

ANEXOS

Anexo 1. Estructura tarifaria base SETAR-Tarija

Categorías		Tarifa Base
INDUSTRIAL - PD I BT		
Cargo mínimo hasta 100 kWh/mes	Bs.	85,044
Cargo variable 1 – de 101 a 300 kWh	Bs/kWh	0,671
Cargo variable 2 – mayor 300 kWh	Bs/kWh	0,812
Consumidores de tipo industrial con potencia menor o igual a 10 kW.		
INDUSTRIAL - MD I BT		
Cargo fijo	Bs.	42,522
Cargo variable	Bs/kWh	0,561
Cargo por Potencia	Bs/kW	38,363
Consumidores de tipo industrial con potencia mayor a 10 kW y menor o igual a 50 kW.		
INDUSTRIAL - MD I BT		
Cargo fijo	Bs.	42,522
Cargo energía Bloque Alto	Bs/kWh	0,641
Cargo energía Bloque Medio	Bs/kWh	0,598
Cargo energía Bloque Bajo	Bs/kWh	0,556
Cargo por Potencia de Punta	Bs/kW	36,445
Cargo por Potencia Fuera de Punta	Bs/kW	14,25
Consumidores de tipo industrial con potencia mayor a 50 kW.		

Fuente: Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Energía Nuclear, (2023).

Anexo 2. Humedad en residuos plásticos

Lucila M. Quesada Lozano realizó la determinación de humedad de los residuos plásticos post-consumo provenientes de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos (Ecocentral Granada) situada en Alhendín, provincia de Granada (España), donde determina que las muestras tienen una humedad promedio del 26% al estar expuestas a la intemperie y a otros restos de residuos, también observo cómo se produce una disminución importante de la humedad de la primera a la segunda semana de ser separados de los demás residuos (de un 26 % a un 4,5 %), para después disminuir ligeramente y mantenerse prácticamente constante con el tiempo.



Fuente: Lucía María Quesada Lozano, 2021.

Mesa Upegui, M. P. y Ortiz Rodríguez, C. I. (2016) en la Fundación Universidad de América de Bogotá-Colombia realizaron la determinación de humedad en residuos plásticos de industrias de alimentos, en donde determinaron que el contenido de humedad encontrado en la muestra es del 3% en peso, debido a que los residuos plásticos contienen restos de materia orgánica.

Anexo 3. Carta psicrométrica online

Temperatura Bulbo seco, °C:	Presión, kPa:
18	80,9
Altitud, m:	Presión de Saturación, Pa:
1854	2064
☐ Temperatura Bulbo húmedo, °C:	Presión Parcial Vapor de Agua, kPa:
13,8	1,37
☒ Humedad Relativa, %:	Humedad específica, g/Kg:
66,2	10,7
☐ Temperatura Punto de Rocío, °C:	Entalpía, kJ/kg:
11,6	45,2
Pulsa aquí	Volumen específico, m ³ /kg:
Enviar	1,05

Fuente: www.ingenieriaelemental.com

Anexo 4. Carta psicrométrica online

Temperatura Bulbo seco, °C:	Presión, kPa:
80	80,9
Altitud, m:	Presión de Saturación, Pa:
1854	47412
☐ Temperatura Bulbo húmedo, °C:	Presión Parcial Vapor de Agua, kPa:
29	1,36
☐ Humedad Relativa, %:	Humedad específica, g/Kg:
2,9	10,7
☒ Temperatura Punto de Rocío, °C:	Entalpía, kJ/kg:
11,6	108,7
Pulsa aquí	Volumen específico, m ³ /kg:
Enviar	1,27

Fuente: www.ingenieriaelemental.com

Anexo 5. Carta psicrométrica online

Temperatura Bulbo seco, °C:	Presión, kPa:
28,9	80,9
Altitud, m:	Presión de Saturación, Pa:
1854	3985
☐ Temperatura Bulbo húmedo, °C:	Presión Parcial Vapor de Agua, kPa:
28,9	3,98
☒ Humedad Relativa, %:	Humedad específica, g/Kg:
100	32,2
☐ Temperatura Punto de Rocío, °C:	Entalpía, kJ/kg:
28,9	111,3
Pulsa aquí	Volumen específico, m ³ /kg:
Enviar	1,13

Fuente: www.ingenieriaelemental.com

Anexo 6. Porcentajes de Polietileno de Alta Densidad, Polietileno de Baja Densidad, Polipropileno y Poliestireno usados para obtener petróleo sintético de pirólisis

Categoría de Plásticos	Porcentaje (%)
2: PEAD (Polietileno de Alta Densidad)	25,7
4: PEBD (Polietileno de Baja Densidad)	31,4
5: PP (Polipropileno)	26,7
6: PS (Poliestireno)	16,2
Total	100

Fuente: Rejas, L. (Sucre-Bolivia), 2017.

Anexo 7. Pruebas Experimentales de Mezcla de Plásticos

Velocidad de Calentamiento	Nº de Pruebas	Carga (g)	Producto (ml)	Residuo (g)	Gas consumido	Temperatura de inicio	Temperatura primera gota (°C)	Temperatura final (°C)	Tiempo de prueba (min)	Tiempo de residencia (min)
Incremento de Temp. Mayor a 5°C/min	1	500	565	30	1	21	259	345	70	39
	2		576	22	1	30	258	443	64	42
	3		572	18	0,6	28	260	455	65	33
	4		576	28	1,4	27	246	440	60	38
	5		567	21	0,8	23	256	450	61	30
	6		569	30	0,8	24	251	443	61	32
	7		579	25	0,8	21	253	451	60	34
Prom.			572	24,86	0,91	24,86	254,71	445,29	63	35,43
Menor a 5°C/min	1		550	24	1,6	23	326	538	173	80
	2		542	27	1,8	28	332	505	107	55
	3		537	32	1,7	24	328	542	133	56
Prom.			543	27,5	1,7	25,0	328,7	528,3	137,7	63,7

Fuente: Rejas, L. (Sucre-Bolivia), 2017.

Anexo 8. Mezcla de Plásticos a Velocidad de Calentamiento Mayor a 5°C/min

N° de Prueba	Peso de materia prima (g)	Volumen de producto (ml)	Densidad (g/cm ³)	SG API	Masa de producto (g)	Residuo (g)	Rendimiento (%)	Perdida más Gas Quemado (g)
4	500	576	0,82	41,1	472,3	25	94,5	2,7
5	500	567			464,9	21	93,0	14,1
6	500	569			466,6	30	93,3	3,4
7	500	579			474,8	23	95,0	2,2
Prom.	500	572,8			469,7	24,8	93,9	5,6
Total	2000	2291			1879	99	94	22

Fuente: Rejas, L. (Sucre-Bolivia), 2017.

