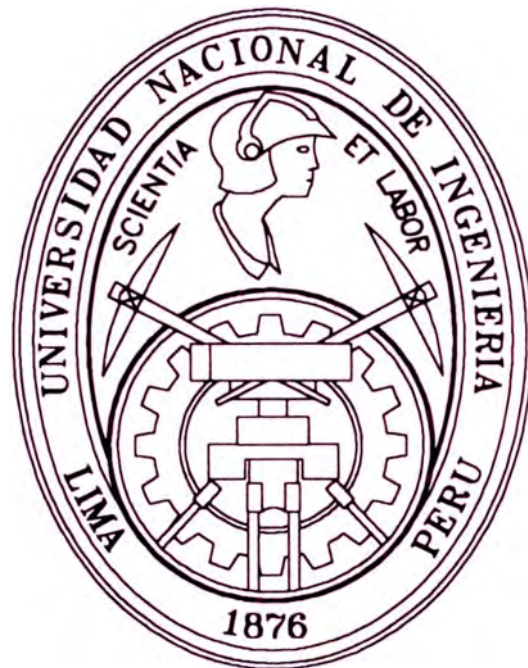


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“ESTUDIO PARA MODIFICAR UNA BATERIA DE PRODUCCION
DE PETROLEO PARA PROCESAR 40 000 BARRILES DE
LIQUIDOS Y 200 000 PIES CUBICOS DE GAS.”**

**INFORME DE INGENIERIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECANICO**

JAIRO FELIPE DIAZ CARRION

PROMOCION 1981-I

LIMA - PERU

2001

TABLA DE CONTENIDO

PROLOGO	1
CAPITULO 1	
INTRODUCCION	4
CAPITULO 2	
GENERALIDADES SOBRE BATERIAS DE PRODUCCION DE PETROLEO	8
2.1 Objetivo	
2.2 Composición y descripción de las características constructivas de los equipos e instalaciones de una batería de producción.	
2.2.1 Manifold	
2.2.2 Equipos de separación primaria	
2.2.2.1 Clasificación	
2.2.2.2 Componentes principales	
2.2.2.2.1 Cuerpo	

2.2.2.2.2. Base

2.2.2.2.3 Ingreso

2.2.2.2.4 Descarga de gas

2.2.2.2.5 Descarga de aceite

2.2.2.2.6 Descarga de agua

2.2.2.2.7 Placa de choque

2.2.2.2.8 Deflector

2.2.2.2.9 Desnatador

2.2.2.2.10 Instrumentos

2.2.2.2.11 Válvulas y accesorios.

2.2.3 Equipos de tratamiento intermedio

2.2.3.1 Separador para gas

2.2.3.2 Tanques de tratamiento

2.2.3.2.1 Tanques de lavado

2.2.3.2.2 Tanques de sedimentación

2.2.3.2.3 Tanques desnatadores

2.2.4 Equipos de tratamiento final

2.2.4.1 Equipos tratadores de gas

2.2.4.2 Tratadores de aceite

2.2.4.3 Tratadores de agua

2.2.5 Válvulas y ductos

2.2.6 Instrumentos y accesorios

2.2.7 Equipos rotativos

2.3 Consideraciones para la operación y servicio de los equipos e instalaciones

2.4 Alternativas

CAPITULO 3

CONSIDERACIONES DEL PROCESO

34

3.1 Composición de una batería de producción

3.1.1 Instalaciones en superficie de pozos

3.1.2 Instalaciones en batería

3.2 Proceso en instalaciones de superficie de pozos

3.3 Proceso en batería

3.4 Composición mínima para el proceso descrito

3.5 Consideraciones para la calidad del proceso

3.6 Monitoreo

3.6.1 Monitoreo de la calidad de aceite

3.6.2 Monitoreo de la calidad de agua.

3.6.3 Monitoreo de la calidad de gas

3.6.4 Monitoreo del comportamiento del pozo.

CAPITULO 4

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO Y/O SELECCION

47

4.1 Diseño Manifold

4.2 Diseño de equipos de tratamiento básico

4.2.1 Diseño de separadores bifásicos y trifásicos

4.2.2 Separadores centrífugos

4.3 Diseño de equipos de tratamiento intermedio

4.3.1 Tanques

4.3.2 Diseño de tanques de lavado (cortadores y gun barrel)

4.3.3 Diseño de tanques desnatadores

4.4 Fundamentos de equipos de tratamiento final

4.4.1 Generalidades

4.4.2 Fundamentos para selección de equipos de tratamiento final de aceite

4.4.3 Fundamentos para selección de equipos de tratamiento final de agua

CAPITULO 5

PROCESO ACTUAL

133

5.1 Equipamiento

5.2 Descripción del proceso actual

5.3 Evaluación de los equipos actuales.

5.3.1 Evaluación de las líneas utilizadas.

5.3.2 Equipos de tratamiento

5.4 Calidad obtenida.

5.5 Recursos Utilizados.

CAPITULO 6

PROCESO PROPUESTO

154

6.1 Equipamiento

6.2 Actividades necesarias y descripción del proceso

6.3 Calidad del proceso

6.4 Recursos

CAPITULO 7

CRITERIOS PARA EL CALCULO Y/O

181

SELECCION DE EQUIPOS PARA EL PROCESO PROPUESTO

7.1 Generalidades..

7.2 Secuencia empleada para el cálculo de la performance.

7.3 Secuencia del cálculo estructural.

7.4 Secuencia del cálculo evaluativo del diámetro seleccionado para las líneas.

7.5 Selección de la válvula de alivio.

7.6 Elementos de control

7.7 Instrumentos indicadores

CAPITULO 8

EVALUACION ECONOMICA

195

CAPITULO 9

CALCULOS

198

9.1.0.0 Cálculo evaluativo del proceso actual.

9.1.1.0 Evaluación del tratamiento para la corriente de aceite.

9.1.1.1 Evaluación de la performance registrada en los separadores
primarios

9.1.1.2 Evaluación de la performance registrada en el tanque gun barrel

9.1.1.3 Cálculo de la performance del proceso de lavado.

9.1.1.4 Cálculo de la performance de tanque de sedimentación.

9.1.2.0 Evaluación del proceso actual para la corriente de agua.

9.1.2.1 Evaluación del proceso en tanque desnatador principal.

9.1.2.2 Evaluación del proceso en poza API

9.1.2.3 Evaluación del proceso en tanque desnatador auxiliar.

9.1.3.0 Resultados de la performance para el proceso actual.

9.1.3.1 Tratamiento de aceite.

9.1.3.2 Tratamiento de agua salada de producción

9.2.0.0 Cálculo del proceso proyectado para la demanda actual.

9.2.1.0 Cálculo del proceso para la corriente de aceite.

9.2.1.1 Cálculo de la performance del tratamiento en los separadores primarios.

9.2.1.2 Cálculo de la performance del tratamiento de la corriente de aceite en el tanque de lavado.

9.2.1.3 Cálculo de intercambiadores proyectados.

9.2.1.4 Cálculo del serpentín.

9.2.1.5 Cálculo del tratamiento del aceite en deshidratador centrífugo.

9.2.1.6 Cálculo de la performance del lavado en sistema proyectado para la demanda actual.

9.2.1.6 .1 Lavado en tanque.

9.2.1.6.2 Lavado en deshidratador hidrociclónico.

9.2.2.0 Cálculo del proceso para la corriente de agua salada de producción.

9.2.3.0 Resultados de la performance del sistema proyectado para la demanda actual.

9.2.3.1 Resultados para el tratamiento de aceite.

9.2.3.2 Tratamiento del agua salada de producción.

9.3.0.0 Cálculo del proceso proyectado para la demanda futura.

9.3.1.0 Cálculo del proceso para la corriente de aceite.

9.3.1.1 Cálculo de la performance del tratamiento en los separadores primarios.

9.3.1.2 Cálculo de la performance del tratamiento de la corriente de aceite en el tanque de lavado.

9.3.1.3 Cálculo de intercambiadores proyectados.

9.3.1.4 Cálculo del serpentín.

9.3.1.5 Cálculo del tratamiento del aceite en deshidratador centrífugo.

9.3.1.6 Cálculo de la performance del lavado en sistema propuesto para la máxima demanda.

9.3.1.6 .1 Lavado en tanque.

9.3.1.6.2 Lavado en deshidratador hidrociclónico.

9.3.2.0 Cálculo del proceso para la corriente de agua salada de producción.

9.3.3.0 Resultados de la performance del sistema proyectado para la demanda máxima

9.3.3.1 Tratamiento de aceite.

9.3.3.2 Tratamiento del agua salada de producción

9.4.0 Selección de bomba para transferir fluido de tanque de prueba.

9.4.1 Cálculo de la temperatura a la descarga de tanque de prueba.

9.4.2 Cálculo del NPSHD para la bomba – fluido: agua.

9.4.3 Cálculo del incremento de presión en bomba para transferir agua de tanque de prueba.

9.4.4 Cálculo del NPSHA para bomba – fluido: aceite.

9.4.5 Cálculo del incremento de presión en bomba para transferir aceite de tanque de prueba.

9.4.6 Selección de bomba.

9.5.0.0.0 Cálculo de líneas principales.

9.5.1.0.0 Evaluación de velocidad en líneas.

9.5.1.1.0 Demanda actual.

9.5.1.1.1 Evaluación en línea de 4" (en manifold)

9.5.1.1.2 Evaluación en línea de 6" (en manifold)

9.5.1.2.0 Cálculos para la demanda futura.

9.5.1.2.1 Evaluación en línea de 4" (manifold)

9.5.1.2.2 Evaluación en línea de 6" (manifold)

9.5.2.0.0 Cálculo de pérdidas hidráulicas.

9.5.2.1.0 Cálculo con la demanda actual.

9.5.2.1.1 Cálculo de longitud equivalente en tubería de 4".

9.5.2.1.2 Cálculo de longitud equivalente en tubería de 6"

9.5.2.1.3 Cálculo de pérdida en línea de 4" de manifold.

9.5.2.1.4 Cálculo de pérdida en línea de 6" de manifold.

9.5.2.1.5 Pérdida total en manifold.

9.5.2.1.6 Línea de producción.

9.5.2.2.0 Cálculos para la máxima demanda.

9.5.2.2.1 Cálculo de longitud equivalente en tubería de 4"
de manifold.

9.5.2.2.2 Cálculo de longitud equivalente en tubería de 6"
de manifold.

9.5.2.2.3 Cálculo de pérdida en líneas de 4" de manifold.

9.5.2.2.4 Cálculo de pérdida en líneas de 6" de manifold.

9.5.2.2.5 Pérdida total en manifold.

9.5.2.2.6 Línea de producción.

9.6.0.0 Cálculo estructural de recipientes principales.

9.6.1.0 Cálculo estructural de separador trifásico.

9.6.1.1 Cálculo estructural de casco y soporte de separador
trifásico.

9.6.1.2 Cálculo de refuerzo en acometidas. (toberas).

9.6.2.0 Cálculo estructural de tanque de lavado.

9.6.2.1 Cálculo de espesor de planchas.

9.6.2.2 Cálculo de estructura metálica del techo de tanque de
lavado.

9.6.2.2.1 Cálculo de carga repartida en el techo.

9.6.2.2.2 Cálculo de pórtico elemental para soporte de techo.

9.6.2.2.3 Cálculo de momentos en vigas radiales

9.6.2.2.4 Cálculo de momentos en columna exterior.

9.6.2.2.5 Cálculo de momentos en columna central.

9.6.2.2.6 Cálculo integral de momentos en pórtico elemental.

9.6.2.2.7 Cálculo de las vigas cuerda.

9.6.3.0 Cálculo estructural de tanque desnatador.

9.6.3.1 Cálculo de espesor de planchas.

9.6.3.2 Cálculo de estructura metálica del techo de tanque desnatador.

9.6.3.2.1 Cálculo de carga repartida en el techo.

9.6.3.2.2 Cálculo de factores geométricos de estructura elemental para soporte de techo.

9.6.3.2.3 Cálculo de viga radial compuesta. (sección variable)

9.6.3.2.4 Cálculo de momentos en columna exterior.

9.6.3.2.5 Cálculo de momentos en columna central.

9.6.3.2.6 Cálculo integral de momentos en pórtico.

9.6.3.2.7 Cálculo de las vigas cuerda.

9.7.0.0 Selección de válvulas

9.7.1.0 Selección de la válvula de alivio a ubicar en el separador.

9.7.1.1 Características del gas natural.

9.7.1.2 Cálculo del área de paso.

9.7.1.2.1 Sección requerida para la descarga de gas.

9.7.1.2.2 Sección requerida para las descarga de líquidos.

CONCLUSIONES	499
BIBLIOGRAFIA	501
PLANOS	503

PROLOGO

El presente estudio se ha desarrollado con el objeto de fundamentar técnicamente, las modificaciones de un conjunto de instalaciones para la conducción y tratamiento de fluidos extraídos denominado batería, con la finalidad de duplicar la capacidad de tratamiento y lograr resultados satisfactorios, eliminando o minimizando gastos extras, (correcciones sobre lo actuado, adquisición insuficiente o exagerada de equipos, etc.) como resultado de haber dispuesto insuficiente soporte de ingeniería.

La batería esta situada en Yanayacu a una distancia de 16,200 metros de la orilla del río Marañón, en la margen opuesta Saramuro, localidad en donde se inicia el oleoducto Nor – Peruano.

El estudio abarca nueve capítulos, en el primero titulado Introducción se hace una breve reseña sobre las características propias de la y del entorno.

En el capítulo 2 se da las características de los componentes principales de una batería de producción típica, en el capítulo 3, se definen otros

componentes incidiendo en el proceso y control, que definen algunas características para el diseño.

En el capítulo 4 se desarrollan los conceptos básicos necesarios, para lograr un diseño adecuado y relaciones matemáticas que cuantifican el proceso. Aprovecho para expresar aquí mi agradecimiento al personal que actualmente labora en la batería y que colaboró gratamente en las pruebas efectuadas en Campo, proceso vital y necesario para garantizar resultados adecuados.

El capítulo 5, se explica las condiciones actuales de la batería, equipos e instalaciones, así como el proceso y la cuantificación de los recursos utilizados, en el sexto capítulo, se hace lo propio para el proceso propuesto.

En el capítulo 7, se expone brevemente la secuencia en que han sido desarrollados los cálculos efectuados en el capítulo 9, en el octavo capítulo se ha evaluado en forma comparativa, los gastos que se dan en el proceso actual, ubicando en contrapartida los gastos que demandan la modificación, con el menor gasto operativo.

En el capítulo 8 se ha efectuado evaluación económica de carácter comparativo entre el gasto operativo para el proceso actual y el proceso propuesto.

En el capítulo 9, se ha desarrollado en Excel la evaluación de la calidad lograda para el proceso actual, así como los cálculos para la performance del proceso proyectado y lo correspondiente para determinar las dimensiones de tuberías, válvulas y de los elementos estructurales necesarios para garantizar resistencia mecánica adecuada de los componentes nuevos o a modificar.

CAPITULO 1

INTRODUCCION.

El presente estudio trata de aportar conceptos y criterios, basados en leyes físicas que gobiernan los procesos que se dan en una batería de producción de petróleo en el campo, y para garantizar la integridad y resistencia mecánica de los equipos, con el objeto de lograr especificaciones preconcebidas en cualquiera de los elementos aportados por el pozo, al menor costo.

Para lograr un desempeño óptimo de una batería de producción, no es suficiente extremar todos los cuidados en el diseño, construcción y puesta en marcha, también debe prestarse especial atención al recurso humano, al control y calidad de los insumos y los agentes químicos, este último recurso es muy sensible al tratamiento mecánico – térmico, una buena selección y/o diseño del proceso, reduce el consumo de insumos, tal como se ha propuesto lograr en la batería a modificar, cuyo soporte técnico se expone y se demuestra en el presente estudio.

El monto del gasto o inversión necesario para construir una batería o efectuar modificaciones en la misma, depende mucho de la logística necesaria, la misma que esta estrechamente relacionada con su ubicación geográfica.

