

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO		
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)		
AREA:	ESTACION VILLAMONTES		
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.	HOJA:	1 de 25
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009	REV.:	0

REVISIÓN:	FECHA:	DETALLE:

IDENTIFICACIÓN DE CAMBIOS:

--

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)
AREA:	ESTACION VILLAMONTES
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009
HOJA:	2 de 25
REV.:	0

Contenido

1. OBJETIVO	3
2. ALCANCE	3
3. REFERENCIAS	3
4. CONSIDERACIONES GENERALES	4
5. METODOLOGÍA	5
5.1. Despresurización	5
5.1.1. Condiciones Iniciales y Finales	6
5.2. Flujo másico	7
5.3. Diámetro de línea de descarga:	7
5.4. Dimensionamiento del K.O.D.	8
5.4.1. Dimensionamiento de la Envolvente	8
5.4.2. Tiempo de Residencia.....	9
5.4.3. Cálculo de espesores.....	9
5.4.4. Diámetros de boquillas de entrada y salida	10
5.5. Diametro y altura de la Tea	10
5.6. Cálculo de Distancias de Seguridad	13
6. RESULTADOS	14
6.1. Despresurización	14
6.2. Flujo Másico	20
6.3. Diámetro de Línea de Descarga.....	20
6.4. Dimensionamiento del K.O.D.	21
6.5. Diámetro y Altura de La Tea.....	23
6.6. Distancias de seguridad	23
7. CONCLUSIONES.....	24
8. ANEXO	24
8.1. Dimensionamiento K.O.D.	24

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO		
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)		
AREA:	ESTACION VILLAMONTES		
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.	HOJA:	3 de 25
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009	REV.:	0

1. OBJETIVO

El objetivo del presente documento es el dimensionamiento del sistema de venteo de la Estación Villamontes Poliducto. El sistema de quema incluye: el Knock Out Drum, Flare Stack, Tubería asociada y distancias de seguridad.

2. ALCANCE

Los siguientes alcances deberán ser completados:

- ✓ Calculo del caudal de quema de la Estación Villamontes
- ✓ Dimensionamiento de KOD (Knock Out Drum)
- ✓ Calculo de los diámetros óptimos asociados
- ✓ Dimensionamiento de la Tea (Flare Stack)
- ✓ Calculo de las distancias de seguridad

3. REFERENCIAS

[Ref.01] PR1-0296-2017-GE-BD-003: Bases de Diseño

[Ref.02] TJ-E211-PR-00-03-01 de 04: Diagrama de Flujo de Procesos

[Ref.03] TJ-E211-PR-00-03-02, 03 y 04 de 04: Diagrama de Cañerías e Instrumentación

[Ref.04] API 521: Pressure-relieving and Depressuring Systems

[Ref.05] API 526: Flanged Steel Pressure Relief Valves

[Ref.06] PR1-0296-2017-ME-ET-001: Especificación Técnica de tuberías y Materiales (Piping Class)

[Ref.07] TJ-E211-ME-00-04-01: Plot Plan Mecánico

[Ref.08] 903-HM120-P09-GUD-071 (Despresurización): Norma INELECTRA

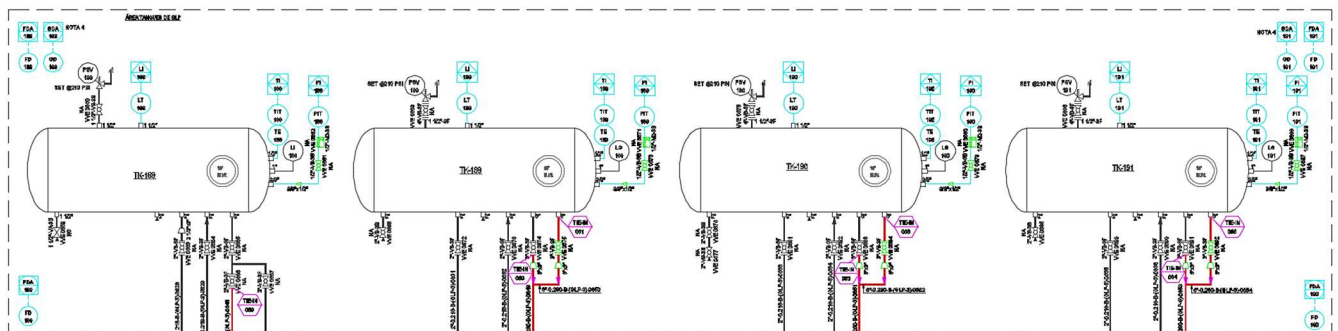
[Ref.09] IEC 60534-1. Industrial-process control valves – Part 1: Control valve terminology and general considerations. Third edition 2005-01

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)
AREA:	ESTACION VILLAMONTES
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009
HOJA:	4 de 25
REV.:	0

4. CONSIDERACIONES GENERALES

- Debido a que la mayoría de las válvulas de alivio de la estación Villamontes alivian solamente el excedente de líquido por expansión volumétrica, el criterio de dimensionamiento será el escenario de despresurización manual de los tanques 188 al 191 de GLP, por ser el fluido más crítico de la estación.
- El flujo de desfogue estará gobernado por la capacidad de descarga de las válvulas instaladas a la salida de cada tanque.
- El parámetro para la definición del diámetro óptimo de la línea de descarga será definido por un límite del número de mach, el cual no debe superar a 0.5 y para la despresurización temperaturas por encima de la de diseño de la tubería ($T > -20^{\circ} \text{F}$) y presiones por debajo de los 100 Psig a los 145 minutos según API STD 521 [Ref.04].
- El parámetro de velocidad de presión pv^2 está limitado para líneas y boquillas del K.O.D.
 - $\leq 150000 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^2)$ ($100795 \text{ lb}/(\text{ft}^2 \cdot \text{s}^2)$) en las líneas
 - $\leq 75000 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^2)$ ($50400 \text{ lb}/(\text{ft}^2 \cdot \text{s}^2)$) en las boquillas del K.O.D.