Anexo 9. Mezcla de Plásticos con Velocidad de Calentamiento Menor a 5°C/min

N° de Prueba	Peso de materia prima (g)	Volumen de producto (ml)	Densidad (g/cm ³)	SG API	Masa de producto (g)	Residuo (g)	Rendimiento (%)	Perdida más Gas Quemado (g)
1	500	550	0,82	41,1	451	24	90,2	25
2	500	542			444,4	27	88,9	28,6
3	500	537			440,3	32	88,1	27,7
Prom.	500	543			445,3	27,7	89,1	27,1
Total	1500	1629			1336	83	89,1	81

Fuente: Rejas, L. (Sucre-Bolivia), 2017.

Anexo 10. Pruebas Experimentales de Destilación de Petróleo de Pirólisis de Plásticos

Corte	N° Carbono	Temp. Inicio de corte °C		Temp. Fin de corte °C	
		760 mmHg	550 mmHg	760 mmHg	550 mmHg
GLP	1 a 5	8	-0,7	30	20,7
Gasolina	5 a 12	30	20,7	180	167,4
Querosén	11 a 13	180	167,4	240	226,3
Diésel	13 a 17	240	226,3	340	324,7
Fuel Oíl pesado	18 a 26	340	324,7	370	354,3
Lubricantes	20 a 40	370	354,3	464	447,3
Asfalto	>39	464	447,3		

Fuente: Rejas, L. (Sucre-Bolivia), 2017.

Anexo 11. Fracciones calculadas en la simulación Aspen Hysys

Nombre	T _{Eb} (°C)	T _{Final} (°C)	Frac. Vol	Frac. Mass	Frac. Mols
Off Gas	8,3	10	0,011	0,005	0,020
Lt St Run	10	70	0,072	0,061	0,121
Naphtha	70	180	0,416	0,398	0,513
Kerosene	180	240	0,123	0,125	0,112
Light Diesel	240	290	0,144	0,153	0,105
Heavy Diesel	290	340	0,116	0,130	0,073
Lubricantes	340	370	0,042	0,041	0,022
Residue	370	464	0,076	0,087	0,034

Fuente: Rejas, L. (Sucre-Bolivia), 2017.

**Anexo 12. Datos experimentales de Destilación Engler obtenidos por Destilación
ASTM D86 para petróleo sintético**

% Volumen destilado	Temperatura °C	Temperatura estándar °C
Inicial	40	48,26
10	96	107,7
15	107,2	119,2
20	117,4	129,6
25	125,5	137,9
30	132,5	145,1
35	138,6	151,3
40	144,8	157,6
45	152,4	165,4
50	168,1	181,4
55	190,5	204,3
60	212,7	226,9
65	231,2	245,8
70	249,1	264,0
75	264,8	280,0
80	283,4	298,9
85	302,3	318,1
90	325,6	341,7
95	358,7	375,3

Fuente: Rejas, L. (Sucre-Bolivia), 2017.

**Anexo 13. Destilación del Petróleo Generado a Velocidades de Calentamiento
Mayores a 5°C/min**

Número de prueba	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Volumen de muestra (ml)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	2700
Volumen Gasolina (ml)	122	112	100	129	99	100	97	97	108	964
Volumen Querosén (ml)	36	34	37	36	38	38	36	35	39	329
Volumen Diesel (ml)	116	88	107	121	88	106	100	95	113	934
Residuo más perdidas	26	66	56	14	75	56	67	73	40	473

Fuente: Rejas, L. (Sucre-Bolivia), 2017.

**Anexo 14. Destilación del Petróleo Generado a Velocidades de Calentamiento
Menores a 5°C/min**

Número de prueba	1	2	3	4	5	6	7	Total
Volumen de muestra (ml)	100	100	100	100	100	100	100	700
Volumen Gasolina (ml)	46	45	48	47	49	50	47	332
Volumen Querosén (ml)	11	10	13	12	12	10	11	79
Volumen Diesel (ml)	30	32	35	33	32	30	31	223
Residuo más perdidas	13	13	4	8	7	10	11	66

Fuente: Rojas, L. (Sucre-Bolivia), 2017.

Anexo 15. Valores Promedio y Porcentajes de Destilación

Descripción	Velocidad de Calentamiento	Muestra (ml)	Gasolina (ml)	Querosén (ml)	Diésel (ml)	Residuo (ml)	Gasolina (%)	Querosén (%)	Diésel (%)	Residuo (%)
Prom.	>5°C/min	300	107,11	36,56	103,78	52,56	35,7	12,2	34,6	17,5
	<5°C/min	100	47,429	11,286	31,857	9,429	47,4	11,3	31,9	9,4

Fuente: Rojas, L. (Sucre-Bolivia), 2017.

**Anexo 16. Rendimientos del proceso de Pirolisis y porcentaje de componentes
obtenidos a escala de laboratorio, experimental**

Descripción	Menor Tiempo de Residencia	Mayor Tiempo de Residencia
Rendimiento experimental	89,1%	93,9%
Gasolina	47,4%	35,7%
Querosén	11,3%	12,2%
Diesel	31,9%	34,6%
Residuos	9,4%	17,5%
Total	100,0%	100,0%
Densidad del producto de la pirolisis	0,82 g/cm ³	

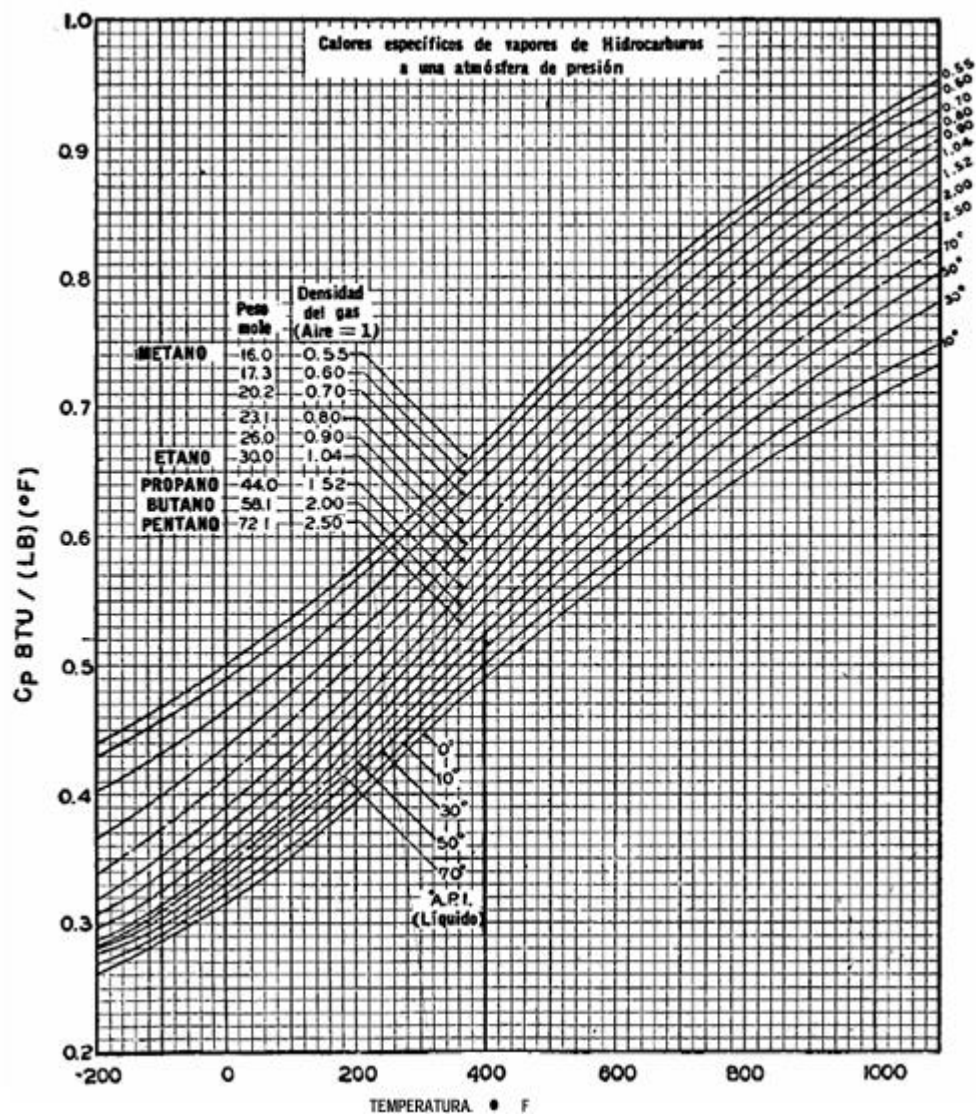
Fuente: Rojas, L. (Sucre-Bolivia), 2017.

