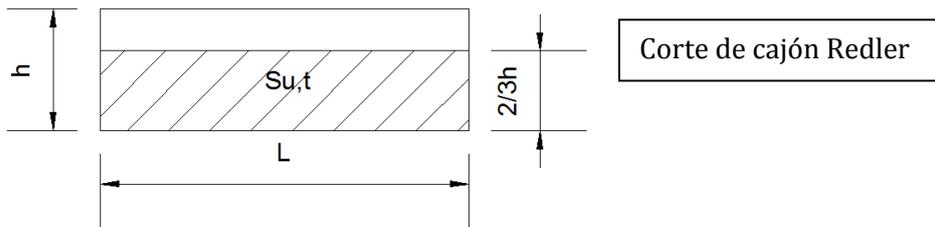
4.5.13.2 Cálculo de capacidad de transporte:

Los cálculos se realizan siguiendo las características de los productos de la marca Power Chain, al igual que la selección propiamente dicha.

El caudal mínimo a transportar es el que puede cargar una persona en forma manual:

$$Q_{\min} = 5\text{m}^3/\text{h}.$$

Se tiene que:



Donde:

$S_{u,T}$ = Sección útil de transporte.

h = Altura cajón redler.

L = Ancho redler.

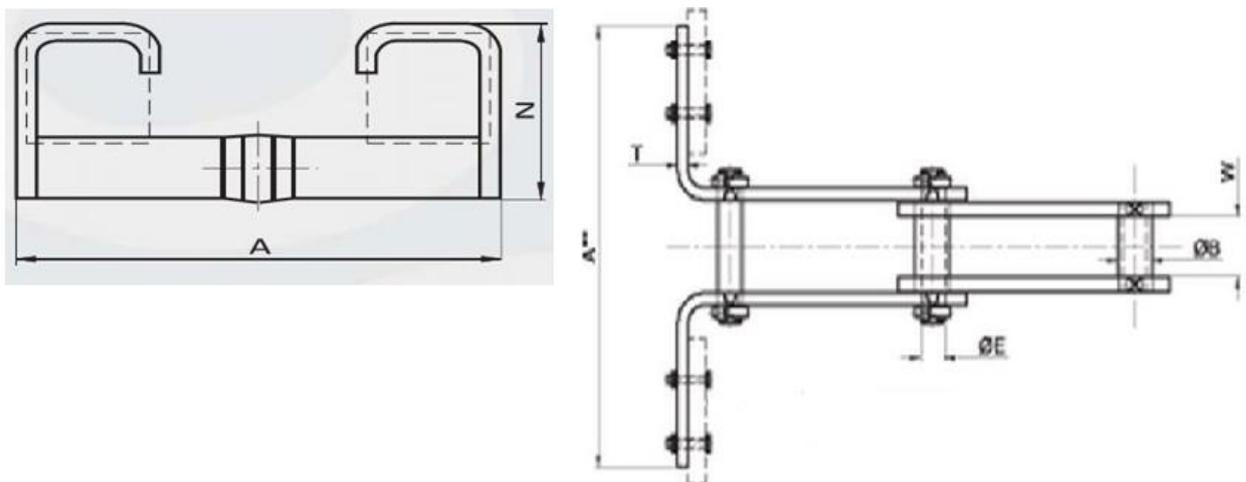
\dot{m}_T = Caudal masico de transporte.

δ_{cama} = Densidad de cama de pollos.

v = Velocidad de desplazamiento del material.

Debido a que en el recorrido de la cama de pollos hay un tramo inclinado, el diseño de la paleta es como el que se ve a continuación. Las dimensiones se especifican debajo.

Gráfico 19: Paletas transporte



Donde:

- $N = 10\text{cm}.$

- A = 30cm.

Los eslabones son:

Gráfico 20: Cadena

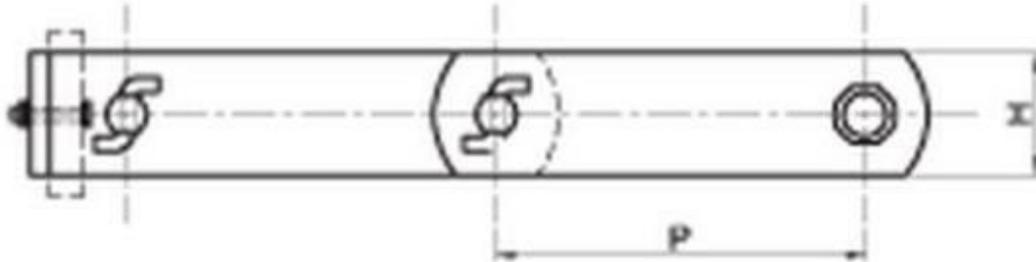


Gráfico 21: Dimensiones de cadenas.

Cadenas serie G								
Cadena Poch N°	Paso (mm)	Carga rotura (Kg)	Peso x metro (Kg/mt)	Ancho interno W (mm)	Diámetro buje B (mm)	Diámetro perno E (mm)	Altura placa H (mm)	Espesor placa T (mm)
G-1000	101,6	6.000	4,50	25,4	17	11,1	38,1	4,76
G-1100		10.000	7,00	31,7	19	12,7	38,1	6,35
G-1200		13.000	8,10	31,7	20	14	44,4	6,35
G-1300	100	6.000	4,60	25,4	17	11,1	38,1	4,76
G-1400		10.000	7,20	31,7	19	12,7	38,1	6,35
G-1500		13.000	8,30	31,7	20	14	44,4	6,35
G-1600	152,4	6.000	3,75	25,4	17	11,1	38,1	4,76
G-1650	150	6.000	3,75	25,4	17	11,1	38,1	4,76
G-1700	152,4	10.000	7,20	25,4	19	12,7	38,1	6,35
G-1800		13.000	8,20	31,7	20	14	44,4	6,35
G-1900		18.000	12,50	38,1	26	18	50,8	7,94
G-2000	150	10.000	7,80	28,5	20	14	38,1	6,35
G-2100		13.000	8,30	31,7	20	14	44,4	6,35
G-2200		16.000	11,80	31,7	26	18	50,8	6,35
G-2250		18.000	12,50	38,1	26	18	50,8	7,94
G-2300		22.000	18,00	38,1	28	20	50,8	9,52
G-2400	152,4	28.000	23,80	38,1	35	25	63,5	9,52
G-2500		36.000	28,50	38,1	38	28	76,2	9,52

El cajón tiene las siguientes dimensiones:

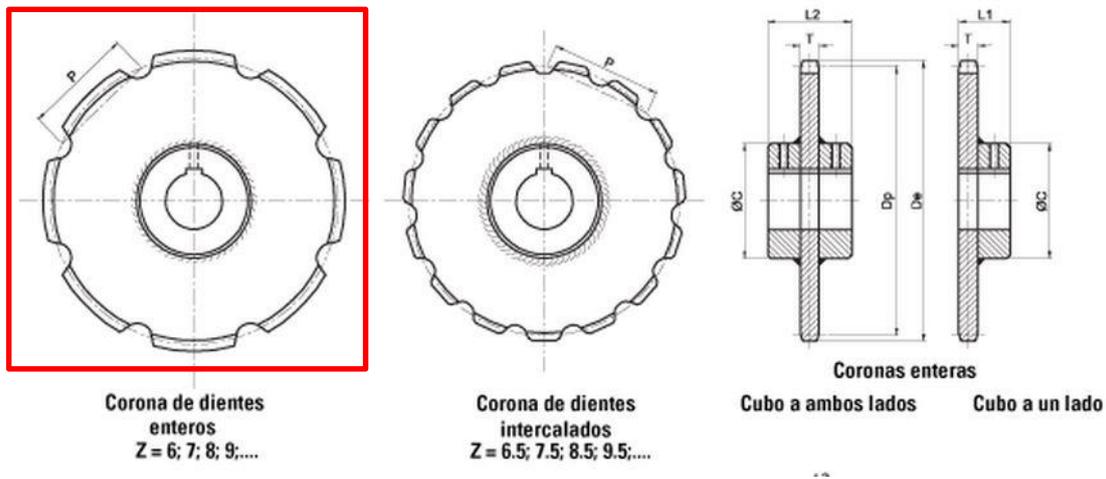
- Ancho: L = 33cm
- Alto total: h = 26cm

Selección de las ruedas.

En función del paso (150mm) y la cantidad de dientes (6) se selecciona las ruedas.

		Diámetros Primitivos (mm)									
Paso P (mm)	Nº de dientes	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
	100	200	215,18	230,48	245,86	261,31	276,82	292,38	307,98	323,61	339,26
101,6	203,2	218,62	234,16	249,79	265,49	281,25	297,06	312,90	328,78	344,69	
150	300	322,77	345,71	368,79	391,97	415,23	438,57	461,96	485,41	508,90	
152,4	304,8	327,94	351,25	374,69	398,24	421,88	445,59	469,36	493,17	517,04	
200	400	430,36	460,95	491,72	522,62	553,65	584,76	615,95	647,21	678,53	
203,2	406,4	437,25	468,32	499,59	530,98	562,50	594,12	625,81	657,57	689,39	

Coronas para cadena de fujo continuo Serie G, WHG y ACG



La sección útil de transporte es.

$$S_{u,T} = \frac{2}{3} \cdot h \cdot L$$

Mientras que el caudal másico que puede transportar el sistema viene dado por.

$$\dot{m}_T = \delta_{cama} \cdot S_{u,T} \cdot v$$

Reemplazando y resolviendo.

$$S_{u,T} = \frac{2}{3} \cdot h \cdot L = \frac{2}{3} \cdot 0,33m \cdot 0,13m = 0,03m^2$$

Entonces

$$\dot{m}_T = \delta_{cama} \cdot S_{u,T} \cdot v = 0,7 \frac{tn}{m^3} \cdot 0,0286m^2 \cdot 0,4 \frac{m}{s} = 0,008008 \frac{tn}{s} = 28,83 \frac{tn}{h}$$

$$\dot{m}_T = 28,83 \frac{tn}{h} \rightarrow \text{Capacidad máxima de transporte.}$$

4.5.13.3 Selección de transportador

Las características del transportador son.

- Tipo: Transporte Redler.
- Marca: Power Chain.
- Modelo: G - 1650
- Capacidad de transporte: 28,8m³/h.
- Coronas: 6 dientes, diámetro primitivo 300mm.
- Longitud total: 49m.
- Peso aproximado (transporte vacío): 367,5kg.

4.5.13.4 Cálculo potencia de transporte.

Se calculará la potencia de transporte a partir del caudal a transportar, por lo que se establecerán dos situaciones según el método de carga que se use. El primero será cargando el transporte utilizando un montacargas, para el cual el caudal de cálculo será igual al máximo del transportador, y el segundo con una carga manual efectuada por un operario.

4.5.13.4.1 Carga con montacargas (caudal máximo).

Caudal máximo a transportar:

$$Q_m = Q_v \times \delta Q_v = 28,8m^3$$
$$Q_m = 28,8m^3 \times 0,7 \frac{Tn}{m^3} = 20,16 \frac{Tn}{h}$$

Tensión de la cadena

$$T - t = \frac{0,5}{v} \times Q_m \times 2 \times (H + L)$$
$$T - t = \frac{0,5}{0,4 \frac{m}{s}} \times 20,16 \frac{Tn}{h} \times 2 \times (5,3m + 46,4m) = 2605,68 \text{ kg}$$

Potencia necesaria en el eje

$$N = \frac{(T - t) \times v}{75}$$
$$N = \frac{2605,68 \text{ kg} \times 0,4 \frac{m}{s}}{75} = 13,9HP$$

La potencia a entregar en el eje del transportador es de 13,9HP para la hipótesis establecida.

4.5.13.4.2 Carga manual (Hipótesis elegida)

$$Q_m = Q_v \times \delta Q_v = 5m^3$$
$$Q_m = 5m^3 \times 0,7 \frac{Tn}{m^3} = 3,5 \frac{Tn}{h}$$

Tensión de la cadena

$$T - t = \frac{0,5}{v} \times Q_m \times 2 \times (H + L)$$

$$T - t = \frac{0,5}{0,4 \frac{m}{s}} \times 3,5 \frac{Tn}{h} \times 2 \times (5,3m + 46,4m) = 452,4 \text{ kg}$$

Potencia necesaria en el eje.

$$N = \frac{(T - t) \times v}{75}$$
$$N = \frac{452,4 \text{ kg} \times 0,4 \frac{m}{s}}{75} = 2,42 \text{HP}$$

La potencia a entregar en el eje del transportador es de 2,42HP para la hipótesis establecida.

4.5.13.5 Velocidad de corona conductora del transporte.

Como se ve en la figura 3, el diámetro primitivo para un engranaje de 8 dientes es:

$$D_p = 266,54 \text{mm}$$

Por lo que, la velocidad (n) en RPM, es.

$$n = \frac{120 \frac{s}{min} \times v}{\pi \times D_p}$$
$$n = \frac{120 \frac{s}{min} \times 0,4 \frac{m}{s}}{\pi \times 0,26654 \text{m}} = 57,33 \text{RPM}$$

4.5.13.6 Selección de moto-reductor:

Se selecciona el grupo de moto-reducción de la empresa Lentax, siguiendo los pasos descriptos a continuación.

La velocidad de salida del moto-reductor (n_s) es de aproximadamente 57,32rpm.

- 1) Cálculo de potencia absorbida (N_{abs}).
- 2) Cálculo la potencia de entrada (N_e).
- 3) Determinación del factor de servicio (f_s).
- 4) Cálculo de potencia de entrada equivalente ($N_{eq} = N_e f_s$)
- 5) Preselección de un modelo.
- 6) Comprobación $N_{Nom} > N_{eq}$.
- 7) Control de potencia de arranque ($N_{arr} < 2,5 \times N_{nom}$).

- 1) El cálculo de la potencia necesaria se realizó en la sección “cálculo de transporte”.

Resulta ser:

$$N_{abs} = 2,4 \text{HP}$$

- 2) La potencia de entrada es:

$$N_e = N_{abs} \cdot \eta_{reductor}$$

Dónde, $\eta_{reductor}$ es el rendimiento del reductor, y según el fabricante, es de 98,5% por cada etapa de reducción.

Para la reducción de 1400rpm a 57,32rpm se necesitan 2 etapas, por lo tanto

$$\eta_{reductor} = 0,985 \cdot 0,985 = 0,97:$$

$$N_e = N_{abs} / \eta_{reductor} = 2,4 \text{HP} / 0,97 = 2,47 \text{HP}$$

- 3) Factor de servicio.

Con ayuda del diagrama para el “factor de servicio” presentado por la marca Lentax, se realiza, en función de los requerimientos propios del transporte, la determinación de fs.

Los requerimientos del transporte son:

- Arranques por hora: $Arr < 10arr/hora$.
- Tiempo de servicio: $Ts < 2hs/dia$.
- Característica de la carga: REGULAR, pequeñas masas a acelerar sin sobrecarga

MAQUINA ACCIONADA TIPO DE MAQUINA	FACTOR fs fs FACTOR hs. de Servicio Service hrs.			APPLICATIONS AND INDUSTRY DRIVEN MACHINE
	8	16	24	
EXCAVADORAS Y DRAGAS				DREDGERS
Excavadoras de cangilones (cadena fija)	1.65	1.8	1.8	Bucket excavator
Excavadoras de cangilones (cadena suelta)	1.5	1.6	1.6	Trench machine
Traslación por orugas	1.65	1.8	1.8	Travelling gear (caterpillar)
Traslación por rieles	1.5	1.6	1.6	Travelling gear (rails)
Bombas de aspiración	1.4	1.5	1.6	Suction pumps
Apiladoras de cangilones	1.4	1.5	1.6	Bucket loader
Ruedas de cangilones	1.65	1.8	1.8	Bucket wheels
Cabezales de corte	1.65	1.8	1.8	Cutter heads
Dispositivo de viraje	1.65	1.8	1.8	Manoeuvring winches
TRITURACION Y MOLIENDA (cemento-cal-yeso)				STONE AND CLAY WORKING MACHINES
TRANSPORTE Y ALMACENAJE				CONVEYORS
Montacargas	1.5	1.6	1.6	Hoists
Elevadores de personas	1.8	2.0	2.0	Passenger lifts
Elevadores inclinados	1.65	1.8	1.8	Inclined hoists
Elevadores de cangilones (rocas)	1.65	1.8	1.8	Bucket elevators (piece goods)
Elevadores de cangilones (granos)	1.5	1.6	1.6	Bucket elevators (bulk material)
Transportadores a cadena (redlers)	1.5	1.6	1.6	Chain conveyors
Transportadores de cangilones	1.5	1.6	1.6	Bucket conveyors
Transportadores circulares	1.5	1.6	1.6	Circular conveyors

De la tabla de sugerencias dada por el fabricante, para un transporte reddler se tiene:

$$F_s = 1,5$$

- 4) Potencia de entrada equivalente

$$N_{eq} = N_e \cdot f_s = 2,47HP \cdot 1,5 = 3,705HP$$

$$N_{eq} = 3,705HP$$

- 5) Selección del modelo.

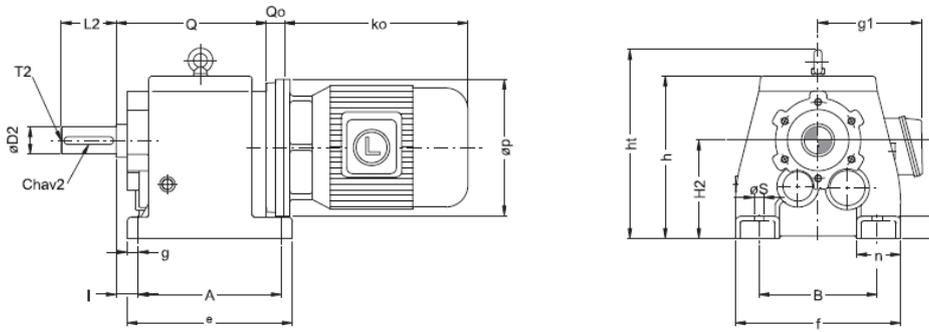
Conociendo la potencia y la velocidad de salida del motorreductor se selecciona un modelo:

Modelo “C2T3”, Potencia nominal 4HP, velocidad de salida 58 RPM, relación de transmisión: 24,38.

PFC – “Estudio y diseño de sistema aprovechamiento cama de pollos”

Potencia Entrada	Velocidad Entrada	Velocidad Salida	Relación	MODELO	Factor de Seguridad	Momento Util	Potencia Entrada	Velocidad Entrada	Velocidad Salida	Relación	MODELO	Factor de Seguridad	Momento Util		
kW	HP	(RPM)	(i)		(z)	(Nm)	kW	HP	(RPM)	(i)		(z)	(Nm)		
3.00	4.00	1405	54.0	26.15	C3T2	4.00	3.05	517	1425	8.0	183.54	C5T3	5.50	1.65	4845
			57.0	24.63	C3T2	4.00	3.10	487		10.0	143.39	C5T3	5.50	2.15	3785
			69.0	20.46	C3T2	4.00	3.65	405		11.0	133.49	C5T3	5.50	2.30	3524
		12.0	115.92	C5T3	5.50	2.65	3060	12.0		115.92	C5T3	5.50	2.65	3060	
		24.0	57.94	C2T3	4.00	0.95	1128	14.0		104.29	C5T3	5.50	2.95	2753	
		27.0	52.66	C2T3	4.00	1.05	1025	15.0		95.94	C5T3	5.50	3.20	2533	
		30.0	47.47	C2T3	4.00	1.20	924	16.0		86.66	C5T3	5.50	3.55	2288	
		33.0	42.61	C2T3	4.00	1.30	830	18.0		80.76	C5T3	5.50	3.80	2132	
		37.0	37.88	C2T3	4.00	1.40	738	7.4		193.84	C45HR	5.50	0.95	5037	
		42.0	33.15	C2T3	4.00	1.70	646								
		50.0	28.29	C2T3	4.00	1.95	551								
		58.0	24.38	C2T3	4.00	2.25	475	970		7.9	122.70	C45T3	5.50	1.05	3188
		61.0	23.09	C2T2	4.00	2.10	457			8.5	113.60	C45T3	5.50	1.15	2952
		73.0	19.29	C2T2	4.00	2.30	382			9.1	106.10	C45T3	5.50	1.20	2757
		76.0	16.41	C2T2	4.00	2.45	324	1425		8.3	171.80	C45T3	5.50	1.10	4464
		86.0	14.14	C2T2	4.00	2.95	280			9.9	143.90	C45T3	5.50	1.35	3739
		92.0	15.33	C2T2	4.00	2.55	303			11.6	122.70	C45T3	5.50	1.55	3188
		99.0	14.14	C2T2	4.00	2.95	280			12.5	113.60	C45T3	5.50	1.70	2952
		114.0	12.31	C2T2	4.00	3.10	243			13.4	106.10	C45T3	5.50	1.80	2757
		129.0	10.89	C2T2	4.00	3.25	215			15.4	92.70	C45T3	5.50	2.05	2409
150.0	9.39	C2T2	4.00	3.55	186	17.6	81.18		C45T3	5.50	2.35	2109			
172.0	8.17	C2T2	4.00	3.75	162										

Dimensiones del modelo seleccionado:



Modelo	Model	D2ø	L2	chav 2 keway 2	T2	H2	A	B	So	I	Q0					
											IEC 71	IEC 80-90	IEC 100-112	IEC 132	IEC 160-200	IEC 225-280
C00T	mm	25	50	8x7	M10	90	130	110	9	25	20	35	---	---	---	---
	inch	1.000	2	1/4 x 1/8	UNC 3/8"	3.543	5 1/8	4 11/32	3/8"	1	25/32	1 3/8	---	---	---	---
C01	mm	30	60	8x7	M10	115	165	135	14	30	20	35	---	---	---	---
	inch	1.188	2 3/8	1/4 x 1/8	UNC 3/8"	4.528	6 1/2	5 5/16	9/16	1 3/16	25/32	1 3/8	---	---	---	---
C1T	mm	35	70	10x8	M12	130	195	150	14	30	20	35	42	64	---	---
	inch	1.375	2 3/4	5/16 x 5/32	UNC 1/2"	5.118	7 11/16	5 29/32	9/16	1 3/16	25/32	1 3/8	1 21/32	2 17/32	---	---
C2T	mm	40	80	12x8	M16	140	205	170	18	35	20	35	42	64	---	---
	inch	1.625	3 1/8	3/8 x 3/16	UNC 5/8"	5.512	8 1/16	6 11/16	23/32	1 3/8	25/32	1 3/8	1 21/32	2 17/32	---	---
C3T	mm	50	100	14x5	M16	180	260	215	10	40	---	32	32	32	82	---
	inch	2.000	4	1/2 x 1/4	UNC 5/8"	7.087	10 1/4	8 15/32	23/32	1 9/16	---	1 1/4	1 1/4	2 1/16	3 7/32	---
C4T	mm	60	120	18x11	M20	225	310	250	22	40	---	32	32	52	82	---
	inch	2.375	4 3/4	5/8 x 5/16	UNC 3/4"	8.858	12 7/32	9 27/32	7/8	1 9/16	---	1 1/4	1 1/4	2 1/16	3 7/32	---
C45T	mm	70	140	20 x 12	M20	250	370	290	26	45	---	---	45	45	75	105
	inch	2.750	5 1/2	5/8 x 5/16	UNC 3/4"	9.843	14 9/16	11 7/16	1 1/32	1 3/4	---	---	1 25/32	1 25/32	2 15/16	4 1/8
C5T	mm	90	170	25 x 14	M24	315	410	340	33	50	---	---	45	45	75	105
	inch	3.500	6 3/4	7/8 x 7/8	UNC 1"	12.402	16 1/8	13 3/8	1 5/16	1 31/32	---	---	1 25/32	1 25/32	2 15/16	4 1/8
C6T	mm	110	210	28 x 16	M24	355	500	380	39	50	---	---	---	45	75	105
	inch	4.313	8 1/4	1 x 1	UNC 1"	13.976	19 11/16	14 31/32	1 17/32	1 31/32	---	---	---	1 25/32	2 15/16	4 1/8

Modelo	Q	B1ø	R1ø	S1ø	a1ø	c	c1	e	f	g	h	ht	n	Peso kg Weight lb	aceite lbs oil fl.oz	
Model																
C00T	mm	151	110	130	9	160	20	10	155	150	11.5	155	165	40	12	0.65
	inch	5 15/16	4.331	5 1/8	3/8	6.5/16	13/16	3/8	6 1/8	5 7/8	7/16	6 1/8	6 1/2	1 5/8	26	22
C0T	mm	186	130	165	11	200	25	12	195	195	15	190	200	57.5	21	0.8
	inch	7 5/16	5.118	6 1/2	7/16	7 7/8	1	1/2	7 3/4	7 3/4	5/8	7 1/2	7 7/8	2 1/4	46	28
C1T	mm	210.5	180	215	14	250	30	12	230	215	18.5	218	270	62.5	31	1.1
	inch	8 9/32	7.087	8 15/32	9/16	9 7/8	1 3/16	1/2	9 1/8	8 1/2	3/4	8 5/8	10 5/8	2 1/2	68	38
C2T	mm	232	230	265	14	300	30	14	245	240	19	240	290	65	44	1.9
	inch	9 1/8	9.055	10 7/16	9/16	11 7/8	1 3/16	9/16	9 5/8	9 1/2	3/4	9 1/2	11 1/2	2 5/8	97	66
C3T	mm	273	250	300	18	350	40	18	300	300	20	300	370	80	75	3.1
	inch	10 3/4	9.843	11 13/16	11/16	13 13/16	1 9/16	11/16	11 7/8	11 7/8	3/4	1 7/8	14 1/2	3 3/16	165	107
C4T	mm	335	350	400	18	450	50	18	358	350	23	375	440	95	130	6.0
	inch	13 3/16	13.780	15 3/4	11/16	17 3/4	2	11/16	14 1/8	13 13/16	7/8	14 3/4	17 3/8	3 3/4	287	207
C45T	mm	392	230	400	18	450	60	18	430	400	27	426	496	110	208	10.0
	inch	15 7/16	13.780	15 3/4	11/16	17 3/4	2 3/8	11/16	16 15/16	15 3/4	1 1/8	16 3/4	19 1/2	4 3/8	459	345
C5T	mm	457	450	500	18	550	70	24	490	450	32	490	560	110	320	15
	inch	18	17.717	19 11/16	11/16	21 5/8	2 3/4	15/16	19 5/16	17 3/4	1 1/4	19 5/16	22 1/8	4 3/8	705	517
C6T	mm	522	450	500	18	550	80	28	590	530	36	565	635	150	532	24
	inch	20 9/16	17.717	19 11/16	11/16	21 5/8	3 1/8	1 1/8	23 1/4	20 7/8	1 7/16	22 1/4	25	5 7/8	1173	826

6) Comprobación $N_{Nom} > N_{eq}$:

$$N_{Nom} = 4HP \text{ y } N_{eq} = 3,705HP \Rightarrow N_{Nom} > N_{eq} \therefore \text{Verifica}$$

7) Verificación de potencia de arranque.