Figura 4.1. Área de tanques de almacenamiento de GLP



Fuente: Elaboración propia

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO		
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)		
AREA:	ESTACION VILLAMONTES		
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.	HOJA:	5 de 25
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009	REV.:	0

5. METODOLOGÍA

Para el cálculo del sistema de quema controlada se debe partir mediante un análisis de despresurización en el cual se considerará un procedimiento operativo de mantenimiento del Tanque TK-191. El TK-191 cuenta con el mayor volumen a despresurizar. Posteriormente se procede con el cálculo del diámetro óptimo de las tuberías asociadas de acuerdo a las variables críticas de flujo.

Para el dimensionamiento del Knock Out Drum (K.O.D) se deberá considerar el flujo obtenido en el análisis de despresurización tomando como parámetro las condiciones de flujo máximo, el dimensionamiento del equipo deberá seguir los lineamientos de la API 521 punto (5.7.9.).

Para el diámetro y la altura del Flare Stack, se deberá considerar tanto el flujo másico calculado en etapas previas como también las propiedades físicas y químicas del fluido (GLP) el procedimiento de cálculo será realizado de acuerdo a la API STD 521 Anexo C (punto C.2.) y la API 537 punto (5).

Las distancias de seguridad en caso que ignición serán determinadas de acuerdo a la API 521 punto (5.7) considerando el flujo máximo calculado de acuerdo al análisis de despresurización, Las distancias de seguridad serán determinadas de acuerdo a los niveles de radiación establecidos en la norma.

En los puntos siguientes se detallan los procedimientos descritos para el dimensionamiento del sistema de quema controlada para la Estación Villamontes.

5.1. Despresurización

La despresurización se lo realizará con la utilidad DEPRESSURING del software ASPEN HYSYS con los datos de entrada (Tabla 5.1.)

La simulación se lo realizará para el caso Adiabático, ya que se prevé la despresurización solo para casos de mantenimiento.

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO		
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)		
AREA:	ESTACION VILLAMONTES		
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.		HOJA: 6 de 25
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009		REV.: 0

5.1.1. Condiciones Iniciales y Finales

Las condiciones para el inicio de una despresurización estarán definidas por la presión de diseño del recipiente, presión de operación o en base a la presión de Set de la válvula de alivio. De la misma manera para la temperatura, se define como punto inicial la mínima temperatura operativa registrada en el recipiente.

Las condiciones finales para el cálculo de despresurización son:

- Presión: Siguiendo la norma API STD 521 [Ref.04], la presión final será el 50% de la presión inicial
- Temperatura: Resultado del cálculo de despresurización.

Teniendo los criterios mencionados anteriormente se tiene los siguientes datos:

Tabla 5.1. Condiciones iniciales y finales

Sistema	Presión inicial / Presión Final	Temperatura inicial / Final
TK-188 / TK-189 / TK-190 / TK-191	110 psig / 55 psig (124.7 psia / 64.7 psia)	90 °F / <u>Calculado</u>

Fuente: Elaboración propia

Para la despresurización se tomará en cuenta el tanque con más volumen (TK-191), es decir 550 BBL. Para el caso de mantenimiento se asumirá un porcentaje de líquido del 5%

Debido a que las válvulas manuales varían el coeficiente de descarga con su diámetro, se tomará en cuenta un diámetro de 3 pulgadas en el sistema y se considera que las válvulas son de paso total. Se seleccionará el Coeficiente de flujo (Cv) para una válvula globo de 3 pulgadas de acuerdo a catálogos de fabricante.

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)
AREA:	ESTACION VILLAMONTES
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009
HOJA:	7 de 25
REV.:	0

Figura 5.2. Coeficiente de flujo para una válvula globo bridada, material acero al carbono

GLOBE VALVE Cv's								
CLASS 150								
SIZE	2"	2-1/2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"
Cv	46	72	105	166	400	810	1,310	1,900
CLASS 300								
SIZE	2"	2-1/2"	3"	4"	6"	8"	10"	
Cv	46	84	104	165	436	692	1,120	

Fuente: https://www.unimacvalves.co.in/valves_selection_guide.pdf

El tiempo de despresurización será acotado a 15 minutos de acuerdo al punto 4.6.6. de la API 521. Se establecerá un porcentaje de apertura de la válvula de forma de cumplir con el 50% de reducción de presión del sistema en un lapso de 15 minutos.

5.2. Flujo másico

El flujo másico se determinará mediante el análisis de despresurización realizado en el punto 5.1.

5.3. Diámetro de línea de descarga:

Una vez determinado el caudal másico, se procede con la verificación del diámetro óptimo de las tuberías asociadas utilizando ASPEN FLARE SYSTEM ANALYZER, el cual permite verificar parámetros de flujo, los cuales son detallados a continuación

- Numero Mach: 0.5
- Presión Dinámica: 1500000 Pa ($\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$)
- Caída de Presión: 1 psi/100 pies

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)
AREA:	ESTACION VILLAMONTES
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009
HOJA:	8 de 25
REV.:	0

5.4. Dimensionamiento del K.O.D.

5.4.1. Dimensionamiento de la Envolvente

Siguiendo el punto (5.7.9.) de la Norma API STD 521 se tiene el siguiente procedimiento, el cual tiene por finalidad determinar las dimensiones requeridas para el Knock Out Drum