Anexo 17. Características del Petróleo Sintético

Prueba	Valor	Unidad	Método ASTM
Gravedad específica 20 °C	0,8283		D 1298-99
Relación V/L (760 mmHg)	50,3	°C	D-5188
Color	Café intenso		D-1500-98
Apariencia	Ligeramente cristalina		
Destilación Engler (760 mmHg)			D-86-00a
0% vol.	48,26	°C	
10% vol.	105,74	°C	
20% vol.	127,71	°C	
30% vol.	143,21	°C	
40% vol.	155,83	°C	
50% vol.	179,75	°C	
60% vol.	225,52	°C	
70% vol.	262,88	°C	
80% vol.	298,09	°C	
90% vol.	341,40	°C	
Punto final	375,3	°C	
Residuo	4		
Punto de ignición copa cerrada	24	°C	D-93-00
Punto de ignición copa abierta	26	°C	D-92-05a
Punto de combustión	28	°C	D-92-05a
Gravedad API	41,06		D-1298-99

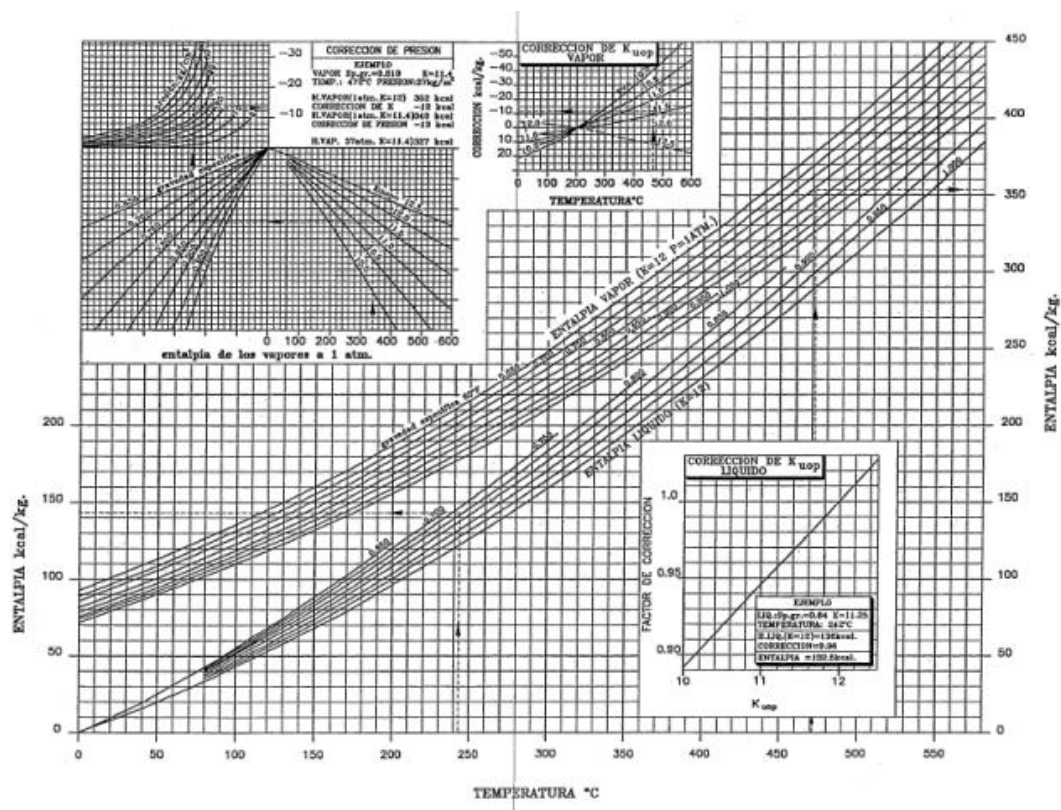
Fuente: Rejas, L. (Sucre-Bolivia), 2017.

Anexo 18. Calores específicos de hidrocarburos



Fuente: Fuente: Donald Q. Kern, 1999.

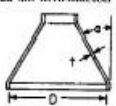
Anexo 19. Ábacos de entalpia para la fase vapor y líquida



Fuente: Ramos Carpio, Miguel Angel. REFINO DE PETROLEO, GAS NATURAL Y PETROQUÍMICA. Anexo II

Anexo 20. Fórmulas de diseño para recipientes de presión

Tabla 8-56. Fórmulas de diseño de recipientes para presión interna

Descripción	Fórmulas		Observaciones
Concha cilíndrica	$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$	$P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$	El esfuerzo perimetral (juntas longitudinales) cuando t no sobrepasa $0.5R$ o P no es mayor que $0.385SE$.
Concha esférica	$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$	Cuando t no sobrepasa $0.356R$ o P no es mayor que $0.665SE$.
Cabeza hemisférica	$t = \frac{PL}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SEt}{L + 0.2t}$	Cuando t no sobrepasan $0.356L$ o P es mayor que $0.665SE$. L = radio interno.
Cabeza elipsoidal (semielipsoidal)	$t = \frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SEt}{D + 0.2t}$	Para cabezas semielipsoidales en las que $h = D/4$.
	$t = \frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{SEt}{DK + 0.2t}$	Para valores de D/h de 2 a 6. $K = \frac{1}{4} \times [2 + (D/2h)^2]$.
Cabeza torisférica (de plato esférico)	$t = \frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$P = \frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	Para cabezas A.S.M.E. estándar en las que el radio mínimo de la articulación = 6% del radio interno de corona, pero no es menor que $3t$. L no debe ser de más que $D + 2t$.
	$t = \frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SEt}{LM + 0.2t}$	Para valores de L/r de 1 a $16\frac{2}{3}$. $M = \frac{1}{4}(3 + \sqrt{L/r})$. r debe ser al menos de $3t$ y $0.06 \times (D + 2t)$. L no debe sobrepasar $D + 2t$.
Cabeza cónica sin articulación de transición 	$t = \frac{PD}{2 \cos \alpha (SE - 0.6P)}$	$P = \frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$	Se puede necesitar un anillo de refuerzo. Véanse los párrafos del Código UAS (b) y (c). Aplicable para $\alpha \leq 30^\circ$.