Se incorpora al sistema de transmisión de potencia un acoplamiento hidráulico, ubicado entre el motor y el reductor, por lo que la potencia de arranque será absorbida por dicho acople; por lo tanto, el eje de entrada al reductor se acelerará gradualmente hasta llegar al valor nominal de potencia.

4.5.14 Silo diario

Este silo tiene por objetivo almacenar la cama de pollos necesaria para que el gasificador funcione durante 24hs corridas, a la potencia nominal del motor.

4.5.14.1 Cálculo capacidad silo diario.

Datos:

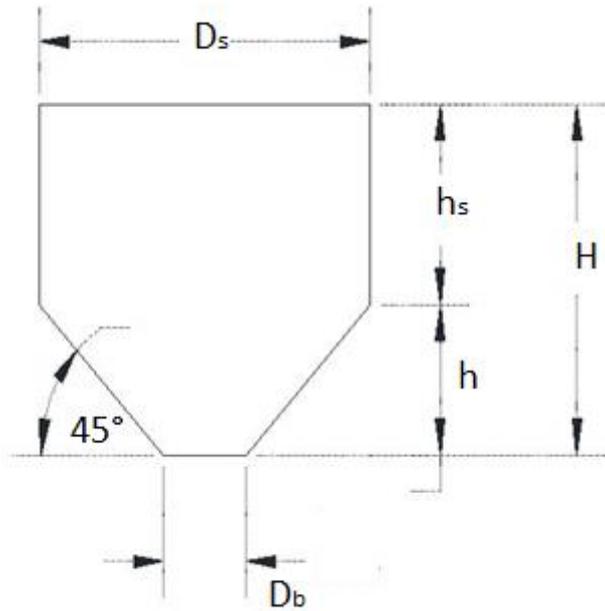
- Consumo de combustible gasificador: 96kg/h.
- Densidad cama de pollos: $\rho = 0,7 \frac{tn}{m^3}$
- Tiempo para almacenar: 24hs.

$$V_{silo} = \frac{m}{\rho} = \frac{\dot{m} \cdot t}{\rho} = \frac{96 \frac{kg}{h} \cdot 24h}{700 \frac{kg}{m^3}} = 3,22m^3$$

$$V_{silo} = 3,22m^3$$

4.5.14.2 Diseño silo

Conociendo el volumen mínimo necesario, se diseña un modelo. Se compone de dos partes, una cilíndrica (con un diámetro D_s) y una cónica con una inclinación de 45°.



Referencias

D_s = Diámetro superior silo.

D_b = Diámetro boca.

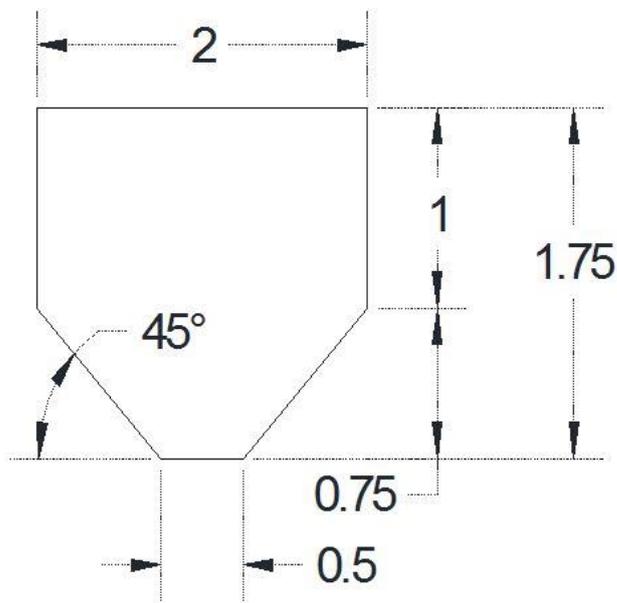
h_s = Altura superior silo.

h = Altura cono silo.

H = Altura total.

Se escoge las siguientes dimensiones de diseño.

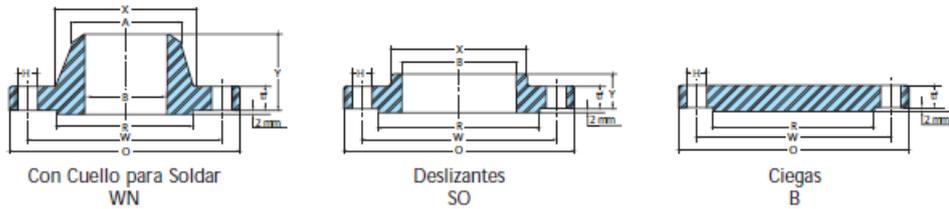
1. $D_s=2\text{m}$.
2. $h_s=1\text{m}$.
3. $h=0,75\text{m}$.
4. $H=1,75\text{m}$.
5. $D_b=0,5\text{m}$.



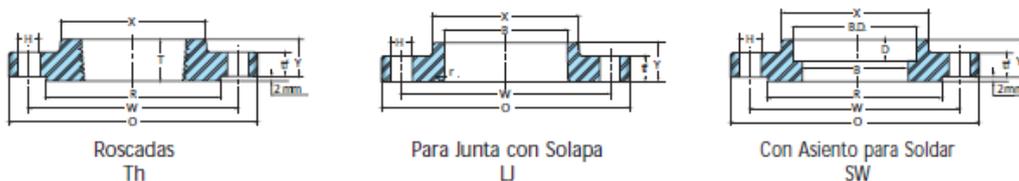
4.6 Selección de equipos y elementos

4.6.1 Selección de bridas

Las uniones dentro de la línea de gas se realizan a través de bridas slip-on, fabricadas según dimensiones de norma ANSI B16.5.



Diámetro Nominal del Tubo	Diámetro Exterior O	Espesor Mínimo tf*	Espesor Mínimo Lj tf	Diámetro del Resalto R	Diámetro en la Base del Cubo X	Diámetro en el Punto de Soldadura A	Altura a Través del Cubo			Longitud Roscada Mínima T*	Diámetro Interior		
							SO Th Y*	LJ Y	WN Y*		SO BD B	WN B	LJ B
1/2	90	9.6	11.2	34.9	30	21.3	14	16	46	16	22.2	Ø INTERIOR DEL TUBO - VEASE TABLA 10 y 11	22.9
3/4	100	11.2	12.7	42.9	38	26.7	14	16	51	16	27.7		28.2
1	110	12.7	14.3	50.8	49	33.4	16	17	54	17	34.5		34.9
1 1/4	115	14.3	15.9	63.5	59	42.2	19	21	56	21	43.2		43.7
1 1/2	125	15.9	17.5	73.0	65	48.3	21	22	60	22	49.5		50.0
2	150	17.5	19.1	92.1	78	60.3	24	25	62	25	61.9		62.5
2 1/2	180	20.7	22.3	104.8	90	73.0	27	29	68	29	74.6		75.4
3	190	22.3	23.9	127.0	108	88.9	29	30	68	30	90.7		91.4
3 1/2	215	22.3	23.9	139.7	122	101.6	30	32	70	32	103.4		104.1
4	230	22.3	23.9	157.2	135	114.3	32	33	75	33	116.1		116.8



Diámetro Nominal del Tubo	Radio LJ r	Profundidad del Asiento D	Plantilla de Perforar			Peso Aproximado por Brida					Diámetro Nominal del Tubo
			Diám. Circulo de Agujeros W	Diám. de Agujeros H	Cantidad	WN Kg.	SO Th Kg.	LJ Kg.	B Kg.	SW Kg.	
1/2	3	10	60.3	15.9	4	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	1/2
3/4	3	11	69.9	15.9	4	0.9	0.7	0.7	0.8	0.7	3/4
1	3	13	79.4	15.9	4	1.1	0.9	0.9	1.0	0.9	1
1 1/4	5	14	88.9	15.9	4	1.4	1.2	1.2	1.4	1.2	1 1/4
1 1/2	6	16	98.4	15.9	4	1.9	1.4	1.4	1.8	1.4	1 1/2
2	8	17	120.7	19.1	4	2.7	2.3	2.3	2.7	2.4	2
2 1/2	8	19	139.7	19.1	4	4.2	3.6	3.6	4.4	3.8	2 1/2
3	10	21	152.4	19.1	4	5.6	4.0	4.0	5.6	4.2	3
3 1/2	10		177.8	19.1	8	6.4	5.1	5.1	6.5	5.4	3 1/2
4	11		190.5	19.1	8	7.5	5.9	5.9	7.7	6.3	4

4.6.2 Sistema de control de temperatura Aero-enfriador

Debido a que el punto más sensible del sistema es el control de la temperatura y humedad del gas que se entrega el motor, se dispone un sistema que permite medir temperatura a la salida del aero-enfriador y, con este parámetro, controlar la velocidad del ventilador de sistema enfriador y así, controlar la temperatura que se está midiendo, independientemente de la condición de temperatura y humedad del aire atmosférico.

El sistema de control elegido consiste en un sensor tipo PT-100, un transductor asociado al sensor y un variador de frecuencia que controla la velocidad del ventilador del aero-enfriador.

4.6.2.1 Variador de frecuencia

Se selecciona un variador de frecuencia de la marca WEG.



Variable Frequency Drives CFW08 Plus



CFW08 Plus – NEMA 1 Enclosure - A1 Version

Motor Volts	Motor HP	Drive AMPS	Catalog Number	Braking Transistor	Frame Size	Dimensions (in.) H x W x D	App. Shpg. Wt. (lbs.)
230V	INPUT POWER SUPPLY: SINGLE OR THREE-PHASE - 230V						
	1/4 or 1/3	1.6	CFW080016BDN1A1Z	NO	1	6.8 x 3 x 5.2	3
	1/2	2.6	CFW080026BDN1A1Z	NO	1	6.8 x 3 x 5.2	3
	1	4	CFW080040BDN1A1Z	NO	1	6.8 x 3 x 5.2	3
	2	7.3	CFW080073BDN1A1Z	YES	2	9.7 x 4.5 x 5.9	6
	3	10	CFW080100BDN1A1Z	YES	2	9.7 x 4.5 x 5.9	6
	INPUT POWER SUPPLY: THREE PHASE - 230V						
	1/4 or 1/3	1.6	CFW080016BDN1A1Z	NO	1	6.8 x 3 x 5.2	3
	1/2	2.6	CFW080026BDN1A1Z	NO	1	6.8 x 3 x 5.2	3
	1	4	CFW080040BDN1A1Z	NO	1	6.8 x 3 x 5.2	3
	2	7	CFW080070TDN1A1Z	NO	1	6.8 x 3 x 5.2	3
	2	7.3	CFW080073BDN1A1Z	YES	2	9.7 x 4.5 x 5.9	6
	3	10	CFW080100BDN1A1Z	YES	2	9.7 x 4.5 x 5.9	6
	5	16	CFW080160TDN1A1Z	YES	2	9.7 x 4.5 x 5.9	6
	7.5	22	CFW080220TDN1A1Z	YES	3	8 x 5.6 x 6.5	8
10	28	CFW080280TDN1A1Z	YES	4	11.4 x 7.2 x 7.7	16	

Alimentación de variador: 230V-CA-Trifásica.

Potencia máxima de salida: 7,5 HP.

4.6.2.2 Sensor PT-100 y transductor

Tanto el sensor como el transductor se adquieren de la misma marca y empresa que el variador de frecuencia.

4.7 Listado de materiales

Para consultar los listados de materiales ver anexo VI.

Capítulo 5: Balance económico

4.8 Ahorro

Para el cálculo del ahorro que se logra con el sistema instalado y funcionando se plantean las siguientes hipótesis.

- 1 El sistema funciona en forma constante, a régimen nominal durante todo el día, los 365 días del año.
- 2 La energía excedente al consumo es inyectada a la red, y el precio que retribuido por ella es igual al precio pagado, más un plus debido a subsidio nacional.

Como la potencia convenida con la empresa distribuidora de energía es mayor a 50kW, según el régimen tarifario vigente, corresponde consignar una tarifa T3.

El régimen de tarifario para T3, detalla básicamente los siguientes aspectos en el desglose del cobro.

Costos fijos:

- Costo fijo por contratación de servicio.
- Costo por cada kW de ‘capacidad de suministro’ convenido en ‘horario fuera de punta’ (haya o no consumo de energía).
- Costo cada kW de ‘capacidad de suministro’ convenido en ‘horario de punta’ (haya o no consumo de energía).
- Cargo por potencia adquirida.

Costos variables:

- Costo por cada kW consumido dentro del horario ‘de punta’.
- Costo por cada kW consumido dentro del horario de ‘valle nocturno’.
- Costo por cada kW consumido dentro de la franja de ‘horas restantes’.

Gráfico 22: Cuadro tarifario T3

Vinculación inferior en Baja Tensión: 0,380 kV			
POTENCIA CONTRATADA O DEMANDADA		< a 300 kW	>= a 300 kW
Cargo fijo	S/mes	500,43	500,43
Por capacidad de suministro contratada en horas de punta	S/kW-mes	39,12	39,12
Por capacidad de suministro contratada en horas fuera de punta	S/kW-mes	32,01	32,01
Cargo fijo por potencia adquirida	S/kW-mes	3,12	3,12
Por consumo de energía: Período horas restantes	S/kWh	0,1838	0,2207
Período horas de valle nocturno	S/kWh	0,1750	0,2119
Período horas de punta	S/kWh	0,1983	0,2354

El consumo de la granja es menor a 300kW.

Las franjas horarias son:

- Horario de punta (de 18:00hs a 23:00hs).

- Valle nocturno (de 23:00hs a 5:00hs).
- Horas restantes (de 5:00hs a 18:00hs).

4.8.1 Cálculo energía excedente

Se presenta una tabla, compuesta de datos extraídos de una granja tipo de la zona, donde se muestra los importes por potencia activa consumida así como también los costos fijos, para ciertos meses de los años 2012, 2013 y 2014.

Periodo	C.F p/pot.punta	C.F. p/pot.fuera punta	E.ACT PUNTA	E.ACT RESTO	E.ACT VALLE NOCTURNO
jul-12	1450	1565,52	449,48	1305,38	370,33
ago-12	1450	1565,52	218,67	659,46	197,7
oct-12	2436	2134,8	449,59	1034,55	398,94
may-13	1687,5	1490,94	832,04	277,61	283,58
jul-13	1735,5	1420	171,08	422,84	170,18
ago-13	2668,32	2364,96	560,72	1708,84	436,03
sep-13	2668,32	2364,96	262,21	739,02	239,15
jul-14	1956	1728,54	312,92	837,03	285,6
ago-14	3051,36	2496,78	243,36	581,81	473,55

Conociendo los valores de la energía para ‘valle nocturno’, ‘resto de horas’ y ‘horario de punta’, se determina la energía (expresada en kWh) que corresponde a los importes antes presentados.

Debido a que no se dispone de los datos de todos los meses a lo largo de los años antes mencionados, se trabaja con el promedio anual.

Periodo	punta (kWh)	horas restantes (kWh)	Valle nocturno (kWh)	%Pot Punta	% horas restantes	% valle nocturno
jul-12	2266,667	7102,176	2116,171	19,736	61,839	18,426
ago-12	1102,723	3587,922	1129,714	18,946	61,644	19,410
oct-12	2267,221	5628,672	2279,657	22,281	55,316	22,403
may-13	4195,865	1510,392	1620,457	57,268	20,615	22,117
jul-13	862,733	2300,544	972,457	20,860	55,626	23,514
ago-13	2827,635	9297,280	2491,600	19,345	63,608	17,046
sep-13	1322,289	4020,783	1366,571	19,707	59,925	20,367
jul-14	9863,843	4554,026	1632,000	61,457	28,374	10,168
ago-14	15387,595	3165,452	2706,000	72,381	14,890	12,729
Media				35	47	18

De la tabla anterior se concluye que, en promedio, del total de la energía un 35% se consume en el período de punta, un 47% en el período de horas restantes y un 18% en el período de valle nocturno.

Se dispone de los consumos totales por cada mes, para el año 2013, mostrados seguidamente.

GRANJA	TARIFA	TRAFO kVA	POT. CONV. kW	Consumo Electrico [kW] - 2013											
				Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	T3	200	50	20500	37602	9606	27192	7668	14148	4206	14874	6828	21738	12090	27958
			50												

Los consumos promedio en las diferentes franjas horarias y los diferentes meses son.

Mes	Consumo (kWh)	Consumo 'p'	Consumo 'hr'	Consumo 'vn'
Enero	20500	7175	9635	3690
Febrero	37602	13160,7	17672,94	6768,36
Marzo	9606	3362,1	4514,82	1729,08
Abril	27192	9517,2	12780,24	4894,56
Mayo	7668	2683,8	3603,96	1380,24
Junio	14148	4951,8	6649,56	2546,64
Julio	4206	1472,1	1976,82	757,08
Agosto	14874	5205,9	6990,78	2677,32
Septiembre	6828	2389,8	3209,16	1229,04
Octubre	21738	7608,3	10216,86	3912,84
Noviembre	12090	4231,5	5682,3	2176,2
Diciembre	27958	9785,3	13140,26	5032,44
TOTAL	204410	71544	96073	36794

$$E_{cons,p} = 71544 kWh$$

$$E_{cons,hr} = 96073 kWh$$

$$E_{cons,vn} = 36794 kWh$$

Teniendo los consumos en los diferentes horarios por cada mes, se puede determinar que energía es la que resulta en exceso. Para ello, primeramente, se determina la energía total generada bajo las hipótesis establecidas.

4.8.1.1 Energía total generada

El sistema genera 80Kw, en forma constante, las 24hs del día los 365 días del año. Sin embargo los ventiladores centrífugos del sistema consumen 7kW. Por lo que la potencia neta generada resulta ser de 73kW.

$$E_{t,generada} = P(kW) \cdot t(horas / año) = 73kw \cdot \frac{24h}{día} \cdot \frac{365días}{año}$$

$$E_{t,generada} = 639480 kWh = 6,3948 \cdot 10^5 kWh$$

4.8.1.2 Energía de venta (excedente)

Conociendo el valor de consumos para horarios ‘de punta’ y ‘fuera de punta’ se determina la potencia total generada por el sistema de generación mensualmente, y finalmente la diferencia corresponde al sobrante (que es lo que se vende).

El sobrante de energía, para las diversas franjas viene dado por la diferencia.

$$E_{venta,p} = E_{generada,p} - E_{cons,p} \rightarrow \text{Energía en exceso en franja horaria 'de punta'}$$

$$E_{venta,hr} = E_{generada,hr} - E_{cons,hr} \rightarrow \text{Energía en exceso en franja horaria 'horas restantes'}$$

$$E_{venta,fp} = E_{generada,vn} - E_{cons,vn} \rightarrow \text{Energía en exceso en franja horaria 'valle nocturno'}$$

Reemplazando los valores determinados, resulta la energía disponible en exceso para el período de un año.

$$E_{venta,p} = \frac{E_{t,germada}}{24h} \cdot 5h - E_{cons,p} = \frac{6,3948 \cdot 10^5 kWh}{24h} \cdot 5h - 0,71544 \cdot 10^5 kWh = 61681 kWh$$

$$E_{venta,vn} = \frac{E_{t,germada}}{24h} \cdot 6h - E_{cons,vn} = \frac{6,3948 \cdot 10^5 kWh}{24h} \cdot 6h - 0,36794 \cdot 10^5 kWh = 123076 kWh$$

$$E_{venta,hr} = \frac{E_{t,germada}}{24h} \cdot 11h - E_{cons,hr} = \frac{7,008 \cdot 10^5 kWh}{24h} \cdot 11h - 0,96073 \cdot 10^5 kWh = 197022 kWh$$

Con el precio de la energía, se calcula el aporte del excedente

$$A_p = E_{venta,p} \cdot P_p = 61681 kWh \cdot 0,1983 \frac{\$}{kWh} = \$12231$$

$$A_{vn} = E_{venta,vn} \cdot P_{vn} = 123076 kWh \cdot 0,175 \frac{\$}{kWh} = \$21538$$

$$A_{hr} = E_{venta,hr} \cdot P_{hr} = 197022 kWh \cdot 0,1838 \frac{\$}{kWh} = \$36213$$

La energía que se consume no se cobra como energía generada, pero si se ahorra en la factura de energía. Viene dada por.

$$A_{C,p} = E_{cons,p} \cdot P_p = 71544 kWh \cdot 0,1983 \frac{\$}{kWh} = \$14187$$

$$A_{C,vn} = E_{cons,vn} \cdot P_{vn} = 36794 kWh \cdot 0,175 \frac{\$}{kWh} = \$6439$$

$$A_{C,hr} = E_{cons,hr} \cdot P_{hr} = 96073 kWh \cdot 0,1838 \frac{\$}{kWh} = \$17658$$

4.8.1.2.1 Importes fijos.

Costo fijo por contratación de servicios (C_{f1}).

$$C_{f1} = \$500,43 \cdot 12 = \$6005$$

Costo fijo por horario de punta y fuera de punta (C_{f2} y C_{f3} , respectivamente).

El costo fijo por potencia contratada en horario de punta y fuera de punta es un alto porcentaje relativo en el total. Si se considera que es un costo fijo, éste no beneficia en el proceso de amortización, hecho por el cual se busca una relación de compromiso con el siguiente planteo.

En vez de contratar el total de la potencia necesaria para el período que corresponda (que varía entre 20kW y 70kW, dependiendo la temporada), se contratan 10kW por 'potencia convenida' en 'horario de punta' y 'fuera de punta'. De este modo el importe mensual se reduce a:

$$C_{f2} = \$39,12 \cdot 10kW \cdot 12 = \$4696$$

$$C_{f3} = \$32,12 \cdot 10kW \cdot 12 = \$3854$$

Lo que resulta en un total de:

$$C_f = C_{f1} + C_{f2} + C_{f3} = \$6005 + \$4696 + \$3854 = \$14555$$

4.8.1.2.2 Capital disponible.

El monto total disponible para la amortización es:

$$\begin{aligned} A_{tot} &= A_{bruto} - C_f = A_p + A_{vn} + A_{hr} + A_{C,p} + A_{C,vn} + A_{C,hr} - C_f = \\ &= \$12231 + \$21538 + \$36213 + \$14187 + \$6439 + \$17658 - \$14555 = \end{aligned}$$

$$A_{tot} = \$93711$$

4.9 Costos

4.9.1 Fijos

4.9.1.1 Grupo Moto-generador.

El precio para un grupo moto-generador como el requerido está cotizado en \$500.000.

4.9.1.2 Sistema de gasificación.

El precio del gasificador de diseño se establece en \$250.000.

4.9.1.3 Almacenamiento:

El costo unitario es de \$1300 por metro cuadrado; el almacenamiento es de 50mx12m.

$$C_{alm} = \frac{\$}{m} 1300 \cdot 50 \cdot 12m^2 = \$780000$$

4.9.1.4 Redler

Precio de cotización: - Eslabones: 22.988U\$S

- Motor y coronas: 460U\$S

- Paletas: 3060U\$S

- Cajón: 3.450U\$S

- TOTAL: 29.958U\$S

El precio neto en pesos resulta: $29.958U\$S \cdot 8,7 \frac{\$}{U\$S} = \260.635

4.9.1.5 Ventiladores

4.9.1.5.1 CA-166-2T

Precio del ventilador CA-166-2T-4-220V/50Hz: 735,71€

$$C_{V.CA166} = 735,71€ \cdot 10,25 \frac{\$}{€} = \$7541$$

4.9.1.5.2 CSX-450-0.75-F400

Precio del ventilador CSX-450-0.75-F-400-220V/50Hz: 1.024,33€

$$C_{V.CA166} = 1.024,33€ \cdot 10,25 \frac{\$}{€} = \$10500$$

4.9.1.6 Filtro.

4.9.1.6.1 Cuerpo

$$200 US\$ \cdot 8,7 \frac{\$}{US\$} = \$1740$$

4.9.1.6.2 Cartuchos

$$14 \frac{\text{US\$}}{u} \cdot 10u \cdot 8,7 \frac{\$}{\text{US\$}} = \$1218$$

$$\text{Total: } C_{\text{filtro}} : \$1740 + \$1218 = \$2958$$

4.9.1.7 **Equipos**

4.9.1.7.1 Aero enfriador

El precio cotizado es: u\$s3600+IVA.

$$\text{El precio neto en pesos resulta: } 1,21 \cdot 3600 \text{US\$} \cdot 8,7 \frac{\$}{\text{US\$}} = \$37900$$

4.9.1.7.2 Ciclón

El precio cotizado es: u\$s 990+IVA

$$\text{El precio neto en pesos resulta: } 1,21 \cdot 990 \text{US\$} \cdot 8,7 \frac{\$}{\text{US\$}} = \$10420$$

4.9.1.7.3 Sistema venturi

El precio cotizado es: u\$s 330+IVA

$$\text{El precio neto en pesos resulta: } 1,21 \cdot 330 \text{US\$} \cdot 8,7 \frac{\$}{\text{US\$}} = \$3475$$

4.9.1.7.4 Economizador

El precio cotizado es: u\$s 1350+IVA

$$\text{El precio neto en pesos resulta: } 1,21 \cdot 1350 \text{US\$} \cdot 8,7 \frac{\$}{\text{US\$}} = \$14210$$

4.9.1.7.5 Total equipos

De la suma de los anteriores resulta el precio total de los equipos.

$$P_T = \$37900 + \$10420 + \$3475 + \$14210 = \$66005$$

4.9.1.8 **Materiales silo diario, cañerías y accesorios, instalación eléctrica y de gas.**

- Silo diario: \$3.000
- Cañerías y accesorios: \$25.000
- Instalación eléctrica: \$52.000
- Instalación de gas: \$4.000

4.9.1.9 **Mano de obra**

El costo por mano de obra de un técnico es actualmente de 150\$/h.