Tabla 5.2. Parámetros para determinación del espesor requerido

Secuencia	Descripción	Ecuación o Variable	Unidades
A	Cálculo Velocidad de Asentamiento	$v = 0.01186 * \left[\left(\frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g} \right) * \frac{d_m}{C_d} \right]^{0.5}$	ft/s
B	Número de Reynolds	$Re = 0.0049 * \frac{\rho_g * d_m * v}{\mu_g}$	-
C	Coeficiente de arrastre calculado	$C_{(Re^2)} = \frac{0.13e + 0.8 * \rho_g * d_m^3 * (\rho_l - \rho_g)}{\mu_g^2}$	-
D	Constante de Souders y Brown	$K = \left[\left(\frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g} \right) * \frac{d_m}{C_d} \right]^{0.5}$	-
E	Capacidad de Gas, en base al diámetro requerido D .	$D^2 * Leff = 422 * \frac{T * z * Q_g}{P} * K$	in
F	Capacidad del líquido liviano y pesado	$D^2 * Leff = \frac{t_r Q_l}{0.7}$	in ³
G	Cálculo de Relación de esbeltez	$R = 12 * \frac{L_{ss}}{D}$	-

Fuente: Elaboración propia

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO		
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)		
AREA:	ESTACION VILLAMONTES		
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.	HOJA:	9 de 25
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009	REV.:	0

Donde:

ρ_l : Densidad de la fase líquida, lb/ft³

ρ_g : Densidad de la fase gaseosa, lb/ft³

μ_g : Viscosidad de la fase gaseosa, cp

z: Factor de compresibilidad

T: Temperatura de operación, °R

P: Presión de operación, psia

Q_g : Caudal de gas, MMSCFD

Q_l : Caudal de líquido, BPD

t_r : Tiempo de retención, min (De acuerdo a la Norma API STD 521)

d_m : Diámetro de partícula, micrones (para efectos del cálculo se tomó 600 micrones)

$C_{(Re)^2}$: Coeficiente de arrastre (ver figura 12 de la Norma API STD 521)

5.4.2. Tiempo de Residencia

El tiempo de residencia para separadores Knock Out Drum, viene establecido por la Norma API STD 521. Para efectos del cálculo se tomará un tiempo de residencia de 30 minutos

5.4.3. Cálculo de espesores

Se presenta un cálculo preliminar del espesor de la envolvente y el cabezal de acuerdo al código ASME Sección VIII Div.1

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)
AREA:	ESTACION VILLAMONTES
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009
HOJA:	10 de 25
REV.:	0

Tabla 5.3. Parámetros para determinación del espesor requerido

Parámetros de cálculo		
Presión de diseño	285	psig
Temperatura de diseño	100	°F
Eficiencia de junta	1	adim
Espesor por corrosión / erosión (tc)	0.0625	pulgadas

Fuente: Elaboración propia

- Espesor requerido región cilíndrica

$$t_{cilindro} = \frac{PD}{2SE - 1.2P} + tc$$

Fuente: Código ASME VIII Div. I

- Espesor requerido en casquete (Elipsoidal 2:1)

$$t_{cabeza} = \frac{PD}{2SE - 0.2P} + tc$$

Fuente: Código ASME VIII Div. I

5.4.4. Diámetros de boquillas de entrada y salida

Para la determinación de las boquillas de ingreso y salida del separador, el diámetro seleccionado no deberá exceder los límites de pV^2 y velocidades máximas permisibles recomendadas por la Norma API STD 521 [Ref.04].

5.5. Diametro y altura de la Tea

Las condiciones de entrada para la simulación y cálculo de la altura y diámetro de la Tea se los asumirá para el caso más crítico, es decir cuando el viento se dirija hacia los tanques existentes.

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)
AREA:	ESTACION VILLAMONTES
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009
HOJA:	11 de 25
REV.:	0

Para la estimación de la altura y área de enmallado se realizará el cálculo de radiación tomando los límites de exposición mencionado en la [Ref.04].

Figura 5.3: Valores permisibles de radiación termica

106	API STANDARD 521
Table 12—Recommended Design Thermal Radiation for Personnel	
Permissible Design Level K kW/m ² (Btu/h·ft ²)	Conditions
9.46 (3000)	Maximum radiant heat intensity at any location where urgent emergency action by personnel is required. When personnel enter or work in an area with the potential for radiant heat intensity greater than 6.31 kW/m ² (2000 Btu/h·ft ²), radiation shielding and/or special protective apparel (e.g. a fire approach suit) should be considered. Safety Precaution—It is important to recognize that personnel with appropriate clothing ^a cannot tolerate thermal radiation at 9.46 kW/m² (3000 Btu/h·ft²) for more than a few seconds.
6.31 (2000)	Maximum radiant heat intensity in areas where emergency actions lasting up to 30 s can be required by personnel without shielding but with appropriate clothing. ^a
4.73 (1500)	Maximum radiant heat intensity in areas where emergency actions lasting 2 min to 3 min can be required by personnel without shielding but with appropriate clothing. ^a
1.58 (500)	Maximum radiant heat intensity at any location where personnel with appropriate clothing ^a can be continuously exposed.
^a Appropriate clothing consists of hard hat, long-sleeved shirts with cuffs buttoned, work gloves, long-legged pants, and work shoes. Appropriate clothing minimizes direct skin exposure to thermal radiation.	

Fuente: API STD 521 (para más detalle ver anexo 8.2)

Para la determinación del diámetro de la punta de la Tea:

$$d = \sqrt{3.225 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{W}{P \cdot Mach} \cdot \sqrt{\frac{Z \cdot T_G}{k \cdot MW_g}}}$$

Donde:

d: Diámetro interno de la punta, (m)

W: Flujo másico requerido de alivio, (kg/h)

P: Presión de Salida (Pa)

Mach: Número de mach, (-)

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO		
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)		
AREA:	ESTACION VILLAMONTES		
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.	HOJA:	12 de 25
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009	REV.:	0

Z: Factor de compresibilidad, (-)

T_G= Temperatura del gas, (K)

k: Relación de calores específicos (C_p/C_v), (-)

MW_G: Peso molecular del gas, (g/gmol)