Aún cuando la batería esta ubicada en tierra, costa adentro, que es una ventaja respecto a las baterías ubicadas en mar, lagos o pantanos, costa afuera; sin embargo hay dificultad por estar ubicado en la selva a 16 Km. del río navegable más cercano y rodeado de pantanos. La única vía de comunicación práctica, entre el río y la batería en sí, es aérea y por helicóptero, este hecho limita o elimina el uso de equipos relativamente pesados.

En la industria del petróleo los términos y unidades anglosajonas o traducción aceptada en el medio, son de uso frecuente, por lo que en este trabajo se hace uso de ellos, como: barriles/día (un barril tiene 42 galones americanos a razón de 3.78 litros c/u), cuartos (q) que es igual a $\frac{1}{4}$ de galón americano (utilizado para la dosificación de insumos químicos), manifold para designar un múltiple de derivación para las líneas de producción, "gun barrel" para designar un tanque de lavado o cortador, aceite para especificar la fase de petróleo crudo, por la misma razón las unidades empleadas son en su mayoría inglesas y en algunos casos se ha efectuado la conversión a unidades internacionales.

Gran parte de la justificación para las modificaciones proyectadas y que son estudiadas aquí, tienen como objeto cumplir con dispositivos legales vigentes y los que se pueden estimar para el futuro, con el objeto de minimizar el impacto ambiental, de todas formas se ha previsto obtener ventajas económicas con la batería modificada.

Aún cuando el presente estudio esta desarrollado para una demanda máxima de 40,000 bpd de líquidos (aceite y agua) y 200,000 pies cúbicos de gas en condiciones estándar (60°F a 1 atmósfera), la metodología puede aplicarse a cualquier otra demanda, realizando algunos ajustes propios de la composición físico - química de los elementos producidos y que básicamente fijan los parámetros adecuados para el proceso, que deben ser proporcionados por los equipos diseñados y/o seleccionados.

Un hecho importante que se da en el estudio, es que los diseños puedan realizarse en el mercado nacional, asunto comprobado en actividades similares efectuadas y con resultados satisfactorios, tanto técnica como económicas.

Debe aclararse que en la industria del petróleo, existen fenómenos particulares para cada campo en producción, que en muchos casos, para poder efectuar una buena selección y/o diseño es necesario realizar pruebas en el sitio y en las mismas condiciones, esto evitará

efectuar gastos y retrasos indebidos, este criterio debe aplicarse siempre para los equipos encargados del tratamiento final. Por la misma razón, los equipos comercializados en forma regular, tendrán que ser adaptados, así como tomar con extremo cuidado las afirmaciones impresas en los catálogos y revistas patrocinadas por los fabricantes o entidades rectoras del medio.

CAPITULO 2

GENERALIDADES SOBRE BATERIAS DE PRODUCCION DE PETROLEO.

2.1 Objetivo

El objeto de disponer de una batería para un campo de producción de petróleo, es el de efectuar el tratamiento mínimo requerido al flujo total que proviene de los pozos, para alcanzar al final del proceso, calidad satisfactoria en cada uno de los compuestos no inmiscibles, con el objeto de posibilitar luego la disposición o entrega adecuada de los mismos, de acuerdo a parámetros y/o regulaciones internas o externas puestas o impuestas a este tipo de actividad.

Entre las principales razones que determinan la calidad de cada uno de los compuestos, durante el proceso y a la descarga de la batería, están los siguientes:

- Comercialización: Impone calidad mínima para el transporte y venta del aceite, así como del gas asociado, de acuerdo a normas y/o acuerdos internas y/o externas establecidos para este tipo de industria.

- Protección del medio ambiente: Impone calidad mínima sobre productos no comercializables, para poder disponer finalmente de los mismos, acatando normas y/o procedimientos, impuestos por una o más entidades del estado.

La siguiente tabla resume las normas nacionales aplicables:

Tabla - 1. Normas Ambientales Nacionales

Dispositivo Legal	Descripción del Dispositivo
D.L. 17505 (18-03-69)	Código Sanitario del Perú.
D.L. 17752 (24-07-69)	Ley General de Aguas.
D. Leg. 613 (08-09-90)	Código de Medio Ambiente y los Recursos Naturales.
D. Leg. 757 (13-11-91)	Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada.
Ley 26221 (19-08-93)	Ley Orgánica de Hidrocarburos.
D.S. NO 28160 ASPL (29-11-60)	Reglamento de Desagües Industriales.
D.S. NO 25 (23-08-61)	Prohíbese la Contaminación Atmosférica a través de las emanaciones gaseosas de los establecimientos industriales.
D.S. NO 6-STN (09-01-64)	Reglamento para Disposición de basuras mediante el empleo del método de relleno sanitario
D.S. NO 274-69-AP/DGA (30-12-69)	Reglamento del Título IV "De las Aguas Subterráneas" de la Ley General de Aguas.
D. S. NO 258-75-SA (22-09-75)	Norma Técnica de Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo.
D.S. NO 013-77-SA (29-11-77)	Reglamento para el aprovechamiento de productos no orgánicos recuperables de las basuras.
D.S. 007-83-SA (17-03-83)	Modifican la Ley General de Aguas en sus títulos I, II y III.
R. D. NO 001-87-PE/DGT (15-01-87)	Reglamento para la construcción y operación de sistemas de recuperación de subproductos de efluentes industriales.
D.S. NO 046-93-EM (12-11-93)	Reglamento para la protección ambiental en las actividades de Hidrocarburos.
D. S. NO 09-95-EM (13.05.95)	Modificatoria de Reglamento de Medio Ambiente para las Actividades de Hidrocarburos
D.S. NO 055-93-EM (22-11-	Reglamento en las Actividades de Exploración y

93)	Explotación de Hidrocarburos.
D.L. NO 21147 (13-05-75)	Ley Forestal y de Fauna Silvestre
D.S. 01 1-97-AG (13-06-97)	Referida a la inversión Privada en el Desarrollo de Actividades Económicas en Tierras del Territorio Nacional y de las Comunidades Campesinas y Nativas
D.S. N- 158-77-AG (1977)	Reglamento de Conservación de Flora y Fauna Silvestre
R.M. N'01710-77-AG (1977)	Referido a clasificación de las especies amenazadas de flora y fauna silvestre según su estado de conservación.
D.S NO 09-95-EM y 056-97-PCM	Establecen que el INRENA debe dar opinión técnica previa a la aprobación de un EIA.
R.M. NO 335-96-EM/SG	Reglamento de Participación Ciudadana

D.L.: Decreto Ley -, D. Leg: Decreto Legislativo; D.S. Decreto Supremo;
R.D.Resolución Directoral.

Los productos que principalmente son dispuestos al entorno son el agua, gas y lodos.

2.2 Composición y descripción de las características constructivas de los equipos e instalaciones de una batería de producción.

Una batería de producción se compone básicamente de lo siguiente:

- Manifold.
- Equipos de tratamiento primario.
- Equipos de tratamiento intermedio.
- Equipos de tratamiento final.
- Válvulas y ductos.
- Instrumentos y accesorios.
- Equipos rotativos, como bombas y dosificadores de insumos.

En la figura 2.1 se esquematiza los componentes principales y algunos otros que son de carácter opcional, como son las bombas multifásicas y compresores de gas.

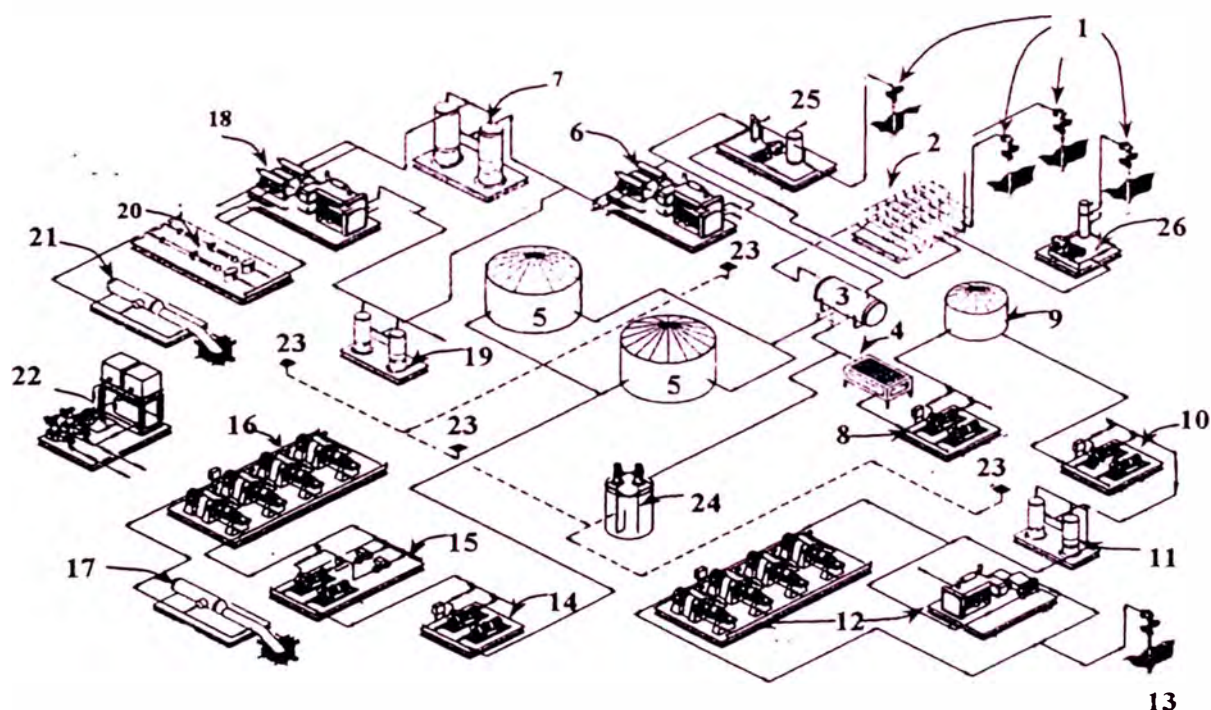


Figura 2.1: Vista de una batería de producción

Legenda:

ITEM	DESCRIPCION
1	POZOS PRODUCTIVOS
2	MANIFOLD
3	SEPARADOR TRIFASICO
4	TRATADOR DE AGUA
5	TANQUES PARA TRATAMIENTO Y/O ALMACENAMIENTO DE ACEITE
6	COMPRESOR AUXILIAR PARA TRATAMIENTO DE GAS
7	TRATADOR PARA GAS DE PROCESO TIPO "Scrubber"
8	BOMBAS PARA TRANSFERENCIA DE AGUA

9	TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA
10	BOMBAS DE REFUERZO PARA SISTEMA DE DISPOSICION DE AGUA DE PRODUCCION
11	FILTROS PARA TRATAMIENTO FINAL DEL AGUA DE PRODUCCION
12	EQUIPOS DE BOMBEO PARA DISPOSICION FINAL DEL AGUA DE PRODUCCION, EN ESTE CASO POR INYECCION.
13	POZO RECEPCIONADO DE AGUA DE PRODUCCION.
14	BOMBAS PARA TRANSFERENCIA DE ACEITE.
15	SISTEMA DE MEDICION DE ACEITE
16	BOMBAS PARA BOMBEO DE ACEITE A OLEODUCTO.
17	TRAMPA DE LANZAMIENTO. PARA OLEODUCTO.
18	COMPRESOR DE GAS PARA GASODUCTO
19	TRATADOR DE GAS COMBUSTIBLE.
20	SISTEMA MEDIDOR DE GAS.
21	TRAMPA DE LANZAMIENTO PARA GASODUCTO.
22	SISTEMA PARA DOSIFICAR PRODUCTOS QUIMICOS.
23	CAPTACION DE DRENAJES
24	TANQUE SUMIDERO PARA RECEPCIONAR DRENAJES MENORES.
25	BOMBEO OPCIONAL DUAL MULTIFASICO
26	BOMBEO MULTIFASICO OPCIONAL.

2.2.1. Manifold

Es un dispositivo, conformado por un conjunto de válvulas interconectadas, utilizado para direccionar adecuadamente el producto total de cada pozo, hacia los separadores primarios.

2.2.2 Equipos de separación primaria

Son recipientes cerrados a presión, normalmente cilíndricos (ver figura 2.2) en donde se receptiona el producto total de cada uno de los pozos que confluyen a la batería y sirven para separar cada

una de las fases o cada uno de los productos no inmiscibles, para obtener a la descarga

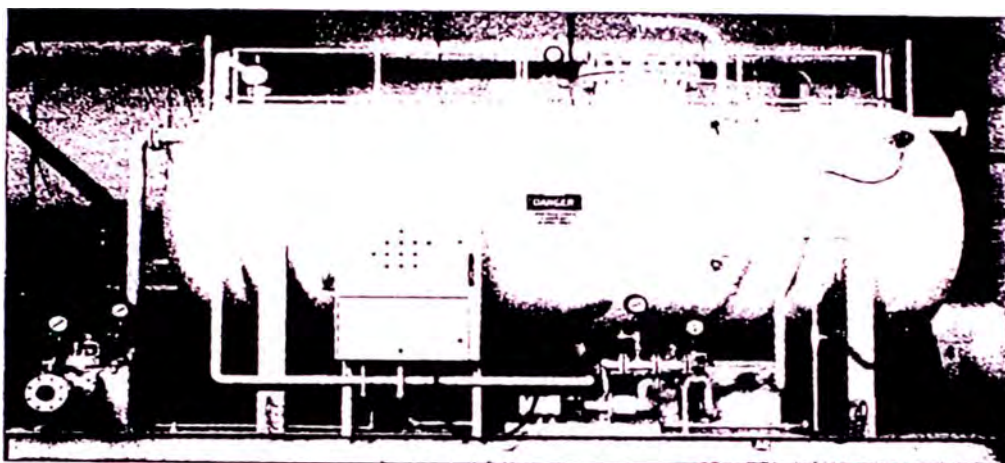


Figura 2.2 : Separador trifásico con instrumentos y accesorios

condiciones adecuadas que permita racionalizar los equipos e instalaciones a utilizar posteriormente para lograr en general calidad satisfactoria al final del proceso.

Normalmente la separación en este tipo de recipientes se efectúa solo en base a la fuerza impuesta por la gravedad terrestre, sobre cada uno de los productos no inmiscibles, que vienen de los pozos y que difieren en sus pesos específicos. Adicionalmente entre los equipos provistos o fabricados, se suele utilizar la fuerza de impacto del chorro que proviene de los pozos, con el objeto de separar el gas del líquido, así como instalar antes de la descarga del gas, un conjunto de mallas o placas para favorecer la

coalescencia de las gotas de líquido, minimizando el arrastre de líquidos por el gas.

2.2.2.1 Clasificación

Los separadores primarios pueden clasificarse como sigue:

Por su configuración:

- Verticales

Son recipientes normalmente cilíndricos dispuestos verticalmente

- Horizontales

Son recipientes normalmente cilíndricos dispuestos horizontalmente, a este tipo pertenecen la mayoría de separadores utilizados en la industria del petróleo

Por su uso y/o finalidad

- Bifásicos

Utilizados para separar el gas del líquido

- Trifásicos

Utilizados para separar los tres productos no inmiscibles, agua, gas y aceite.

2.2.2.2 Componentes principales

2.2.2.2.1 Cuerpo

El cuerpo normalmente es de forma cilíndrica con tapas elípticas o toriesféricas fabricados normalmente con planchas de acero ASTM A-286, A-36 en espesores de acuerdo a la presión requerida. No es usual fabricar estos recipientes con aceros de media o alta aleación. En algunas ocasiones es recomendable efectuar recubrimiento interior para minimizar la corrosión.

2.2.2.2.2 Base

Compuesto por perfiles estructurales, para conformar una estructura lo suficientemente resistente para soportar el peso del recipiente totalmente lleno de agua y de una configuración apropiada para inferir una presión apropiada sobre el terreno, cuando el terreno natural ofrece muy poca resistencia, (menores a 0.5 Kg/cm²) es preferible utilizar para la cimentación pilotes normalmente de acero, adecuadamente protegidos contra la corrosión.