4.9.1.9.1 Montaje gasificador

Estimación: 2 personas, 16h.

$$\frac{\$150}{h} \cdot 2 \cdot 16h = \$4800$$

4.9.1.9.2 Montaje equipos

Estimación: 2 personas, 32h. (Involucra tendido de cañerías)

$$\frac{\$150}{h} \cdot 2 \cdot 32h = \$9600$$

4.9.1.9.3 Montaje moto-generador

Estimación: 2 personas, 8h.

$$\frac{\$150}{h} \cdot 2 \cdot 8h = \$2400$$

4.9.1.9.4 Tendido eléctrico

Estimación: 1 persona, 8h.

$$\frac{\$150}{h} \cdot 1 \cdot 8h = \$1200$$

4.9.1.9.5 Alquiler grúa

El precio (con maquinista incorporado) es \$350/h.

Se estima un total de 12 horas de trabajo de la grúa.

$$\frac{\$350}{h} \cdot 12h = \$4200$$

Total mano de obra: \$22.200

4.9.1.10 **Costo total**

El costo total de la inversión resulta de la suma de los costos parciales.

$$\begin{aligned} C_{FT_1} &= C_{MG} + C_G + C_A + C_R + C_V + C_F + C_E + C_M + C_{MO} = \\ &= \$500.000 + \$250.000 + \$780.000 + \$260.635 + (\$7541 + \$10500) + \$2958 + \$66005 + \$84.000 + \$22200 = \\ &= \$1.983.835 \end{aligned}$$

A este valor se agrega el costo de ingeniería que viene dado por un 7,5% del total del proyecto.

$$C_T = 1,03 \cdot \$1.983.835 = \boxed{\$1.926.000}$$

4.9.2 Variables

4.9.2.1 **Empleado**

Debido a que el manejo del sistema queda a cargo del empleado de la granja, se estima un plus de \$3000/mes.

4.9.3 **Amortización**

Se realiza la amortización del proyecto, teniendo en cuenta costos fijos y variables y las ganancias mensuales/ anuales.

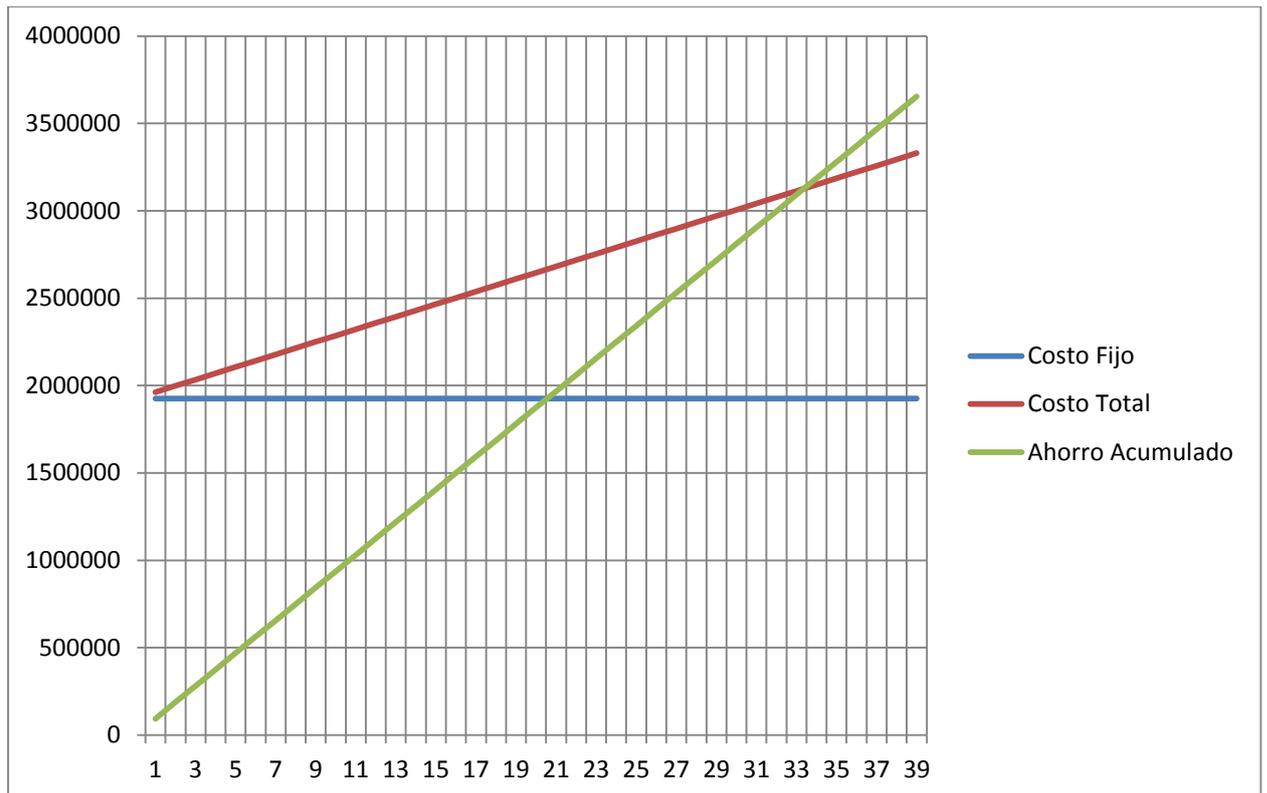
En principio, con el ahorro, el costo fijo y el costo variable (anuales), se halla el punto de equilibrio.

Ahorro: \$93.711/año.

Costo fijo: \$1.926.000

Costo variable: \$36.000/año.

Se grafica seguidamente el costo total (costo fijo más costo variable) y el ahorro acumulado en función del tiempo (en años).



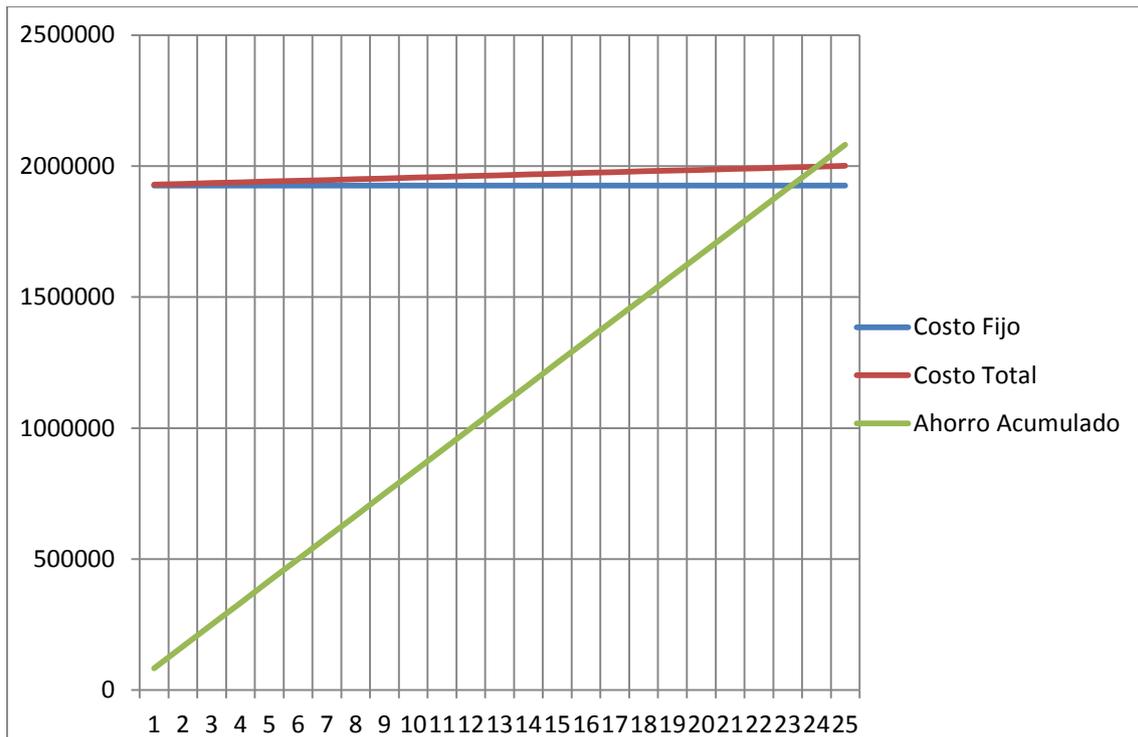
Como se puede observar, recién a los 34 años se encuentra el punto de equilibrio; y además, es de considerar que en el balance no se establece ningún tipo de financiamiento del proyecto, lo que conlleva a peores conclusiones aún.

En segundo lugar se determina el ahorro anual necesario para que el proyecto se amortice en un plazo de dos años, para lo que se utiliza la siguiente fórmula.

$$C_F = (A_{anual} - C_{Var,anual}) \cdot T_{amort} \Rightarrow A_{Anual} = \frac{C_F}{T_{Amort}} + C_{Var,anual} \Rightarrow A_{Anual} = \frac{\$1.926.000}{2años} + \frac{\$36.000}{año} = \frac{\$999.000}{año}$$

$$A_{Anual} = \frac{\$999.000}{año}$$

Se grafica a continuación el ahorro vs costos fijos, en función del tiempo (meses)



Por último se determina cuantas veces mayor debe ser el precio de la energía para obtener el objetivo planteado.

$$N_{veces} = \frac{A_{Anual}}{A_{Anual,real}} = \frac{\$999.000}{\$93.711} = 10,6 veces$$

Para que el proyecto, en las condiciones presentes, se amortice en un período de dos años el precio de la energía debe ser de 10,6 veces mayor.

Capítulo 6: Propuestas de mejora

Se presentan a continuación una serie de propuestas que favorecen a la mejora global del sistema proyectado.

- Aislar economizador: de no ser suficiente el aire de secado, se debe hacer un análisis económico de la posibilidad de aislar el economizador; para que, de esta manera, el aire para el secado llegue con mayor temperatura al silo diario.
- Presostato en salida de ventilador línea de aire: se puede automatizar la abertura del dumper ubicando un presostato a la entrada del mismo, y de esta manera setearlo para mantener una presión constante. Con esto se consigue un caudal de aire de secado constante dentro del silo diario.
- Recirculación venturi: como el agua que ingresa al sistema venturi es mayor que la que se evapora, habrá un excedente, el cual puede recircularse y de este modo disminuir el desperdicio de agua.
- Automatización agua de venturi: Con un sensor de temperatura a la salida del sistema venturi se puede comandar una válvula solenoide que regule la entrada de agua, y de esta manera asegurar una temperatura del gas en este punto.

Propuestas de economización:

- Almacenamiento: 1) Evaluar la posibilidad de usar piso de tierra y columnas de madera en la zona de depósito del galpón.

2) Reemplazar la zona de almacenaje del galpón y el transporte por Redler por otro que conste de sistema por cangilones que cargue un silo de un volumen de almacenamiento equivalente al del galpón proyectado, y una rosca transportadora para realizar la carga del silo diario.

- Gasificador: construir un equipo gasificador de características similares al adoptado en el proyecto.
- Motor: Conseguir una empresa nacional que trabaje adaptando moto-generadores para trabajar con distintos combustibles y cotizar uno que se adapte a las condiciones proyectadas.
- Perdida de carga aerofriador: Si se aumenta el diámetro de los caños por un lado se necesitaran más pasos para conseguir tener la misma superficie de intercambio, pero por otro el número de Reynolds aumentará y la rugosidad relativa disminuirá por lo que el factor de fricción será más pequeño y además la fórmula de Darcy-Weisbach el diámetro está en el dividendo, por estos tres motivos la perdida de carga también disminuirá, se debería hallar el diámetro óptimo.
Si se disminuye la perdida de carga en este equipo sería entonces posible utilizar un ventilador más económico.

Capítulo 7: Conclusiones

Se concluye que en la actualidad, el proyecto no es económicamente viable a pesar de la consideración de ser posible la venta de energía eléctrica como un generador minorista. El motivo es el bajo precio de venta de la misma en Argentina, lo cual tiene consecuencias graves en el suministro eléctrico del país.

Por un lado, si se considera a la energía como un bien, se puede decir que su bajo precio de venta la hace un bien poco atractivo para producir, ya que no es rentable (porque la venta no llega a cubrir los gastos) y de esta manera no queda ganancia que justifique la inversión.

Como fundamento de la afirmación anterior se toma una captura de pantalla de la página web oficial de CAMESSA donde se pueden encontrar gráficos de precio y costos marginales de la energía a diferentes horas.

7.1 Panorama nacional

Precios por cada MWh en pesos argentinos, para empresa distribuidora:

PRECIOS DEL MERCADO			
Hora	Precio		Máquina
1		\$120.00	PSMSR
2		\$120.00	PSMSR
3		\$120.00	PSMSR
4		\$120.00	PSMSR
5		\$120.00	PSMSR
6		\$120.00	PSMSR
7		\$120.00	PSMSR
8		\$120.00	PSMSR
9		\$120.00	PSMSR
10		\$120.00	PSMSR
11		\$120.00	PSMSR
12		\$120.00	PSMSR
13		\$120.00	PSMSR
14		\$120.00	PSMSR
15		\$120.00	PSMSR
16		\$120.00	PSMSR
17		\$120.00	PSMSR
18		\$120.00	PSMSR
19		\$120.00	PSMSR
20		\$120.00	PSMSR
21		\$120.00	PSMSR
22		\$120.00	PSMSR
23		\$120.00	PSMSR
24		\$120.00	PSMSR

Costo de generación de cada MWh en pesos argentinos, cuyo valor es el de la central con mayor costo de operación por MWh producido que esté en servicio:

COSTO MARGINALES

Hora	Precio	Máquina
1	\$1612.42	PILATV04
2	\$1612.42	PILATV04
3	\$1612.42	PILATV04
4	\$1612.42	PILATV04
5	\$1612.42	PILATV04
6	\$1617.84	PILATV04
7	\$1617.84	PILATV04
8	\$1617.84	PILATV04
9	\$1617.84	PILATV04
10	\$1617.84	PILATV04
11	\$1617.84	PILATV04
12	\$1655.83	SNICTV12
13	\$1617.84	PILATV04
14	\$1617.84	PILATV04
15	\$1617.84	PILATV04
16	\$1617.84	PILATV04
17	\$1617.84	PILATV04
18	\$1617.84	PILATV04
19	\$1593.75	PILATV04
20	\$1593.75	PILATV04
21	\$1593.75	PILATV04
22	\$1593.75	PILATV04
23	\$1593.75	PILATV04
24		

Como se puede ver, el precio de venta de la energía es muy bajo respecto al precio de generación (unas 13 veces menos, en promedio), por lo que actualmente no es rentable la producción de energía eléctrica desde el lado de un generador minorista (ya que el precio contra el que se compite, es con el denominado “precio de venta” y no contra el “precio de generación”), por lo que ningún privado podrá emprender un proyecto de generación que sea rentable. La participación de empresas privadas en la generación sería algo positivo para la red ya que aliviaría la carga de las centrales existentes, reduciría la entrada en servicio de las centrales de punta (centrales con mayor costo operativo) y se generarían más puntos de producción eléctrica distribuyendo mejor la generación lo que aliviaría las líneas de transmisión, además de generar una nueva industria privada lo cual se traduce en más puestos de trabajos.

Ésta política es la contraria a la tendencia mundial que es la de incentivar los proyectos de construcción y desarrollo de energías verdes, donde es innegable la importancia de la participación del sector privado en el desarrollo de dichos proyectos.

Por otro lado, el bajo precio convierte al servicio en una considerable carga económica para el estado, lo cual se manifiesta como una baja en la calidad del servicio y falta de inversiones futuras que contrarresten el aumento de consumo impulsado por la creciente población y el mayor acceso de la misma a la tecnología, y no se debe olvidar que hay regiones del país como la norte donde hay poblados que aún no cuentan con líneas

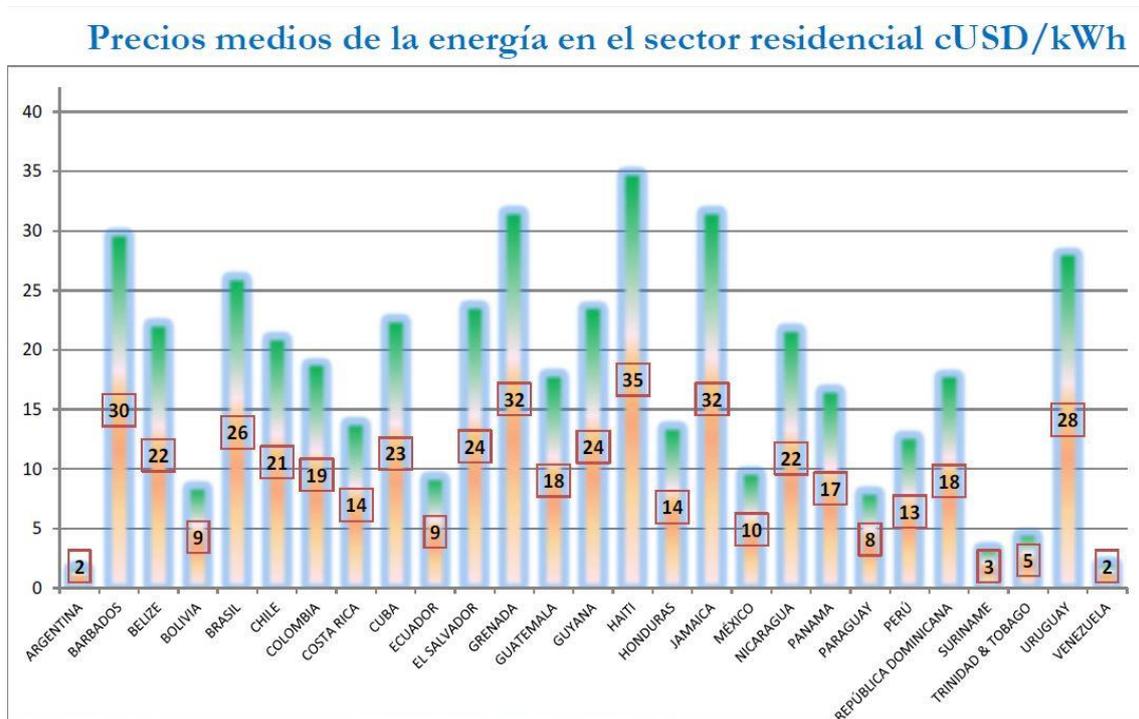
trifásicas y, en otros casos, con ningún tipo de servicio eléctrico. Esto imposibilita el crecimiento industrial de estas regiones lo que serviría para impulsar sus economías, al mismo tiempo que impide mejorar la calidad de vida de la región.

Por último, el bajo precio de venta de la energía aumenta la falta de conciencia de la población a cerca de la importancia de minimizar el uso de la energía eléctrica, ya que al ser “barato” resulta una falsa impresión de que el servicio sobra o es poco importante, sumado a que se incentiva su uso excesivo. Esto se ve reflejado en el área residencial, donde la gente tiende a dejar encendidos aparatos eléctricos innecesariamente, como por lo son: luces, televisores, aires acondicionados, calefacciones, computadoras, entre otros. Este fenómeno se da en todo el país, pero es muy notable, principalmente, en Capital Federal, punto de gran consumo (por la pronunciada densidad poblacional) y donde el precio de la electricidad es muy bajo.

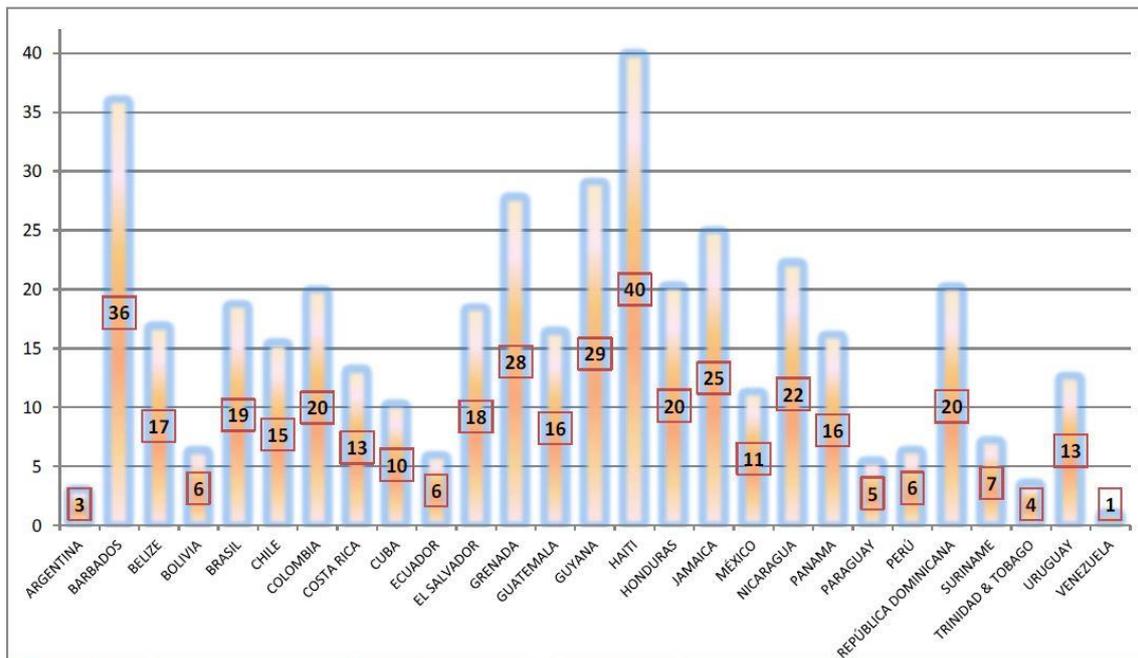
Esta visión distorsionada del verdadero valor de la energía eléctrica, crea resistencia de la gente en contra del sinceramiento del verdadero precio que debe tener, lo cual es un conflicto vigente.

7.2 Panorama internacional

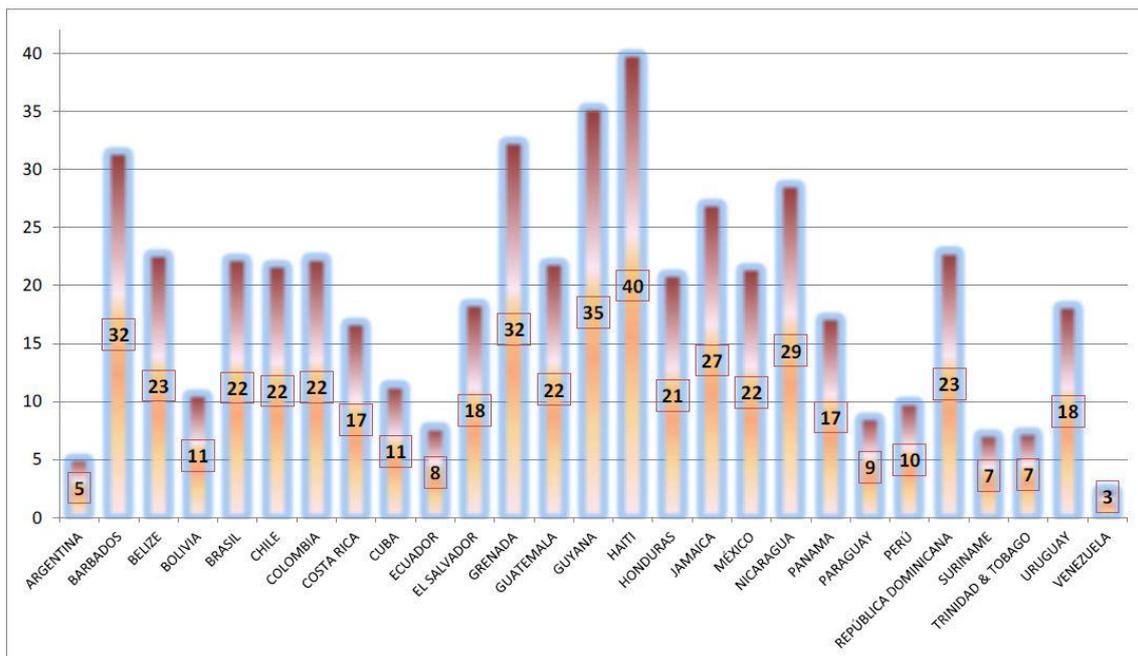
Se presenta a continuación un gráfico de barras de la OLADE (Organización Latinoamericana De Energía), compuesto de precios de venta la energía eléctrica de numerosos países de Latinoamérica y el caribe.



Precios medios de la energía en el sector industrial cUSD/kWh



Precios medios de la energía en el sector comercial cUSD/kWh



Analizando los gráficos, se concluye que el resultado obtenido en este proyecto no se encuentra alejado de la realidad internacional.