Se tiene las siguientes ecuaciones para determinación la Radiación por ignición

$$H = \sqrt{D^2 - (R - X_{CL})^2} - Y_{CL}$$

$$D = \sqrt{\left(\frac{\tau * F * Q}{4 * \pi * l}\right) - Y_{CL}}$$

$$R = \sqrt{D^2 - (H + Y_{CL})^2} + X_{CL}$$

Donde:

X_{CL}: Distancia entre la tea y el centro de la llama

Y_{CL}: Distancia entre la boquilla de la tea y el centro de la llama

R: Distancia entre el punto de referencia y boquilla de la tea

D: Distancia radial desde el centro de llama hasta el punto de radiación total (m)

t: Fracción de calor transmitido (efecto de la humedad en el aire), (-)

F: Fracción de calor radiado, (-)

Q: Flujo de calor generado, (W)

H: Altura del Flare stack, m

I: Radiación total de diseño, (W/m²)

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO		
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)		
AREA:	ESTACION VILLAMONTES		
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.	HOJA:	13 de 25
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009	REV.:	0

Tabla 5.4. Condiciones de entrada para la determinación de la altura del stack

Velocidad del viento	32,8084 ft/s (36 km/h)
Dirección del viento, grados	110°
Humedad del ambiente	20 %
Radiación solar	1500 W/m2

Fuente: Elaboración propia

Nota: A efectos de no sobredimensionar la altura del flare stack se asumirá el dato de 1500 W/m2 de Radiación Solar

Siguiendo la Norma API STD 521 [Ref.04], Se verificará y confirmará el diametro de la tea con lo límites que se dan en el punto 4. Consideraciones generales

5.6. Cálculo de Distancias de Seguridad

El análisis de radiación para el cálculo de distancias de seguridad se lo realizará con el software “**Flaresim5.0**” tomando las condiciones ambientales de la tabla 5.7

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)
AREA:	ESTACION VILLAMONTES
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009
HOJA:	14 de 25
REV.:	0

6. RESULTADOS

6.1. Despresurización

Para llegar a despresurizar desde 110 psig hasta 55 psig en 15 minutos con un coeficiente de flujo de 104 para una válvula globo de 3 pulgadas se determinó un porcentaje de apertura de 40% como se muestra en la figura 6.1.

Figura 6.1. Coeficiente de flujo para la despresurización

Vapour Flow Equation		Universal Gas Sizing
Cv [USGPM(60F,1psi)]	104,0	
C1	25,00	
% Opening	40,00	

Fuente: Elaboración propia

La tabla presentada a continuación, resume los resultados obtenidos para la Despresurización en caso Adiabático

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO		
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)		
AREA:	ESTACION VILLAMONTES		
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.	HOJA:	15 de 25
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009	REV.:	0

Tabla 6.1. Resultados – Despresurización caso Adiabático

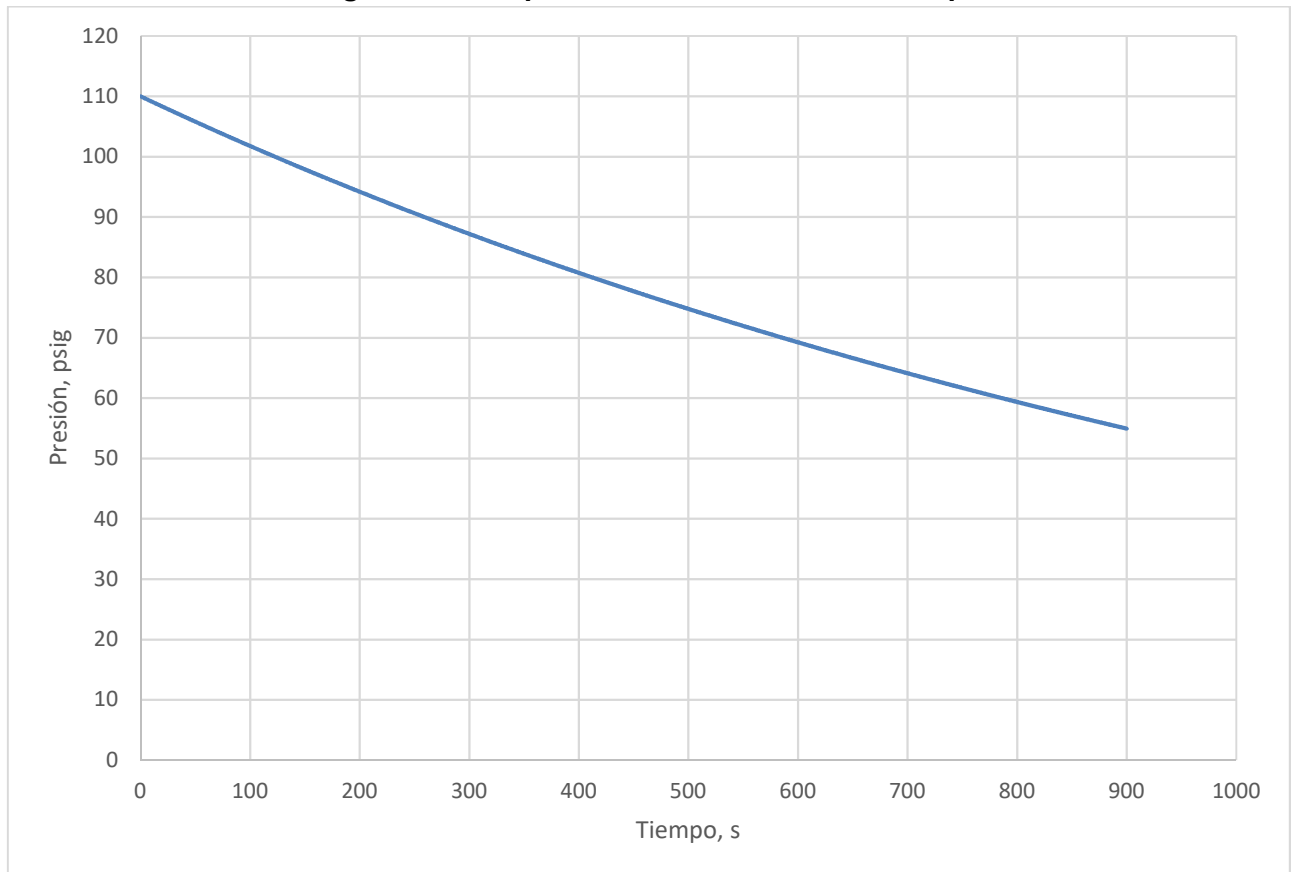
Parámetro	Unidades	Valor
Diámetro de Válvula	Pulgadas	3
Coeficiente de Flujo de Válvula	USGPM	104
Porcentaje de apertura de la válvula	%	40
Flujo Másico Máximo	Lb/h	13295.5
Tiempo de despresurización	Segundos (minutos)	900 (15)
Presión Final	Psig	55
Temperatura Final a la salida de la válvula	°F	40.58