2.2.2.2.3 Ingreso

Normalmente de acero al carbono con brida normalizada del tipo para soldar en el cuello (ANSI B

16.5, API 6A u otros) y tubo normado sin costura (ASTM A-106 Grado B API 5L u otros), dispuesto en forma horizontal sobre una de las tapas o vertical en un extremo del cilindro del cuerpo.

2.2.2.2. 4 Descarga de gas.

Normalmente de acero al carbono con brida normalizada del tipo para soldar en el cuello y tubo normado sin costura, dispuesto radialmente sobre una de las tapas o del cilindro en el extremo superior del cuerpo.

2.2.2.2.5 Descarga de aceite.

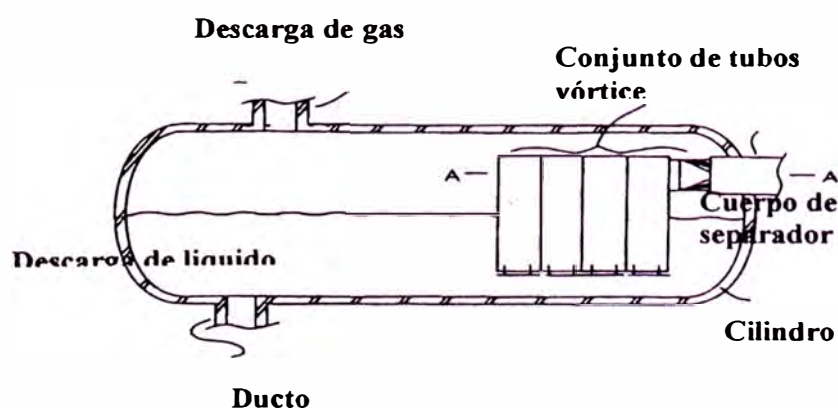
Normalmente de acero al carbono con brida normalizada del tipo para soldar en el cuello y tubo normado sin costura (ASTM, API u otros), dispuesto en forma axial sobre una de las tapas o radial sobre el cuerpo.

2.2.2.2.6 Descarga de agua.

Normalmente de acero al carbono con brida normalizada del tipo para soldar en el cuello y tubo normado, sin costura, dispuesto en forma axial sobre una de las tapas o radial sobre el cuerpo.

2.2.2.2.7 Placa de choque.

Fabricado con plancha del mismo tipo de acero que el casco, instalado inmediatamente a la descarga del ducto de ingreso, dispuesto en ángulo de 45° a 90° respecto a la dirección del flujo al ingreso, cuando se trata de una placa plana el área debe ser lo suficiente para evitar que parte del chorro ingrese en forma libre sin experimentar la fuerza de impacto, que propicia la separación del gas. En algunas ocasiones la placa de choque es reemplazada (figura 2.3) por cuerpos cilíndricos para propiciar una separación centrífuga del gas de los líquidos, aprovechando el cambio en la dirección del flujo que experimenta el chorro al impactar sobre la placa de choque, de configuración apropiada.



ELEMENTOS DE UN SISTEMA LIBRE DE ESPUMA

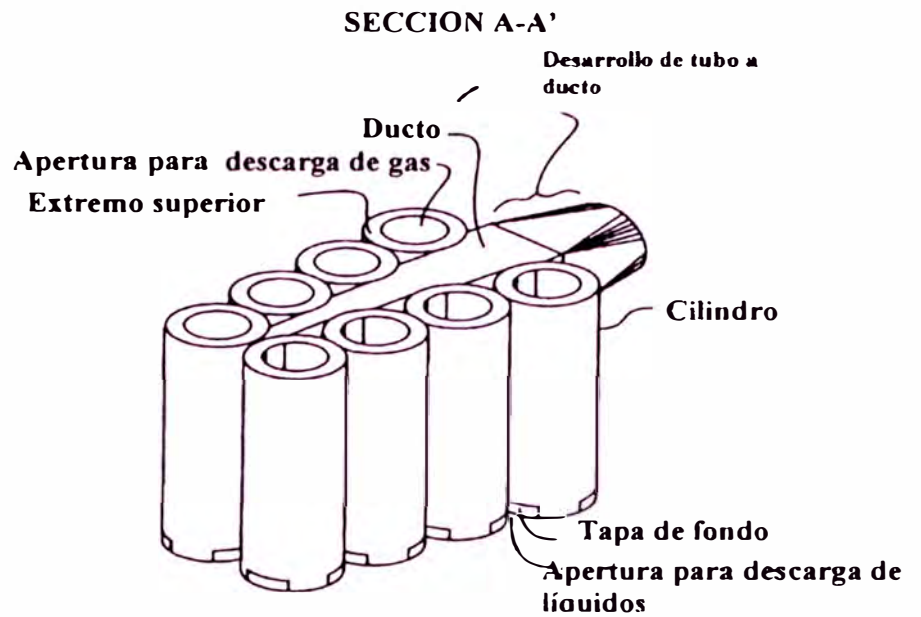


Figura 2.3 : Reemplazo de placa de choque por tubos vórtice

También puede optarse por placa de choque semiesférica. (figura 2.4)

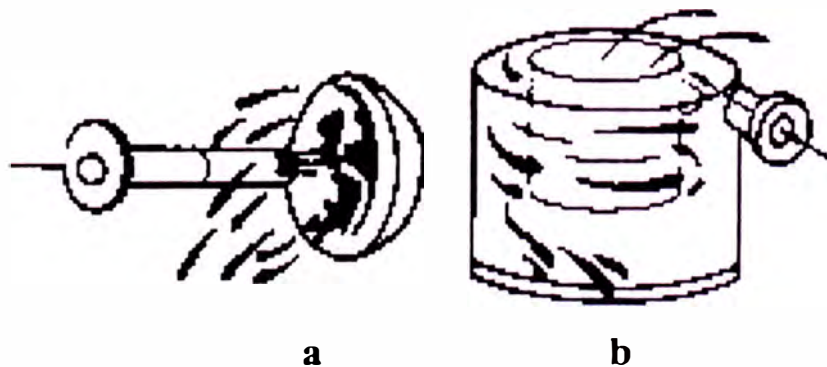


Figura 2.4 a) Placa de choque semiesférica cilíndrica
b) Ingreso tipo ciclón

2.2.2.2.8 Deflector.

Normalmente fabricado con plancha de acero al carbono, fijado al interior del cilindro a una distancia próxima a la placa de choque, esta placa normalmente tiene forma de un sector cilíndrico que cubre las $\frac{3}{4}$ partes del área del cilindro, perforada con una serie de agujeros y su finalidad es amortiguar y suprimir las olas creadas por el fluido al ingreso. La distancia de esta placa a la placa de choque esta en función al tipo de placa de choque seleccionado o al dispositivo fijado internamente para el ingreso del flujo total al separador, es de observar que a mayor grado de sofisticación del dispositivo en mención, podrá ubicarse a menor distancia la placa deflectora.

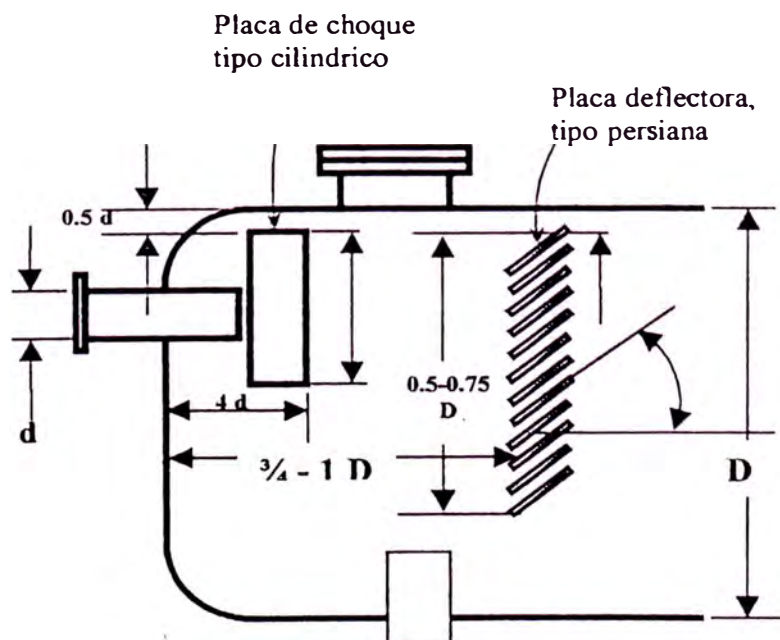


Figura 2.5 : Esquema de un deflector de placas tipo persiana

Además en algunas ocasiones la placa deflectora es preferible conformarla con una serie de placas dispuestas en ángulo respecto al eje del separador, estableciéndose un arreglo tipo persiana. (ver figura 2.5)

2.2.2.2.9 Desnatador.

Normalmente compuesta por una placa conformada apropiadamente, normalmente en forma de prisma o cilindro, fabricada con plancha de acero al carbono que permite recuperar el aceite separado, en base a un vertedero simple o múltiple. (ver figura 2.6).

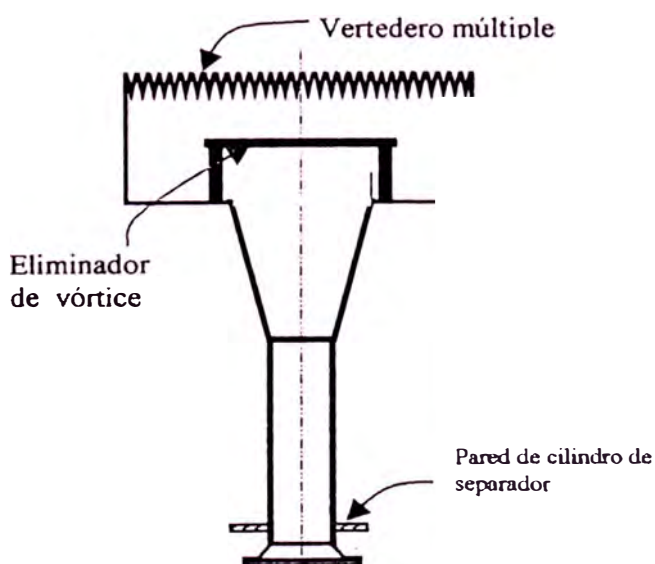


Figura 2.6: Vertedero múltiple para separador

2.2.2.2.10 Instrumentos.

Entre los principales y mayormente utilizados se puede nombrar los siguientes:

- Sensor de nivel de interfase gas aceite
- Sensor de nivel de interfase aceite agua
- Visor de nivel
- Interruptores
- Manómetros
- Termómetros

2.2.2.2.11 Válvulas y accesorios.

Normalmente se debe disponer de los siguientes:

- Válvulas de compuerta al ingreso, a la descarga de aceite y agua.
- Válvulas motoras, normalmente de globo, mariposa o diafragma instalados a la descarga de aceite y de agua
- Válvula reguladora de presión, instalado a la descarga de gas y sirve para mantener presión apropiada en los recipientes que conforman los separadores primarios. Esta presión es necesaria para desplazar el flujo de líquidos, hacia los equipos de separación intermedia o final.

- Válvulas de alivio, instalados para prevenir presiones excesivas en el recipiente, normalmente estas válvulas descargan al ambiente.
- Platos de ruptura, instalados para prevenir presiones excesivas que puedan dañar el recipiente.

2.2.3 Equipos de tratamiento intermedio.

Entre los equipos mayormente utilizados para efectuar tratamiento intermedio podemos nombrar a los siguientes:

2.2.3.1 Separador para gas

Normalmente se trata de un recipiente cilíndrico dispuesto verticalmente e instalado a la descarga de gas que proviene de los separadores primarios tal como se observa en la figura 2.

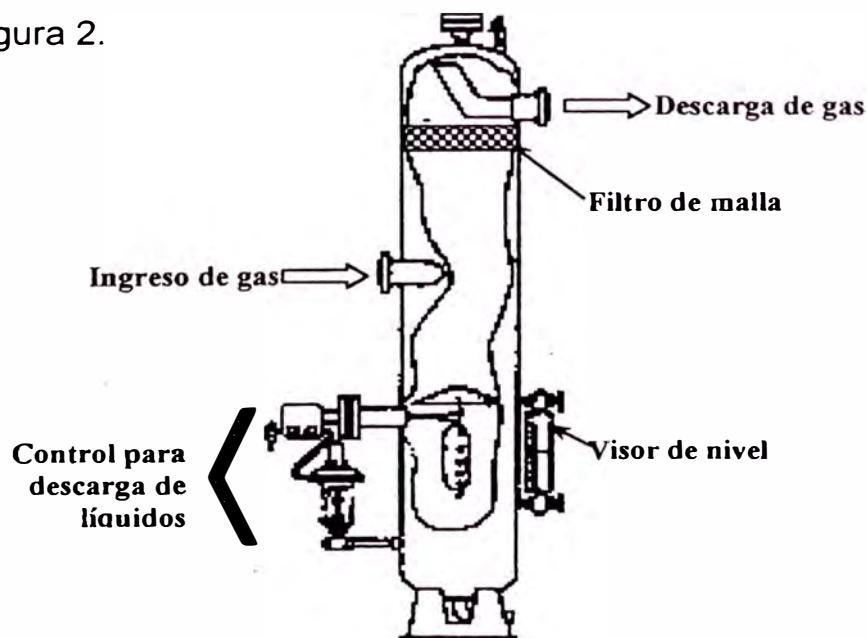


Figura 2.7 : Esquema de separador vertical tipo "Scrubber"

y es utilizado para ultimar la separación del líquido arrastrado por el gas a la descarga del separador primario y permitir posteriormente la quema o tratamiento ulterior para utilizar este producto como combustible, e incluso sí la cantidad de gas es importante, este puede tratarse con miras a su comercialización.

Con la finalidad de mejorar la caída de gas a la descarga de los separadores tipo Scrubber, se emplea frecuentemente filtros fabricados con alambre metálico normalmente de acero inoxidable 316L, tal como se observa en la figura 2.8



Figura 2.8 Filtro fabricado con malla de acero inoxidable tipo “demister”

2.2.3.2 Tanques de tratamiento

Se trata de recipientes que trabajan a muy baja presión, en el orden de algunas pulgadas de agua por encima de la presión atmosférica de acuerdo a la norma API-650. Esta pequeña presión impide el ingreso de aire al sistema, para minimizar las reacciones químicas provocadas por el

oxígeno, además de servir en algunos casos para reducir las pérdidas o contaminación provocadas por la evaporación.

Normalmente estos recipientes son fabricados con plancha de acero al carbono con juntas soldadas o empernadas y la capacidad de los mismos esta en función al flujo total de líquidos o al flujo de aceite que proviene del separador primario, como al grado de sofisticación constructiva seleccionado.

Entre los tipos de tanque mayormente utilizados tenemos a:

2.2.3.2.1 Tanques de lavado

Utilizados para el tratamiento intermedio básico del aceite y se basa principalmente en el hecho de propiciar que el agua contenida dentro del aceite pueda soltarse en un medio acuoso en movimiento, por efecto de la atracción gravitatoria.

2.2.3.2.2 Tanques de sedimentación

Utilizados para el tratamiento intermedio superior del aceite y se basa principalmente en el hecho de propiciar que el agua contenida dentro del aceite pueda separarse en un medio acuoso en reposo, por efecto de la atracción gravitatoria.

2.2.3.2.3 Tanques desnatadores

Utilizados para el tratamiento intermedio del agua y su finalidad es de minimizar la presencia de aceite en el agua que proviene de los equipos de separación primaria, como de los flujos importantes del resto de tanques de tratamiento intermedio.

2.2.4 Equipos de tratamiento final

Estos equipos son utilizados para obtener la calidad propuesta, normalmente impuesta por consideraciones comerciales o de protección al medio ambiente, entre los más comunes podemos citar a los siguientes:

2.2.4.1 Equipos tratadores de gas.

Entre los equipos de tratamiento final del gas existen los no deshidratadores, deshidratadores y los criogénicos.