Capítulo 8: Glosario

- Agente gasificante: gas que se utiliza en el proceso termoquímico de gasificación para producir gas combustible a partir de un sustrato carbonoso (carbón, biomasa, etc.). El agente gasificante puede ser aire, oxígeno, vapor de agua o hidrógeno.
- Biogás: Gas producto de la descomposición anaeróbica de materias con carga biológica.
- Biomasa: Material compuesto de carbohidratos, capaz de entregar su energía en varias formas.
- CA: Corriente alterna.
- Combustión estequiométrica o ideal: Combustión que se realiza con el aire estequiométrico.
- CP: Calor específico de cierta sustancia.
- Eficiencia de Carnot: Eficiencia máxima alcanzable para un ciclo termodinámico entre dos temperaturas determinadas.
- Factor de simultaneidad: Factor que considera la simultaneidad en el funcionamiento de los distintos equipos conectados a una misma red de alimentación.
- Gasificación: Transformación de un combustible sólido en otro gaseoso.
- Motor de combustión externa: Motor en el cual la combustión que da energía al sistema se realiza en el exterior del mismo.
- Motor de combustión interna: Motor en el cual la combustión que da energía al sistema se realiza en el interior del mismo.
- Perdidas de primarias: Se producen cuando el fluido se pone en contacto con la superficie de la tubería. Esto provoca que se rocen unas capas contra otras (flujo laminado) o de partículas de fluidos entre sí (flujo turbulento). Estas pérdidas se realizan solo en tramos de tuberías horizontal y de diámetro constante.
- Perdidas Secundarias: Se producen en transiciones de la tubería (estrechamiento o expansión) y en toda clase de accesorios (válvulas, codos).
- Poder calorífico inferior: Cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de una unidad de volumen de combustible sin contar la parte correspondiente al calor latente del vapor de agua generado en la combustión, ya que no se produce cambio de fase, y se expulsa como vapor.
- Poder calorífico superior: cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de una unidad de volumen de combustible cuando el vapor de agua originado en la combustión está condensado y, por consiguiente, se tiene en cuenta el calor desprendido en este cambio de fase.
- Poder calorífico: cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación (quedan excluidas las reacciones nucleares, no químicas, de fisión o fusión nuclear, ya que para ello se usa la fórmula $E = m \cdot c^2$).
- Potencia instalada: Potencia admisible de diseño para un sistema.
- Reacción anaeróbica: Reacción química en ausencia de aire.
- syngas, gas de síntesis, gas pobre: Gas combustible, producto de la gasificación. El tipo depende del material y las temperaturas del proceso.
- TAR = Alquitrán.

Capítulo 9: Bibliografía

- Adrian Pirraglia, R. G. (2014, 10 13). *Bio Resurses*. Retrieved from http://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes_07/BioRes_07_1_0217_Pirraglia_GSW_D_Fuel_Eucalypt_Torrefied_Wood_Pellets_2007.pdf
- Applied Thermal Engineering. (2014, 10 15). Retrieved from [http://www.thaiscience.info/Article%20for%20ThaiScience/Article/3/Ts-3%20combustion%20characteristics%20of%20rice-husk%20in%20a%20short-combustion-chamber%20fluidized-bed%20combustor%20\(sfbc\).pdf](http://www.thaiscience.info/Article%20for%20ThaiScience/Article/3/Ts-3%20combustion%20characteristics%20of%20rice-husk%20in%20a%20short-combustion-chamber%20fluidized-bed%20combustor%20(sfbc).pdf)
- Biomass Energy Foundation (BEF). (2014, 10 15). Retrieved from <http://drtlud.com/BEF/proximat.htm>
- Çengel, Y. A. (n.d.). *Termodinámica*.
- Ebeling, B. M. (2014, 10 13). Retrieved from <http://ucce.ucdavis.edu/files/repositoryfiles/ca3905p14-62863.pdf>
- ECN - Phyllis. (2014, 10 14). Retrieved from <https://www.ecn.nl/phyllis2/Biomass/View/2240>
- Energy Research centre of the Netherlands. (2014, 10 14). Retrieved from <https://www.ecn.nl/phyllis2/Biomass/View/2815>
- ETD. (2014, 10 14). Retrieved from <http://etd.aau.edu.et/dspace/bitstream/123456789/106/1/Ebrahim%20Ali.pdf>
- Jonathan Rea. (2014, 10 13). Retrieved from <http://web.mit.edu/kkung/Public/ThesisJR.pdf>
- Kuen Song Lin, H. Paul Wang. (2014, 10 15). Retrieved from <http://myweb.ncku.edu.tw/~wanghp/A%20process%20development%20for%20Ogasification%20of%20rice%20husk.pdf>
- Mataix, C. (n.d.). *mecanica de fluidos y maquinas hidraulicas*.
- Michael A. Serio, Rosemary Basilakis. (2014, 10 13). Retrieved from https://web.anl.gov/PCS/acsfuel/preprint%20archive/Files/47_2_Boston_10-02_0316.pdf
- Perry, Jhon: "Manual del ingeniero químico". (n.d.). *Manual del ingeniero químico*.
- Planet Power "energy and the environment". (2014, 10 15). Retrieved from <http://www.treepower.org/fuels/analysis.html>
- S. M. Zahid Hasan. (2014, 10 13). Retrieved from http://www.cleancookstoves.org/resources_files/technological-prospects-of.pdf
- TAKUMA. (2014, 10 15). Retrieved from <http://www.takuma.co.jp/english/product/boiler/biomass/biomass.html>

Tarashiti, Omakaua. (2014, 10 13). Retrieved from

<https://es.scribd.com/doc/42602458/Proximate-Analysis-of-Rice-Husk>

Torreguitar, Raúl F. "Combustión y generación de vapor". (n.d.). *Combustión y generación de vapor*.

Capítulo 10: Anexos

10.1 Anexo IV: Tablas de cálculo.

Tabla de cálculo A: Cálculo de temperatura de salida de gas en ciclón.

Nº iteración	1	2	3	...	12	13	14
Tprom ciclón	973,00	778,08	880,05	...	849,27	849,33	849,30
Qpor radiacion	23941,39	9646,90	15942,37	...	13793,78	13797,93	13795,94
Qpor conveccion	5532,80	3911,09	4759,49	...	4503,36	4503,88	4503,63
Qtotal	29474,19	13557,99	20701,86	...	18297,14	18301,81	18299,57
Delta T	389,83	185,89	278,23	...	247,34	247,40	247,37
Cp del gas	1,44	1,39	1,41	...	1,41	1,41	1,41

Tabla cálculo Cp	[kg/kmol]	[kj/kmol·k]	[kj/kmol·k]	...	[kj/kmol·k]	[kj/kmol·k]	[kj/kmol·k]
TEMP	973,00	778,08	880,05	...	849,27	849,33	849,30
H2	2,016	15,00	14,70	...	14,80	14,80	14,80
O2	32	1,08	1,05	...	1,06	1,06	1,06
N2	28,013	1,11	1,09	...	1,10	1,10	1,10
CH4	16,043	4,40	3,83	...	4,05	4,05	4,05
CO	28,011	1,17	1,13	...	1,15	1,15	1,15
CO2	44,01	1,23	1,16	...	1,19	1,19	1,19
Cp del gas	1,44	1,39	1,41	...	1,41	1,41	1,41

Tabla de cálculo B: Cálculo de incremento y caída de temperatura de aire y gas, respectivamente, en economizador.

Delta T Aire y Gas calculado por iteracion										
Nº Iteracion	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T. Promedio	773	720,867307	727,81823	729,396979	728,909719	728,924478	728,940215	728,937323	728,937175	728,937304
Q Perdido Radiacion	9067,20	6884,02	6952,30	7020,47	6999,28	6999,93	7000,62	7000,49	7000,48	7000,49
Q Perdido Conveccion	9072,20	8650,41	8063,82	8169,06	8183,43	8177,41	8177,78	8177,95	8177,91	8177,91
Q Total	18139,40	15534,44	15016,12	15189,53	15182,71	15177,35	15178,40	15178,44	15178,39	15178,40
Delta T	104,27	90,36	87,21	88,18	88,15	88,12	88,13	88,13	88,13	88,13
Cp del gas	1,23	1,21	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
T Salida Aire[K]	326,00	357,35	352,85	351,95	352,25	352,24	352,23	352,23	352,23	352,23
Denidad air	1,01	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Delta T Aire	62,70	53,70	51,91	52,51	52,48	52,46	52,47	52,47	52,47	52,47

Cp del Gas, según su temperatura y composición												
	Fraccion molar de componente	M de componente [kg/kmol]	cp de componente [kj/kmol·k]									
O2	0,021	32,00	33,56	33,18	33,23	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24	33,24
N2	0,606	28,01	30,58	30,38	30,41	30,42	30,41	30,41	30,41	30,41	30,41	30,41
CO2	0,187	44,01	51,02	49,87	50,05	50,08	50,07	50,07	50,07	50,07	50,07	50,07
H2O	0,186	18,02	38,37	37,70	37,80	37,82	37,81	37,81	37,81	37,81	37,81	37,81
Total	1,00	29,23	35,92	35,45	35,52	35,53	35,53	35,53	35,53	35,53	35,53	35,53

Datos Para Cálculo	
Factor e	0,4
Constante	4,96
T amb. [K]	326
Gas-Tubo	26
Aire-Tubo	37,5
Global	15,3543307
L. Econo. [m]	2,5
Área Econo. [m ²]	1,32182511
Q. másico gases comb. [kg/h]	591,8
dens. aire entada [kg/m ³]	1,08270452
Diam. Ext.	0,1683
Cp a 350k	1,008
Q Masico Aire [kg/s]	0,33333333

Tabla de cálculo C: Cálculo pérdida de carga en interior de aero-enfriador

Paso	temp prom (°C)	viscosidad c.	vel prom. (m/s)	long (m)	Re	densidad	dens. Relat.
1	422,12	6,65057E-05	23,07	1	9241,65	0,50969	0,000510
2	361,14	5,71102E-05	21,05	1	9817,96	0,56040	0,000560
3	305,71	4,88504E-05	23,48	1	12802,34	0,61141	0,000611
4	258,59	4,24714E-05	24,26	1	15216,99	0,67048	0,000670
5	214,24	3,6551E-05	22,24	1	16206,69	0,72811	0,000728
6	172,66	3,14762E-05	23,24	1	19672,85	0,80176	0,000802
7	136,63	2,72928E-05	24,93	1	24329,53	0,87445	0,000874

	lambda	Hfp m gas	Hfp mm H2O	Hfs m gas	Hfs mm H2O
	0,034	34,625	17,648	4,639	2,364
	0,034	28,817	16,149	3,861	2,163
→	0,033	34,796	21,275	4,803	2,936
→	0,033	37,159	24,914	5,129	3,439
	0,03	28,380	20,663	4,309	3,137
	0,029	29,977	24,035	4,708	3,775
	0,028	33,283	29,104	5,414	4,735
			153,789		22,550
					176,34

Tabla de cálculo D: Pérdida de carga en línea de gas

Pérdidas de Carga															
Tramo	Diam int.	Rug. Relativa	temp prom	viscosidad c.	Vol.	vel prom.	long	Long acc	Long total	Re	densidad	dens. Relat.	lambda	Hfp m gas	Hfp mm H2O
I	0,10226	0,00045	973	0,0001118	712,821	24,109	0	3,05	3,05	22051,61	0,3627561	0,00036276	0,018	15,90450	5,7695
II	0,09012	0,0005	723,8	0,0000712	530,256	23,091	0,825	3,8125	4,6375	29235,60	0,4876508	0,00048765	0,025	34,96279	17,0496
III	0,06268	0,0007	393	0,0000254	287,912	25,918	0,6	0,915	1,515	64055,29	0,8981213	0,00089812	0,022	18,20650	16,3516
Venturi	0,06268	0,0007	393	0,0000254	287,912	25,918	0	7,625	7,625	64055,29	0,8981213	0,00089812	0,022	91,63336	82,2979
IV	0,06268	0,0007	308	0,0000165	225,641	20,313	0,54	0,488	1,028	77140,27	1,1459795	0,00114598	0,021	7,24302	8,3004
V	0,07792	0,0006	308	0,0000165	225,641	13,144	0,4	3,05	3,45	62052,78	1,1459795	0,00114598	0,021	8,18740	9,3826
VI	0,07792	0,0006	308	0,0000165	225,641	13,144	1	2,8975	3,8975	62052,78	1,1459795	0,00114598	0,021	9,24939	10,5996
															149,751164

Propiedades del Gas (se consideran igual al Aire)				
Temp	visc. Cinema	visc dina	densidad	densidad
973	1,12E-04	4,06E-05	0,36	0,00036276
873	9,55E-05	3,86E-05	0,40	0,00040431
773	7,92E-05	3,62E-05	0,46	0,00045661
673	6,29E-05	3,30E-05	0,52	0,00052446
573	4,80E-05	2,96E-05	0,62	0,00061599
473	3,47E-05	2,59E-05	0,75	0,00074622
373	2,30E-05	2,19E-05	0,95	0,00094628
313	1,70E-05	1,91E-05	1,13	0,00112767
303	1,60E-05	1,87E-05	1,16	0,00116489

Tabla E: Pérdida de carga en línea de aire.

Cálculo de Pérdida de Carga en Línea de Aire																	
Tramo	Diam int.	Diam equiv secc anular	Rug. Relativa	temp prom	Vol prom	Vel. Prom	viscosidad cinemat	long. (m)	Long acc (m)	Long total (m)	Re	densidad	dens. Relat.	lambda	Hfp m gas	Hfp mm H2O	Hf Total (mmca)
VII	0,3556		0,00013	326,4	1,430649	14,40522	0,000018253	0	17,385	17,385	280638,5	1,08138	0,0010814	0,0145	7,4976	8,10772	
VIII	0,1323	0,0508	0,0009	350	0,329830	23,99275	0,000020717	2,7	6,1	8,8	58832,4	1,00846	0,0010085	0,0183	35,7137	36,01591	
IX	0,1524		0,0003	373	0,351504	19,26950	0,00002268	3	6,1	9,1	129482,9	0,94628	0,0009463	0,019	21,4710	20,31752	64,441159

Propiedades del Aire a Distintas Temperaturas				
Temp	visc. Cinema	visc dina	densidad	densidad
973	1,12E-04	4,06E-05	0,36	0,00036276
873	9,55E-05	3,86E-05	0,40	0,00040431
773	7,92E-05	3,62E-05	0,46	0,00045661
673	6,29E-05	3,30E-05	0,52	0,00052446
573	4,80E-05	2,96E-05	0,62	0,00061599
473	3,47E-05	2,59E-05	0,75	0,00074622
373	2,30E-05	2,19E-05	0,95	0,00094628
313	1,70E-05	1,91E-05	1,13	0,00112767
303	1,60E-05	1,87E-05	1,16	0,00116489

Tabla propiedades cama de pollos INTA:

Características del Guano (gallinaza) y Cama de pollo

Propiedades físico químicas cama de pollos y gallinaza		
	Cama de pollo (cascara de arroz)	Ponedora/Gallinaza
Densidad g/cm 3	0,4	0,55
Agua %	25 -50	40- 80
Ph	7,3	6,6
CE	2,3	2,9
N-NH4 (mg kg)	59	195
N (g/kg)	15,6	28
P (g/kg)	13,4	25
K (g/kg)	9,3	10,5
Ca (g/kg)	23,3	40
Mg (g/kg)	3,8	5,9
Na (g/kg)	2,5	1,9
Cu (g/kg)	22	25
Fe (g/kg)	1012	995
Mn (g/kg)	389	283
Zn (g/kg)	124	244
C/N	18,2	15,5
Lignina (g/kg)	183	139

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



10.2 Anexo V: Gráficos de cálculo

Gráfico de cálculo A: Coeficiente de convección forzada dentro de tubos. De (Torreguitar, Raúl F. "Combustión y generación de vapor")

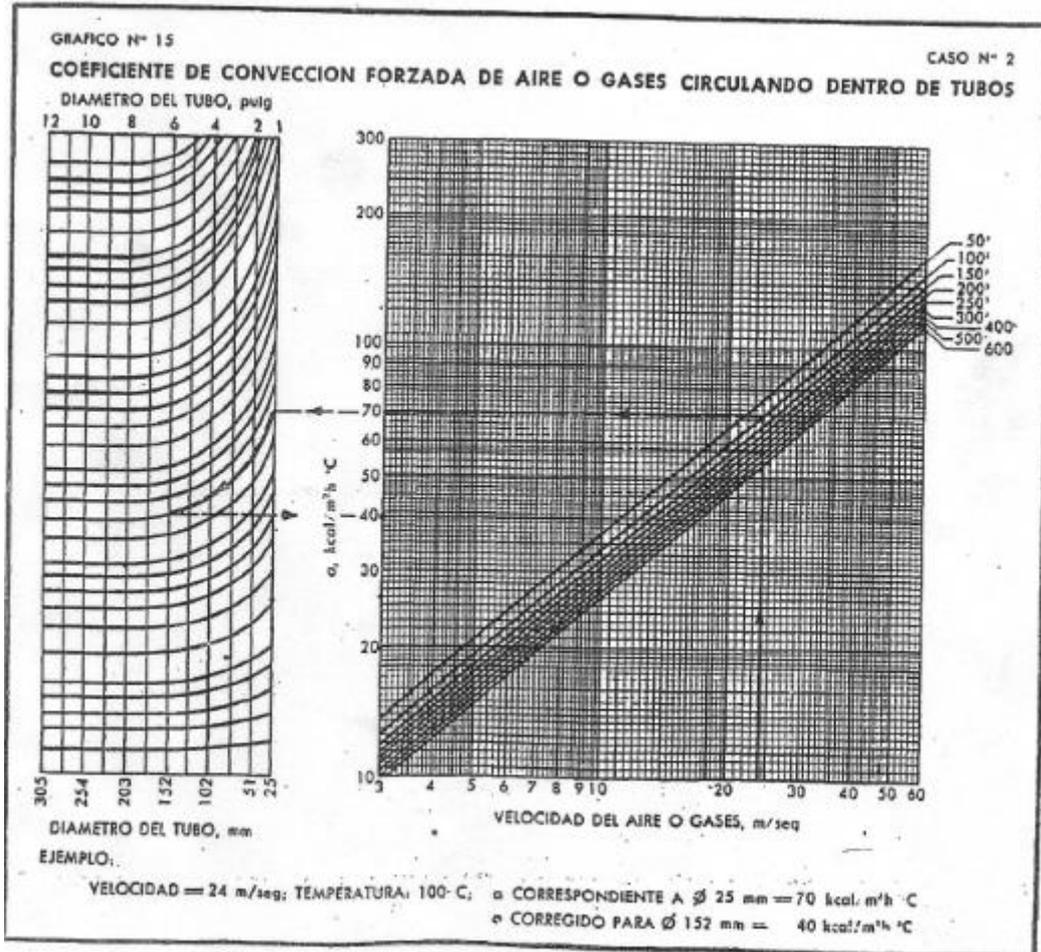


Gráfico de cálculo B: Determinación de coeficiente de convección (a_c). De (Torreguitar, Raúl F. "Combustión y generación de vapor")

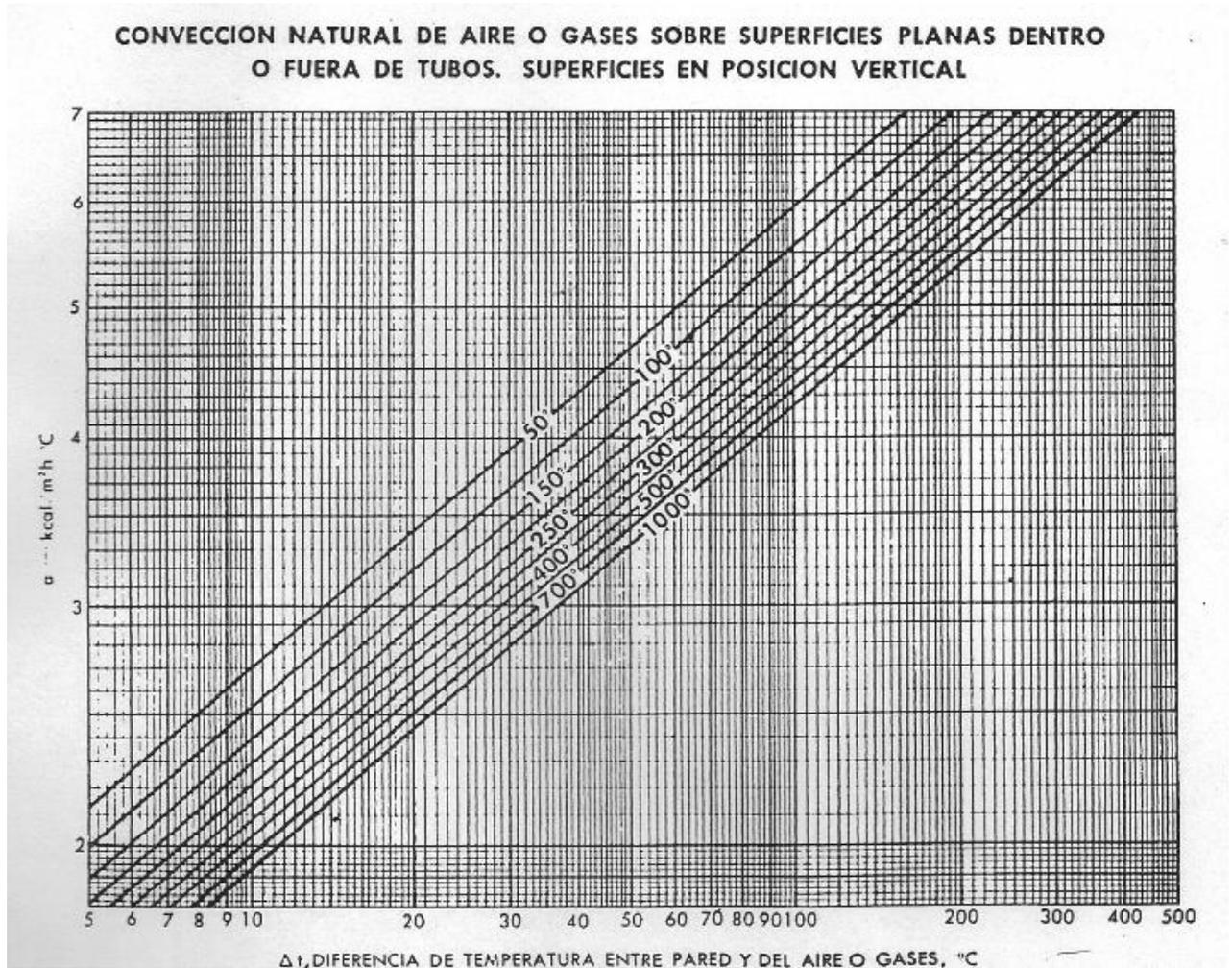


Gráfico de cálculo C: Determinación de coeficiente a_a , para aero-enfriador. De (Torreguitar, Raúl F. "Combustión y generación de vapor")

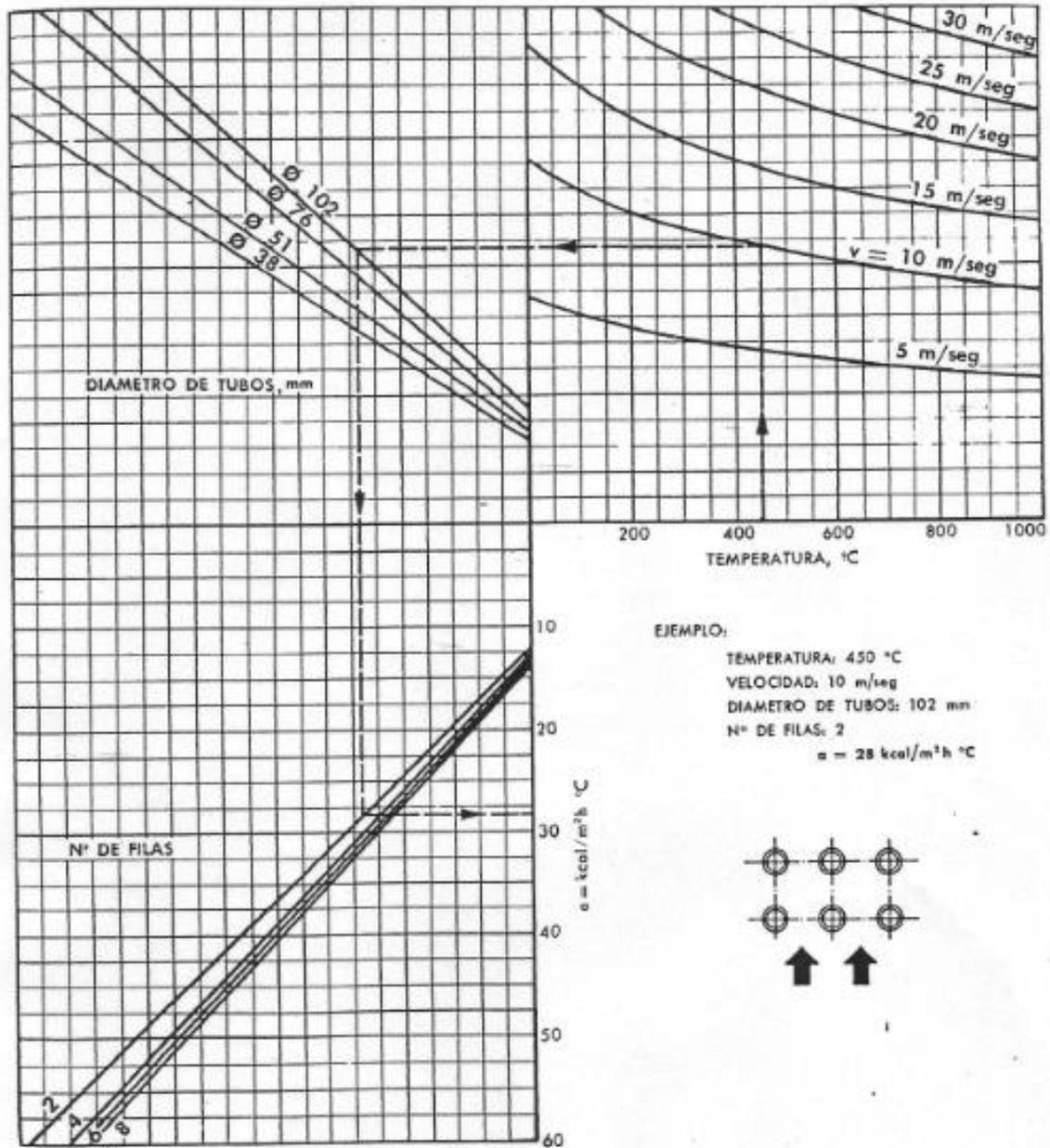


Gráfico de cálculo D: Diagrama de Moody. De (Mataix)