Nomenclatura:

t = espesor de concha o cabeza, en pulg

P = presión, en lb/pulg²

S = esfuerzo permisible en lb/pulg²

E = eficiencia conjunta, adimensional

R = radio interno, en pulg

D = diámetro interno de faldón de cabeza o longitud interna del eje mayor de una cabeza elipsoidal, en pulg

h = profundidad interna de una cabeza elipsoidal, en pulg

r = radio interno de charnela o articulación de una cabeza torisférica, en pulg

L = radio interno de cabeza hemisférica o radio de corona interna de una cabeza torisférica, en pulg

Fuente: Norma ASME sección VIII división 1.

Anexo 21. Características del acero inoxidable SA-240-304

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES - ACERO INOXIDABLE													
P-No. 8 Grupo No. 1													

Fuente: Norma ASME sección II parte D.

Anexo 22. Conexiones para intercambiadores doble tubo

Tubo exterior IPS	Tubo interior IPS
2	1 1/4
2 1/2	1 1/4
3	2
4	3

Fuente: Donald Q. Kern, 1999.

Anexo 23. Áreas de flujo y diámetros equivalentes en intercambiadores dobles tubo

Intercambiador, IPS	Área de flujo, plg ²		Anulo plg	
	Anulo	tubo	d_e	d'_e
2 × 1 1/4	1.19	1.50	0.915	0.40
2 1/2 × 1 1/4	2.63	1.50	2.02	0.81
3 × 2	2.93	3.35	1.57	0.69
4 × 3	3.14	7.38	1.14	0.53

Fuente: Donald Q. Kern, 1999.

Anexo 24. Coeficiente de Sauders Brown

Tipos de separador	Altura o longitud (pies)	Rango típico del factor K
Horizontal	5	0,12 a 0,24
	10	0,18 a 0,35
Vertical	10	0,4 - 0,5
	Otras longitudes	0,40 a 0,50 x $(L/10)^{0,56}$
Esférico	Todos	0,2 a 0,35

Fuente: API 12J, 2008.

Anexo 25. Tiempos de retención en el separador

Tiempos de retención	
Gravedades de los derivados de petróleo	Minutos (Típicos)
Por encima de 40° API	1 a 2
25-40° API	1 a 3
< 25 API y/o espumoso	3 a 12

Fuente: Arnold K. y Stewart M, 1991.

Anexo 26. Número de platos de una torre de destilación

Sección	Número de platos	Eficiencia del plato (%)	Número de platos reales
Gasolina ligera y naftas	4	90	5
Nafta - queroseno	4	90	5
Querosén - Diésel	5	60	8
Diésel - Gasóleo	4	60	6
Gasóleo – Zona Flash	3	50	6
Zona Flash - Fondos	2	33	6
Despojadores laterales	3	50	6

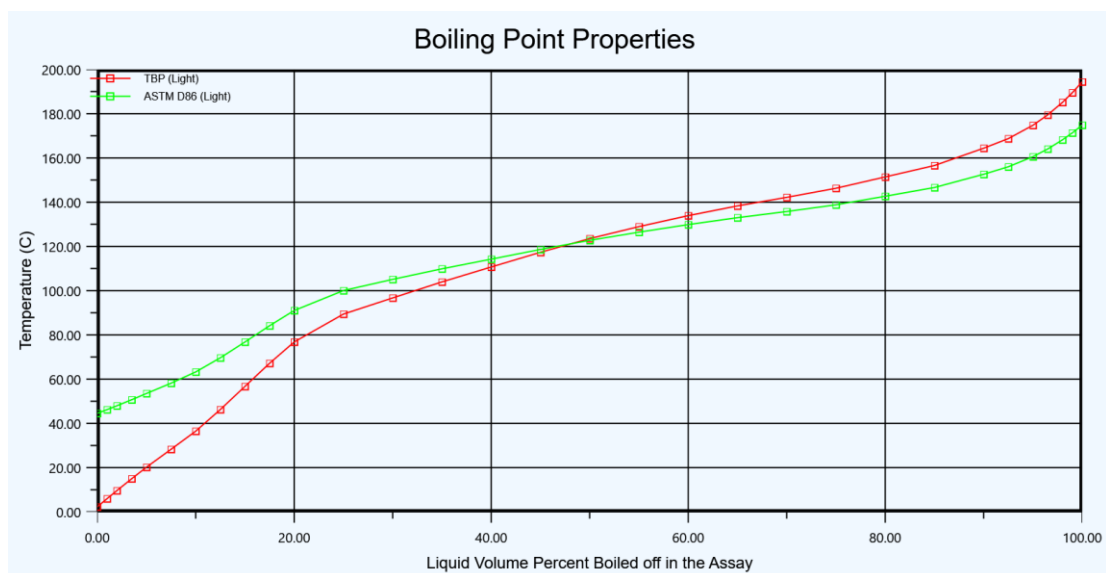
Fuente: Nelson W. L, 1997; Torres y Pérez, 2014.

Anexo 27. Espacio entre platos

Diámetro de torre	Espacio del plato (l)
	0,15 m (6”) mínimo
1,2 m (4') o menos	0,45 a 0,50 m (18 a 20")
1,8 a 3,0 m (6 a 10')	0,6 m (24")
3,6 a 7,3 m (12 a 24')	0,9 m (36")