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran figuras que representan los resultados expuestos en la tabla 6.1.

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)
AREA:	ESTACION VILLAMONTES
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009
HOJA:	16 de 25
REV.:	0

Figura 6.2. Despresurización Presión vs Tiempo



Fuente: Elaboración propia

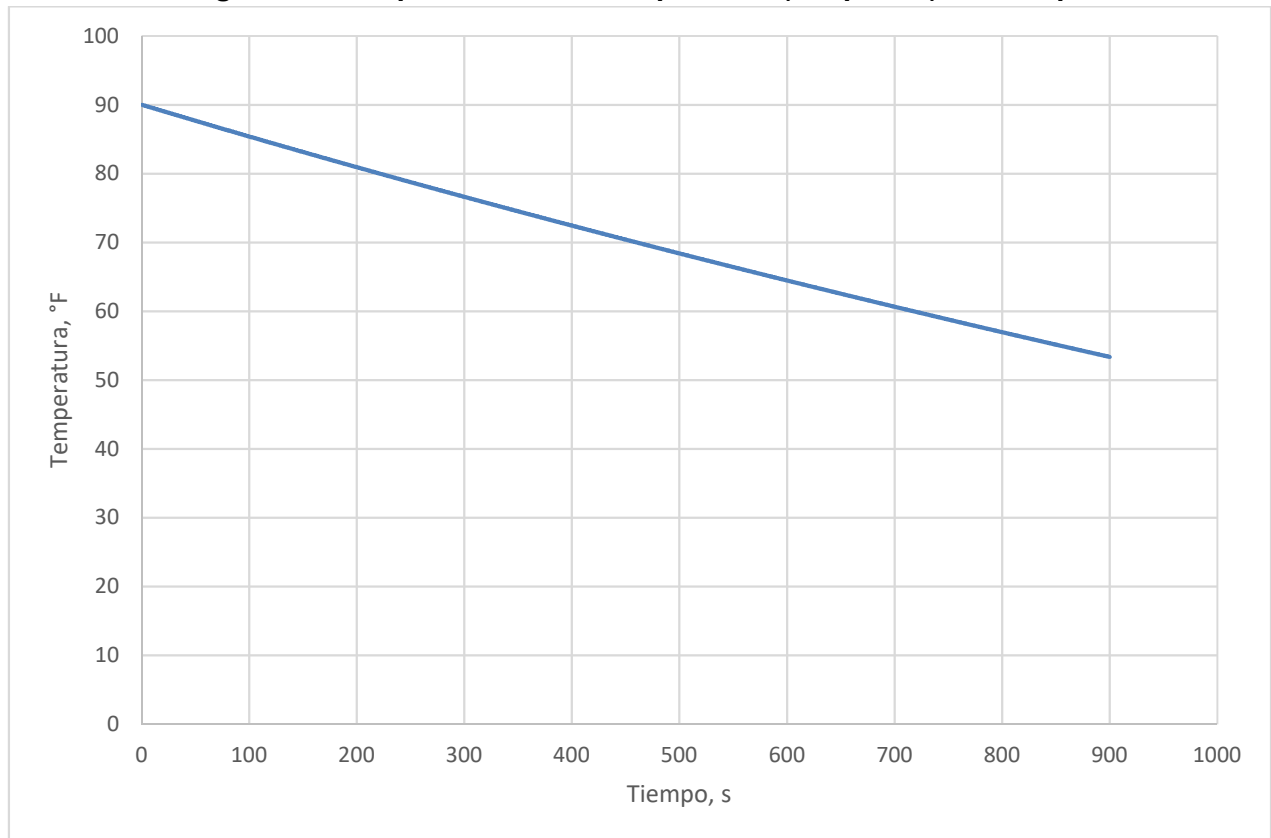
Presión inicial = 110 psig

Presión final = 55 psig

Tiempo de despresurización (55 psig) = 15 min (900 segundos)

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)
AREA:	ESTACION VILLAMONTES
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009
HOJA:	17 de 25
REV.:	0