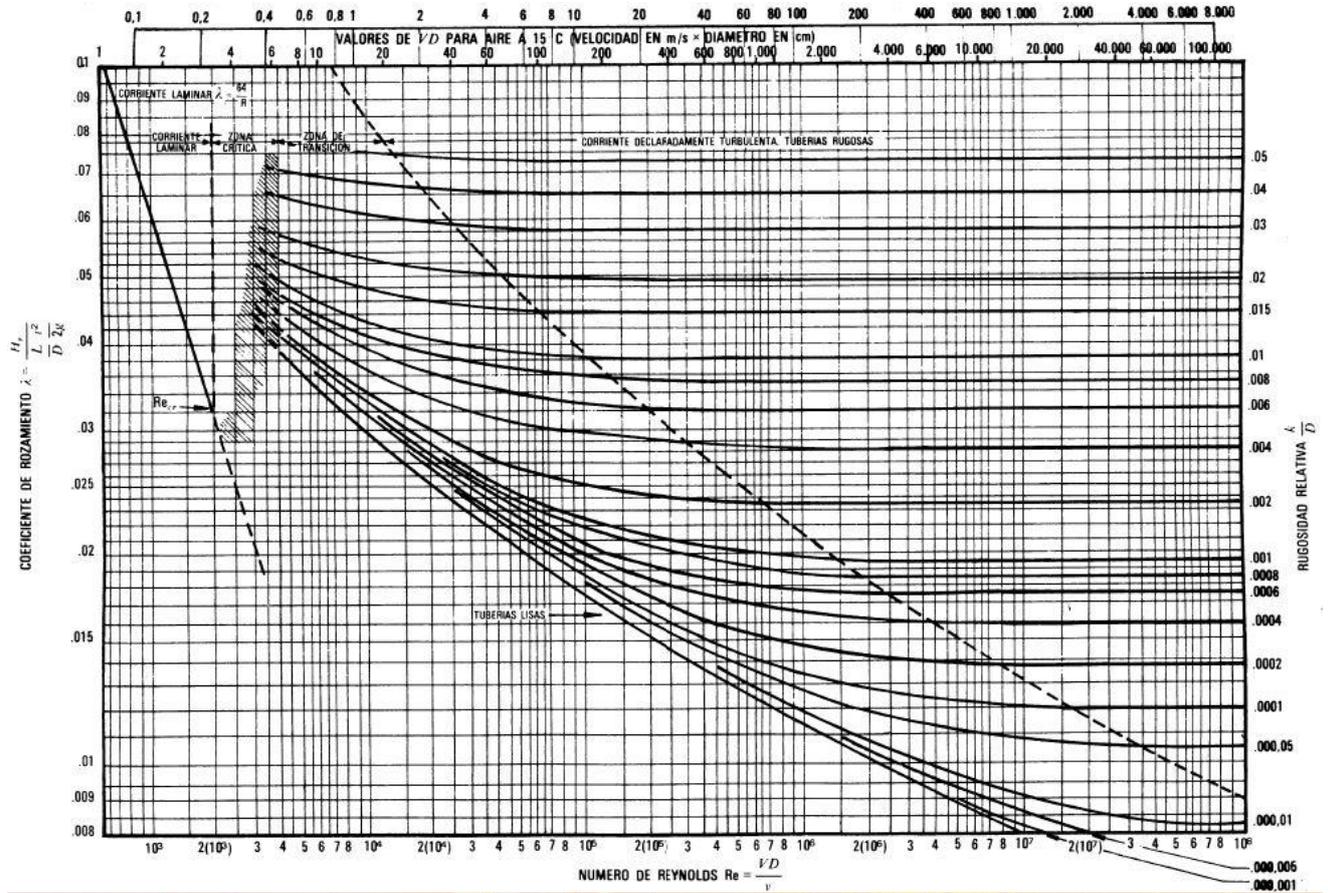
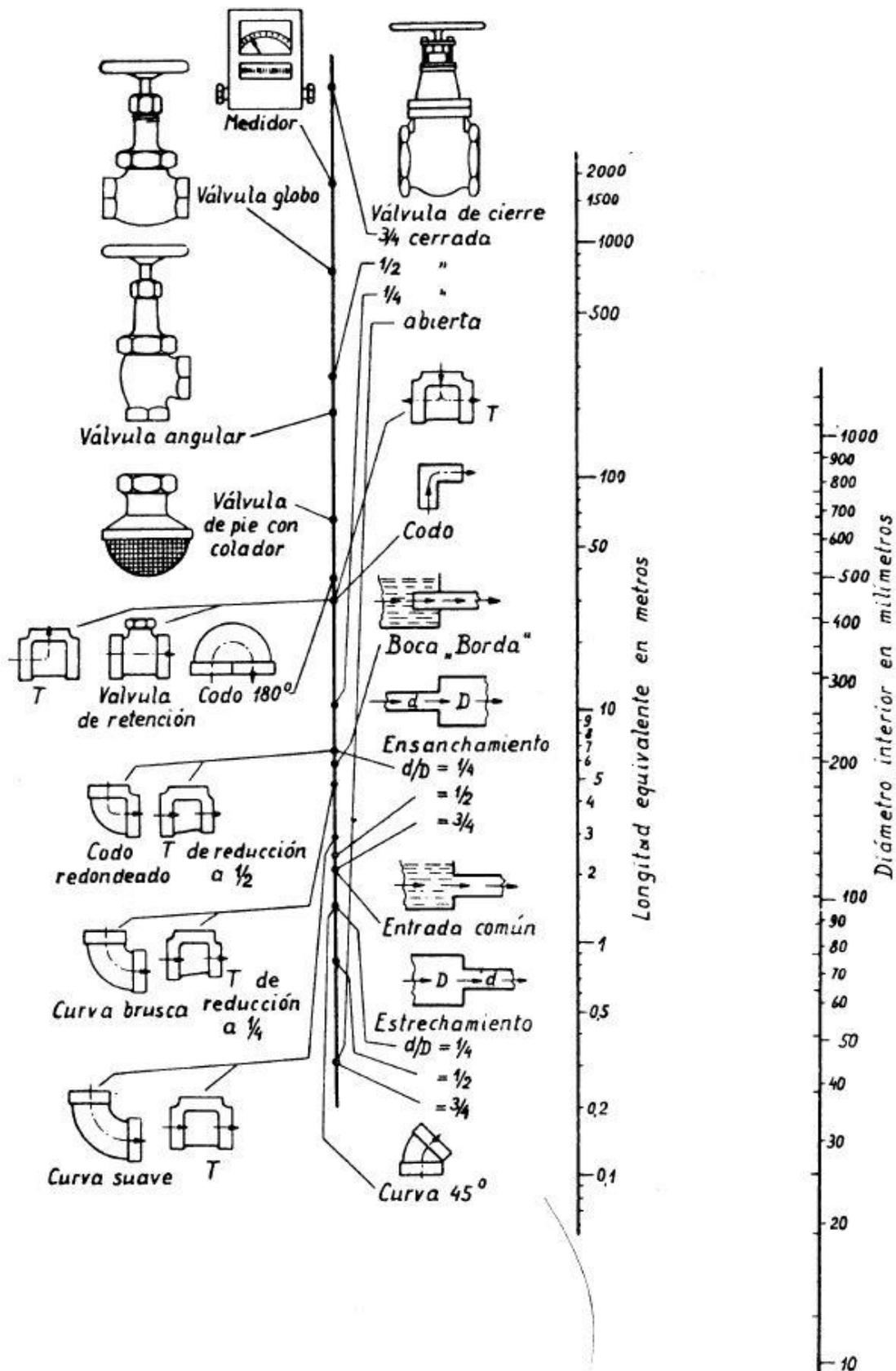


Gráfico de cálculo E: Nomograma para cálculo de longitudes equivalentes.

De (Mataix)



10.3 Anexo VI: Listados de materiales

Listado accesorios Linea de Gas			
Accesorio	Diámetro	Detalle	Unidades
Reduccion	6"-3,5"	Sch 40	1
Reduccion	5"-3"	Sch 40	1
Brida	5"	DIN 22631	1
Codo 45º	4"	Sch 40	2
Brida	4"	ANSI B16.5	3
codo 90º	3,5"	Sch 40	1
Brida	3,5"	ANSI B16.5	4
Codo 90º	3"	Sch 40	1
Brida	3"	ANSI B16.5	3
Valvula Esferica	3"	M33F ISO (Spiraxsarco)	2
Valvula Exclusa	3"	ASME B16.5 clase 150	2
Te	3"	Sch 40	1
Reduccion	3"-2,5"	Sch 40	1
Reduccion	3"-2"	Sch 40	1
Codo 90º	2,5"	Sch 40	1
Brida	2,5"	ANSI B16.5	8
Reduccion	2,5"-2"	Sch 40	2
Brida	2"	ANSI 36.10 serie 150	1
Reduccion	2"-1,25"	Sch 40	2
Codo 90º	1"	Sch 40	41

Listado de Accesorios			
Accesorio	Diámetro	Detalle	Unidades
Reduccion*	15,7"-14"	Chapa 1/8	1
Te*	14"-12"	Chapa 1/8	1
Curva 90º*	12"	Chapa 1/8	1
Damper	12"	Aº Galvanizado	1
Reduccion*	14"-8"	Chapa 1/8	1
Curva 90º*	8"	Chapa 1/8	1

Reduccion*	8"-6"	Chapa 1/8	1
Curva 90º*	6"	Chapa 1/8	2
Distribuidor Secado*	6"	Chapa 1/8	1
Reduccion	6"-3,5"	Sch 40	1
Reduccion	5"-3"	Sch 40	1
Brida	5"	DIN 22631	1
Codo 45º	4"	Sch 40	2
Brida	4"	ANSI B16.5	3
codo 90º	3,5"	Sch 40	1
Brida	3,5"	ANSI B16.5	4
Codo 90º	3"	Sch 40	1
Brida	3"	ANSI B16.5	3
Valvula Esferica	3"	M33F ISO (Spiraxsarco)	2
Te	3"	Sch 40	1
Reduccion	3"-2,5"	Sch 40	1
Reduccion	3"-2"	Sch 40	1
Codo 90º	2,5"	Sch 40	1
Brida	2,5"	ANSI 16.5B	8
Reduccion	2,5"-2"	Sch 40	2
Brida	2"	ANSI 36.10 serie 150	1
Reduccion	2"-1,25"	Sch 40	2
Codo 90º	1"	Sch 40	41

Caños estructurales		
Equipo	Dimensiones	Longitud total (m)
Gasificador	80x80	12,5
Silo	80x80	32,3
Ciclon	80x80	11,6
Aeroenfriador	80x80	9,5
Venturi	80x80	4,6
Ventilador Gas	80x80	6,7
Total		77,2

10.4 Anexo VII: Noticias

Las noticias presentadas a continuación fueron recopiladas de fuentes de información halladas en la Web, y son referidas a diversos aspectos que corresponden al presente proyecto.

10.5 Anexo VIII: Planos

Se adjuntan los planos correspondientes a la ingeniería de detalle.

CL - 110 Cuerpo de ciclón.

CL - 120 Colector de cenizas.

CL - 130 Estructura soporte ciclón.

E - 100 Economizador

E - 210 Cápsula aero enfriador.

E - 220 Cañerías aero enfriador.

E - 230 Soporte aero enfriador.

VE - 110 Cuerpo Venturi.

VE - 120 Sello hidráulico.

¿Todos podemos vender energía eléctrica?

En muchos países, los ciudadanos que generan energía a través de paneles solares o aerogeneradores pueden ceder su excedente a la red para que la aprovechen otros; el panorama en la Argentina
Por [Rodrigo Herrera Vegas](#) | Para LA NACION



Foto: Rodrigo Herrera Vegas

En su libro "The zero marginal cost society", Jeremy Rifkin imagina un futuro colaborativo en el cual servicios como las telecomunicaciones, el transporte y la energía, se vuelven prácticamente gratis. En el caso de la energía, prevé un salto parecido al que ocurrió entre la Internet original y la Web 2.0. En la Internet original nos limitábamos a leer contenidos de grandes fuentes como diarios, algunos blogs, realizar compras en grandes tiendas online, etc. Cuando llegó la web 2.0 en cambio, cada persona empezó a ser un generador de contenidos subiendo fotos, videos, comentando en los diarios, conectando en redes sociales.

Hoy en la Argentina, como en la mayoría del mundo, la energía eléctrica [fluye de las grandes generadoras](#) (térmicas, hidroeléctricas, nucleares) hacia los consumidores. En un país extenso como el nuestro, dicho transporte le hace perder al sistema un 14% de la energía generada. Es decir que 14% de la energía que producimos se pierde solamente en transportarla.

Algunos países, como España, Australia, Italia e incluso Uruguay, ya están trabajando en proyectos para que los usuarios que tengan instalados sistemas de generación de energía (solar o eólica) en sus hogares puedan vender el sobrante a la red cuando no la están utilizando, por ejemplo cuando están de vacaciones. Si bien, en la Argentina, estamos lejos de contar con esta "energía 2.0" se han logrado algunos avances en los últimos años.

EL CASO IRESUD

[Iresud](#) es un proyecto que se inició en 2011, financiado por el Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC), e implementado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Se trata de un consorcio formado por entidades públicas, como la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y la Universidad Nacional de San Martín, y empresas privadas, como Edenor, Aldar y Q-Max, entre otras.

El proyecto tiene por objeto introducir en el país tecnologías asociadas con la interconexión a la red eléctrica, en áreas urbanas y periurbanas, de sistemas solares fotovoltaicos (FV) distribuidos, contemplando para ello cuestiones técnicas, económicas, legales y regulatorias.

A tal fin, se propuso:

- Desarrollar e impulsar el establecimiento de instrumentos (legislación, normativa, etc.) que promuevan la instalación en el país de sistemas FV distribuidos conectados a la red.
- Instalar sistemas FV en los organismos de ciencia y tecnología involucrados, para análisis, ensayo, determinación de eficiencia y calificación de diseños y componentes de sistemas.
- Diseñar, instalar y operar sistemas FV piloto, ubicados en viviendas y edificios públicos y privados, conectados a la red pública de baja tensión.

Hasta la fecha, han instalado 20 sistemas fotovoltaicos con una potencia total de aproximadamente 75kW, conectados a la red de baja tensión y otros 15 se encuentran en etapa de diseño o construcción. Las instalaciones se ubican en distintos puntos del país y tienen como objetivo difundir y promover el uso de la tecnología fotovoltaica en áreas urbanas y establecer en las diferentes regiones el contacto con la distribuidora local. Se espera llegar al final del proyecto en abril de 2015 con una potencia instalada de 200kW.

En un primer momento, el proyecto fue pensado para la ciudad de Buenos Aires, pero luego se nacionalizó. Julio Durán, jefe del departamento de Energía Solar de la CNEA, destaca este proceso de expansión a todo el país como uno de los principales logros del proyecto: "Para su finalización, se contarán con 40 instalaciones piloto

que permiten demostrar la factibilidad del uso de la energía solar, la especialización de RRHH y la concientización a nivel social de la necesidad de utilizar las [energías renovables](#) para complementar el uso de combustibles fósiles".

Por otra parte, Durán destaca que, en el plano de la reglamentación técnica, en la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) se creó en 2011 el grupo GT-10H, conformado por representantes de diversos organismos públicos y empresas privadas. Además se desarrolló la reglamentación AEA 90364-7-712 "Sistemas de suministro de energía mediante paneles solares fotovoltaicos", hoy en pleno proceso de discusión pública.

Parecería que con la infraestructura eléctrica actual, podría lograrse un sistema distribuido. "Son fáciles de instalar y compatibles con la red de distribución actual. Por eso en una primera etapa no es necesaria ninguna mejora de la infraestructura eléctrica", explica Durán y agrega: "Por supuesto que si estos sistemas se llegasen a utilizar en forma masiva, sería necesario alguna mejora y/o modificación del sistema convencional. Por ello, algunas universidades y organismos públicos comenzaron a estudiar el tema de redes inteligentes que servirían para direccionar en forma conveniente los flujos de energía desde los sitios de generación hasta los de consumo".

¿Cuáles son los desafíos para los próximos años? Durán es contundente al respecto: "El mayor desafío es desarrollar una legislación para la promoción de los sistemas de generación distribuida. Se ha analizado el tema con diferentes actores. Hoy se está finalizando la elaboración de un documento a ser presentado ante la Secretaría de Energía con una propuesta concreta sobre tarifas e incentivos".

ENERGÍA ALTERNATIVA EN LA RED DE SANTA FE



Foto: Subsecretaría de Energías Renovables de Santa Fe

La provincia de Santa Fe es la que más ha avanzado en la materia y, desde octubre de 2013, los santafesinos pueden inyectar su energía sobrante a la red mediante la resolución de la Empresa Provincial de la Energía (EPE) N°442. Damián Bleger, subsecretario de Energías Renovables de la provincia, explica las características de esta normativa: "Solo está permitido inyectar energía que provenga de fuentes renovables. La ley provincial 12.692 y 12.503 expresa que se entiende por energías renovables, alternativas o blandas a todas aquellas que se producen naturalmente, en forma inagotable y sin ocasionar perjuicio al equilibrio ambiental". Es decir, que cualquier ciudadano santafesino que genere energía a través del aprovechamiento del sol, el viento, el biogás, la biomasa, la geotermica, la mini-hidráulica o los biocombustibles, podrá incorporar su excedente a la red provincial.

Para que ello sea posible, el individuo debe presentar una propuesta de proyecto con el tipo de tecnología a utilizar y la capacidad de generación. Luego de un análisis técnico, desde el punto de vista eléctrico y de seguridad, se aprueba el proyecto. El proceso de facturación posterior se divide en tres etapas: se factura la totalidad del consumo con su tarifa normal, se calcula el consumo como suma de las lecturas de dos medidores (uno convencional y otro bidireccional digital que mide la energía en ambos sentidos: la inyectada, la consumida y la neta), y se descuenta la energía generada al precio de compra en el MEM.

Al respecto, Bleger especifica: "El protocolo de interconexión prevé la inserción de hasta 15 kW con especificaciones técnicas particulares que permiten utilizar equipamiento modular, es decir, integrados en un mismo equipo.

Para potencias mayores de 15 kW hasta 300 kW en baja tensión se establecen requerimientos técnicos acorde a tales niveles de instalaciones".

EL APOYO LEGAL



El proyecto de ley del senador del PRO Diego Santilli busca impulsar el aporte de las energías renovables a la actual

A nivel nacional, el Senador Diego Santilli (PRO) está presentando un proyecto de ley para permitir y premiar la inyección de energías renovables a la red. "Estudiamos las iniciativas que se llevaron adelante en varios países para aprender de sus experiencias", explica Santilli y agrega: "España, por ejemplo aplicó, un sistema de *feed in tariff* en el cual pagaban cinco veces lo que valía la energía a los generadores particulares". Dicho sistema convirtió la iniciativa en un negocio financiero que terminó no solo siendo insostenible para el Estado abandonando el proyecto, sino también castigando a los generadores.

"Si bien los paneles todavía son muy caros, dada la velocidad a la que están bajando los precios a nivel internacional, proponemos un modelo en el cual no haya ningún intercambio de dinero. Si me voy de vacaciones y genero más energía de la que consumí, el mes siguiente recibiré un crédito en la factura y esa energía la habrán aprovechado mis vecinos", destaca Santilli.

Este sistema se denomina Netmetering y consiste simplemente en mirar de otra manera la energía consumida y generada. El medidor gira para un lado al consumir y para el otro en caso de entregar a la red. Países como Chile ya han empezado a utilizarlo.

Considerando las pérdidas en el transporte y la suma gigante que se está pagando todos los años en importar combustibles fósiles para energía eléctrica, pareciera que la Argentina está en una situación ideal para trabajar

red eléctrica. Foto: Archivo

con este esquema de energía distribuida. En 2008, 1 watt de energía solar fotovoltaica en China estaba arriba de un dólar, hoy cuesta 0,37. ¿No parece razonable pensar que en pocos años todos tendremos paneles solares de la misma manera que hoy tenemos celulares?

Rodrigo Herrera Vegas es co-fundador de Sustentator.com 

U24 NOTICIAS

**Uruguay recibe sirios refugiados y pide que los****Lass Bangoura regresó a España****iAy, Randazzo! Descarriló un tren en Retiro****Nuevo escándalo de corrupción salpica al PT****Redrado: "El Gobierno es pro inflacionario;****Y ahora filtran un video 'hot' de Kaley Cuoco**[URGENTE24](#) > [DINERO](#) > [U24+](#)[Anterior](#) [Siguiente](#)

UNA OPORTUNIDAD QUE ESTUDIA EL ENRE

Buena noticia: Usuarios particulares podrían vender electricidad a la red

El Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) trabajando en el postergado desarrollo de una regulación que establezca las pautas técnicas para autorizar en todo el país la venta de energía eléctrica de particulares a la red interconectada. Distintos organismos están avanzando en la determinación de las condiciones técnicas. Distintos organismos están avanzando en la determinación de las condiciones técnicas.

10/09/2014 | 17:40

[comentá\(3\)](#)[Tweet](#)[Me gusta](#) 182[g+](#) 2[Ampliar](#)

Los paneles solares de tipo fotovoltaicos son capaces de aprovechar la energía emanada por el Sol, más comúnmente conocida como radiación solar. Se encuentran compuestos por celdas que se encargan de convertir la luz en electricidad; estas celdas, muchas veces son denominadas celdas fotovoltaicas, que tiene como significado "luz-electricidad". Los paneles solares suelen ir en los techos de las casas y se complementan con otros componentes como un almacenador de energía (batería), ya que siempre no hay sol, un controlador de energía y un inversor de corriente.

por MELISA MORINI

CIUDAD DE BUENOS AIRES ([Energía Estratégica](#)). Los ingenieros del **Ente Nacional Regulador de la Electricidad** (ENRE) analizan las condiciones para que **los consumidores puedan volcar el excedente de energía que obtienen a partir de paneles fotovoltaicos y otras fuentes renovables** durante las horas de bajo consumo al tendido eléctrico.

La cuestión tarifaria, mientras tanto, es abordada desde la **Secretaría de Energía de la Nación**, también interiorizada en el tema y al tanto de los reclamos provinciales.

Julio Durán, especialista en la materia y responsable del proyecto que dio vida al consorcio público-privado Iresud para el desarrollo y producción de energía solar como fuente de abastecimiento domiciliar, evaluó: *"personalmente creo que sería importante confeccionar un marco jurídico a nivel*

EN DINERO

[+LEIDAS](#) [+COMENTADAS](#) [+RECIENTES](#)

1. MERCADOS

Vanoli atrincherado en la mesa del BCRA: afuera Belmonte, quedan Basco y Rodríguez

2. ECONOMIA

Cedin petrolero y entregar Vaca Muerta, los planes del Gobierno para conseguir dólares

3. ECONOMIA

2do día de Vanoli: Baja el 'libre' pero repunta el 'contado con liqui'

4. ECONOMIA

"El Gobierno comenzó a jugar con fuego con el sistema financiero"

5. ECONOMIA

Junto a Griesa, los holdouts advirtieron que Argentina "profundiza el desacato"

6. MERCADOS

Vanoli presiona la rentabilidad de los bancos, y espera a ABA y Adebá

7. AGROBUSINESS

Kicillof dice que exportadores le prometieron US\$5.000 millones, pero estos dicen "sólo fue una estimación"

8. ECONOMIA

Acordar con los holdouts sigue siendo la mejor opción

9. ECONOMIA

Melconian, esto es día-a-día, Vanoli contra el dólar-ahorro y Echegaray se aferra al cargo

10. ECONOMIA

Argentina K: desde 2012, el único empleo formal es el público[Ver todas](#)

nacional, capaz de resolver el problema de manera general", opinó Durán.

De no alcanzar un consenso, permanecerá el esquema vigente, en el que cada provincia se ve obligada a convencer a las distribuidoras y Secretarías de Energía locales, lo que entorpece el proceso.

"La falta de respuestas inmediatas acontece sobre las energías renovables, pero también en cuanto a otras realidades. Existe un discurso político en derredor de las energías limpias, pero cuando la toma de decisiones involucra a diferentes actores sociales, el consenso se torna complicado. Se trata de un proceso gradual con fines de aprendizaje", esbozó el especialista.

Dicho sistema, que se aplica sólo en Santa Fe, va en detrimento de la filosofía convencional: la producción mediante grandes generadores, su posterior transporte a los lugares de consumo, y en última instancia, la distribución de la energía por intermedio de empresas locales.

Hasta el momento, la única provincia que lanzó una reglamentación que permite conectar sistemas de generación eléctrica –ya sea domiciliaria o en empresas– basados en celdas fotovoltaicas, es Santa Fe. No obstante, otras regiones del país atraviesan períodos de discusión en este campo, entre ellas, Salta y Tucumán.

En este escenario, Durán supone avances en la materia en el corto plazo, al menos en lo que respecta a algunas áreas del país. Sin embargo, aclaró una vez más que se trata de una problemática controversial, limitada por un desarrollo escaso de tecnologías de carácter renovable.