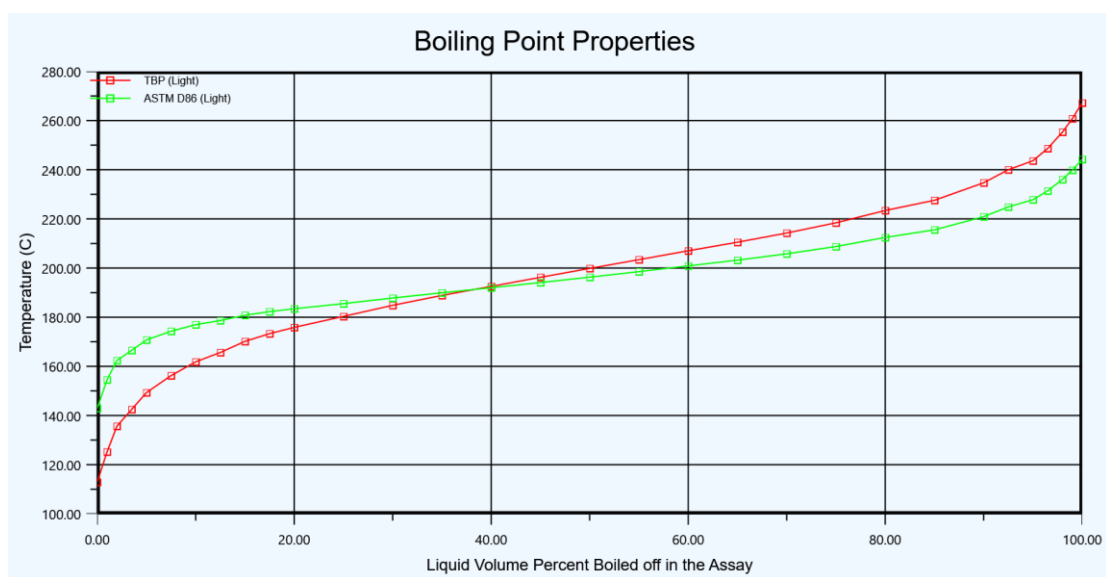
Fuente: Moncada, L. (Diseño de plantas de procesos químicos)

Anexo 28. Curva de destilación de gasolina por el método TBP y D86



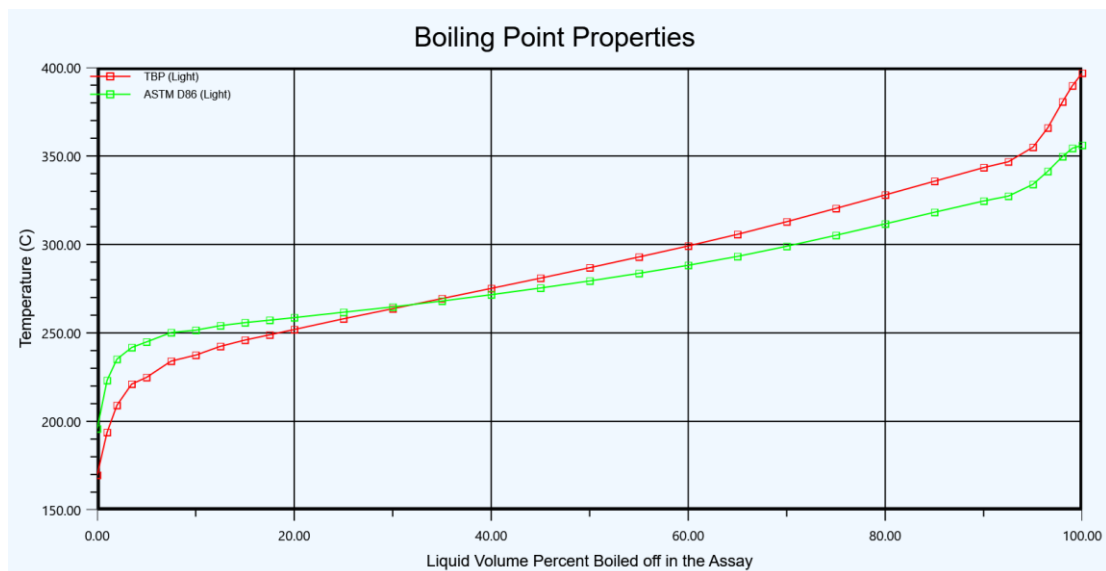
Fuente: Elaboración propia, Aspen HYSYS, 2024.

Anexo 29. Curva de destilación de keroseno por el método TBP y D86



Fuente: Elaboración propia, Aspen HYSYS, 2024.

Anexo 30. Curva de destilación de diésel por el método TBP y D86



Fuente: Elaboración propia, Aspen HYSYS, 2024.

Anexo 31. Propiedades del aceite de pirólisis

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

12

13

14

15

16

17

18

19

aspentech

Company Name Not Available

Bedford, MA

USA

Case Name:

Diseño de la columna de destilación atmosférica cambiado al nuevo pro

Unit Set:

NewUser4

Date/Time:

Tue Nov 26 02:04:58 2024

Material Stream: Aceite de pirolisis

Fluid Package:

Basis-1

Property Package:

Peng-Robinson

PROPERTIES

	Overall	Liquid Phase			
Molecular Weight	143.7	143.7			
Molar Density (kgmole/m3)	5.654	5.654			
Mass Density (kg/m3)	812.3	812.3			
Act. Volume Flow (m3/h)	2.124	2.124			
Mass Enthalpy (kJ/kg)	-2168	-2168			
Mass Entropy (kJ/kg-C)	0.6944	0.6944			
Heat Capacity (kJ/kgmole-C)	263.0	263.0			
Mass Heat Capacity (kJ/kg-C)	1.831	1.831			
LHV Molar Basis (Std) (kJ/kgmole)	---	---			
HHV Molar Basis (Std) (kJ/kgmole)	---	---			
HHV Mass Basis (Std) (kJ/kg)	---	---			
CO2 Loading	---	---			
CO2 Apparent Mole Conc. (kgmole/m3)	---	---			
CO2 Apparent Wt. Conc. (kgmol/kg)	---	---			
LHV Mass Basis (Std) (kJ/kg)	---	---			
Phase Fraction [Vol. Basis]	0.0000	1.000			
Phase Fraction [Mass Basis]	0.0000	1.000			
Phase Fraction [Act. Vol. Basis]	0.0000	1.000			
Mass Exergy (kJ/kg)	0.1644	---			
Partial Pressure of CO2 (kPa)	0.0000	---			
Cost Based on Flow (Cost/s)	0.0000	0.0000			
Act. Gas Flow (ACT_m3/h)	---	---			
Avg. Liq. Density (kgmole/m3)	5.707	5.707			
Specific Heat (kJ/kgmole-C)	263.0	263.0			
Std. Gas Flow (STD_m3/h)	283.9	283.9			
Std. Ideal Liq. Mass Density (kg/m3)	820.0	820.0			
Act. Liq. Flow (m3/s)	5.899e-004	5.899e-004			
Z Factor	1.596e-002	1.596e-002			
Watson K	11.43	11.43			
User Property	---	---			
Partial Pressure of H2S (kPa)	0.0000	---			
Cp/(Cp - R)	1.033	1.033			
Cp/Cv	1.181	1.181			
Ideal Gas Cp/Cv	1.041	1.041			
Ideal Gas Cp (kJ/kgmole-C)	208.9	208.9			
Mass Ideal Gas Cp (kJ/kg-C)	1.454	1.454			
Heat of Vap. (kJ/kgmole)	2.200e+005	---			
Kinematic Viscosity (cSt)	2.064	2.064			
Liq. Mass Density (Std. Cond) (kg/m3)	820.0	820.0			
Liq. Vol. Flow (Std. Cond) (m3/h)	2.104	2.104			
Liquid Fraction	1.000	1.000			
Molar Volume (m3/kgmole)	0.1769	0.1769			
Mass Heat of Vap. (kJ/kg)	1531	---			
Phase Fraction [Molar Basis]	0.0000	1.0000			
Surface Tension (dyne/cm)	24.21	24.21			
Thermal Conductivity (W/m-K)	0.1149	0.1149			
Bubble Point Pressure (kPa)	17.69	---			
Viscosity (cP)	1.677	1.677			
Cv (Semi-Ideal) (kJ/kgmole-C)	254.7	254.7			
Mass Cv (Semi-Ideal) (kJ/kg-C)	1.773	1.773			
Cv (kJ/kgmole-C)	222.8	222.8			
Mass Cv (kJ/kg-C)	1.551	1.551			
Cv (Ent. Method) (kJ/kgmole-C)	234.2	234.2			
Mass Cv (Ent. Method) (kJ/kg-C)	1.630	1.630			
Cp/Cv (Ent. Method)	1.123	1.123			
Reid VP at 37.8 C (kPa)	25.83	25.83			
True VP at 37.8 C (kPa)	26.80	26.80			
Liq. Vol. Flow - Sum(Std. Cond) (m3/h)	2.104	2.104			
Viscosity Index	11.71	---			