- No deshidratadores

Utilizados para obtener calidad adecuada del gas para procurar su uso como gas combustible en motores de combustión interna que exigen poca calidad del gas, en este caso el gas es enfriado por encima de 0°C

- Deshidratadores (“DEW POINT”)

Utilizados para obtener calidad adecuada del gas asociado, que dependiendo de la calidad original del gas pueden servir

para alcanzar parámetros exigidos para la venta, en este caso el gas es enfriado por debajo de 0° C

- Criogénicos

Utilizados para obtener calidad óptima del gas de gases naturales con alto contenido de inertes como CO₂ y N₂ para procurar su uso en diferentes campos de la industria, en este caso el gas es enfriado hasta lograr separar parte importante de los inertes.

2.2.4.2 Tratadores de aceite.

Entre los equipos comúnmente utilizados se puede nombrar a los siguientes:

Tratadores térmico – hidráulicos (Mixer)

Tratadores electrostáticos

Tratadores térmicos

Tratadores térmico- electrostáticos

Tratadores Centrífugos (Deshidratadores centrífugos)

2.2.4.3 Tratadores de agua

Entre los equipos más comunes se pueden nombrar los siguientes:

Tratador de placas

Centrífugos (hidrociclones)

Por flotación de medio gaseoso (DGF)

Filtros.

2.2.5 Válvulas y ductos.

Se trata de todas las válvulas y ductos utilizados para direccionar, controlar, aislar e interconectar el flujo en forma total o parcial, con los diferentes equipos que componen la batería.

Además de las válvulas nombradas en el punto: 2.2.2.2.11, es posible utilizar válvulas de control modulante, con sus respectivas derivaciones para mantener niveles correctos en los tanques de tratamiento.

2.2.6 Instrumentos y accesorios.

Se trata de todos los instrumentos utilizados, para registrar, regular y/o, transmitir señales de mando, par efectuar el control de parámetros importantes para el buen funcionamiento de la batería en su conjunto.

Además de los nombrados en el punto: 2.2.2.2.10, es posible utilizar instrumentos para registrar, regular y transmitir señales de mando, para controlar el nivel adecuado en tanques de tratamiento, así como gobernar el comportamiento sobre los equipos rotativos, utilizados para recuperar, transferir y dosificar productos principales e insumos utilizados para obtener la mejor performance de la batería.

2.2.7 Equipos rotativos.

Entre los equipos rotativos principales que componen una batería de producción, podemos mencionar a los siguientes:

Equipos para transferir productos.

Comprende todos los equipos de bombeo empleados para transferir los productos en forma parcial o total, por razones de tratamiento, disposición y despacho por venta.

El tipo de equipo de mayor es la bomba centrífuga acoplada a motor eléctrico, pero dependiendo de la potencia, capacidad y grado de operatividad exigidos, pueden estar acoplados a motores de combustión interna y hasta a turbinas, como se observa en la figura 2.9

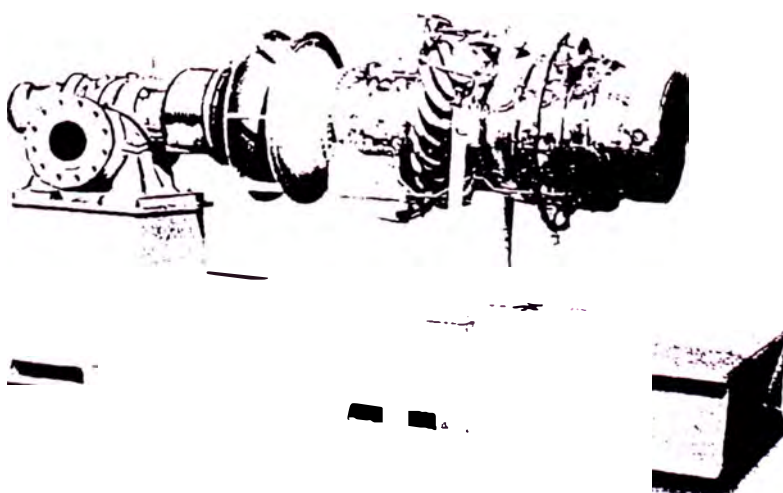


Figura 2.9: Turbo bomba

Dependiendo del grado de viscosidad del aceite producido, se puede optar por el uso de bombas de desplazamiento positivo, normalmente de tornillo de tres husillos, lubricados con el mismo producto.

Para obtener el mejor control y para adaptarse a demandas variables propias del proceso, es común y muchas veces recomendable utilizar variadores de velocidad incorporados a los tableros eléctricos de control y fuerza de los motores eléctricos.

Cuando se trata de transferir productos gaseosos, es recomendable por razones de tratamiento utilizar compresores reciprocantes, puesto que las presiones exigidas son relativamente elevadas para obtener calidad adecuada del gas.

Equipos para dosificar productos.

Forman parte de este tipo de equipos, todos aquellos utilizados para agregar agentes en forma directa al producto principal o secundarios, así como sustancias que favorezcan a un buen comportamiento de los equipos de tratamiento, incluido los rotativos.

Los agentes químicos normalmente son utilizados para favorecer la coalescencia de partículas sólida y/o gotitas líquidas y acelerar su separación del medio base, inhibir la corrosión para retardar la corrosión sobre los equipos en contacto con el producto sobre todo del agua y del gas y desemulsionar los productos durante

el tratamiento(sobre todo el aceite del agua y gas) para optimizar la separación del contaminante del medio base.

Las sustancias dosificadas para mantener en buenas condiciones los equipos rotativos normalmente comprenden a los siguientes tipos de agentes:

- limpiadores o lavadores

Utilizados para efectuar lavado de sellos mecánicos, en este caso normalmente se utiliza agua adecuadamente tratada.

- Refrigerantes.

Normalmente utilizados en motores de combustión interna en general

- Lubricantes

Utilizados en sistemas de lubricación centralizados, con dosificación automática.

2.3 Consideraciones para la operación y servicio de los equipos e instalaciones

La principal consideración es el de disponer y hacer uso racional de los equipos e instalaciones, esto significa que la batería deberá disponer de una cantidad mínima de equipos e instalaciones, apropiadamente diseñados y/o seleccionados, evitando el uso redundante de los mismos, con la capacidad de poder tratar satisfactoriamente la totalidad de la producción del campo petrolero asignado, con confiabilidad y operatividad adecuados.

Para el diseño y selección de los equipos e instalaciones, se deberá observar la mayor sencillez que a su vez, permita obtener resultados satisfactorios. Entre los parámetros a tener en cuenta, se pueden nombrar los siguientes:

- Tipo de operación

Puede optarse por uno de los siguientes tipos: manual, semi automática, automática y automática remota.

- Tipo de servicio

Los servicios requeridos en una batería de producción pueden dividirse en los siguientes:

- Servicio de regulación.

Son todos aquellos servicios físicos y/o que de acuerdo al diseño resulten necesarios aplicar durante el proceso de tratamiento, para adecuarse a cambios previstos en los parámetros observados para el diseño.

Los parámetros principales a observar son los siguientes:

- Temperatura y/o temperaturas para cada uno de los procesos.
- Flujo puntual o instantáneo.
- Presión y/o presiones propias o aplicadas exteriormente durante el proceso u operación.
- Las ppm o porcentaje de agua en aceite.
- Las ppm de aceite en el agua
- Dosificación de insumos. (normalmente agentes químicos)

- Servicio de mantenimiento

Son todos los servicios que sean necesarios aplicar para mantener o restaurar la performance de los equipos, de acuerdo al diseño.

- Servicio de alternatividad de equipos e instalaciones.

Se trata de todos aquellos cambios que impliquen suplantar algún equipo por otro disponible en la batería de performance similar en su diseño.

2.4 Alternativas

Observando lo enunciado en el punto 2.2 sobre la composición y descripción de los equipos e instalaciones que componen normalmente una batería de producción, existe la posibilidad de aplicar otros criterios físicos igualmente válidos para efectuar el proceso requerido, con el objeto de obtener mayores ventajas técnico- económicas, un ejemplo de un proceso distinto al de aplicar separación primaria estimulada sólo por la aceleración gravitatoria terrestre, consiste en aplicar separación centrífuga, tanto para separar el gas de los líquidos y luego el agua del aceite, tal como se ilustra en la figura N° 2.10 y sí bien es cierto que este tipo de proceso demanda una mayor energía desde los pozos, este hecho puede quedar compensado, por el menor uso de instalaciones y por ende de los servicios requeridos para las siguientes etapas.

Sobre esta misma base, puede aplicarse una combinación de equipos que pueden diferir en sus principios físicos de funcionamiento para obtener ventajas técnico económicas.

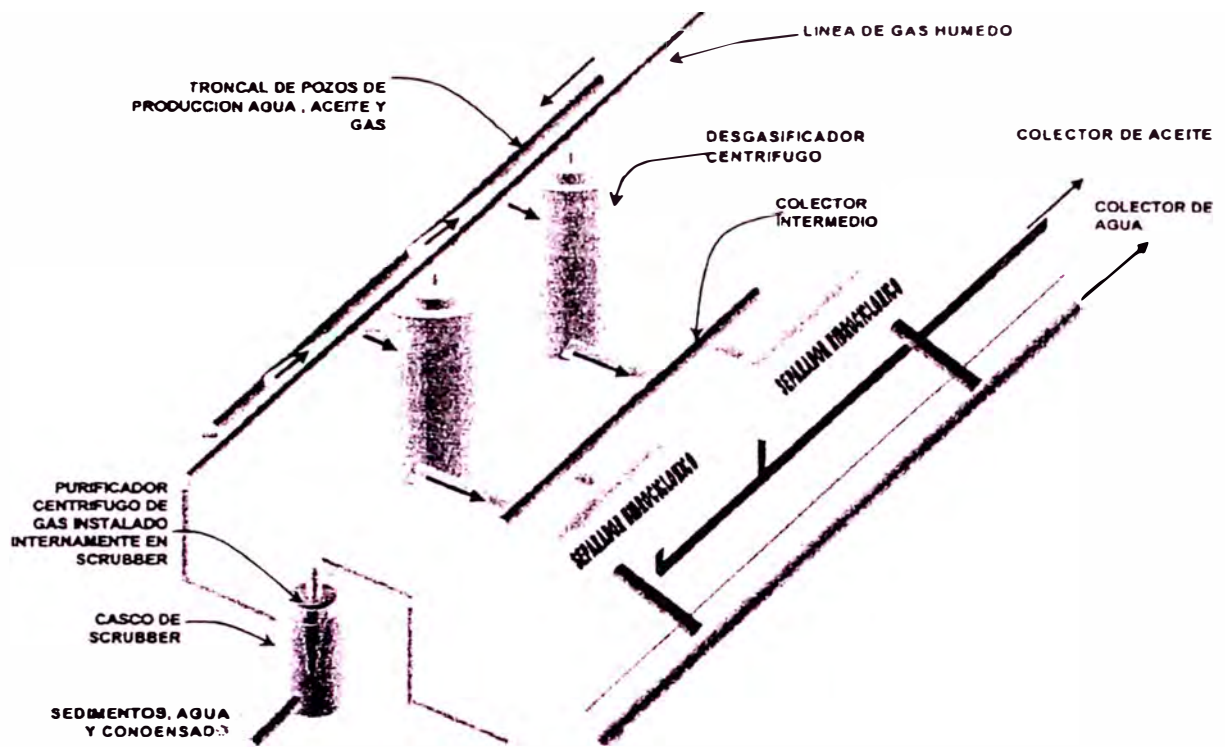


Figura 2.10 : Separación primaria tipo centrífuga

CAPITULO 3

CONSIDERACIONES DEL PROCESO

3.1 Composición de una batería de producción

Para una mejor descripción del proceso operativo, tomamos como base una batería convencional que se ilustra en forma esquemática en la

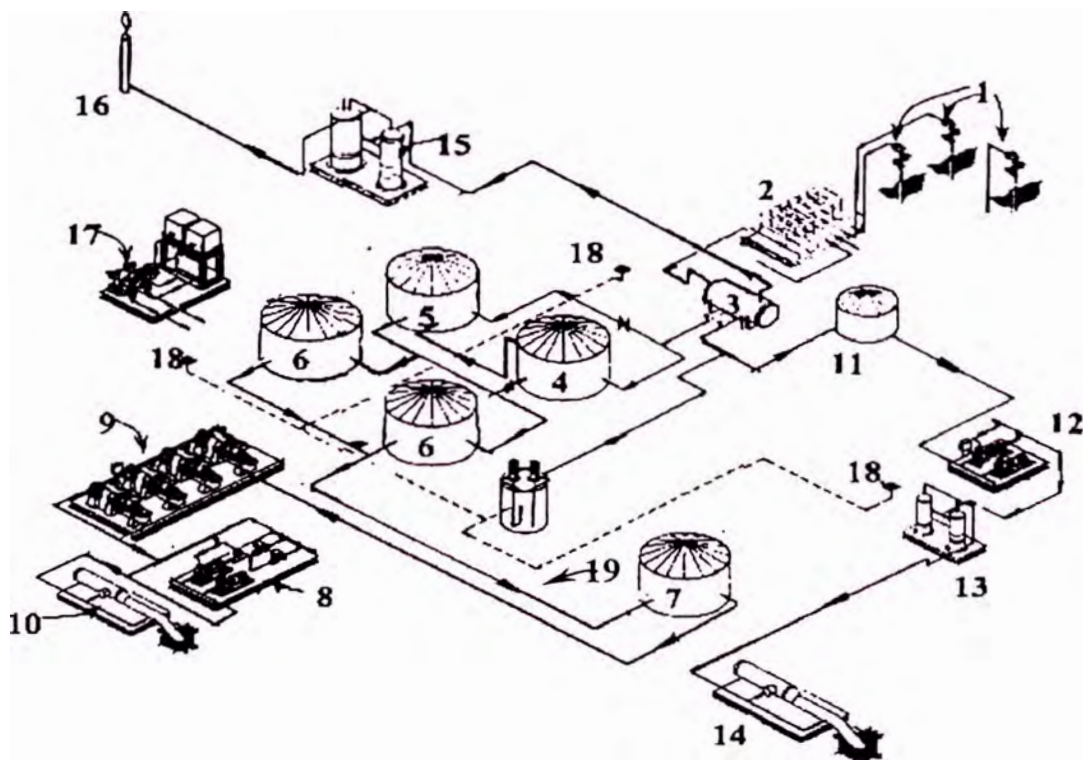


Figura 3.1: Esquema de batería convencional

LEYENDA:

ITEM	DESCRIPCION
1	POZOS PRODUCTIVOS

2	MANIFOLD
3	SEPARADOR TRIFASICO
4	TANQUE GUNBARREL
5	TANQUE DE LAVADO
6	TANQUES DE SEDIMENTACION
7	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE
8	MEDIDOR DE FLUJO DE ACEITE
9	BOMBAS PARA TRANSFERIR ACEITE POR OLEODUCTO
10	TRAMPA DE LANZAMIENTO PARA OLEODUCTO
11	TANQUE DESNATADOR
12	BOMBAS PARA TRANSFERIR AGUA DE PRODUCCION
13	EQUIPO DE TRATAMIENTO FINAL DEL AGUA DE PRODUCCION
14	TRAMPA PARA LANZAMIENTO DEL ACUEDUCTO.
15	SEPARADORES TIPO SCRUBBER
16	QUEMADOR DE GAS
17	SISTEMA DOSIFICADOR DE INSUMOS QUIMICOS.
18	PUNTOS COLECTORES DE DRENAJE
19	TANQUE SUMIDERO

Preliminarmente citamos a continuación los equipos considerados disponibles, incluyendo los equipos instalados en el extremo superior de los pozos.

3.1.1 Instalaciones en superficie de pozos

- Cabezal de pozo y válvulas conexas. (Item 1 de la figura 3.1)
- Tablero eléctrico de equipo de subsuelo (los pozos no son surgentes y tienen instalados un conjunto sumergido de bomba y motor eléctrico.)
- Equipos dosificadores de agentes químicos
- Línea o líneas de producción.
- Instrumentos

3.1.2 Instalaciones en batería

Se nombra a continuación los equipos disponibles en una batería convencional.