No hay actividad reciente para mostrar.

Urgente24 - CNN - BBC

Búscanos en Facebook

Urgente24
Me gusta

A 71 167 personas les gusta Urgente24.



Plug-in social de Facebook

SERVICIOS

10/09/2014 | 17:40

comentá(3)

Tweet

Me gusta 182

+1 2

ENVIA TU

COMENTARIO!

Hace click para ingresar y poder comentar

IMPORTANTE: Este es un espacio de participación de usuarios.

Las opiniones aquí expresadas pertenecen exclusivamente a los usuarios y no reflejan la opinión de Urgente24. Para garantizar el funcionamiento apropiado de los foros, que impida la usurpación de la identidad de los usuarios, le pedimos que complete estos datos.

El equipo de redacción revisará las opiniones para evitar la difusión de comentarios no apropiados o insultos. **Enviar un comentario implica la aceptación del Reglamento**

COMENTARIOS DESTACADOS

COMENTARIOS RECIENTES



julioalfonso

En España, hace años que los medidores de energía son reversibles, esto es que cuando el consumo del usuario sobrepasa su propia producción, toma energía de la red, y cuando su generación particular excede al consumo, el excedente se vuelca a la red, de forma tal que en ocasiones, la empresa de energía le paga al usuario, ya que ha producido más de lo que consumió y ha volcado a la red.-

Responder Abuso

0 0



Ragnarok

ya me los veo a los moncholos en la villas conectando la bici fija al tomacorriente y dandole al pedaleo!
Bueno no sería malo, se ganarían un mango con el esfuerzo y de paso "descolgarían la villa del tendido

Responder Abuso

0 0



panzerwaffe

ES UNA BUENA IDEA..SI SANTA FE LO TIENE DEBERIA PROMOVERLA MAS. YO RECIEN ME ENTERO Y VIVO EN LA PROVINCIA...LO BUENO HAY QUE PROMOVERLO...

0 0

AMBIENTE

① Inversiones

Inversiones en producción de equipos para generación de renovables

Consisten en la inversión de empresas fabricantes para la producción de productos o partes componentes de equipos que aprovechen energías renovables.

Ejemplos:

- Fabricación de calefones o colectores solares. Equipos completos o componentes.
- Fabricación de aerogeneradores de baja potencia. Equipos completos o componentes.
- Fabricación de biodigestores. Equipos completos o componentes.
- Fabricación de microturbinas para la generación hidráulica. Equipos completos o componentes.
- Ensamble de paneles fotovoltaicos.
- Fabricación de inversores de potencia para instalaciones fotovoltaicas o eólicas.
- Fabricación y/o ensamble de artefactos de iluminación autónomos a partir de energía solar fotovoltaica o energía eólica; entre otros.

Inversiones en generación de energía renovable

Consisten en la inversión en equipamiento por parte de empresas para la generación de energía a partir de fuentes renovables, en distintas escalas según las instalaciones que realicen. La energía obtenida puede ser aprovechada internamente en procesos productivos o, en el caso de la generación de energía eléctrica es posible su venta o inyección a la red eléctrica.

Ejemplos:

- Instalación de paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica.
- Instalación de generadores eólicos para la generación de energía eléctrica.
- Instalación de biodigestores para la generación de gas.
- Instalación de biodigestores para la generación de energía eléctrica.
- Instalación de calderas a biomasa, entre otros.

Inversiones en eficacia energética en la industria

Eficiencia Energética es la utilización de menos cantidades de energía con la obtención de los mismos resultados finales esperados. Se mide en términos de relación entre la prestación lograda y la energía que dicho proceso requiere.

Los proyectos de Eficiencia Energética en el sector industrial constituyen mecanismos tendientes al mejoramiento en la seguridad de aprovisionamiento energético y al cuidado del medioambiente a través de la reducción de gases de efecto invernadero y de los impactos propios de toda la cadena de producción, transporte, distribución y consumo de la energía.

Además de los beneficios sociales y ambientales que se desprenden de un aprovechamiento más eficiente de la energía, las industrias que opten por las intervenciones en eficiencia energética podrán mejorar su rentabilidad y aumentar su competitividad.

Las intervenciones pueden ser de tipo tecnológicas o gestionales. Las intervenciones tecnológicas, consisten principalmente en la sustitución de equipamiento industrial por equipamiento más eficiente ya sea a nivel de un solo componente de la línea de producción como de toda la línea completa.

Ejemplos:

- Sustitución de artefactos de iluminación por tecnología de bajo consumo y/o tecnología led;
- Sustitución de motores eléctricos convencionales por motores certificados con buen nivel de eficiencia;
- Implementación de sistemas de control de combustión observando la eficiencia en el aprovechamiento de los distintos combustibles;
- Implementación de sistemas de cogeneración;
- Recuperación del calor residual en los sistemas térmicos;
- Aislamiento térmico de cañerías de vapor y de todos los componentes del circuito térmico;
- Sustitución de válvulas por variadores de velocidad para controlar caudales de aire y de agua;
- Adecuación de los sistemas de ventilación industrial según el criterio de máximo aprovechamiento de la energía;
- Acondicionamiento térmico de oficinas como ser aislación de las paredes y techo,
- Protección de la radiación solar en verano, aprovechamiento de la energía solar en invierno,
- Implementación de sistemas de ventilación con recuperación del calor, etc;
- Sustitución de equipos de acondicionamiento de aire para oficinas por equipos e instalaciones más eficientes;
- Establecimiento de sistemas electrónicos de control de distintas variables de proceso fijando en los objetivos del control la reducción del consumo de energía, etc.

Las intervenciones gestionales consisten en modificaciones en los sistemas de gestión de la energía
cómputo de energía en la diagramación y ejecución de los procesos productivos como asimismo del
GOBIERNO DE SANTA FE
complemento de la Norma ISO 50.001. Esto significa un cambio de equipamiento. La Norma ISO 50.001 se
compone de 164 cláusulas y 150 subcláusulas. El documento que reúne los postulados fundamentales a la hora de encarar estas
intervenciones.
Telfax: 54 349 4506400 / 4506700 / 4506800
© Todos los derechos reservados



Algunas tormentas en la mañana
Min.: 13% | Máx.: 27 °C



Último momento Ovación Más Secciones

Son 1.000 los chicos en Centros de Cuidado Infantil de la provincia

SANTA FE

Jueves, 08 de mayo de 2014 | 11:01

Habilitaron al primer particular que generará energía para la EPE

Marcelo Lenzi vive en El Trébol y es el primer argentino en la historia en ser habilitado a inyectar electricidad a la red pública con paneles solares. El objetivo es lograr autoabastecerse.

Me gusta

396

Tweet

16

g+1

1



Marcelo Lenzi es el primer santafesino al que la Empresa Provincial de la Energía le permite ser, como particular, generador de energía para inyectar a la red eléctrica. El hecho es el primero en la historia del país, ya que Santa Fe es la primera provincia en reglamentar el procedimiento para que los hogares puedan generar energía e ingresarla a la red pública.

Lenzi es un ingeniero mecánico que vive en la localidad de El Trébol, en el centro oeste provincial, y se dedica a la comercialización de paneles fotovoltaicos. Estar en el tema de la energía solar fue lo que lo llevó a poner en marcha

este proyecto.

En diálogo con Diario UNO Lenzi explicó que su iniciativa nació a partir de una charla con referentes del área de Energías Renovables de la provincia, quienes le comentaron que en octubre del año pasado se aprobó en la provincia el procedimiento para que los clientes de la EPE se puedan conectar en paralelo a la red. “Eso es que uno pueda generar energía, a partir de fuentes renovables, y conectarse a la red a través de un inversor. Eso permite que uno consuma su propia energía y cuando la generación propia no es suficiente se recurre a la red eléctrica. Mientras que si sobra la cantidad de energía que uno genera la puede vender y la EPE la paga generando créditos a favor del cliente. Hoy Lenzi tiene todo listo para producir energía en su casa y está a la espera de que la EPE le coloque el medidor bidireccional que permite medir la generación y el consumo de energía. A partir de ese momento –se estima que será en dos semanas– Lenzi estará en condiciones de comenzar a producir y consumir su energía generada con paneles solares.

“Básicamente, se necesitan dos equipos: los paneles fotovoltaicos, que son los que generan la energía, y un inversor, que es el encargado de transformar la energía continua en energía alterna. A su vez, es el equipo que entra y sale de la red, según la demanda”.

En la actualidad, el trebolense tiene una instalación chica, pero que puede ser ampliable. Con la capacidad instalada actual, de ocho paneles, Lenzi puede generar cerca de 350 vatios. Pero la instalación puede ser de hasta 27 paneles y generar 1.242 vatios. “Eso me alcanzaría para ahorrar algo de lo que estoy consumiendo. Por eso voy a estar consumiendo esa producción propia de energía y algo más de la red. En ese caso el medidor va a girar despacio porque la mayor cantidad de energía va a ser la que me provee mi equipo”, explicó.

“En principio –aclaró– el objetivo del protocolo que se armó no tiene como idea que uno sea generador de energía proveedor de la EPE, sino que se consiga un autoabastecimiento. En el bimestre, con el equipo completo puedo generar unos 350 kilovatios hora, lo que consume una casa estándar que tenga heladera, televisor, computadora y luces. No alcanzaría para conectar el aire acondicionado en verano ni para una calefacción eléctrica en el invierno. Eso es más o menos para tener un parámetro de cuál es su alcance”.

Al ser consultado sobre los costos del equipo que está utilizando, Lenzi dijo: “El equipo que tengo colocado está en unos 40 mil pesos. Mientras que si se toma un equipamiento completo, que incluye los 27 paneles solares, el precio sube a los 70 mil pesos”.

“La recuperación de la inversión en el equipo depende de las tarifas”, dijo y agregó: “Hoy la tarifa de la luz está desfasada de lo que es su valor real. Eso hace que con las tarifas actuales no se pueda recuperar el total de la inversión. La vida útil del equipo es de 30 años. Pero si en algún momento se ajusta el precio de la energía eléctrica, que sería algo similar a lo que está pasando con el gas que tenía un precio irrisorio, eso permitiría que haya una amortización de entre ocho y diez años”.

“Si se terminan los subsidios y el valor de la energía eléctrica se acomoda a los precios internacionales, el equipo se paga en ocho años, que es lo que pasa en Brasil, Chile y Uruguay. En Europa, que tienen la energía muy cara, el equipo se paga en cinco años. Después de pagar esos años de amortización, todo lo que genera el equipo es energía que consumiríamos sin pagarla”, aseguró.

[Dejanos tu comentario](#)

-
- [Home](#)
- [Ingresar](#)
- [Redes sociales](#)
[Facebook](#) [Twitter](#) [LinkedIn](#)
- [Quiénes somos](#)
- [Servicios](#)
- [Contacto](#)
- [abeceb.com](#)
- [Inicio](#)
- [Análisis](#)
 - [Macroeconómicos](#)
 - [Sectoriales](#)
 - [BUSCAR MÁS](#)
- [Informes](#)
- [Base de Datos](#)

Análisis

[Sinceramamiento de tarifas](#) | [Energía Eléctrica](#)

25/02/2014

Sinceramamiento de tarifas: la punta del iceberg en la solución del problema energético



Dante Sica Director

Una respuesta a la situación energética abarca más que la corrección de los subsidios en sí, debe atacar su magnitud y su distribución. Sin subsidios la factura bimestral de un hogar en el AMBA pasaría de \$67 a \$550. Mientras que en Córdoba y Santa Fe se pasaría de \$400 a \$900. El impacto es fuerte, por lo que se necesita: 1) Crear un sendero de actualización tarifara; 2) Determinar una tarifa social; 3) Conseguir financiamiento y 4) Medidas que apunten a la Eficiencia Energética.

Es el momento de empezar un sinceramiento sistemático y ordenado de tarifas, porque el margen para posponer la medida se acabó. Esto se evidencia tanto en la presión que ejerce la distorsión del mercado energético en la balanza comercial, como en la emisión monetaria que financia el enorme caudal de los subsidios.

Es claro que la tarea no es fácil, porque requiere de al menos tres etapas: 1) El restablecimiento de los marcos regulatorios y en especial los mecanismos de formación de precios; 2) La revisión tarifaria integral, postergada desde que se congelaran las tarifas en 2002 y necesaria para determinar los futuros senderos de actualización; 3) La búsqueda de financiamiento para amortiguar el impacto en las boletas energéticas en el corto plazo, e impulsar inversiones que permitan alcanzar la seguridad de abastecimiento en el mediano plazo a un costo razonable.

El problema no es el subsidio en sí, sino su magnitud y su distribución. Y en este sentido es que los grandes números marcan las principales inconsistencias. Actualmente, los subsidios del Tesoro financian el 80% del costo real de la energía en el mercado mayorista, eso marca la magnitud. Y en promedio, un 85% de los usuarios a nivel país paga una tarifa subsidiada, eso refleja el derroche.

Los números hablan claro: las distribuidoras venían pagando a CAMMESA un precio de 56 pesos por Megawatts (\$/MW) promedio por la energía eléctrica que distribuían a sus usuarios subsidiados. Luego de la quita selectiva de 2011, comenzaron a pagar un precio diferencial por la energía que entregan a los usuarios “no subsidiados”, que hoy se encuentra en 318 \$/MW. ¿Cuál es el resultado de esto? Las distribuidoras hoy pagan 95 \$/MW en promedio por la energía que adquieren en el Mercado Eléctrico Mayorista, pero el verdadero costo promedio de la energía eléctrica es de 650 \$/MW.

A este número se llega al calcular que el precio real reconocido por CAMMESA promedió los 375 \$/MW en 2013, y si se agregan los subsidios que se canalizan por ENARSA (de los cuales el 30% se dirige a las generación eléctrica) y otros que financian a empresas de generación pública (Yacretá, Nucleoeléctrica y Yacimientos Carboníferos de Río Turbio, entre otros), el costo real de la generación llega a los mencionados 650 \$ por cada MW.

Un sinceramiento de máxima en el mercado mayorista – es decir, que las Distribuidoras paguen 650 \$/MW en vez de 95 \$/MW por la energía que adquieren a CAMMESA – se haría sentir en todo el territorio nacional, con grandes heterogeneidades y con una mayor incidencia en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), donde la tarifa final se mantuvo más planchada que en otras jurisdicciones.

¿Cuál sería el impacto en los hogares? Para el caso de un consumo residencial de 600 kw por bimestre implicaría multiplicar por dos u ocho veces la factura dependiendo de la jurisdicción. De este modo, la factura bimestral de un hogar en el AMBA pasaría de \$67 subsidiada a una de \$550 no subsidiada. Mientras que para Córdoba y Santa Fe, se pasaría de un promedio de \$400 a una factura bimestral de \$900 no subsidiada. Y esto sin contemplar lo que aún falta corregir en cuanto a la tarifa de distribución.

Un plan de cuatro ejes

Sin dudas el impacto de máxima es sustancial, lo que adelanta la necesidad de: 1) Plantear un sendero de actualización tarifara; 2) Determinar una tarifa social; 3) Conseguir financiamiento y 4) Coordinar medidas que apunten a la Eficiencia Energética.

Se calcula que hay 2,2 millones de hogares que dependen de una jubilación mínima o de un plan social, tienen al jefe de hogar desocupado o viven en una vivienda precaria. Mantener el subsidio actual en la tarifa eléctrica a dicho universo tendría un costo fiscal inferior al 0,3% del PBI, lejos de los 2,8% que actualmente se llevan los subsidios energéticos.

Plantear un sendero de actualización tarifara para el universo restante, podría darse aun en un escenario fiscal acotado mediante la obtención de financiamiento internacional. Pero para ello es necesario fortalecer el marco regulatorio y los mecanismos de formación y actualización de precios a lo largo de toda la cadena. Detrás, estaría la apuesta de invertir en Vaca Muerta a fin de aumentar la producción local de gas natural, lo que debería ejercer una presión a la baja en el costo de generación eléctrica a futuro.

Además, una política integral debe encarar el desafío de la eficiencia energética. ¿Cómo reducir la presión de la demanda creciente sobre la oferta? Con una participación activa de los gobiernos locales en materia de habilitaciones, la promoción de tecnología que permita un consumo más eficiente (ya sea electrodomésticos o sistemas de monitoreo que permitan tomar mejores decisiones de consumo. Siempre en función del costo horario de la energía) y un sistema de beneficios que premie un consumo más eficiente.

Solucionar el problema energético es más que un sinceramiento de tarifas. Tenemos que ser conscientes de que es una tarea de largo plazo que requiere consenso de los actores políticos para convertirla en una política de Estado. La conclusión a la que podemos llegar es que el desafío para este gobierno no es el impacto en la opinión pública. Sino la capacidad de gestión para encarar una solución de manera ordenada que beneficie a todos. Porque está claro que los cortes en abastecimiento crearon conciencia en la sociedad sobre la necesidad de hacer algo para solucionar el caos energético.

[Circuito de lectura](#) [Sincieramiento de tarifas](#)

1

[El atraso en la actualización de tarifas eléctricas](#)

2

Sincieramiento de tarifas: la punta del iceberg en la solución del problema energético

3

[Diagnóstico de la energía eléctrica: distribución en estado crítico y generación llegando al límite](#)

4

[Las medidas adoptadas para las distribuidoras de energía eléctrica resultaron insuficientes](#)

Otras notas de [Energía Eléctrica](#)

- [Pocos ganadores a nivel sectorial](#)
- [La caída en la demanda y en los precios de los combustibles dieron un alivio, pero el sistema eléctrico sigue ajustado](#)
- [Balance sectorial de la economía argentina en 2014](#)
- [Se termina un acuerdo que sólo postergó las correcciones necesarias](#)
- [La quita de subsidios que no fue y las distorsiones acumuladas](#)

Otros informes relacionados

- [Informe Trimestral Sectorial \(ITS\)](#)
- [Informe Trimestral Sectorial Resumido \(ITS R\). Descargalo Gratis!](#)
- [Informe de Perspectivas Sectoriales](#)
- [Informe Coyuntural del sector Eléctrico](#)

Mi Abeceb

Registrate

Registrate para acceder a tu propio perfil en **MI ABCEB**, donde podrás guardar como favorito cualquier contenido que te interese, acceder a todos los informes gratuitos y a los que tu empresa haya contratado mientras tengas los permisos de acceso. Además dispondrás de acceso a nuestra base de datos y a las herramientas para que puedas hacer consultas, armar monitores y extraer la información que te resulte de utilidad.

[Regístrate gratis](#)



abeceb.com

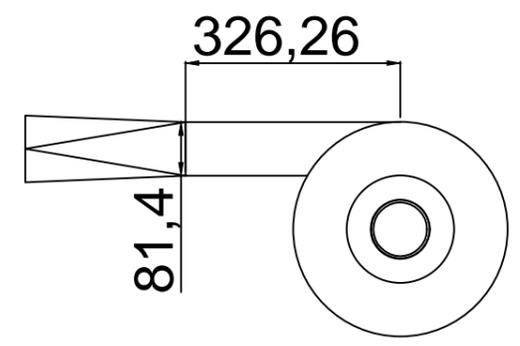
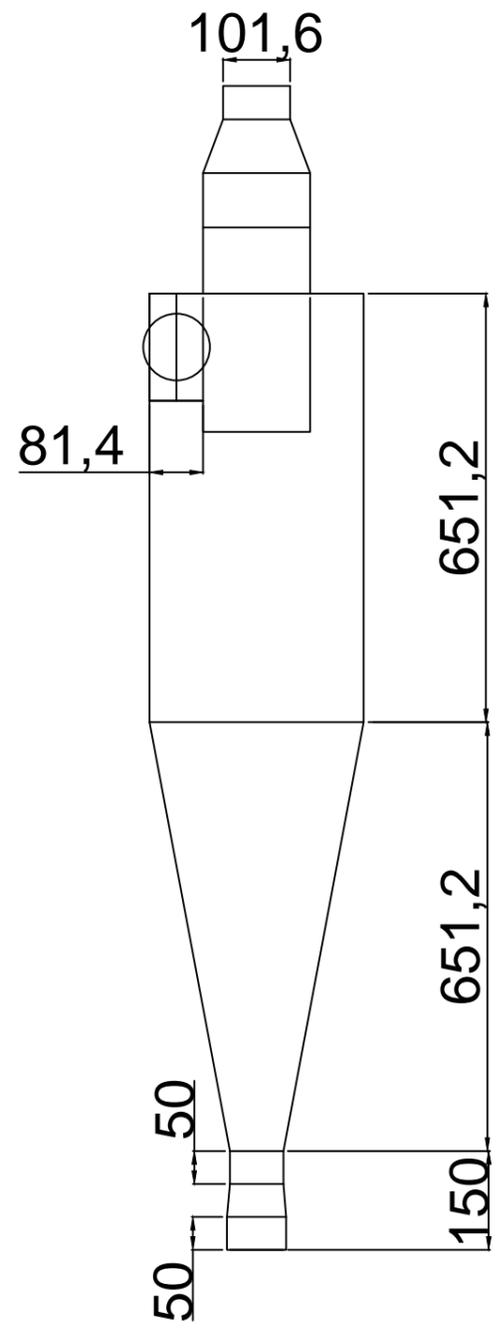
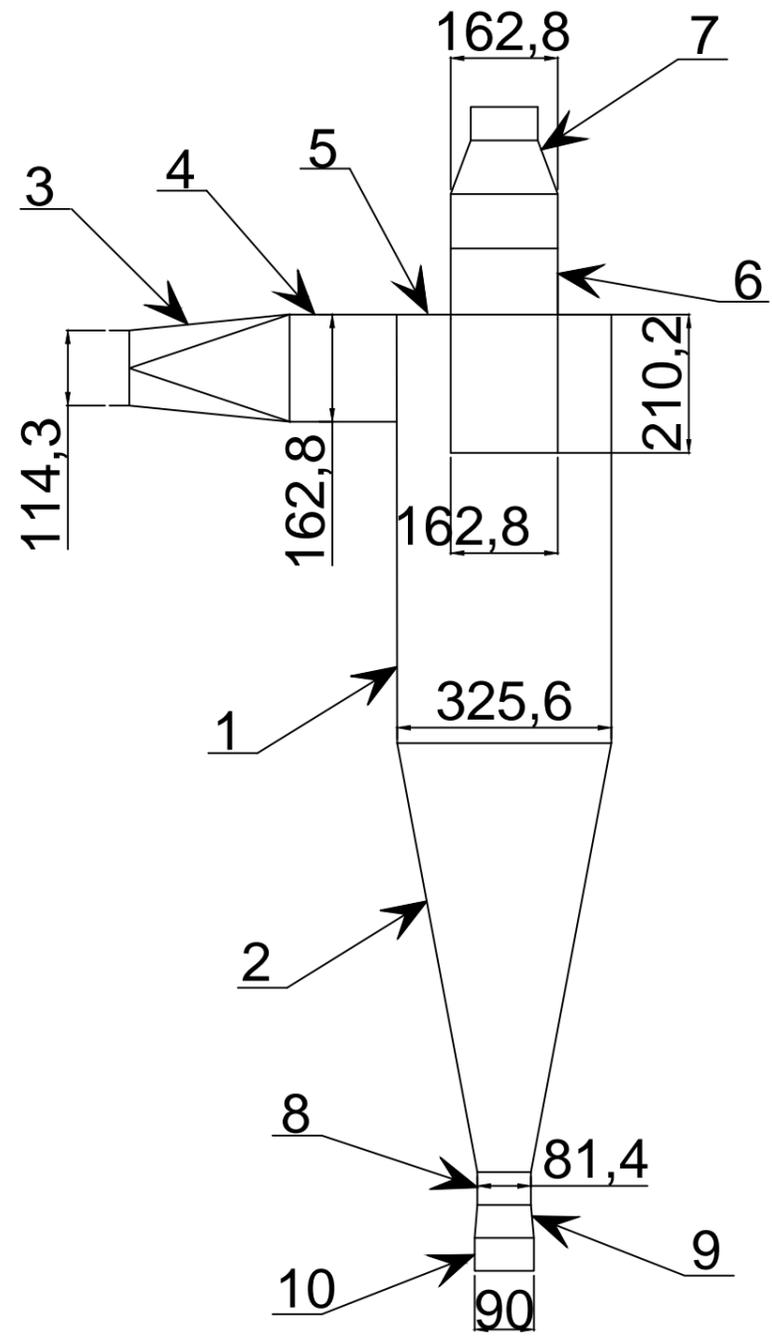
- **Sobre nosotros**
- [Quiénes somos](#)
- [Servicios](#)
- [Contacto](#)
- [Términos y Condiciones](#)

- **ABECEB.COM**
- [Home](#)
- [Análisis](#)
- [Informes](#)
- [Base de Datos](#)

- **Perfil**

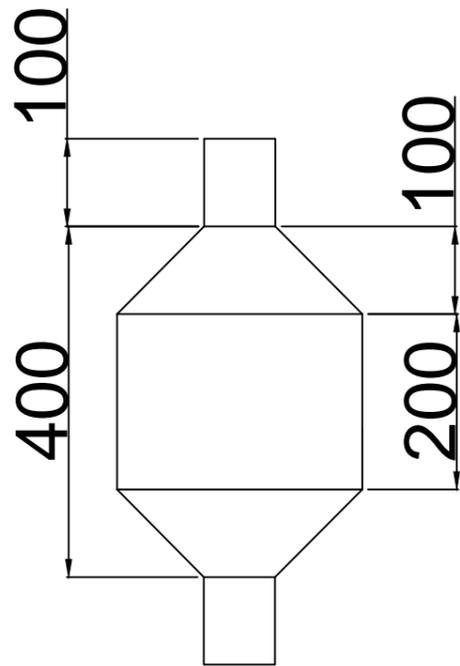
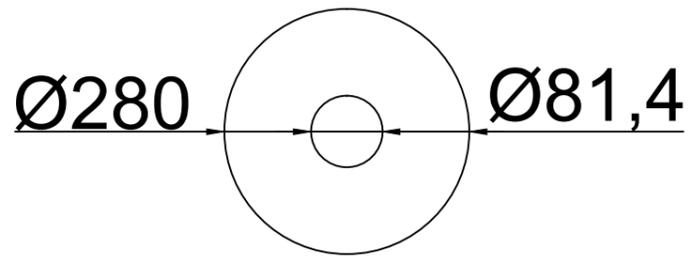
- [MI ABECEB](#)