Fuente: Elaboración propia, Aspen HYSYS, 2024.

Anexo 32. Propiedades de la gasolina

1	 Company Name Not Available ... USA		Case Name: Diseño de la columna de destilación atmosférica cambiado al nuevo proyecto	
2			Unit Set: NewUser4	
3			Date/Time: Tue Nov 26 01:44:12 2024	
4				
5				
6	Material Stream: Gasolina frío		Fluid Package:	Basis-1
7			Property Package:	Peng-Robinson
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				

Fuente: Elaboración propia, Aspen HYSYS, 2024.

Anexo 33. Propiedades del querosén

 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Diseño de la columna de destilación atmosférica cambiado al nuevo pro	
		Unit Set: NewUser4	
		Date/Time: Tue Nov 26 01:54:10 2024	
Material Stream: Querosén frío		Fluid Package: Basis-1	
		Property Package: Peng-Robinson	
PROPERTIES			
	Overall	Liquid Phase	Aqueous Phase
Molecular Weight	150.2	150.8	18.02
Molar Density (kgmole/m ³)	5.344	5.319	55.92
Mass Density (kg/m ³)	802.5	802.4	1007
Act. Volume Flow (m ³ /h)	0.2416	0.2415	1.167e-004
Mass Enthalpy (kJ/kg)	-2176	-2168	-1.589e+004
Mass Entropy (kJ/kg-C)	0.6235	0.6220	2.981
Heat Capacity (kJ/kgmole-C)	273.6	274.6	77.71
Mass Heat Capacity (kJ/kg-C)	1.822	1.820	4.313
LHV Molar Basis (Std) (kJ/kgmole)	---	---	0.0000
HHV Molar Basis (Std) (kJ/kgmole)	---	---	4.101e+004
HHV Mass Basis (Std) (kJ/kg)	---	---	2276
CO ₂ Loading	---	---	---
CO ₂ Apparent Mole Conc. (kgmole/m ³)	---	---	---
CO ₂ Apparent Wt. Conc. (kgmol/kg)	---	---	---
LHV Mass Basis (Std) (kJ/kg)	---	---	0.0000
Phase Fraction [Vol. Basis]	0.0000	0.9995	4.958e-004
Phase Fraction [Mass Basis]	0.0000	0.9994	6.066e-004
Phase Fraction [Act. Vol. Basis]	0.0000	0.9995	4.832e-004
Mass Exergy (kJ/kg)	8.929e-002	---	---
Partial Pressure of CO ₂ (kPa)	0.0000	---	---
Cost Based on Flow (Cost/s)	0.0000	0.0000	0.0000
Act. Gas Flow (ACT, m ³ /h)	---	---	---
Avg. Liq. Density (kgmole/m ³)	5.432	5.407	55.40
Specific Heat (kJ/kgmole-C)	273.6	274.6	77.71
Std. Gas Flow (STD, m ³ /h)	30.53	30.37	0.1544
Std. Ideal Liq. Mass Density (kg/m ³)	815.7	815.6	998.0
Act. Liq. Flow (m ³ /s)	6.711e-005	6.708e-005	3.243e-008
Z Factor	---	1.281e-002	1.218e-003
Watson K	11.57	11.57	11.59
User Property	---	---	---
Partial Pressure of H ₂ S (kPa)	0.0000	---	---
Cp/(Cp - R)	1.031	1.031	1.120
Cp/Cv	1.131	1.131	1.147
Ideal Gas Cp/Cv	1.040	1.039	1.329
Ideal Gas Cp (kJ/kgmole-C)	218.3	219.2	33.58
Mass Ideal Gas Cp (kJ/kg-C)	1.454	1.453	1.864
Heat of Vap. (kJ/kgmole)	8.715e+004	---	---
Kinematic Viscosity (cSt)	1.476	1.474	0.8839
Liq. Mass Density (Std. Cond) (kg/m ³)	809.8	809.3	1015
Liq. Vol. Flow (Std. Cond) (m ³ /h)	0.2394	0.2394	1.159e-004
Liquid Fraction	1.000	1.000	1.000
Molar Volume (m ³ /kgmole)	0.1871	0.1880	1.788e-002
Mass Heat of Vap. (kJ/kg)	580.4	---	---
Phase Fraction [Molar Basis]	0.0000	0.9949	0.0051
Surface Tension (dyne/cm)	---	26.30	72.10
Thermal Conductivity (W/m-K)	0.1171	0.1170	0.6110
Bubble Point Pressure (kPa)	3.375	---	---
Viscosity (cP)	1.185	1.183	0.8904
Cv (Semi-Ideal) (kJ/kgmole-C)	265.3	266.3	69.39
Mass Cv (Semi-Ideal) (kJ/kg-C)	1.767	1.765	3.852
Cv (kJ/kgmole-C)	241.9	242.7	67.75
Mass Cv (kJ/kg-C)	1.611	1.609	3.760
Cv (Ent. Method) (kJ/kgmole-C)	---	251.9	---
Mass Cv (Ent. Method) (kJ/kg-C)	---	1.670	---
Cp/Cv (Ent. Method)	---	1.090	---
Reid VP at 37.8 C (kPa)	0.5347	0.5347	6.474
True VP at 37.8 C (kPa)	7.006	4.133	6.474
Liq. Vol. Flow - Sum(Std. Cond) (m ³ /h)	0.2395	0.2394	1.159e-004
Viscosity Index	8.125	---	---

Fuente: Elaboración propia, Aspen HYSYS, 2024.