Figura 6.3. Despresurización Temperatura (recipiente) vs Tiempo



Fuente: Elaboración propia

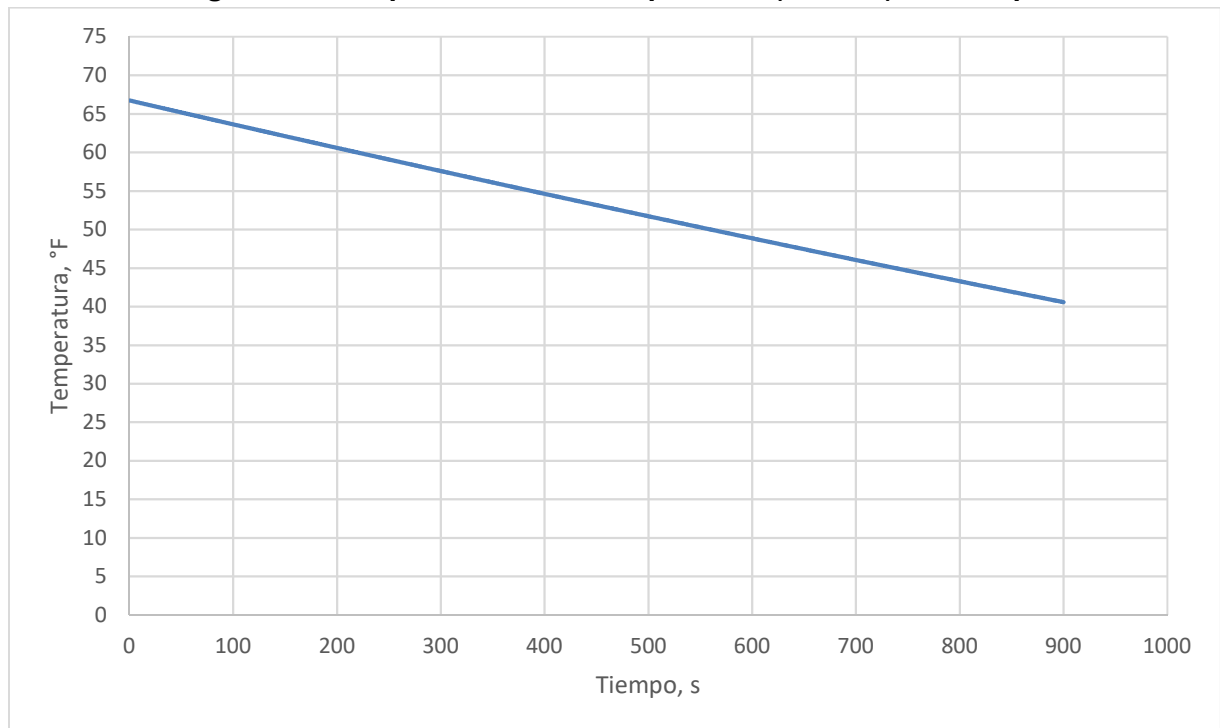
Temperatura inicial de despresurización = 90 °F

Temperatura final de despresurización = 65.54 °F

Tiempo de despresurización (55 psig) = 15 min (900 segundos)

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)
AREA:	ESTACION VILLAMONTES
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009
HOJA:	18 de 25
REV.:	0

Figura 6.4. Despresurización Temperatura (Válvula) vs Tiempo



Fuente: Elaboración propia

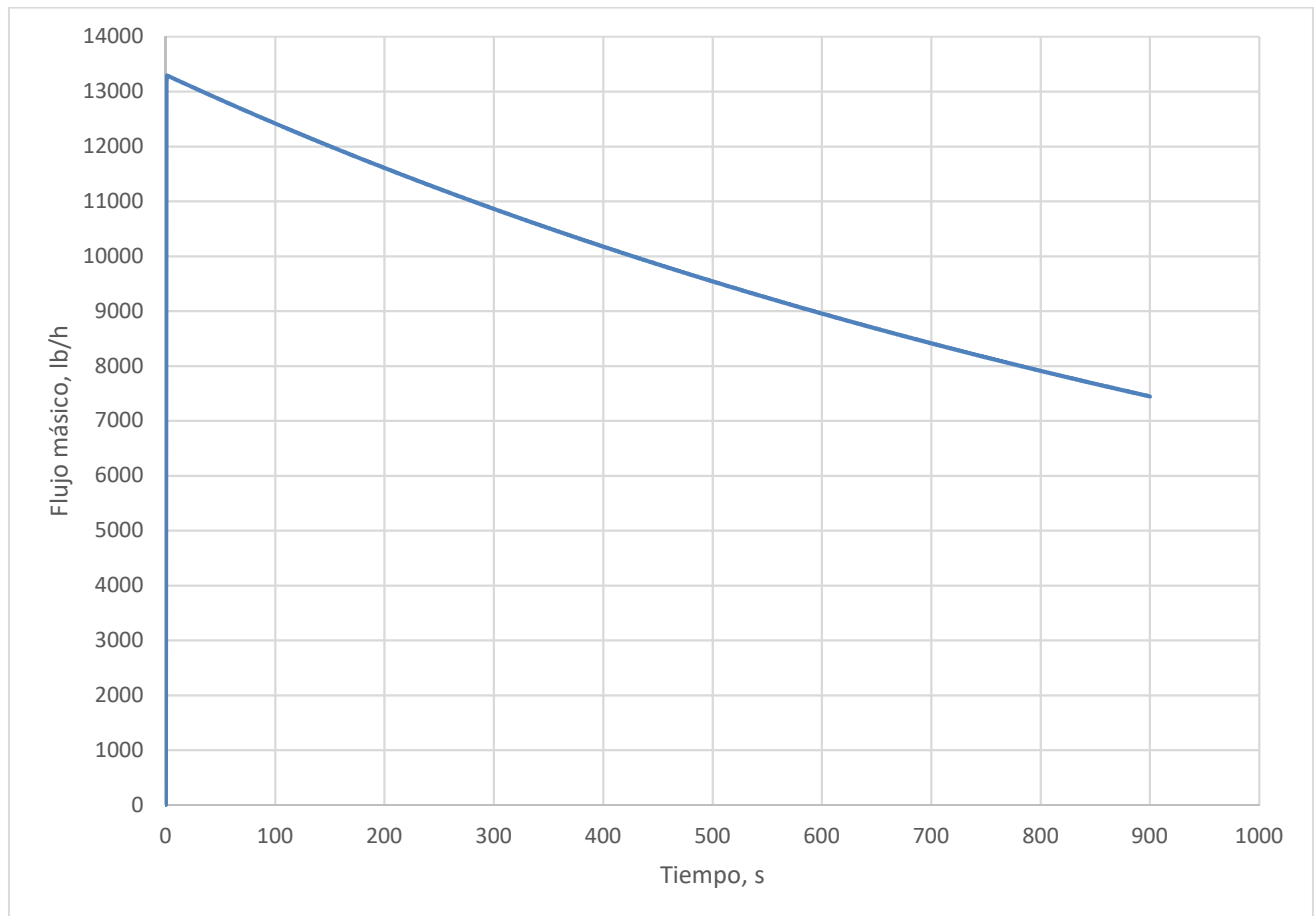
Temperatura inicial de despresurización en la Válvula = 66.73 °F