- **Seguinos**
- [Facebook](#)
- [Twitter](#)
- [Youtube](#)
- [Linkedin](#)

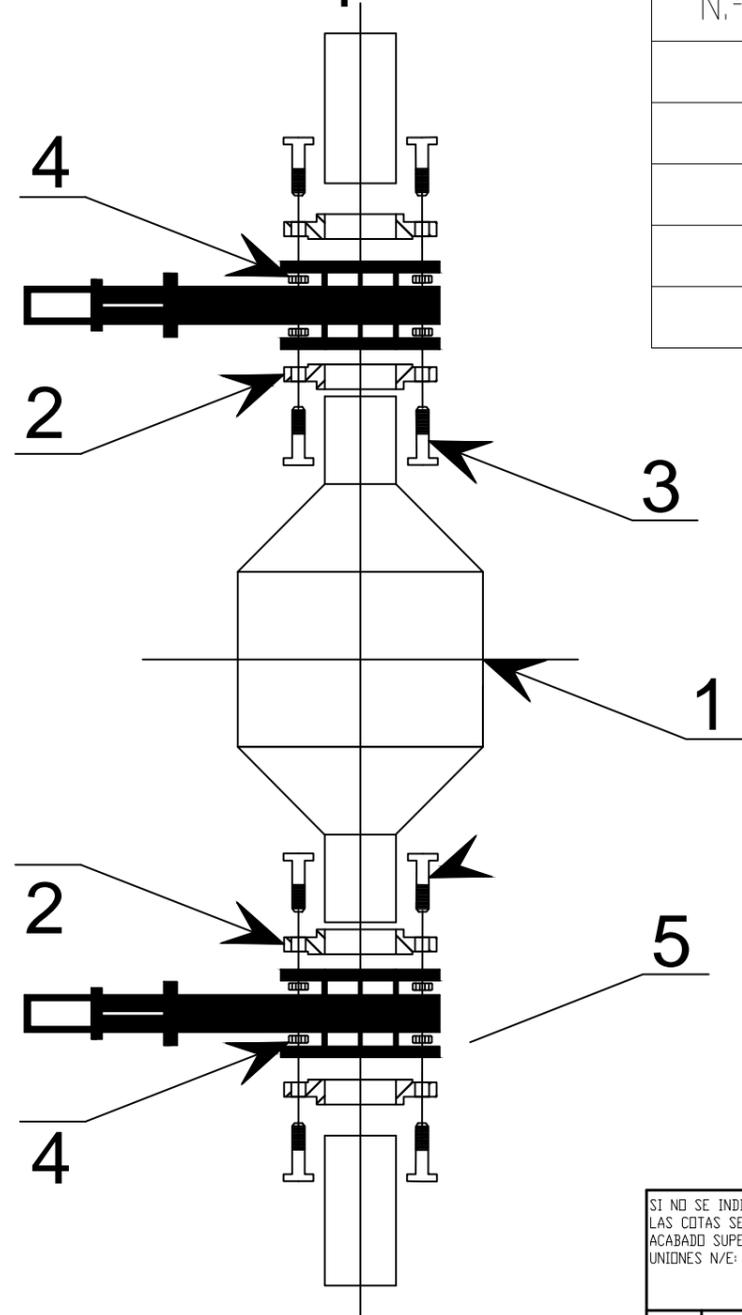


N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Cilindro	16,64 kg
2	Cono	16,15 kg
3	Cambio sección entrada	2,21 kg
4	Entrada a cilindro	3,2 kg
5	Tapa	2,54 kg
6	Boca salida gases	3,76 kg
7	Reduc. salida gases	1,44kg
8	Boca salida cenizas	0,66kg
9	Ensanch. sal. cenizas	0,49 kg
10	Final salida cenizas	0,36kg
Total		47,45 kg

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: Galvanizado UNIONES N/E: Soldadas			ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		
							Cuerpo de ciclón				
							TÍTULO: Estudio y diseño de sistema de aprovechamiento de cama de pollos para generación de energía				
NOMBRE		FIRMA		FECHA		MATERIAL: Acero 1020		Nº DE DIBUJO CL-110		A3	
DIBUJ.		VERIF.		APROB.		FABR.		CALID.		PESD: 50kg	
							ESCALA: 1:1		HOJA 1 DE 1		

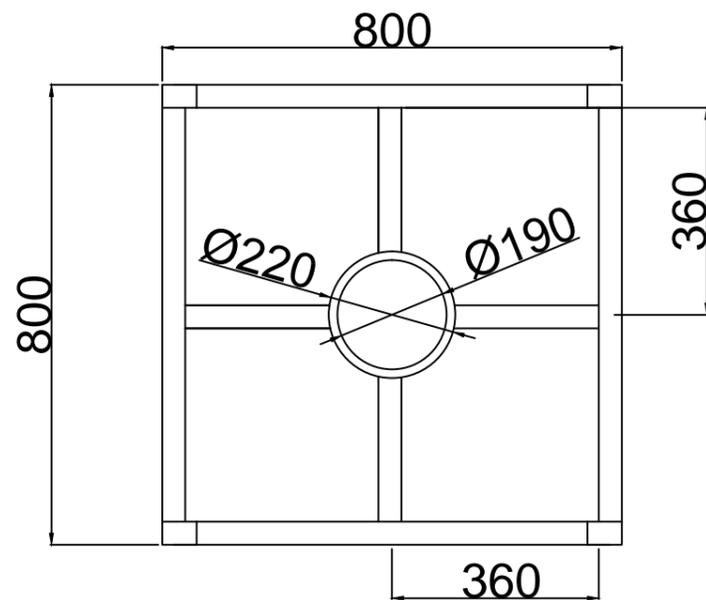
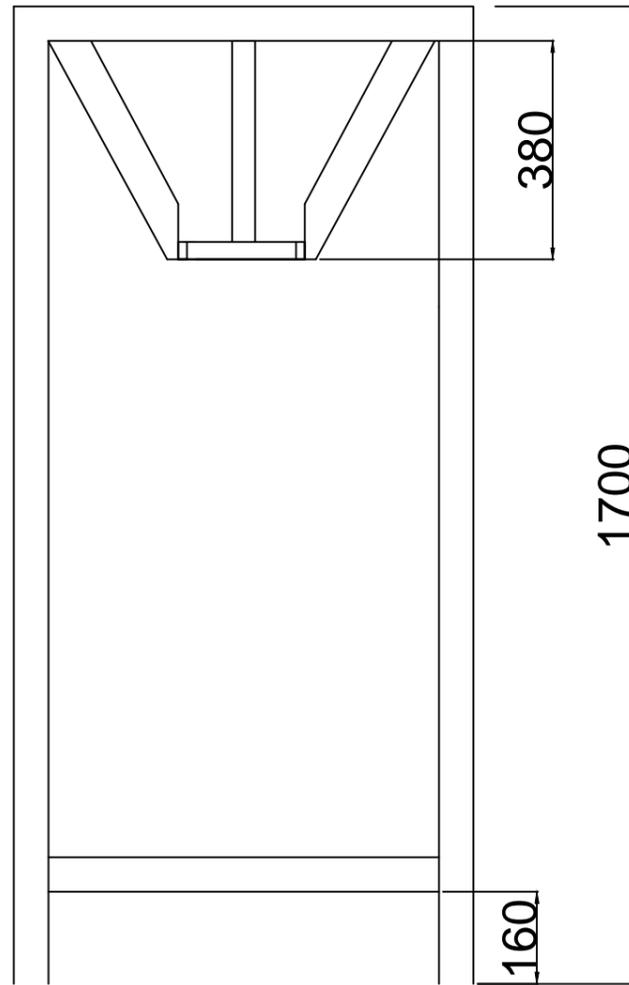
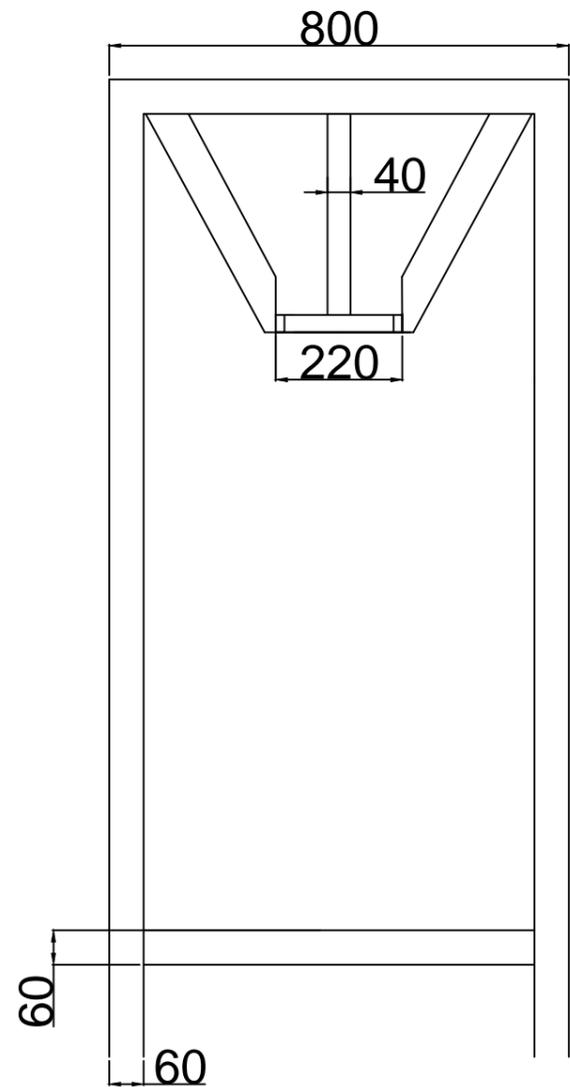


Despiezo



N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Cuerpo-Chapa Aº galv 1/8"	9,3 kg
2	Brida SO ANSI B16.5 - 3"	4u
3	Tornillo DIN 10mm	8u
4	Tuerca DIN 10mm	8u
5	Válvula esclusa bridada 3"	2u

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: Galvanizado UNIONES N/E: Soldadas				ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		
								Colector de cenizas				
								TÍTULO: Estudio y diseño de sistema de aprovechamiento de cama de pollos para generación de energía				
								MATERIAL: Acero 1020		Nº DE DIBUJO CL-120		A3
								PESO:		ESCALA:1:1		HOJA 1 DE 1

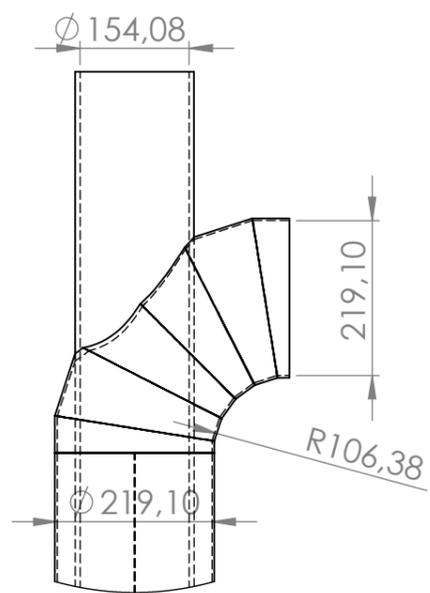


Materiales

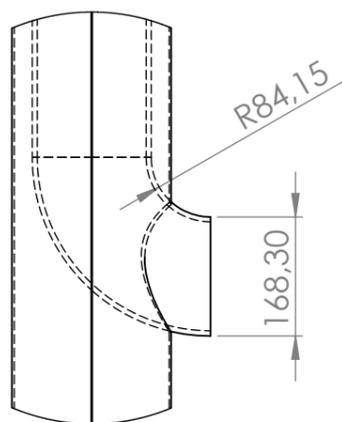
La estructura es construida en su totalidad en caño estructural de 40x60x2.

Longitud total:
17m

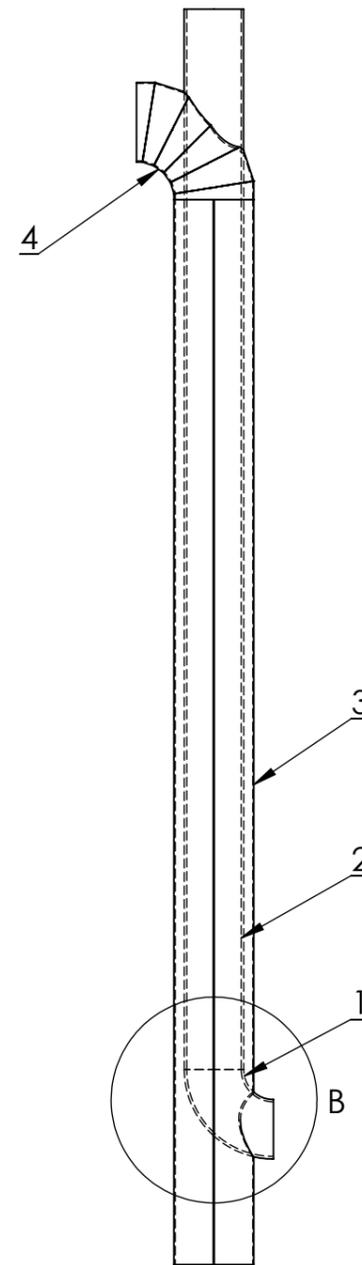
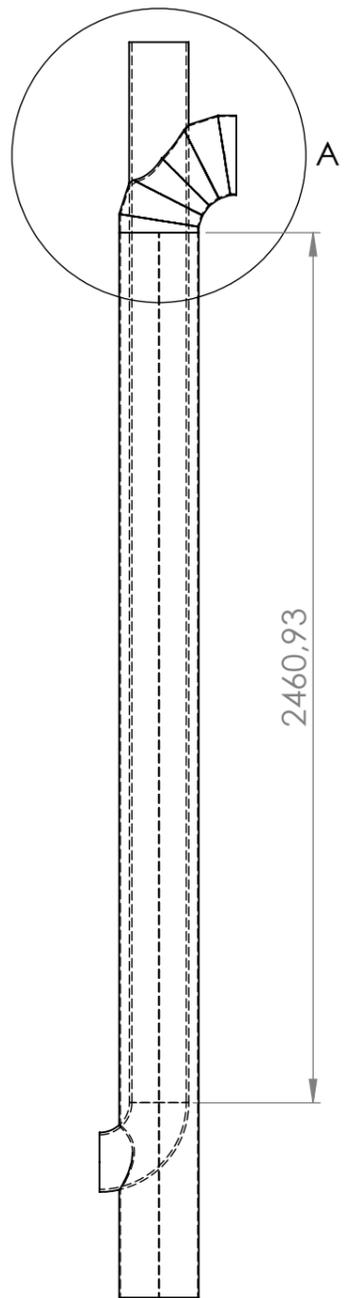
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: Galvanizado UNIONES N/E: Soldadas				ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN			
								Estructura soporte ciclón					
								TÍTULO:					
								Estudio y diseño de sistema de aprovechamiento de cama de pollos para generación de energía					
								MATERIAL:		N° DE DIBUJO		A3	
								Acero		CL-130			
								PESO:		ESCALA:1:1		HOJA 1 DE 1	
DIBUJ.		NOMBRE		FIRMA		FECHA							
VERIF.													
APROB.													
FABR.													
CALID.													



DETALLE A
ESCALA 1 : 10



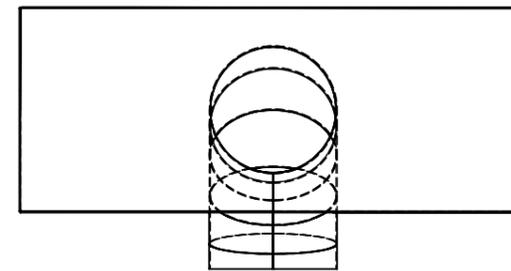
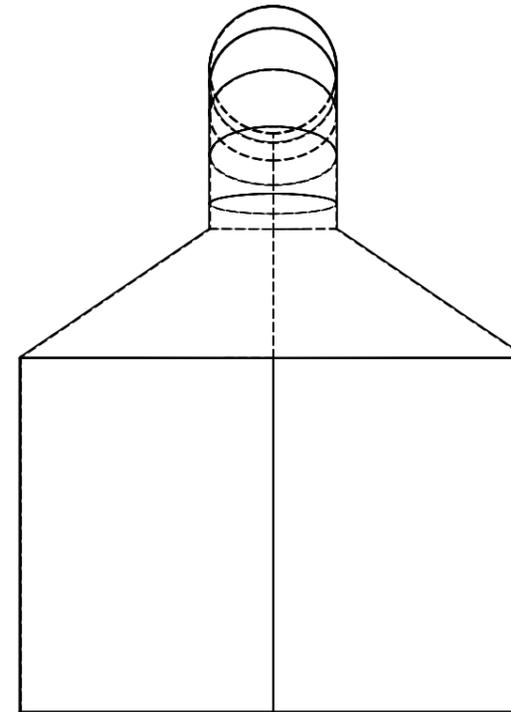
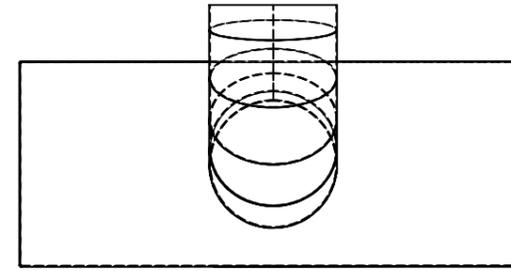
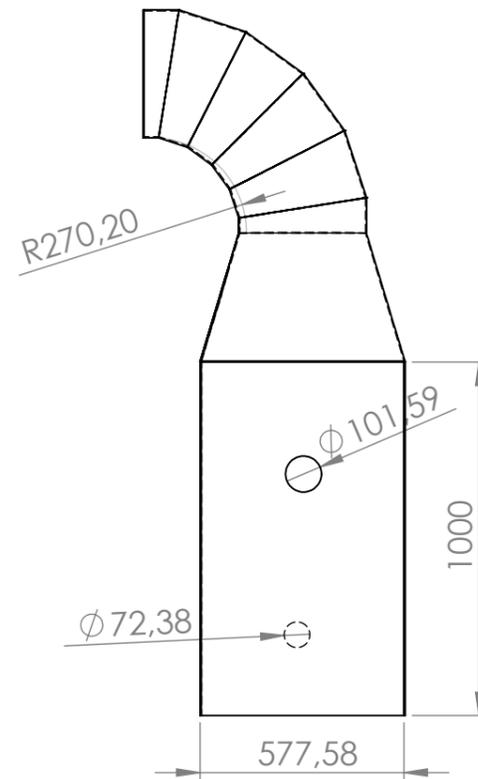
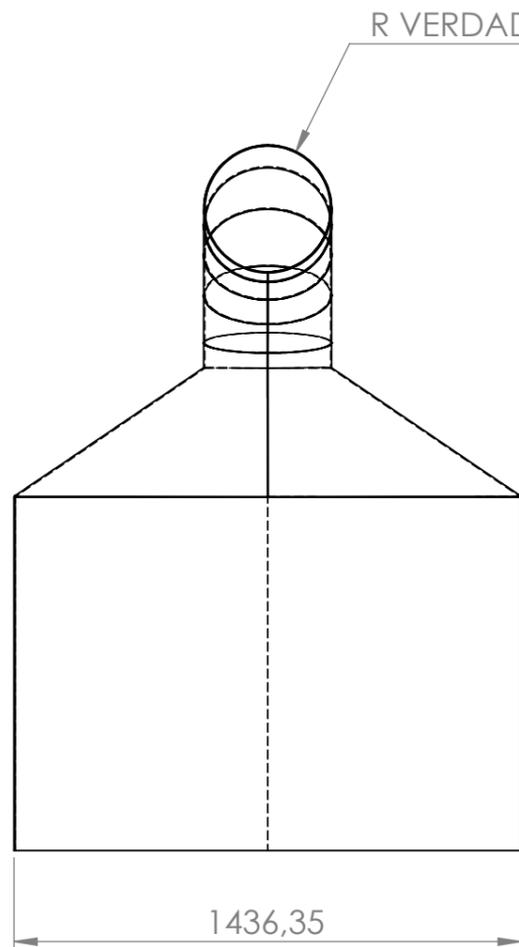
DETALLE B
ESCALA 1 : 10



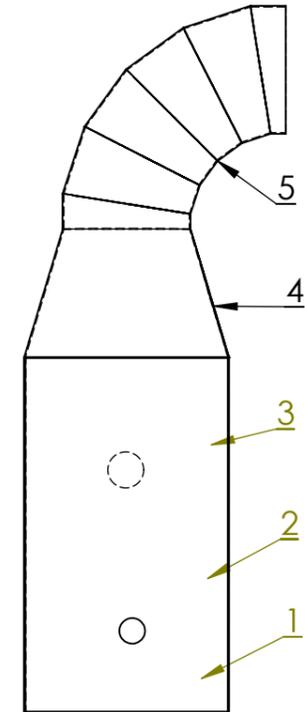
Uniones	
1-2	Soldada
2-4	Soldada
1-3	Soldada
3-4	Sellada y Remachada

N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Codo 90° 6" sch 40	1
2	Caño 6" sch40	3,5 m
3	Caño 8" chapa 1/8"	52 kg
4	Codo 90° 8" chapa 1/8"	9,1 kg

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
Economizador						
TÍTULO: Estudio y Diseño de Sistema de Aprovechamiento de Cama de Pollos Para Generacion de Energía						
N.º DE DIBUJO			E-100		A3	
ESCALA: 1:1			HOJA 1 DE 1			



Uniones	
1-2	Soldada
2-3	Soldada
3-4	Soldada
4-5	Soldada

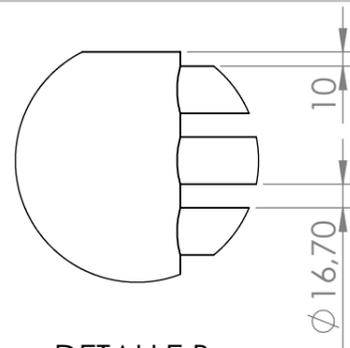


N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	PESO
4	Chapa 1/8"	39,37 kg
5	Chapa 1/8"	28,7 kg
	Chapa cobertura larga nuevo	

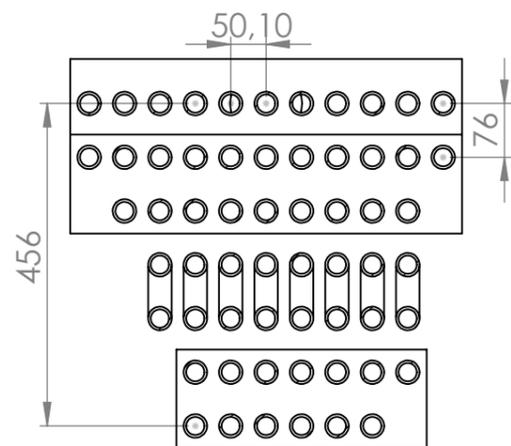
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Cobertura De Aero Enfriador	
					TÍTULO: Estudio y Diseño de Sistema de Aprovechamiento de Cama de Pollos Para Generacion de Energía	
					N.º DE DIBUJO	E-210
					ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1
MATERIAL: Acero						
PESO:						