Anexo 34. Propiedades del diésel

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Diseño de la columna de destilación atmosférica cambiado al nuevo pro	
2			Unit Set: NewUser4	
3			Date/Time: Tue Nov 26 01:58:50 2024	
4				
5				
6	Material Stream: Diésel frío		Fluid Package: Basis-1	
7			Property Package: Peng-Robinson	
8				
9	PROPERTIES			
10				
11		Overall	Liquid Phase	Aqueous Phase
12	Molecular Weight	218.8	219.7	18.02
13	Molar Density (kgmole/m3)	3.885	3.869	55.92
14	Mass Density (kg/m3)	850.2	850.1	1007
15	Act. Volume Flow (m3/h)	0.6827	0.6825	2.190e-004
16	Mass Enthalpy (kJ/kg)	-2155	-2150	-1.589e+004
17	Mass Entropy (kJ/kg-C)	0.9489	0.9482	2.981
18	Heat Capacity (kJ/kgmole-C)	390.8	392.2	77.71
19	Mass Heat Capacity (kJ/kg-C)	1.786	1.785	4.313
20	LHV Molar Basis (Std) (kJ/kgmole)	---	---	0.0000
21	HHV Molar Basis (Std) (kJ/kgmole)	---	---	4.101e+004
22	HHV Mass Basis (Std) (kJ/kg)	---	---	2276
23	CO2 Loading	---	---	---
24	CO2 Apparent Mole Conc. (kgmole/m3)	---	---	---
25	CO2 Apparent Wt. Conc. (kgmol/kg)	---	---	---
26	LHV Mass Basis (Std) (kJ/kg)	---	---	0.0000
27	Phase Fraction [Vol. Basis]	0.0000	0.9997	3.295e-004
28	Phase Fraction [Mass Basis]	0.0000	0.9996	3.802e-004
29	Phase Fraction [Act. Vol. Basis]	0.0000	0.9997	3.208e-004
30	Mass Exergy (kJ/kg)	8.135e-002	---	---
31	Partial Pressure of CO2 (kPa)	0.0000	---	---
32	Cost Based on Flow (Cost/s)	0.0000	0.0000	0.0000
33	Act. Gas Flow (ACT_m3/h)	---	---	---
34	Avg. Liq. Density (kgmole/m3)	3.953	3.936	55.40
35	Specific Heat (kJ/kgmole-C)	390.8	392.2	77.71
36	Std. Gas Flow (STD_m3/h)	62.72	62.43	0.2896
37	Std. Ideal Liq. Mass Density (kg/m3)	864.9	864.8	998.0
38	Act. Liq. Flow (m3/s)	1.896e-004	1.896e-004	6.085e-008
39	Z Factor	---	1.731e-002	1.198e-003
40	Watson K	11.56	11.56	11.59
41	User Property	---	---	---
42	Partial Pressure of H2S (kPa)	0.0000	---	---
43	Cp/(Cp - R)	1.022	1.022	1.120
44	Cp/Cv	1.118	1.118	1.147
45	Ideal Gas Cp/Cv	1.027	1.027	1.329
46	Ideal Gas Cp (kJ/kgmole-C)	316.8	318.1	33.58
47	Mass Ideal Gas Cp (kJ/kg-C)	1.448	1.448	1.864
48	Heat of Vap. (kJ/kgmole)	1.642e+005	---	---
49	Kinematic Viscosity (cSt)	5.493	5.487	0.8839
50	Liq. Mass Density (Std. Cond) (kg/m3)	856.9	856.7	1015
51	Liq. Vol. Flow (Std. Cond) (m3/h)	0.6773	0.6773	2.174e-004
52	Liquid Fraction	1.000	1.000	1.000
53	Molar Volume (m3/kgmole)	0.2574	0.2585	1.788e-002
54	Mass Heat of Vap. (kJ/kg)	750.5	---	---
55	Phase Fraction [Molar Basis]	0.0000	0.9954	0.0046
56	Surface Tension (dyne/cm)	---	29.51	72.10
57	Thermal Conductivity (W/m-K)	0.1230	0.1229	0.6110
58	Bubble Point Pressure (kPa)	3.126	---	---
59	Viscosity (cP)	4.670	4.665	0.8904
60	Cv (Semi-Ideal) (kJ/kgmole-C)	382.4	383.9	69.39
61	Mass Cv (Semi-Ideal) (kJ/kg-C)	1.748	1.747	3.852
62	Cv (kJ/kgmole-C)	349.4	350.7	67.75
12	Mass Cv (kJ/kg-C)	1.597	1.596	3.760
13	Cv (Ent. Method) (kJ/kgmole-C)	---	369.1	---
14	Mass Cv (Ent. Method) (kJ/kg-C)	---	1.680	---
15	Cp/Cv (Ent. Method)	---	1.063	---
16	Reid VP at 37.8 C (kPa)	3.287e-002	3.287e-002	6.467
17	True VP at 37.8 C (kPa)	6.501	3.633	6.467
18	Liq. Vol. Flow - Sum(Std. Cond) (m3/h)	0.6775	0.6773	2.174e-004
19	Viscosity Index	19.82	---	---

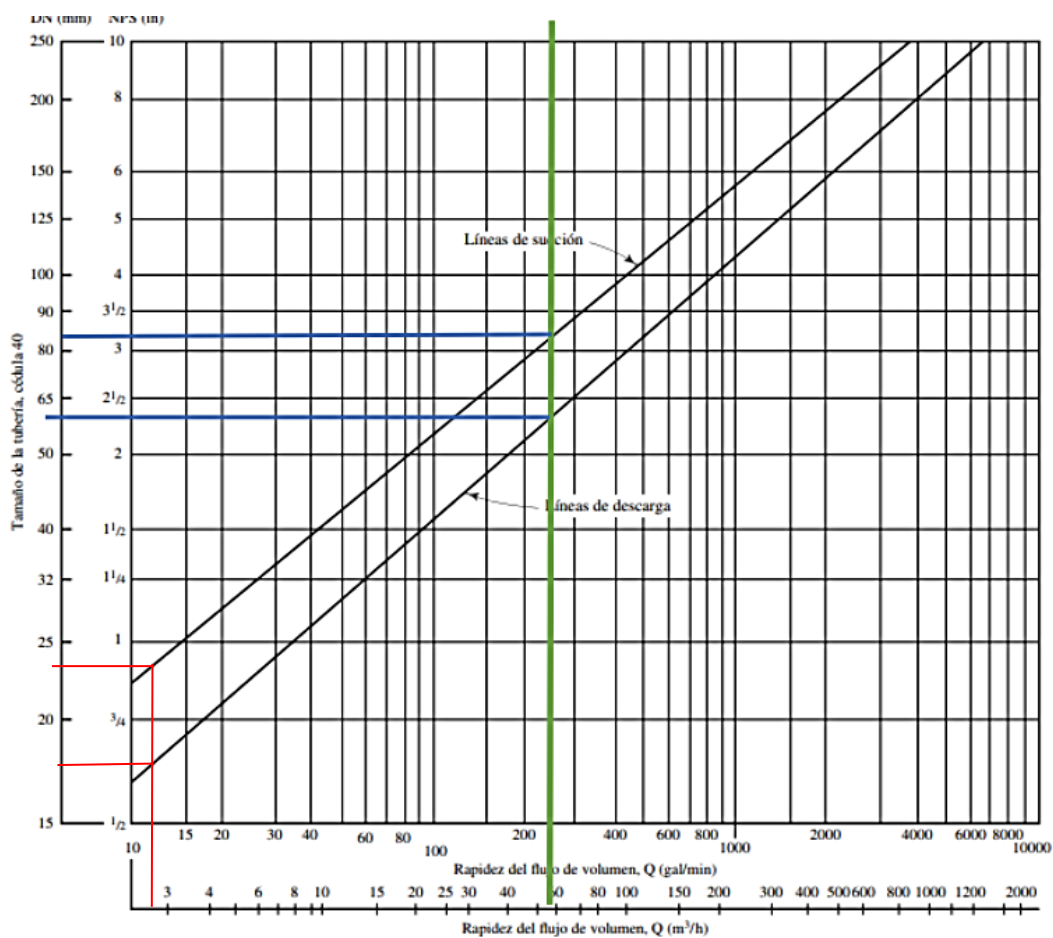
Fuente: Elaboración propia, Aspen HYSYS, 2024.