- Manifold, ítem 2 de la figura 3.1
- Separadores primarios de totales y de prueba. (Separadores trifásicos o bifásicos, en la figura 3.1 se esquematiza un separador trifásico, identificado como ítem N°3)
- Sistema de instrumentos y válvulas reguladoras a la descarga de los separadores primarios.
- Tanque "Gunbarrel", denotado en la figura 3.1 como el ítem N°4.
- Tanque de Lavado, ítem 5 en la figura 3.1
- Tanque Desnatador, ítem 11 en la figura 3.1
- Tanques de sedimentación, ítem 6 en la figura 3.1
- Tanque de almacenamiento.
- Tanque de prueba, no considerado en la figura 3.1
- Tanque sumidero, ítem 19 de la figura 3.1
- Equipo para tratamiento final del agua de producción, ítem 13 en la figura 3.1
- Edificación para el tratamiento adecuado de lodos, no considerado en la figura 3.1
- Líneas, válvulas y accesorios de interconexión, dosificación y muestreo
- Dosificadores de agentes químicos, ítem 17 de la figura 3.1

- Conjunto de equipos rotativos, normalmente accionados por un motor eléctrico. (items 9 y 13 de la figura 3.1)

3.2 Proceso en instalaciones de superficie de pozo

- Al iniciarse la operación de un pozo, se apertura la válvula disponible en el cabezal del pozo, esta acción posibilita que el flujo pueda desplazarse hacia el manifold dispuesto al ingreso a la batería.
- Sí el pozo no es surgente, el siguiente paso es energizar el equipo asignado al pozo, con la finalidad de hacerlo producir.

Luego se pone en marcha el equipo, ajustando sí es posible la performance del mismo, para lograr una producción óptima del pozo, en esta misma etapa se ajusta la dosificación de agentes químicos necesarios.

3.3 Proceso en batería

- El flujo total provisto por los pozos de plataformas ingresa al separador trifásico seleccionado para este uso.
- El flujo dentro del recipiente se separa por decantación o flotación gravimétrica en las tres fases que componen el mismo, luego cada componente es tratado en forma diferenciada.
- El agua salada se descarga en forma intermitente o en forma continua modulada de acuerdo al nivel de interfase agua – aceite dentro del recipiente del separador trifásico.

- El aceite se descarga en forma intermitente o continua y modulada de acuerdo al nivel de interfase aceite – gas dentro del recipiente del separador trifásico.
- El gas se descarga continuamente, manteniendo una presión interna adecuada en el separador trifásico, esto es gobernado por una válvula reguladora de presión del tipo: “backpressure”.
- El agua salada, después de separarse por el tratamiento primario ingresa al tanque desnatador. Además del agua salada que proviene del separador, ingresarán al tanque desnatador todas las descargas importantes de agua que provengan del resto de tanques.
- El agua que se descarga del tanque desnatador se dirige al equipo disponible, previamente seleccionado para efectuar el último tratamiento convencional de una batería de producción. (en la figura 3.1 se considera el uso de filtros, pero lo más común es la poza API, aún cuando este equipo se está abandonando por carecer de resultados adecuados, para las regulaciones impuestas para proteger el medio ambiente, además que su construcción demanda gasto considerable y a la para de otros equipo de mejor performance)
- El agua en condiciones adecuadas y que se descarga del equipo de tratamiento final, es transferida al lugar asignado para su disposición final. (normalmente en el Perú se continúa utilizando ríos de gran cauce)
- El aceite que proviene de la separación primaria, ingresará al tanque denominado “gun-barrel” en donde por decantación y por efecto de

arrastre de dos medios no inmiscibles el agua tiende a separarse del aceite.

- El aceite que se descarga del tanque gun-barrel es conducido hacia el tanque de lavado, pero antes es obligado a circular por un dispositivo llamado mezclador en donde se inyecta agua dulce al aceite con la finalidad de atrapar la sal presente en el aceite.
- En el tanque de lavado el agua dulce es separada por decantación del aceite, llevando consigo las sales captadas, la descarga de agua de este ingresa por vaso comunicante al tanque desnatador.
- El aceite que proviene del tanque de lavado ingresa al tanque de sedimentación en donde el agua remanente en el aceite es separada por decantación gravimétrica, aprovechando el reposo absoluto que debe disponerse para este tipo de tanques, debe entenderse que para este fin por lo menos debe disponerse de un mínimo de dos tanques de sedimentación por batería.
- El aceite en condiciones adecuadas y que se descarga del tanque de sedimentación, es transferido al tanque de almacenamiento.
- Finalmente el aceite disponible en el tanque de almacenamiento es transferido al lugar de venta o recepción final, normalmente haciendo uso de un oleoducto, que en el medio y largo plazo resulta ventajoso, tanto económicamente como operativamente.
- Cuando se realizan pruebas de producción de cada pozo, el flujo del pozo en cuestión es dirigido mediante el manifold al separador bifásico disponible para efectuar pruebas.

- El gas separado en el separador bifásico de prueba es descargado hacia el mismo colector común del resto de separadores (normalmente no se acostumbra medir el gas separado por cada pozo en cada prueba) y el agua juntamente con el aceite confluye por un tiempo determinado hacia el tanque de prueba, este tiempo normalmente depende del caudal de líquidos aportado por el pozo y la capacidad del tanque de prueba, pero se estipula un tiempo mínimo de prueba igual a 4 horas.
- Terminada la evaluación del pozo, en base a volúmenes colectados en el tanque de prueba, en el tiempo establecido, el agua del tanque de prueba se descarga al tanque desnatador y el aceite al tanque gun barrel, para esta acción, en la mayoría de casos se hace uso de bombas y ductos previamente instalados en forma permanente.
- En operación normal, prácticamente es inevitable drenar algo de aceite y agua, estos drenajes de menor cuantía, descargaran al tanque sumidero, de donde se recuperará por bombeo hacia el tanque desnatador y algunas veces es dirigido al gun-barrel, normalmente este flujo proviene de los muestreadores y purgas de válvulas e instrumentos.
- El lodo o borra depositado en el fondo de los tanques de tratamiento (tanque de lavado, desnatador y los de sedimentación), es retirado periódicamente y descargado hacia las instalaciones asignadas para el tratamiento de lodos, esta acción deja fuera de servicio el tanque en cuestión, es por esta razón que resulta insuficiente un solo tanque para

cada tipo, en el caso particular de los tanques de sedimentación es recomendable, para salvar esta contingencia, disponer como mínimo de tres tanques, o uno que pueda habilitarse y suplir temporalmente a cualquier otro que sea retirado por servicio..

Es de observar que se ha supuesto que todos los tanques de tratamiento, no disponen de un sistema apropiado para evacuación de lodos, con los tanques en operación o sin que exista la necesidad de retirarlos del servicio, claro esta que sí los tanques de tratamiento disponen de características apropiadas para evacuación periódica de lodos sin interrumpir su servicio, entonces puede lograrse mayor disponibilidad y un menor número de tanques será necesario.

3.4 Composición mínima para el proceso descrito

Para el tipo de batería, proceso descrito y con la finalidad de lograr confiabilidad y operatividad mínimos, se debe disponer como mínimo de la siguiente cantidad de equipos e instalaciones:

- Un (01) Manifold
- Dos (02) separadores primarios, un trifásico de totales y un bifásico para prueba de pozos.
- Dos (02) sistemas completos de instrumentos y válvulas reguladoras a la descarga de los separadores primarios y para cada uno de los separadores.
- Un (01) del tipo "Gun-Barrel".
- Un (01) tanque Lavador.

- Un tanque desnatador.
- Dos (02) tanques de sedimentación, uno operando y su stand-by
- Un (01) tanque de almacenamiento.
- Un (01) tanque de prueba.
- Un (01) tanque sumidero
- Un (01) tanque habilitado para reemplazo temporal del resto de tanques
- Un (01) equipo para tratamiento final de los efluentes.
- Edificación apropiada para el tratamiento de lodos.
- Un conjunto de líneas, válvulas y accesorios de interconexión, dosificación y muestreo
- Un conjunto de dosificadores de agentes químicos.
- Un conjunto de equipos rotativos.

3.5 Consideraciones para la calidad del proceso

La calidad del proceso se evalúa en general por los resultados técnico económicos obtenidos

Entre los parámetros técnicos tenemos a los siguientes:

- Calidad del aceite

Medido en función al agua remanente presente en el aceite, esta no debe superar 0.1% de agua salada con 150,000 ppm de sales disueltas, en realidad el parámetro legalmente observado es el de libras de sal por cada mil barriles, (PTB) este valor no debe superar un valor de 10, evaluados en función de la resistividad eléctrica de la

muestra. Esta condición es exigida en el punto de venta y/o de transporte.

- Calidad del agua

Medido en función del aceite presente en el agua, evaluado en ppm de aceite en agua, este valor debe ser menor a los 20 ppm. Esta condición es conminatoria por consideraciones ambientales.

- Calidad del gas

Medido en función al arrastre de líquidos (agua y condensados a la descarga), el arrastre excesivo de agua debe evitarse, incluso cuando se requiere solo quemar el gas. En caso que se requiera vender o utilizar posteriormente el gas como combustible, deberá tratarse el gas para obtener los parámetros exigidos por el punto de venta, que normalmente registra la composición total del gas (metano, etano, propano, butanos, pentanos, exanos y otros), exigiendo valores adecuados de índice de metano y poder calorífico.

- Calidad del lodo

El lodo que finalmente puede deshecharse o mezclarse con el medio ambiente o el entorno, deberá contener un mínimo de residuos grasos.

3.6 Monitoreo

Para evaluar la calidad de aceite y agua es práctica común efectuar diariamente los análisis respectivos, utilizando reactivos químicos, y otros instrumentos presentes en los laboratorios, como son: el

instrumento centrifugador, registrador de resistividad eléctrica y registrador de turbidez.

3.6.1 Monitoreo de la calidad de aceite

Para evaluar la calidad de aceite, en campo es práctica común efectuar diariamente los análisis respectivos, utilizando reactivos químicos, y otros instrumentos presentes en los laboratorios, como son: el centrifugador y registrador de resistividad eléctrica.

3.6.2 Monitoreo de la calidad de agua.

Para evaluar la calidad de agua, en campo es práctica común efectuar diariamente los análisis respectivos, en muestras tomadas a la descarga de la batería, agitando la muestra con cloroformo que sirve como agente para atrapar las grasas y aceites presentes, luego a esta mezcla (cloroformo más grasas), se le mide la turbidez por medio ópticos, con la ayuda de un difractómetro disponible en el laboratorio. Este índice de turbidez es comparado por medio de una tabla para obtener una concentración de aceite equivalente en partes por millón (ppm: miligramos de aceite por litro)

3.6.3 Monitoreo de la calidad de gas

Normalmente, cuando se trata de baterías de producción con gas asociado (nuestro caso) y no resulta ventajoso su utilización, no

se práctica monitoreo alguno, salvo observaciones cualitativas sobre la concentración de líquidos en el gas, tratándose mayormente de agua y gasolinas, que pueden dificultar la quema. Cuando el gas asociado es utilizado como fuente de energía, para diferentes equipos, resulta necesario y recomendable efectuar monitoreo periódico, sobre todo después de realizar ajustes en la batería, cambios en la producción o cambios en la selección de las formaciones aportantes en los pozos.

En este último caso el monitoreo consiste básicamente en tomar muestras representativas del gas, a los que se debe practicar las cromatografías correspondientes, así como evaluar en sitio el contenido de agua y sólidos.

Cuando se trata de baterías que abastecen al mercado de gas, los máximos permitidos para los elementos indeseables se encuadran en los siguientes valores:

Agua (H₂O) : 65 mg/m³

Dióxido de carbono: 2% molar

Total de inertes: 4% molar (normalmente nitrógeno, CO₂)

Sulfuro de hidrógeno: 3mg/m³

Azufre entero: 15 mg/m³

3.6.4 Monitoreo del comportamiento del pozo.

Cuando se requiere evaluar la producción de cada pozo, se dirige el flujo del pozo que se va a evaluar hacia el separador de prueba, que normalmente se trata de un separador bifásico, el mismo que separa el gas de los líquidos presentes; los líquidos son descargados a un tanque de prueba, por un periodo de tiempo, luego el flujo de este pozo es puesto nuevamente al separador de totales, al cabo de un lapso de tiempo de reposo adecuado, el volumen de aceite y agua es medido con una wincha calibrada, determinándose así el comportamiento aportante del pozo en función al caudal promedio desplazado, hoy en día el uso frecuente del tanque de prueba, esta siendo reemplazado por medidores que en la práctica están resultando confiables para contabilizar la fase líquida sobre amplios márgenes en caudal, densidad y viscosidad, entre los más utilizados, están los del tipo másico. En el mercado también se proveen equipos capaces de contabilizar en tiempo real y en forma diferenciada cada componente, (agua, gas y aceite) pero lo que aún restringe el uso masivo de estos instrumentos, es su costo que va de 5 a 10 veces el costo de un medidor del tipo másico.

CAPITULO 4

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO Y/O SELECCION

4.1 Diseño de Manifold

Para el diseño de manifold, debe observarse los siguientes criterios:

Maniobrabilidad

El manifold deberá ser fácilmente manipulado y/o controlado a distancia, por esta razón el manifold debe guardar dimensiones y accesorios adecuados que optimizen su acceso y operación.

Mantenibilidad

El manifold deberá guardar características que faciliten su mantenimiento y/o reparación periódica necesaria, a realizarse en condiciones seguras, sin arriesgar la integridad del personal de servicio; para esto, debe considerarse dentro de las facilidades, configuración y disposición apropiada, como por ejemplo: el nivel mínimo respecto al piso y separación mínima entre líneas, (para facilitar la manipulación de las herramientas necesarias), disponer de líneas de flujo alternativo, empalmes y conexiones auxiliares, etc.

Intercambiabilidad

El manifold deberá guardar características, que faciliten el reemplazo de partes y componentes repetitivos o de alta frecuencia de servicio, empleando un mínimo de tiempo.

Riesgo ambiental

El manifold deberá disponer de facilidades, para eliminar o minimizar la contaminación del medio ambiente, por ejemplo debe disponer de loza de mortero en el piso, adecuadamente cubierto con impermeabilizantes, cerco perimétrico y canal o tubo colector de desechos contaminantes, con la finalidad de canalizar o recuperar apropiadamente los derrames cuando por alguna razón se aperture o retiren algunos componentes del mismo.

Comportamiento hidráulico

Las tuberías y válvulas deberán guardar dimensiones y características apropiadas para lograr con un mínimo de pérdidas hidráulicas un desplazamiento adecuado del fluido, observando el hecho de existir en el manifold flujo multifásico.

Con la finalidad de determinar los diámetros, espesores de la tubería, debe efectuarse lo siguiente:

- Determinar el tipo de material o materiales a emplear

De acuerdo al tipo de material seleccionado, se deberán fijar la capacidad máxima para el desplazamiento del fluido, a mayor resistencia contra el desgaste y la corrosión, mayores velocidades de flujo y/o menores espesores podrán ser empleados.

- Determinar la caída de presión permitida.

Normalmente esta caída no debe superar un 10% de la presión disponible antes de ingresar al manifold, pero siempre es recomendable estimar económicamente la pérdida hidráulica en función al decremento en la producción y al probable incremento en el consumo de energía en los equipos instalados corriente arriba.

- Velocidad de flujo

Las velocidades deben de fijarse entre valores mínimos, para minimizar la formación de bolsas de gas, así como la decantación de sólidos en la tubería y valores máximos para minimizar o eliminar el desgaste de la tubería por erosión y corrosión, causado por los sólidos presentes y compuestos corrosivos, como el anhídrido carbónico.