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

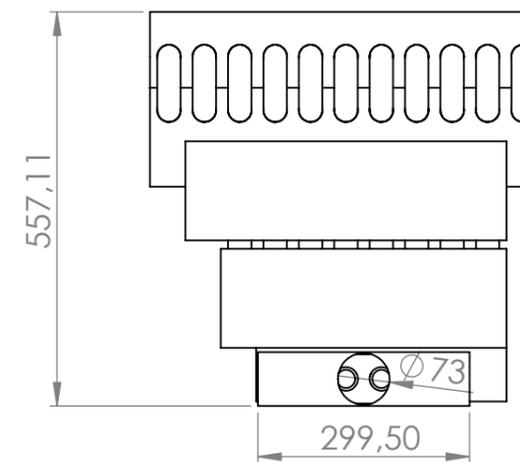
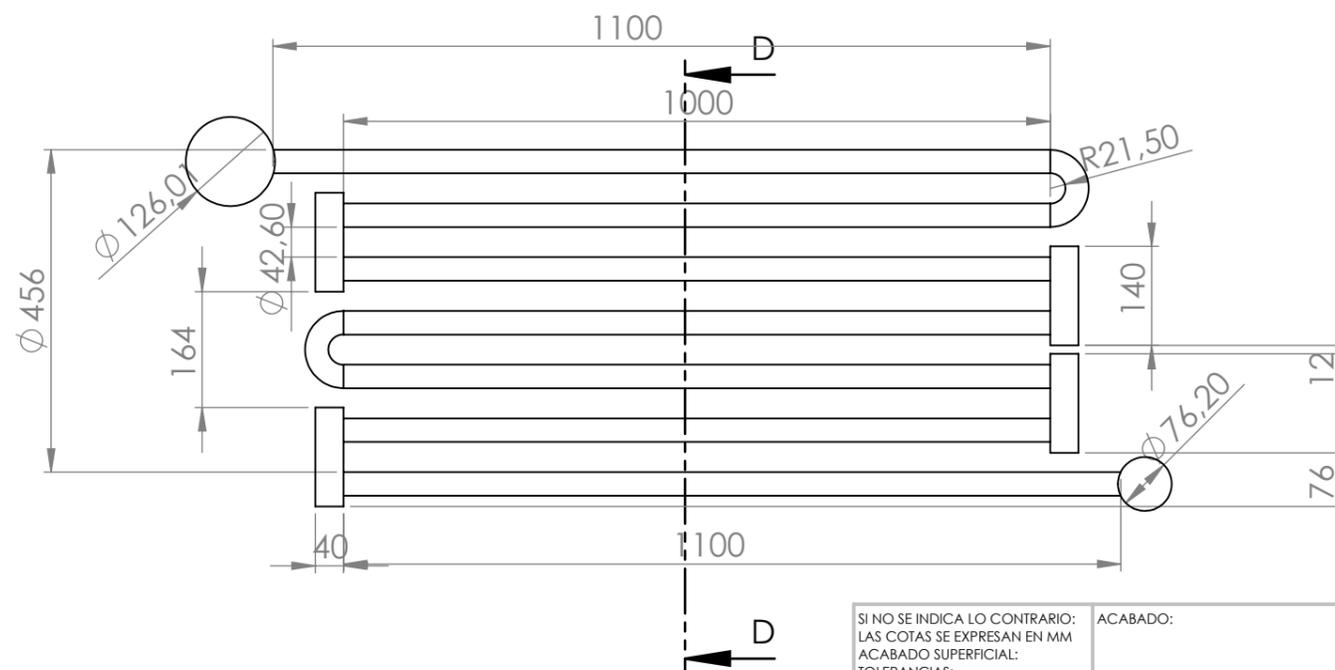
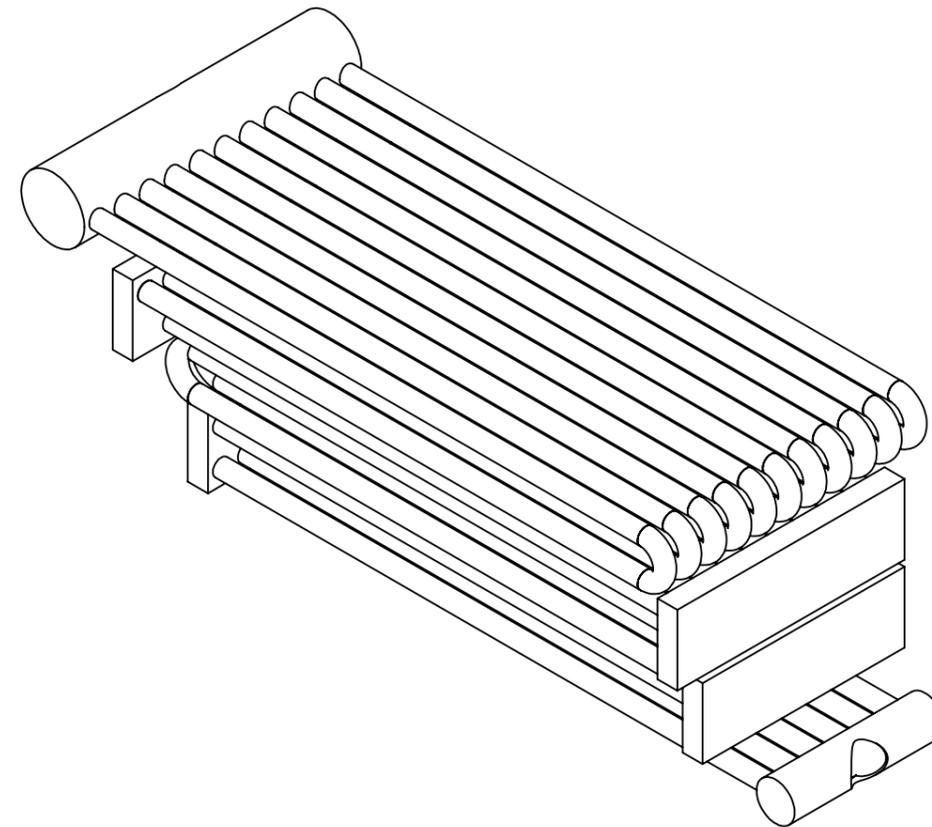
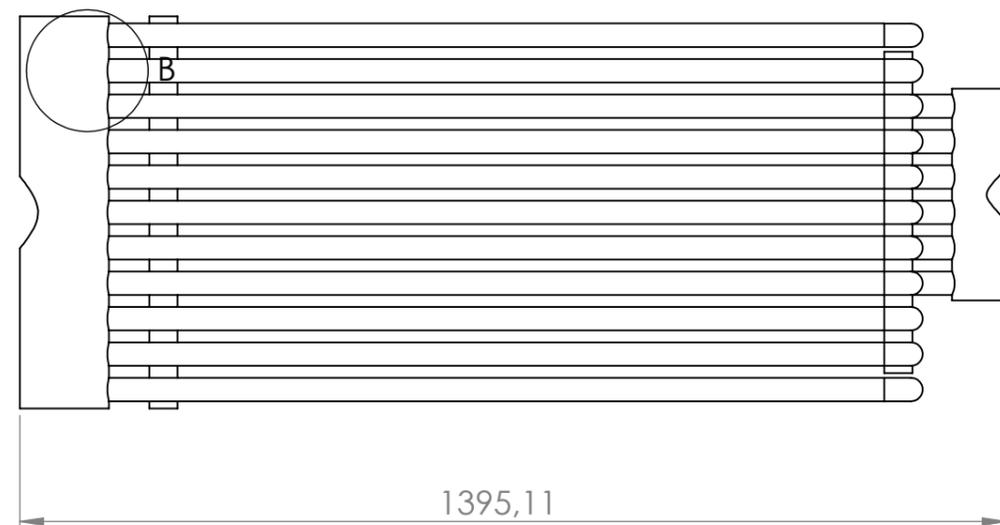
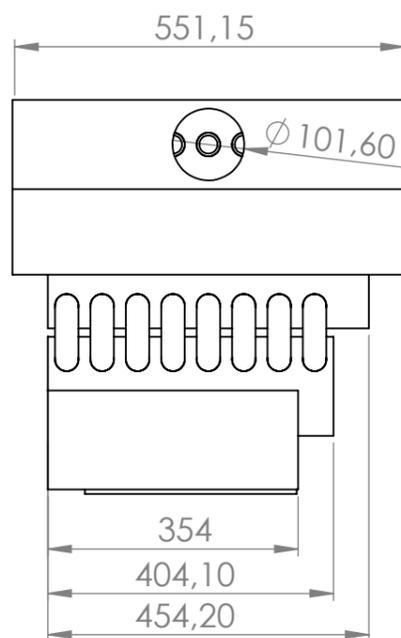
A3



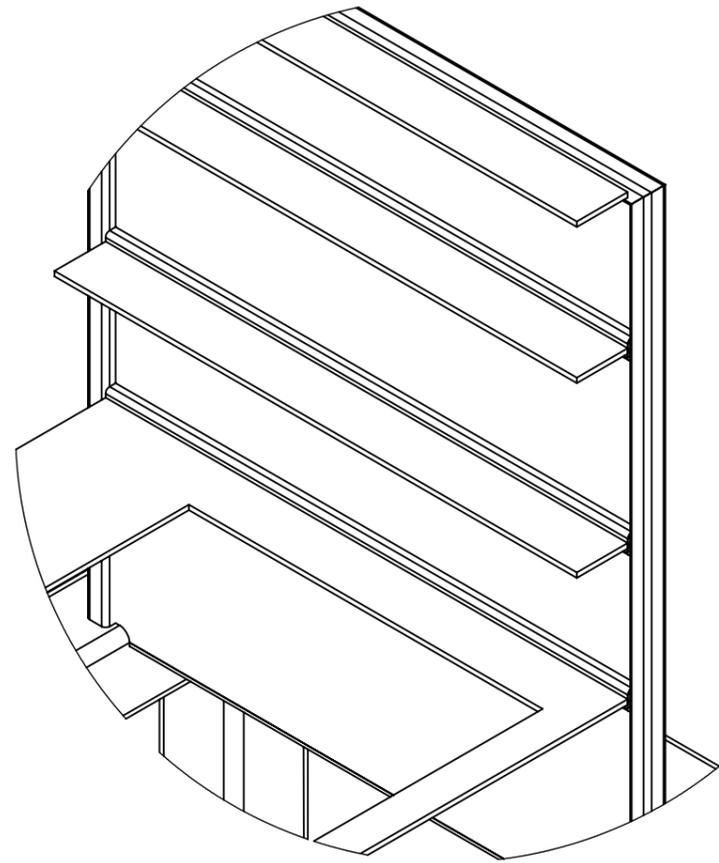
DETALLE B
ESCALA 1 : 5



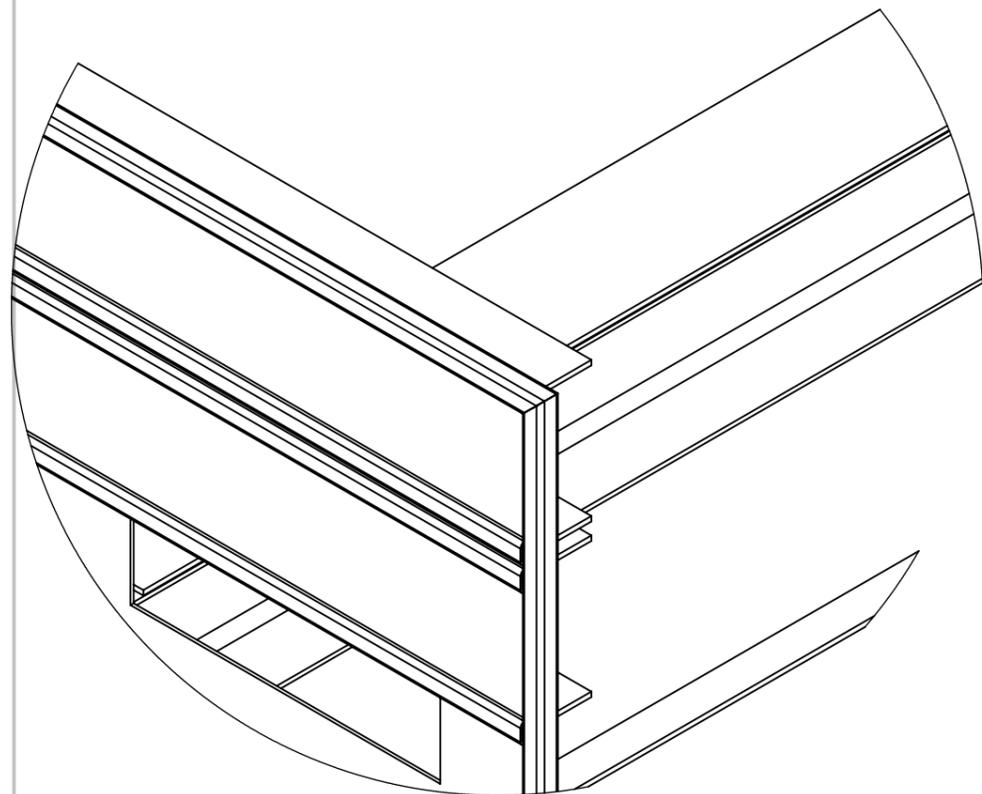
SECCIÓN D-D



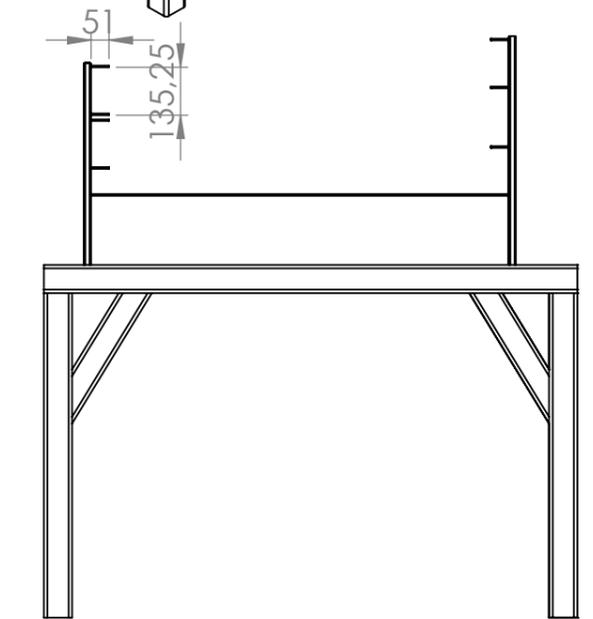
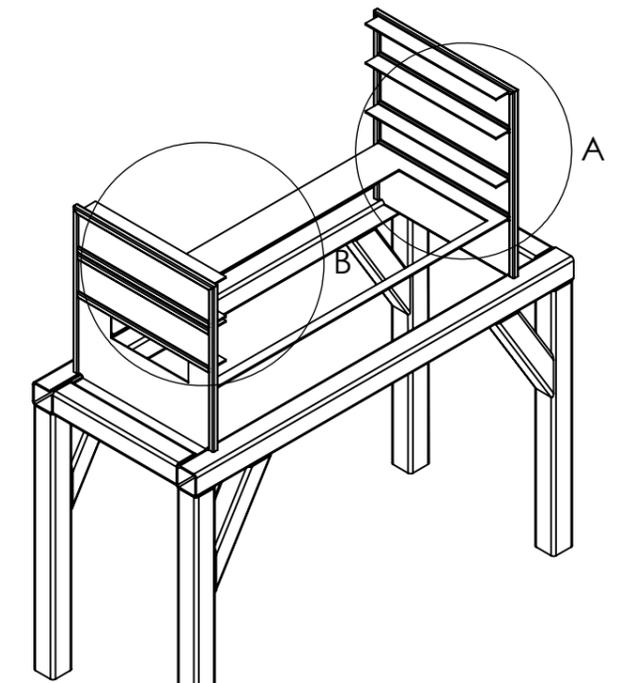
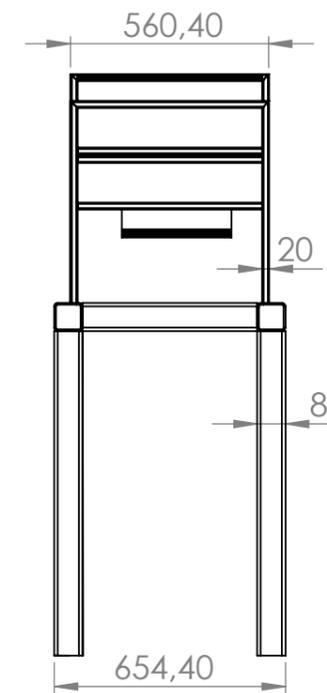
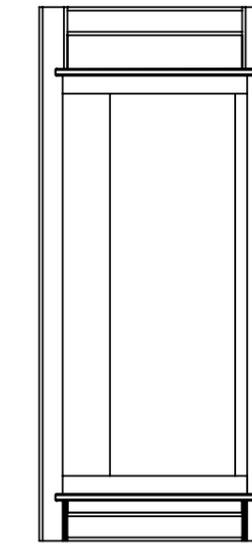
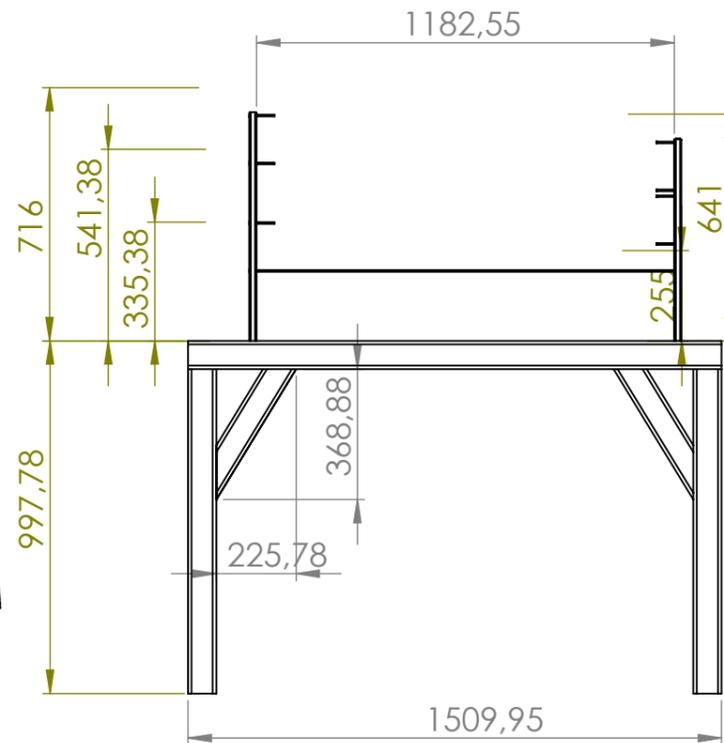
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Cañerías aero-enfriador	
					TÍTULO: Estudio y diseño de sistema de aprovechamiento de cama de pollos para generación de energía	
					N.º DE DIBUJO	E-220
					ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1
MATERIAL: Schedule 40			PESO:		A3	
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.						



DETALLE A
ESCALA 1 : 5



DETALLE B
ESCALA 1 : 5

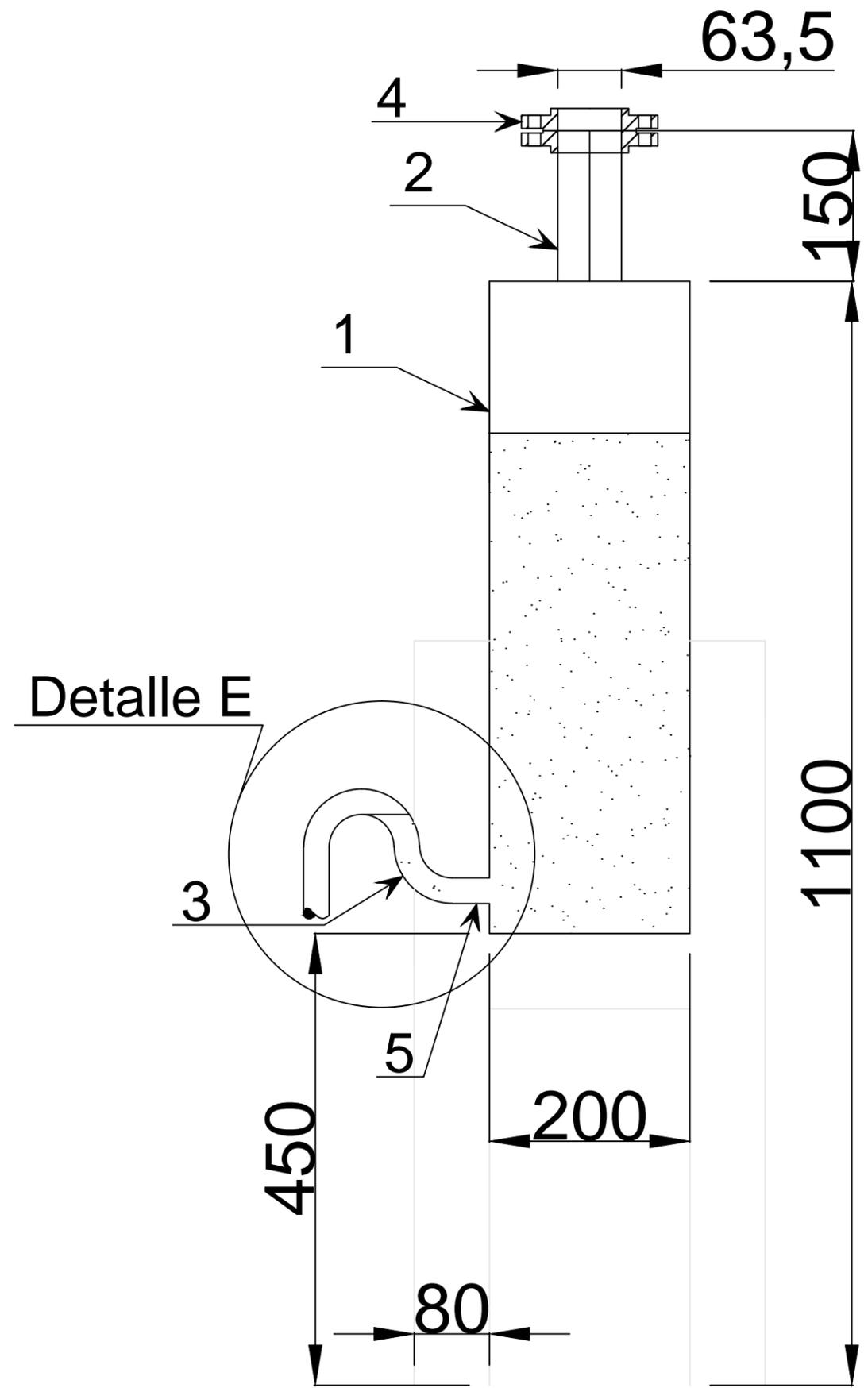


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Soporte Aero Enfriador	
					TÍTULO: Estudio y Diseño de Sistema de Aprovechamiento de Cama de Pollos Para Generación de Energía	
DIBUJ.			MATERIAL: Acero		N.º DE DIBUJO E-230	A3
VERIF.			PESO:		ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1
APROB.						
FABR.						
CALID.						

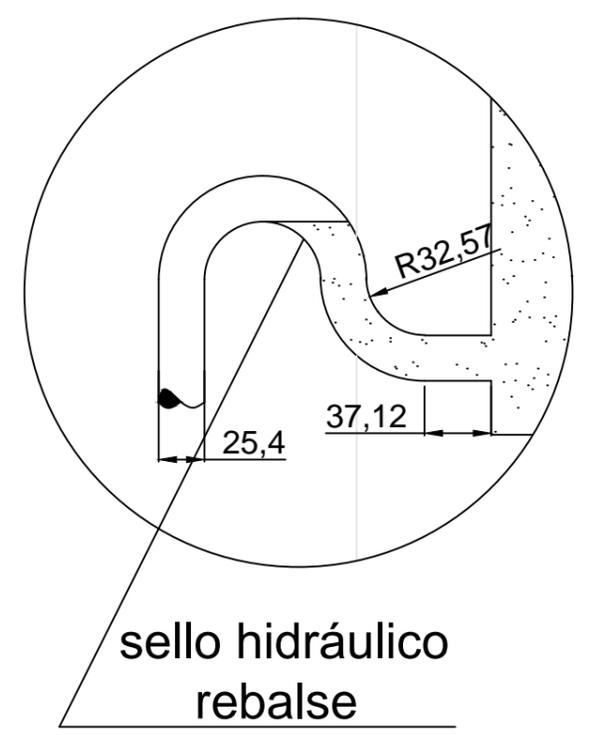
N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Reduccion 2,5"-2" Sch 40	1
2	Reduccion 2"-1 1/4" Sch 40	1
3	Reduccion 2"-1 1/4" Sch 40	1
4	Reduccion 2,5"-2" Sch 40	1

Uniones	
1-2	Soldada
2-3	Soldada
3-4	Soldada

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	
								Cuerpo Venturi			
								TÍTULO: Estudio y Diseño de Sistema de Aprovechamiento de Cama de Pollos Para Generacion de Energía			
NOMBRE				FIRMA		FECHA		MATERIAL: Acero		N.º DE DIBUJO VE-110	
DIBUJ.				VERIF.		APROB.		PESO:		ESCALA:1:5	
FABR.				CALID.				ESCALA:1:5		HOJA 1 DE 1	
										A3	

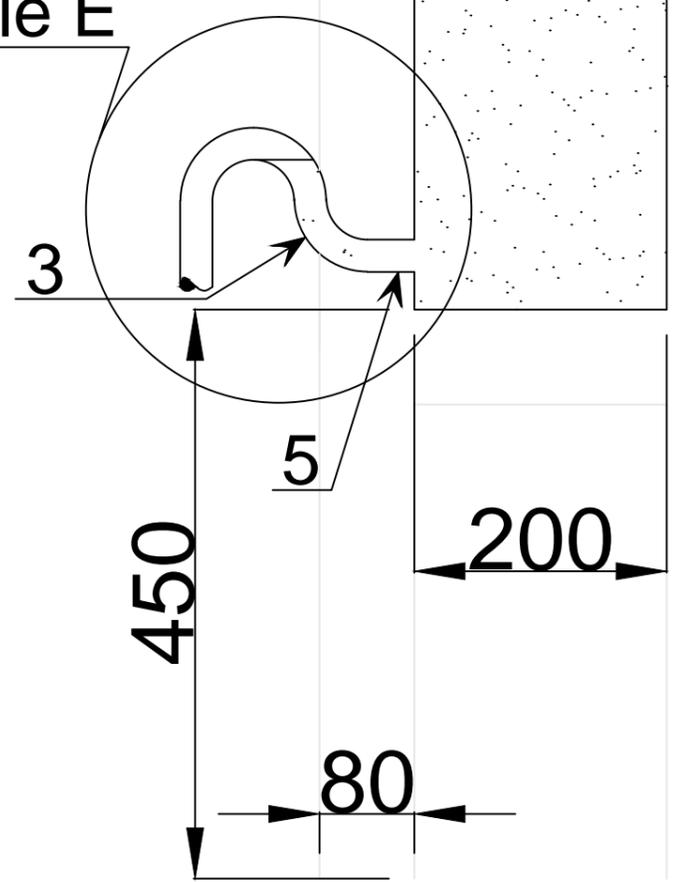


Detalle E



N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Cilindro	11,75 kg
2	Tubo sch 40 - 2,5"	0,2m
3	codo 90º sch 40 - 1"	3u
4	Brida ANSI 16.5B - 2,5"	2u
5	Tubo sch 40 - 1"	0,4m

Detalle E



sello hidráulico rebalse

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: UNIONES N/E: Soldadas				ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		
								Sello hidráulico				
								TÍTULO: Estudio y diseño de sistema de aprovechamiento de cama de pollos para generación de energía				
								MATERIAL: ACERO		Nº DE DIBUJO VE-120		A3
								PESO: 50kg		ESCALA: 1:1		HOJA 1 DE 1
DIBUJ.		NOMBRE		FIRMA		FECHA						
VERIF.												
APROB.												
FABR.												
CALID.												