Anexo 35. Composición promedio del gas en Bolivia

Componente	F. Molar	T. crítica °R	T. Seudocrítica	P. crítica psi	P. seudocrítica psi	Peso Molecular Componente	Peso Molecular Mezcla
CO ₂	0.0020	547.4	1.0948	1069.5	2.1390	44.010	0.0880
N ₂	0.0010	160.48	0.1604	492.8	0.4928	28.013	0.0280
C ₁	0.8369	343.0	287.0567	667.0	558.2123	16.043	13.4264
C ₂	0.0680	549.6	37.3728	707.8	48.1304	30.070	2.0448
C ₃	0.0320	665.7	21.3024	615.0	19.6800	44.097	1.4111
i-C ₄	0.0186	734.1	13.6543	527.9	9.8189	58.123	1.0811
n-C ₄	0.0304	765.3	23.2651	548.8	16.6835	58.123	1.7669
i-C ₅	0.0033	828.8	2.7350	490.4	1.6183	72.150	0.2381
n-C ₅	0.0025	845.5	2.1138	488.1	1.2202	72.150	0.1804
n-C ₆	0.0053	913.3	4.8405	439.5	2.3294	86.177	0.4567
Mezcla	1		393.5958		660.3248		20.7215

Fuente: Planta de Rio Grande, Santa Cruz-Bolivia.

Anexo 36. Selección del diámetro de tubería



Fuente: Mott, R.

Anexo 37. Longitud equivalente de accesorios

LONGITUDES EQUIVALENTES (m) DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA DE ALGUNOS ACCESORIOS DE LAS CONDUCCIONES											
Clase de accesorio	Diámetros nominales de las tuberías	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
		10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
Curva de 90°		0,18	0,33	0,45	0,60	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97
Codo de 90°		0,38	0,50	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,94	2,01	2,21
Reducción		0,20	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00
T divergente		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
T directa con derivación		0,18	0,24	0,29	0,35	0,47	0,62	0,80	0,91	0,94	1,03
T derivación ramal		1,80	2,50	3,00	3,60	4,10	4,60	6,00	6,50	6,20	6,00
Válvula de bola		0,18	0,24	0,29	0,35	0,47	0,62	0,80	0,91	0,94	1,03
Liaves y válvulas de paso y cierre		0,57	0,76	0,82	0,84	0,94	1,43	1,60	1,82	1,88	2,06

Fuente: ingemecanica.com, 2013.

Anexo 38, Cotización traasporte Iquique-Tarija

JETSTAR

CARGO LOGISTICS SRL

COTIZACIÓN

Datos de la cotización:

ORIGEN:

IQUIQUE, CHILE

DESTINO:

TARIJA, BOLIVIA

Cotización para:

Nombre del cliente:

YULENY

Nombre de la compañía:

TARIJA - BOLIVIA

Calle, ciudad:

Número de teléfono:

67674330

Inconterm en Transporte:

TERRESTRE

Fecha

3/12/2024

N.º de presupuesto

ULM031224

Id. del cliente

ULM031224

Presupuesto válido hasta:

5/12/2024

Tiempo/Transito:

3-5 DÍAS APROX

Naviera:

TERRESTRE

VENDEDOR	TIPO DE TRANSPORTE	PESO TOTAL APROX.	VOLUMEN FINAL APROX.	CONDICIONES DE PAGO
KAROL INCHAUSTI	1X40 HQ	NO PROPORCIONADO	NO PROPORCIONADO	AL CONTADO

Cantidad	Descripción	Precio por unidad	TIPO	Importe
1,00	FLETE TERRESTRE	USD 2.700,00	Variable	USD 2.700,00
1,00	HANDLING	USD 50,00	Fijo	USD 50,00
1,00	JET FEE	USD 50,00	Fijo	USD 50,00

Si tiene alguna duda sobre esta cotización, póngase en contacto con:
Karol Inchausti, 70327977, karoli@jetstarcargo.com

Gracias por su confianza.

TODA CARGA DEBE CONTAR CON SEGURO DE MANERA OBLIGATORIA.

TARIFAS FAK / SUJETA A MULTA POR CANCELACION DE BOOKING DE 1.050,00 USD

Subtotal

USD 2.800,00

Otros

TOTAL

USD 2.800,00

Anexo 39. Porcentajes de depreciación de activos fijos

Bienes	Años de vida útil	Coefficiente %
Edificaciones	40 años	2.5%
Muebles y enseres de oficina	10 años	10.0%
Maquinaria en general	8 años	12.5%
Equipos e instalaciones	8 años	12.5%
Barcos y lanchas en general	10 años	10.0%
Vehículos automotores	5 años	20.0%
Aviones	5 años	20.0%
Maquinaria para la construcción	5 años	20.0%
Maquinaria agrícola	4 años	25.0%
Animales de trabajo	4 años	25.0%
Herramientas en general	4 años	25.0%
Reproductores y hembras de pedigree o puros por crusa	8 años	12.5%
Equipos de computación	4 años	25.0%
Canales de regadío y pozos	20 años	5.0%
Estanques, bañaderos y abrevaderos	10 años	10.0%
Alambrados, tranqueras y vallas	10 años	10.0%
Viviendas, para el personal	20 años	5.0%
Muebles y enseres en las viviendas para el personal	10 años	10.0%
Silos, almacenes y galpones	20 años	5.0%
Tinglados y cobertizos de madera	5 años	20.0%
Tinglados y cobertizos de metal	10 años	10.0%
Instalaciones de electrificación y telefonía rurales	10 años	10.0%
Caminos interiores	10 años	10.0%
Caña de azúcar	5 años	20.0%
Vides	8 años	12.5%
Frutales	10 años	10.0%
Otras plantaciones (según experiencia contribuyente)		
Pozos Petroleros	5 años	20.0%
Líneas de Recolección de la industria petrolera	5 años	20.0%
Equipos de campo de la industria petrolera	8 años	12.5%
Plantas de Procesamiento de la industria petrolera	8 años	12.5%
Ductos de la industria petrolera	10 años	10.0%

Fuente: Boliviaimpuestos.com extraído del anexo del art. 22 del DS 24051.