En el caso de flujos multifásicos se recomienda velocidades mínimas de 10 a 15 pies/seg. y máxima de 60 pies/seg. por consideraciones de ruido, y de 50 pies/seg., para inhibir la corrosión por presencia de CO₂, para estimar la velocidad máxima, es común utilizar la expresión experimental que figura en la norma API RP 14E, que para flujos multifásicos es usualmente expresada como:

$$V_e = C/\rho_m^{1/2} \dots\dots\dots(4.1)$$

En donde:

Ve : Velocidad Erosiva pie/seg.

C : Constante de flujo erosivo (150 a 200)

ρ_m : Densidad media de la mezcla a la presión y temperatura fluyentes

La densidad media puede ser expresada como:

$$\rho_m = \frac{12\,409 \cdot \gamma \cdot P + 2,7 \cdot S \cdot R \cdot P}{198,7 \cdot P + Z \cdot R \cdot T} \dots\dots\dots (4.2)$$

Donde:

ρ_m : Densidad media en Lb/pie³

γ : peso específico del líquido relativo al agua, utilizar la media de la mezcla de aceite más agua.

P: presión en psia

S: gravedad específica del gas en condiciones estándar

R: relación gas líquido, pie³/bl

Z: Factor de compresibilidad del gas

T: Temperatura del fluido en °R

- Diámetro de la tubería (D)

Los diámetros a emplear para las tuberías, deben ser determinados sobre la base de la velocidad máxima permitida en función a los criterios recomendados, es decir sobre la base de V_e , 50 o 60 pies/seg., observando a estos valores como limitantes, sobre las velocidades que finalmente se consideren permisibles para la red de tuberías que componen el manifold; además es recomendable con la finalidad de prever caídas e incrementos en la producción, durante la explotación y plazo previsto en el que la batería deberá

responder satisfactoriamente, seleccionar el diámetro del tubo, ajustándose a una capacidad media esperada.

El diámetro “D” a seleccionar puede ser estimado utilizando la siguiente expresión:

$$D = \left(\frac{(11,9 + (Z * R * T) / (16,7 * P)) * Q_l}{(1\ 000\ V)} \right)^{1/2} \dots (4.3)$$

En donde:

- D:** Diámetro de la tubería
- Z:** Factor de compresibilidad del gas
- R:** relación gas líquido ,pie³ / bbl, los pies cúbicos de gas deben estar en condiciones estándar (14.7 psia a 60°F) y los barriles consideran la totalidad de líquidos, agua + aceite
- T:** Temperatura del fluido en °R
- P:** presión en psia
- Q_l:** Caudal de líquidos en bpd
- V:** es la velocidad seleccionada para el diseño en pies/seg.

Observar que los resultados, no deberá exceder 60 pies/seg. aún cuando los porcentajes de CO₂ no excedan de 1%, para porcentajes mayores de CO₂, la velocidad se debe limitar a 50 pies/seg. como máximo, los 60 pies/seg. se limitan por razones de ruido.

El instituto USA “Southwest Research Institute”, consultores e investigadores para el API RP 14E, sugieren que la velocidad erosional V_e , debe ser considerada de acuerdo al tipo de servicio prestado, especificando los siguientes servicios:

- Servicio limpio: Sin sólidos ni corrosión presente
- Servicio erosivo: Con sólidos sin corrosión

- Servicio corrosivo: Con corrosión sin sólidos
- Servicio corrosivo y erosivo: Presencia de sólidos y corrosión

El Instituto en mención, para servicios erosivos recomienda utilizar la siguiente expresión:

$$V_e = K_s * D / (Q_s)^{1/2} \dots\dots\dots (4.4)$$

En donde:

Ve: Velocidad erosional pies/seg.

Ks: Factor de Accesorio (ver tabla 4.1)

D: Diámetro interno en pulgadas

Qs: Sólidos (arena) pies cúbicos/día, este parámetro puede ser estimado en función a los sólidos acumulados en los tanques.

Tabla 2 Factor de servicio erosivo

Accesorio	Relación r/d	Material	Factor Ks		
			Flujo gas seco	Gas humedo	Flujo líquido
Codo	1.5	ASTM 216-WBC	0.95	0.84	44.51
		ASTM A234-WPB	1.49	1.34	
	2.0	ASTM 216-WBC	1.00	0.91	44.51
		ASTM A234-WPB	1.58	1.46	
	2.5	ASTM A216-WBC	1.08	1.00	44.51
		ASTM A234-WPB	1.69	1.60	
	3.0	ASTM 216-WBC	1.15	1.10	37.62
		ASTM A234-WPB		1.73	
	3.5	ASTM 216-WBC	1.28	1.23	16.14
		ASTM A234-WPB	1.95	1.90	
	4.0	ASTM 216-WBC	1.48	1.41	14.07
		ASTM A234-WPB	2.10	2.01	
	4.5	ASTM 216-WBC	1.68	1.60	14.07
		ASTM A234-WPB	2.23	2.12	
5.0	ASTM 216-WBC	1.99	1.90	14.07	
	ASTM A234-WPB	2.38	2.28		
Tee con tapón	-	ASTM 216-WBC	8.73	5.56	20.75
		ASTM A234-WPB	12.85	7.04	14.07
Codo vórtice		ASTM 216-WBC	15.94		26.60

- Espesor de la tubería

Existen diferentes normas utilizadas en el mundo para calcular el espesor apropiado de las tuberías para uno u otro uso, a

continuación listamos estándares utilizados en USA y que son similares a los utilizados en otras partes.

- ANSI B 31.1 utilizado para tuberías que conducen vapor con objetivos energéticos
- ANSI B 31.3 utilizado para plantas químicas y refinerías de petróleo
- ANSI B 31.4 utilizado para el transporte de petróleo líquido, este estándar es el que normalmente se utiliza para lo relativo a facilidades de producción, costa adentro, que es el caso que estamos desarrollando.
- ANSI B 31.8 utilizado para tuberías de distribución y transmisión de gas

Las normas ANSI B 31.1 y ANSI B 31.3 utilizan las mismas ecuaciones para calcular el espesor requerido. El ANSI B31.4 especifica lo mismo que el ANSI B31.8, por consiguiente basta utilizar los estándares ANSI B 31.3 y ANSI B31.8 utilizados comúnmente para calcular el espesor de las tuberías, en general pero no siempre el ANSI B 31.3 proporciona resultados más conservadores.

De acuerdo al estándar ANSI B 31.3 la expresión para calcular el espesor de la tubería es la siguiente:

$$t = (t_c + t_{th} + P \cdot d_o / (2 \cdot (S \cdot E + P \cdot Y))) \cdot (100 / (100 - Tol)) \quad (4.5)$$

En donde:

t : espesor requerido en pulgadas

t_{ac}: corrosión permitida en pulgadas

t_{th}: profundidad de la rosca o ranura practicada, en pulgadas

d_o: diámetro exterior del tubo en pulgadas

S: esfuerzo máximo permisible en psi (ver tablas 3 y 4)

E: eficiencia de junta practicada en el tubo durante su fabricación, par tubos sin costura $E = 1$ y para tubos con costura $E = 0.85$

Y: factor, es 0.4 para materiales ferrosos por debajo de 900°F

Tol: tolerancia permitida por los fabricantes de la tubería, por ejemplo de acuerdo al API 5L es aceptable un sobre esfuerzo de 12.5% para tubos de hasta 20" de diámetro nominal y 10% para tubos mayores a 20".

Tabla 3: Esfuerzo permisible para tuberías sin costura grado B en psi

Temperatura, °F	ASTM A 106	API 5L
-20 a 100	20 000	20 000
200	20 000	19 100
300	20 000	18 150
400	20 000	17 250
500	18 900	16 350
600	17 300	15 550
650	17 000	15 000

Tabla 4: Esfuerzo permisible para otros grados de tubería, ANSI B 31.3

Grado	Temperatura mínima (°F)	Esfuerzo permitido a 100°F
API 5L	-20	20 000
API 5LX42	-20	20 000
API 5LX-46	-20	21 000
API 5LX – 52	-20	24 000
ASTM A – 106B	-20	20 000
ASTM A-333-6	-50	20 000
ASTM A-369-FPA	-20	16 000
ASTM A – 524 – FPB	-20	20 000
ASTM A – 524 – I	-20	20 000
ASTM A – 524 – II	-20	18 300

Adicionalmente el estándar ANSI B31.3 permite para variaciones ocasionales (no frecuentes) los siguientes criterios para poder excederse de las presiones de diseño:

Cuando las variaciones no se prolongan más de 10 horas por ocurrencia continua y no más de 100 horas al año se acepta hasta 33% de sobrepresión.

Cuando las variaciones no se prolongan más de 50 horas por ocurrencia continua y no más de 500 horas al año, es permisible una sobre presión de hasta 20%.

De acuerdo al estándar ANSI B 31.8 el espesor de la tubería puede ser calculado por la siguiente expresión:

$$t = P \cdot d_o / (2 \cdot F \cdot E \cdot T \cdot S) \dots\dots\dots (4.6)$$

En donde:

t : espesor requerido en pulgadas

P: presión interna en el tubo en psi

d_o: diámetro exterior del tubo en pulgadas

S: esfuerzo mínimo de fluencia del tubo en psi

F: factor de diseño, ver tabla 5

E: eficiencia de junta practicada en el tubo durante su fabricación, para tubos sin costura E =1, para tubos electrosoldados E=0.8, para tubos soldados en horno E=0.6

T: factor de degradación por temperatura ver tabla 6.

Tabla 5: factor de diseño F

Tipo de locación (Definición B 31.8)	Factor de diseño (F)	Descripción general
Locación 1, División 1	0.8	Areas poco habitadas, bosques y desiertos
Locación 1, División 2	0.72	Areas poco habitadas, bosques y desiertos
Locación 2	0.6	Areas periféricas de ciudades y centros poblados.
Locación 3	0.5	Areas residenciales e industriales.
Locación 4	0.4	Areas muy pobladas

Tabla 6 : Factor de degradación por temperatura (T)

Temperatura, °F	Factor (T)
-20 a 250	1
300	0.967
350	0.933
400	0.9
450	0.867

Debe observarse que el producto: $F \cdot E \cdot T \cdot S$, representa al esfuerzo permitido sobre la base del esfuerzo de fluencia del material con el que ha sido fabricado el tubo.

La locación esta definida por el término "one-mile section", que es el área ocupada por una longitud de una milla de ducto, multiplicado por un cuarto (1/4) de milla de ancho, con el tubo al centro, dentro de esta área deberá contabilizarse la densidad del centro poblado, así:

- **Locación clase 1**, se refiere a una densidad de 10 o menos edificios ocupados por humanos.

Clase 1 División 1: en donde $F_{\text{máx}}=0.8$ requiriendo una presión hidrostática de 1.25 veces la máxima presión de trabajo.

Clase 1 División 2: en donde $F_{m\acute{a}x}=0.72$, requiriendo una presi3n hidrostática de 1.1 veces la máxima presi3n de operaci3n.

- **Locaci3n clase 2**, se refiere a una densidad de más de 10 pero menos de 46 edificios habitados por humanos
- **Locaci3n clase 3**, referido a una densidad de 46 o más edificios habitados
- **Locaci3n clase 4**, referido a centros poblados con alta densidad de edificios, trfico y comercio en general.

Para nuestro caso aplicaremos la norma ANSI B31.3, por tres consideraciones particulares:

- La presi3n de trabajo es relativamente pequeña en el manifold, (menor a 60 psi).
 - Por existir riesgo de falla por corrosi3n y para este caso el espesor de la tubería debe ser gobernado por la corrosi3n.
 - Por existir la posibilidad de que algunas juntas se realicen por roscado o ranura para juntas tipo Victaulic.
- **Caída de presi3n en el manifold e interconexiones hasta el separador**

Por lo expuesto, sabemos que el flujo que proviene de los pozos, se distribuye en el manifold e ingresa a los separadores es de carácter multifásico, por este hecho la expresi3n matemática para estimar la pérdidas hidráulicas difiere de la utilizadas para flujo monofásico, de acuerdo a la recomendaci3n API RP14E ("Design and Instalation of

offshore Production Piping System”) la expresión a utilizar es la siguiente:

$$\Delta P = \frac{3.4 * 10^{-6} * f * L * W^2}{\rho_m * d^5} \dots\dots\dots (4.7)$$

Donde:

L: longitud en pies

W: flujo de liquido y vapor, Lb/hr

ρ_m : densidad de la mezcla

d: diámetro interno del tubo

La expresión esta limitada a utilizarse para los siguientes casos:

- ΔP menores a 10% respecto a la presión de ingreso
- Existencia del flujo tipo burbuja o niebla (ver figura N° 4.1)
- No existen cambios apreciables en la elevación del trayecto del ducto

Además de la expresión recomendada por el API, existen muchas otras, la mayoría de ellas basadas en expresiones semiempíricas que recurren a mapas de flujo, como el que se muestra en la figura 4.2, sin embargo la experiencia ha demostrado que estos mapas no son muy exactos y los resultados en el mejor de los casos, tienen errores del +- 20%.

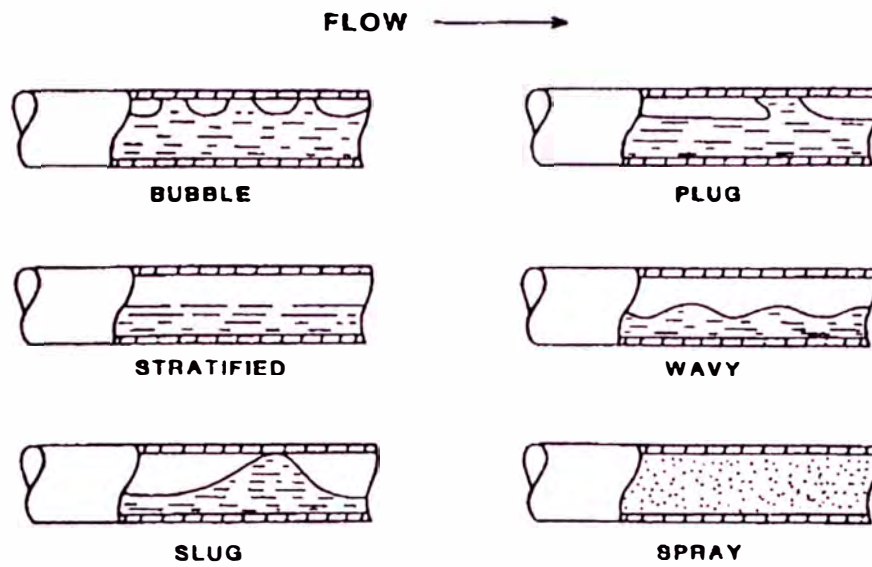


Figura 4.1: Modelos de flujo multifásico horizontal

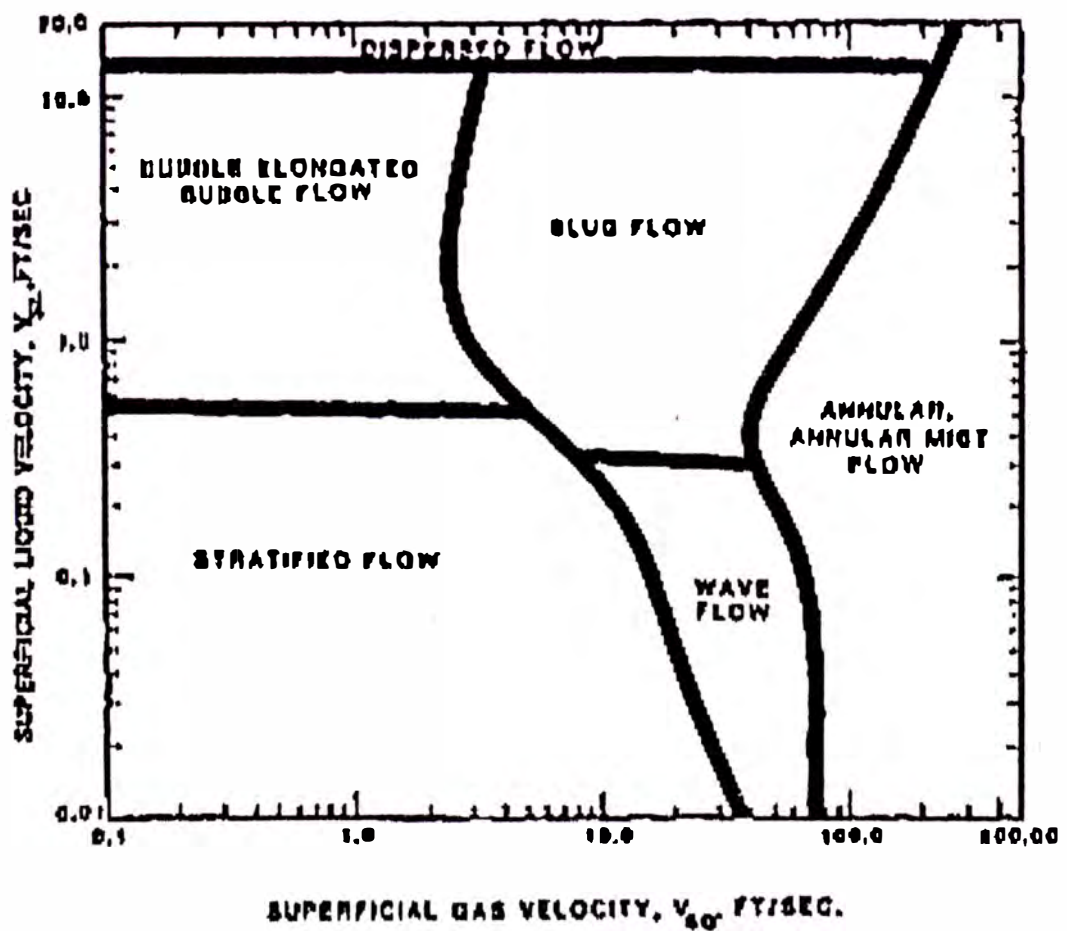


Figura 4. 2: Mapa de flujo multifásico horizontal

En la figura 4.2 se menciona al parámetro velocidad superficial, esta puede calcularse considerando como si cada una de las fases ocupa toda la sección del tubo, es decir:

$$V_{sg} = 4 \cdot Q_g / \pi \cdot d^2 \quad \dots\dots\dots (4.8)$$

$$V_{sl} = 4 \cdot Q_l / \pi \cdot d^2 \quad \dots\dots\dots (4.9)$$

$$V_m = V_{sg} + V_{sl} \quad \dots\dots\dots (4.10)$$

Donde:

V_{sg}: velocidad superficial del gas en pies/seg.

Q_g: caudal de gas en pie³/seg. a la presión y temperatura observado en la línea

Q_l: caudal del líquido en pies³/seg. a la presión y temperatura observado en la línea

d: diámetro interno de la tubería en pies

V_m: velocidad de la mezcla en pies/seg.

Además, el flujo de líquido y vapor puede ser calculado con la siguiente expresión:

$$W = 3180 \cdot Q_g \cdot S + 14,6 \cdot Q_l \cdot \gamma \quad \dots\dots\dots (4.11)$$

Donde:

Q_g: flujo de gas en MMscfd

S: peso específico del gas relativo al aire a condiciones estándar

Q_l: flujo de líquido en bpd

γ: peso específico del líquido relativo al agua

y la densidad media, puede calcularse utilizando la formula 4.2

Respetando las consideraciones tomadas como base para las distintas expresiones matemáticas para evaluar las pérdidas de presión y por no existir información técnica para estimar las pérdidas con flujo multifásico en accesorios se ha recurrido a los mismos coeficientes de resistencia y longitudes equivalentes que presenta cada accesorio, como sí el flujo fuera monofásico, utilizando la velocidad de la mezcla, evaluada con la formula 4.10

De acuerdo a los criterios enunciados, para el cálculo de los diámetros y espesores requeridos es recomendable:

- Minimizar el uso de codos y empalmes a 90° , en todo caso estos deben ser de radio largo, para evitar pérdidas locales considerables, propiciados por atrapamiento puntual de bolsas de gas, además del efecto sobre la erosión y corrosión del material.
- Evitar el uso de empalmes tipo "boca de pescado" entre los tubos, por originar acumulación de bolsas de gas que estrechan localmente el paso de los líquidos, además de propiciar la emulsión de los productos, incentivados por la presencia de sólidos.
- Minimizar el uso de empalmes a 90° entre los ejes de los tubos, de referencia estos deben ser realizados a 45° , utilizando conexiones "Y" apropiadas.

4. 2 Diseño de equipos de tratamiento básico

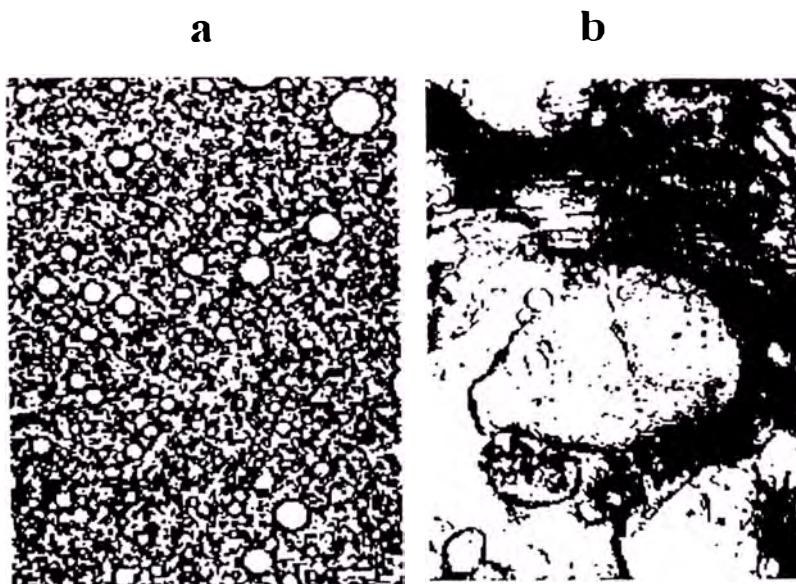
Las características de la corriente de flujo, influyen sobre el diseño y operación de un separador, los siguientes factores deben ser determinados antes de proceder con el diseño de los equipos:

- **Regímenes de flujo** de líquidos (agua y aceite) y gas, determinando los mínimos, promedios y máximos.
- **Temperaturas y presión de operación**, el proceso de separación se dificulta, con bajas temperaturas y presiones, además mayores temperaturas y presiones, exigirá normalmente una mayor resistencia del recipiente.
- **Tendencia a golpes hidráulicos** y/o formación de lodos en la corriente de alimentación.
- **Propiedades físicas de los fluidos**, como viscosidades, densidades, compresibilidad, etc.
- **Grado de separación deseada**, como por ejemplo 100% de partículas mayores a 150 micrones, debe observarse la calidad de tratamiento como parámetro para determinar el tipo de tratamiento, es común ajustar el diseño de los equipos de tratamiento básico sobre la base de los siguientes objetivos:
 - Calidad de agua a la descarga: de 150 a 400 ppm de aceite libre
 - Calidad de aceite a la descarga: de 0.6 a 0.8% de agua salada
 - Calidad de gas: 0.1% de líquidos o menos
- **Presencia de impurezas** (parafina, arena, etc.)

- **Tendencia del aceite a formar espuma**, caso de extra viscosos.
- **Potencial corrosivo de los líquidos y el gas**, esta característica ayudará a seleccionar los materiales y/o recubrimientos apropiados.

El fenómeno de la separación se complica cuando juntamente con el gas, agua y aceite, los pozos aportan sólidos, los mismos que incentivan la formación de emulsiones del agua con el aceite y/o viceversa, cuyo tratamiento ofrece grandes dificultades.

Relativamente para el objetivo de una separación básica practicado en una batería de producción es más fácil obtener calidad adecuada para el gas, que para el aceite o el agua. El aceite tiende a formar emulsiones en el agua, tal como se observa en la figura 4.3



Figuram 4.3: Emulsión del aceite en el agua

Debe observarse que durante todo proceso de separación, se presentan los siguientes fenómenos:

- Dispersión

La dispersión es el fenómeno o proceso por el cual una partícula se divide en una o más partes, esto sucede cuando la energía cinética de dicha partícula, supera en magnitud a la energía proporcionada por la tensión superficial entre la partícula del medio disperso con el medio continuo, o dicho de otro modo cuando las fuerzas de corte exceden la tensión interfacial, la siguiente ecuación estadística para una dispersión de aceite en agua (el aceite como medio disperso y el agua como medio continuo), ha sido derivada para estimar el diámetro máximo de una partícula del medio disperso que puede existir en equilibrio entre la dispersión y la coalescencia.

$$d_{max} = 432 * (t_r / \Delta p)^{2/5} * (\sigma_{ow} / \rho_w)^{3/5} \dots\dots\dots (4.12)$$

Donde:

d_{max}: es el diámetro de la gota en micrones, encima de esta magnitud existe en volumen solo 5% de la fase dispersa o que solo 5% de las gotas de la fase dispersa son mayores.

σ_{ow} : tensión interfacial entre el aceite y el agua en dinas/cm

ρ_w : densidad del agua en gr/cm³

Δp : Caída de presión en psi

t_r: tiempo de retención, en minutos

La expresión 4.12 debe tomarse como tendencia para el diseño de separadores de aceite en agua y debe observarse además que sí bien es cierto que el proceso de dispersión no es instantáneo, este ocurre muy rápido

- Coalescencia

Mediante este fenómeno o proceso, dos o más partículas forman otra de mayor tamaño, en realidad esto se da cuando dos partículas del medio disperso, por alguna razón se aproximan tanto, que la película del medio continuo se hace tan delgada que se llega a perforar, propiciando la reunión de estas partículas en una sola de mayor tamaño, en la figura 4. 4 se observa agua en aceite, en el que, dos gotas están a punto de coalescer.



Figura 4.4: gotas de agua comenzando a coalescer

El proceso de coalescencia es más dependiente del tiempo que el proceso de dispersión, de acuerdo a resultados experimentales, el tiempo necesario para que coalescan dos partículas, se puede inferir de la siguiente expresión:

$$t = (\pi/6) * (d^j - d_o^j) * \phi * K_s \dots\dots\dots 4.13$$

Donde:

t: tiempo necesario para incrementar el diámetro de una gota de d_o a d .

d: diámetro final de gota

d_o : diámetro inicial de gota.

K_s : parámetro empírico para un sistema particular

ϕ : fracción en volumen de la fase dispersa.

j: parámetro empírico, siempre mayor que 3 que depende de la probabilidad de que dos gotas se encuentren.

Para simplificar el análisis y observaciones de la expresión 4.13, asumiendo que d_o es muy pequeño respecto a d y que j es igual a 4, esta expresión se reduce a :

$$t = d^4 / (\phi * K_s * 2) \dots\dots\dots 4.14$$

De 4.14 se deduce que al duplicar el tiempo de residencia el diámetro de la gota solo aumenta 19% y que a menor concentración de la fase dispersa, debe incrementarse el tiempo de residencia para lograr el mismo diámetro de partícula.

Para favorecer y mejorar el proceso de coalescencia, se utilizan los siguientes tipo de procesos.

- **Proceso mecánico**, comprende:

- **Impregnación** sobre superficies que tienen afinidad para acumular el medio disperso; las partículas del medio disperso

se unen a otras de su misma especie que se encuentran adheridas a las superficies en mención.

Cambio de dirección causado por obstáculos adecuadamente dimensionados, que propician que las partículas de mayor tamaño con mayor inercia, choquen estos obstáculos y se impregnen sobre la superficie, pequeñas gotas viajan en los espacios libres que ofrecen estos obstáculos, pero debido a la turbulencia ligera presente, la probabilidad de que las partículas coalescan se incrementa.

- **Cambio de velocidad** propiciado por ensanchamiento de la sección de paso que ofrecen los obstáculos, velocidades bajas favorecen la coalescencia.

En la práctica, la impregnación, el cambio de dirección y el cambio de velocidad se pueden dar secuencialmente y en forma continua sobre un mismo dispositivo, adecuadamente configurado, tal como se observa en las figuras 4.4 Y 4.5.

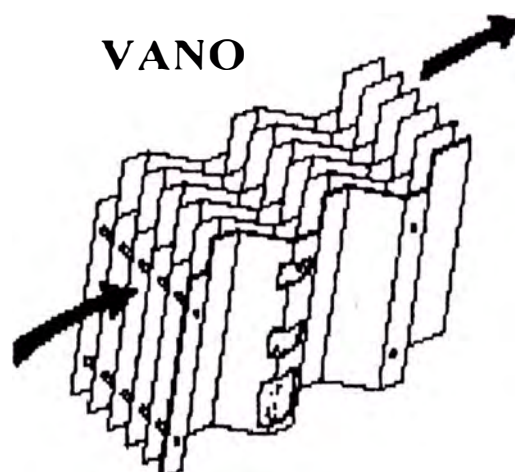


Figura: 4.4 b: Extractor de niebla típico



Figura: 4.4 b: Recorrido tortuoso en extractor de niebla típico

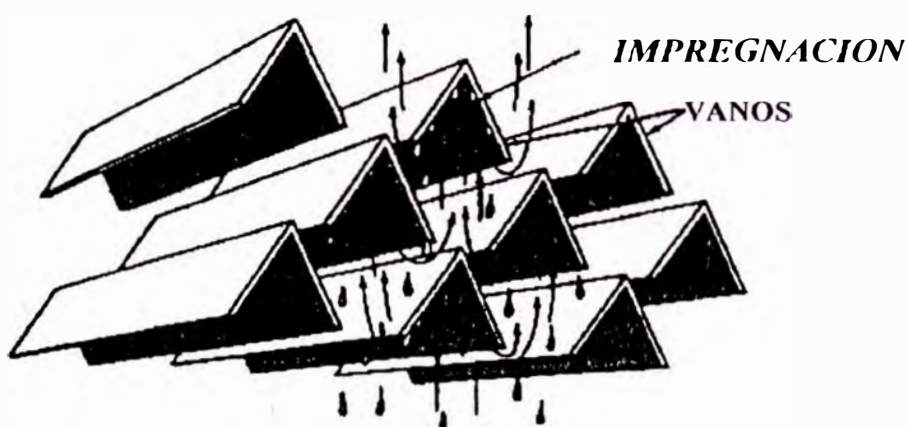


Figura 4.5 : Extractor de niebla hecho con ángulos de hierro

Además dentro de los procesos mecánicos existe la posibilidad de utilizar la fuerza centrífuga, como ocurre en la práctica con los ciclones e hidrociclones, ya se mencionó que es recomendable aplicar separación centrífuga, cuando se

estima o se tiene la certeza que la presencia de parafina y/o arena es relevante.

- **Proceso de lavado con agua**, aplicado para asistir la coalescencia de agua en aceite y consiste básicamente en incrementar la fracción en volumen de la fase dispersa (parámetro ϕ de la expresión 4.14), en la práctica la cantidad de agua suministrada no debe superar el 10% de la del aceite.
- **Proceso por aplicación de calor**, el mismo que reduce la viscosidad del medio continuo, incrementándose la velocidad de las partículas del medio disperso, colisionando entre ellas con más fuerza favoreciendo la coalescencia de las mismas., además el calor también incrementa la diferencia de densidades haciendo más rápida la separación.
- **Por aplicación de un campo eléctrico**, para favorecer la captación de agua (disperso conductivo), presente en el aceite (continuo no conductivo).
- **Por aplicación de productos químicos**, desemulsificadores lo que primero rompen la película interfacial, al neutralizar el agente emulsificante concentrado en la interfase.

4.2.1 Diseño de separadores bifásicos y trifásicos

- **Consideraciones generales para el diseño de separadores bifásicos y trifásicos**

Se denomina separadores bifásicos todos aquellos que separan el gas de los líquidos y trifásicos aquellos que además de separar el gas, separan también el aceite del agua, existen también en el mercado los denominados "Free Water knock-out", cuya diferencia respecto a un trifásico consiste en operar con flujos mínimos de gas, normalmente estos equipos son instalados después de un separador bifásico que opera con presiones relativamente altas, con el objeto de separar la mayor cantidad de gas posible, antes de hacer uso de un separador "Free Water Knock-out". Para el desarrollo del presente capítulo no estableceremos diferencia alguna entre el separador trifásico y el denominado "Free Water Knock-out", para nuestro caso el separador trifásico diseñado es un "Free Water Knock-out".