Temperatura final de despresurización la Válvula = 40.58 °F

Tiempo de despresurización (55 psig) = 15 min (900 segundos)

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)
AREA:	ESTACION VILLAMONTES
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009
HOJA:	19 de 25
REV.:	0

Figura 6.5. Despresurización Flujo másico vs Tiempo



Fuente: Elaboración propia

Flujo Másico Máximo de despresurización = 13295.5 lb/h

Tiempo de despresurización (55 psig) = 15 min (900 segundos)

Flujo molar de despresurización = 2.559 MMSCFD

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO		
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)		
AREA:	ESTACION VILLAMONTES		
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.	HOJA:	20 de 25
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009	REV.:	0

6.2. Flujo Másico

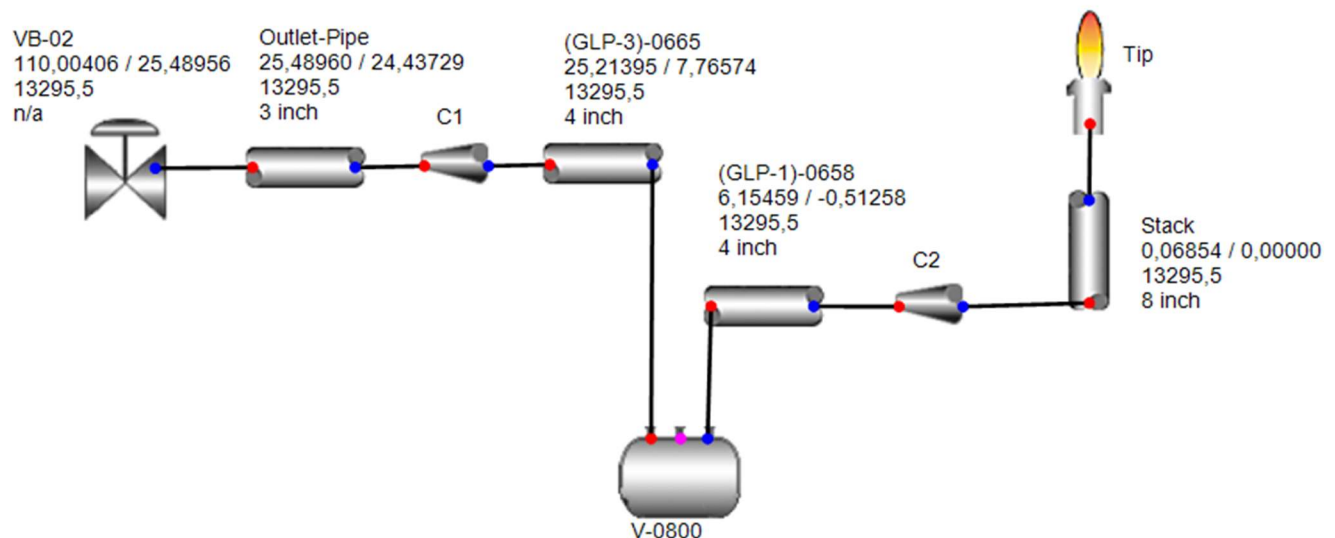
Como se muestra en la tabla 6.1. el flujo másico será 13295.5 lb/h

Por tanto, el flujo molar será 2.559 MMSCFD

6.3. Diámetro de Línea de Descarga

A continuación, se expone el diagrama de flujo de simulación elaborado en la herramienta **Aspen Flare System Analyzer**:

Figura 6.6. Diagrama de flujo simulación del sistema de Venteo



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se exponen los resultados hidráulicos, obtenidos de las simulaciones realizadas en **Aspen Flarenet**.

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)
AREA:	ESTACION VILLAMONTES
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009
HOJA:	21 de 25
REV.:	0

Tabla 6.2. Evaluación Hidráulica del Sistema de Venteo

Descripción	Presión (Psig)	Temperatura (°F)	Nro. Mach	pv^2 lb/(ft*s ²)
	Entrada / Salida	Entrada / Salida	Entrada / Salida	Entrada / Salida
Tubería de 3 pulgadas (salida de la válvula)	25.49 / 24.43	55.80 / 56.22	0.261 / 0.268	14164 / 14570
Tubería a la entrada del K.O.D. 4"-0.237-B-(GLP-3)- 0665	25.21 / 7.76	56.22 / 74.53	0.152 / 0.275	4812 / 8790
K.O.D. (Boquillas de 4 pulgadas)	7.76 / 6.15	74.53 / 74.53	0.275 / 0.296	8790 / 9492
Tubería a la Salida del K.O.D. 4"-0.237-B-(GLP-3)- 0658	6.15 / -0.51	74.53 / 76.27	0.296 / 0.438	9492 / 14095

Fuente: Elaboración propia

6.4. Dimensionamiento del K.O.D.

Siguiendo la Norma API STD 521 **[Ref.04]**, se tiene una separación de gotas de 600 micrómetros. Las condiciones del proceso para el dimensionamiento del K.O.D. se dan en la tabla 6.1. teniendo los siguientes datos de entrada:

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO		
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)		
AREA:	ESTACION VILLAMONTES		
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.		HOJA: 22 de 25
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009		REV.: 0

Tabla 6.3. Datos de entrada para dimensionar K.O.D.

Diámetro de partícula	600 µm
Flujo de gas	13295.5 lb/h
Flujo de líquido	1329.5 lb/h
Densidad del gas	1.168 lb/ft ³
Densidad del líquido	31.85 lb/ft ³
Viscosidad del gas	0,0086 cp
Tiempo de residencia	30 min

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.4. Áreas transversales K.O.D.

Diámetro interno	0.933 m (36.75 pulg.)
Longitud T-T	3.048 m (10 pies)
Relación L/D	3.33
Espesor adoptado	3/8"
Diámetros de las Boquillas entrada / Salida	4 pulgadas / 4 pulgadas

Fuente: Elaboración propia (ver Anexo 1)

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)
AREA:	ESTACION VILLAMONTES
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009
HOJA:	23 de 25
REV.:	0

6.5. Diámetro y Altura de La Tea

- Diámetro del stack y tip

Tabla 6.5. Diámetros y velocidades del stack y del Tip

Descripción	Presión (Psig) Entrada / Salida	Temperatura (°F) Entrada / Salida	Nro. Mach Entrada / Salida	pv^2 lb/(ft*s ²) Entrada / Salida
Stack 8 pulgadas	0.068 / 0.00	76.27 / 77.03	0.107 / 0.107	876 / 880
Tip 6 pulgadas	0.00 / 0.00	77.03 / 77.03	0.107 / 0.00	880 / 0.00

Fuente: Elaboración propia

Altura de la Tea: 65.62 ft (20 m)

6.6. Distancias de seguridad

A continuación se muestran los resultados de la simulación de las distancias de seguridad

Niveles de Radiación permisible según API STD 521	Radio de Radiación desde el centro de la llama
Área prohibida 3000 Btu/h-ft ² ((9.46 kW/m ²))	-
Área restringida 2000 Btu/h-ft ² ((6.31 kW/m ²))	-
Máxima radiación permitida donde puede ver personal con EPP durante 2 a 3 minutos 1500 Btu/h-ft ² ((4.73 kW/m ²))	-
Máxima radiación permitida donde puede existir personal con EPP 500 Btu/h-ft ² ((1.58 kW/m ²))	99 pies (30.17 metros)

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO		
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)		
AREA:	ESTACION VILLAMONTES		
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.	HOJA:	24 de 25
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009	REV.:	0

7. CONCLUSIONES

- El caudal de quema calculado es de 13295.5 lb/h (2.559 MMSCFD)
- De acuerdo a la hidráulica, al arreglo óptimo para el sistema es del tipo telescópico, con válvulas de 3", línea salida de 4" y Cabezal de 4".
- Para las condiciones de proceso el KOD que cumple la retención de gotas menores a 600 micrones es de 36" x 10 ft, con entrada y salida ambas en 4". Además, que cumple con los límites de velocidad de presión y velocidad match fijados en el Punto 4 (Consideraciones Generales) con los diámetros establecidos.
- De acuerdo a los resultados la altura de la tea será de 65.62 ft (20 m)

8. ANEXO

8.1. Dimensionamiento K.O.D.

Cálculo de velocidad de caída de gota				Índice	Cálculos en SI			
Diámetro de partícula	600	µm	300		Dp	0,0006 m	Semiélfptico	
Flujo de gas máximo	13062	lb/h	6,811111		Qg	1,645784316 Kg/s	Toriférico	
Flujo de líquido máximo	1306,2	lb/h	6,540278		Ql	0,164578432 Kg/s		
Densidad del gas	1,168	lb/ft³			pg	18,70956522 kg/m³		
Densidad del líquido	31,85	lb/ft³			pl	510,1880585 kg/m³		
Viscosidad del gas	1,10E-02	Cp			µg	0,000011 Pa.s		
Velocidad de caída Uc	0,64458	m/s						
					C*Re2	213392,89		
					C	0,49	Figura 16 API 521 5ta Ed.	
					Uc	0,644582725 m/s	Velocidad de caída	
Cálculo de Áreas Transversales y Holdup de Líquido								
Tiempo de holdup	30	min						
Diámetro Interno	0,933	m		Diametros Standard				
Longitud T-T estimada	3,048	m		L/D	3,27			
Volumen de líquido adicional	1	m³		Volumen debajo del LLL que nunca podra ser retirado	d t holdup			
Tipo de casquete	Semiélfptico							
					Flujo de líquido	41,01098901 m³/s	3543349,45	
					DI	1800 seg	V líquido 2 0,580650942 m³	
					Longitud T-T Est.	0,933 m	Vrecipiente 2,25764217 m³	
					Area Total transversal	3,048 m	Vcasquetes 0,173784122 m³	
					Area L1 transversal	0,683680462 m²	V adicional 1 m³	
					Area L2 transversal	0,32808399 m²	V líquido tota 0,754435064 m³	
					Area Gas transversal	0,190502278 m²	h1 0,413263011 m	
						0,165094195 m²	h2 0,239961556 m	
							hv 0,297795433 m	
Cálculo L mínimo								
h liquido residual	0,41326	m			Flujo de gas	0,087964862 m³/s	7600,16404	
h liquido holdup	0,06172	m		Hoja de Datos	Uv	0,5328 m/s		
hv	0,27978	m						
θ	0,43404	s						
L min	0,23126	m						

PROYECTO:	PR1-0296-2017 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA ADECUACION DE LA ESTACION VILLAMONTES POLIDUCTO		
TITULO:	CÁLCULO CAPACIDAD DEL SISTEMA DE QUEMA CONTROLADA (FLARE)		
AREA:	ESTACION VILLAMONTES		
CLIENTE:	YPFB TRANSPORTE S.A.	HOJA:	25 de 25
CODIGO DOC.:	PR1-0296-2017-PR-MC-009	REV.:	0