En el capítulo 2, hemos resumido las características más importantes de este tipo de separadores, ahora nos ocuparemos del diseño de los mismos.

Antes de expresar las relaciones físico-matemáticas que gobiernan el fenómeno de la separación. A continuación se mencionan los problemas potenciales que pueden presentarse en este tipo de separadores, estos son:

- Formación de espuma

La mayor causa que motiva la formación de espuma en el aceite, es la presencia de impurezas (además del agua) como presencia de sólidos en suspensión, cuya remoción antes de

ingresar a este tipo de separadores resulta impráctico; normalmente sí el diseño proporciona adecuado tiempo de residencia (este tiempo es un factor experimental y se estima en función al volumen ocupado por el fluido en el recipiente, dividido entre el caudal que ingresa al mismo) y superficie coalescente, la formación de espuma es un problema superable. La presencia de espuma debe eliminarse por los siguientes motivos:

- Por dificultar el control para la descarga de los fluidos
- Por restar volumen efectivo al separador.
- Por dificultar el control para la descarga de los fluidos
- Por perjudicar la calidad de la separación

El efecto de espuma debe ser advertido en función a estadísticas u observaciones sobre el comportamiento del crudo y ser asumido en el diseño del separador, aún cuando existen productos químicos para mitigar este efecto, no es recomendable diseñar, asumiendo el uso de estos insumos, que a la larga encarecen la operación.

- Acumulación de parafina

El proceso de separación puede ser severamente afectado por la acumulación de parafinas, las placas coalescentes y los extractores de niebla ("demister") pueden ser rápidamente colmatados, para hacer frente a este problema en lugar de utilizar las mallas para extraer la niebla del gas, se debe recurrir

al uso de dispositivos centrifugos, además se debe proveer dispositivos para facilitar la limpieza interna del separador.

- Aportación de arena

Este elemento dificulta la operación de válvulas , taponea elementos internos y se acumula en el fondo del recipiente, restando volumen efectivo al mismo, por este motivo el separador debe incorporar áreas para acumulación de la arena y dispositivos para evacuar los mismos.

El diseño de este tipo de separadores se basa en la flotación o decantación establecida por la ley de Arquímedes y la fuerza de arrastre formuladas por las siguientes expresiones:

$$F_b = (\rho_c - \rho_p) * V_p \dots \dots \dots (4.15)$$

Donde:

F_b: fuerza de flotación (lbf)

ρ_c: densidad del medio continuo (lb/pie³)

ρ_p: densidad de la partícula (lb/pie³)

V_p: Volumen de la partícula (ft³)

y

$$F_d = (C_d * A * \rho_c * V_t^2) / (2 * g) \dots \dots \dots (4.16)$$

Donde:

F_d: fuerza de arrastre (lbf)

C_d: coeficiente de arrastre, adimensional

A: área transversal de la partícula proyectado en la dirección del movimiento (pie²)

ρ_c: densidad del medio continuo (lb/pie³)

V_t : velocidad terminal de la partícula (pie/seg.)

g : aceleración terrestre (32.17 pie/seg²)

El coeficiente de arrastre C_d sobre una partícula sumergida en un medio no miscible con la misma es función de la geometría (forma) de

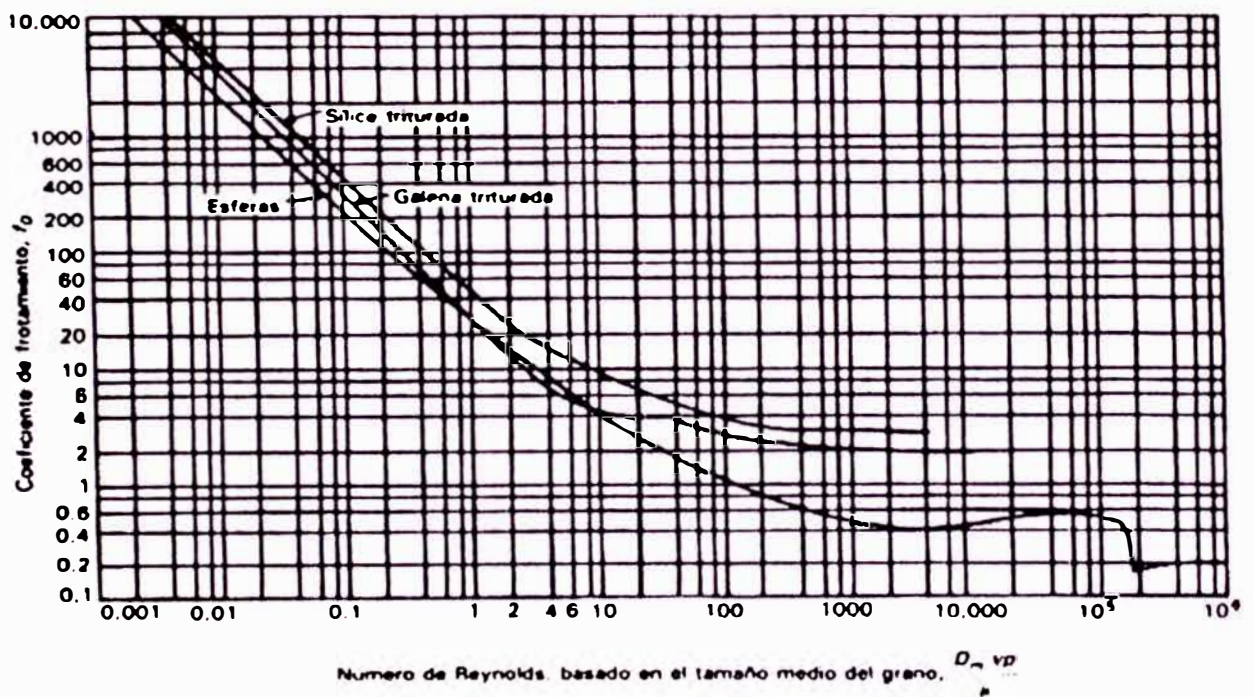


Figura 4.6: Coeficiente de arrastre

dicha partícula y del número de Reynolds especificado por la siguiente expresión:

$$\text{Rey} = 0.00048 \cdot \rho_c \cdot d_m \cdot V_t / \mu_c \dots\dots\dots (4.17)$$

Donde:

ρ_c : densidad del medio continuo en Lb/pie³

d_m : diámetro de la partícula en micrones

V_t : velocidad terminal en pie/seg

μ_c : viscosidad del medio continuo (cp)

En la figura 4.6 se expresa el coeficiente de arrastre como función del número de Reynolds y del tipo partícula, como son los granos de arena y de galena

En la figura 4.7 se denota el coeficiente de arrastre en función del grado de esfericidad Ψ' del tipo de partícula

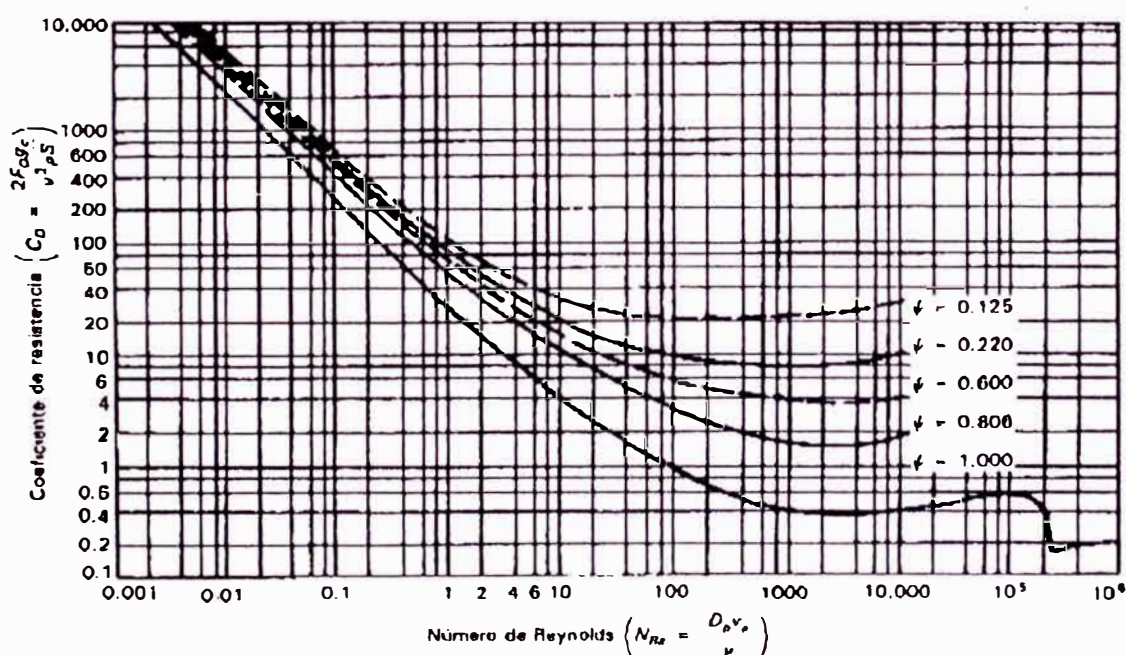


Figura 4.7: Coeficiente de arrastre en función al grado de esfericidad

En la figura 4.8 se proporciona el grado de esfericidad de algunas formas de partículas, definida como el cociente entre el área de una esfera de volumen equivalente al de la partícula entre el área de la partícula.

Además el coeficiente de arrastre puede estimarse de acuerdo al rango del número de Reynolds con las siguientes expresiones:

Para $Rey < 1,0$ $Cd=24/Rey$, el flujo que rodea a la partícula es simétrico, este rango pertenece a la ley de Stokes

Para $1 < Rey < 1\ 000$ $Cd=(1+0.14*Rey^{0.7})*(24/Rey)$, este es el rango

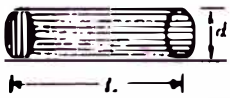




forma de la partícula	dimensiones características	diámetro equivalente D_e	esfericidad	V/A máx. (con relación al cubo)
cilindro 	$L = 4d$	$1.81d$	0.74	0.53
	$L = 2d$	$1.44d$	0.85	0.65
cubo 	—	$1.24L$	0.806	1.00
placa cuadrada  espesor = H	$H = 0.2L$	$0.73L$	0.58	0.33
	$H = 0.02L$	$0.34L$	0.18	0.073
	$H = 0.01L$	$0.25L$	0.12	0.05
disco  espesor = H	$H = 0.2d$	$0.67d$	0.72	0.36
	$H = 0.02d$	$0.31d$	0.19	0.075
	$H = 0.01d$	$0.25d$	0.115	0.045
esfera 	—	d	1.00	0.83

Figura 4.8: grado de esfericidad de algunas formas de partículas

donde la mayoría de fenómenos se dan en la práctica, se ha probado experimentalmente que a valores de Reynolds cercanos a 20 el flujo detrás del objeto se separa y a $Rey > 270$ se da lugar a vórtices periódicos

Para $1\ 000 < Rey < 350\ 000$, $Cd=0.445\pm 13\%$

Existe además una expresión que permite un mejor ajuste para evaluar el coeficiente de arrastre para los procesos de separación practicados en Campo, esta es:

$$C_d = 24/Re_y + 3/Re_y + 0.34 \dots \dots \dots (4.18)$$

- Diseño de separadores bifásicos y trifásicos

El diseño de los separadores en mención consta de dos partes fundamentales, aquella que observa las leyes de la física para el proceso de separación y que fija las dimensiones principales del separador y la otra que respetando las dimensiones fundamentales, provee la resistencia, además de fijar otras dimensiones y accesorios con la finalidad de garantizar explotación adecuada del equipo, esta exposición tratará principalmente el primer punto.

En el mercado e instalaciones industriales afines, existen principalmente los separadores horizontales y verticales (los esféricos han quedado prácticamente fuera de uso); en la figura 4.9 se presenta un esquema

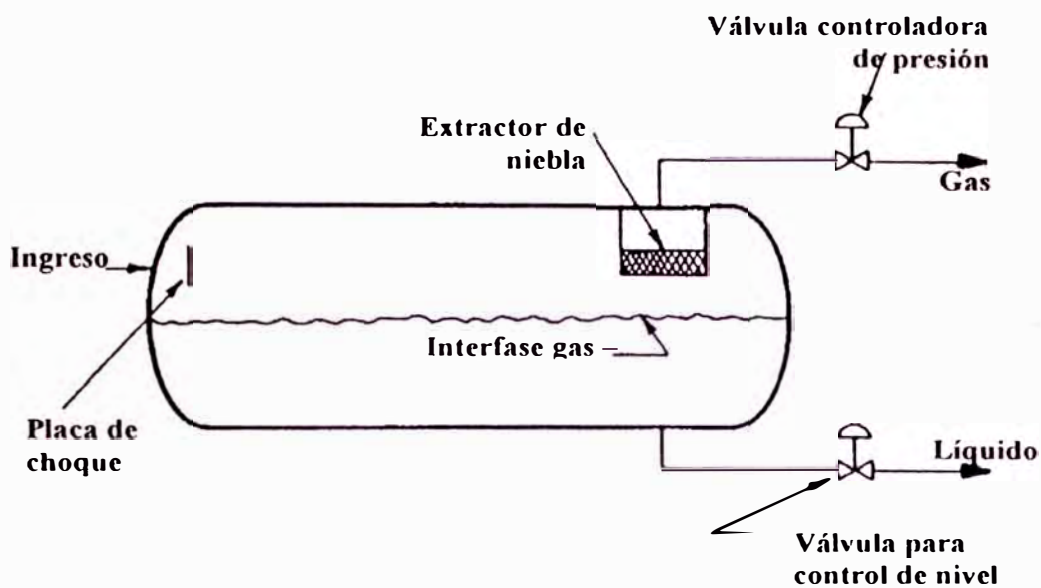


Figura 4.9: Esquema de separador bifásico horizontal

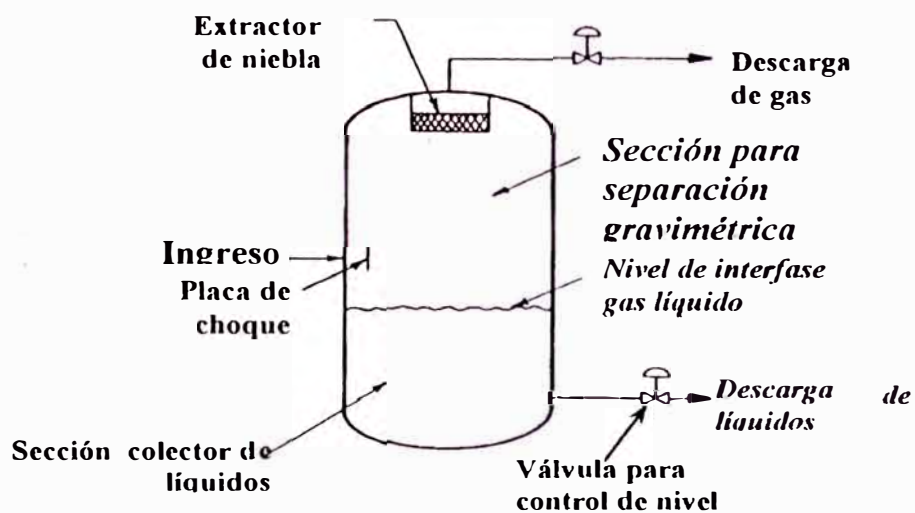


Figura 4.10 Esquema de separador bifásico vertical

típico de un separador bifásico horizontal y en la figura 4.10 el correspondiente a un separador bifásico vertical.

En la figura 4.11 se esquematiza un separador trifásico horizontal con control de nivel de interfase para la descarga de agua, este diseño

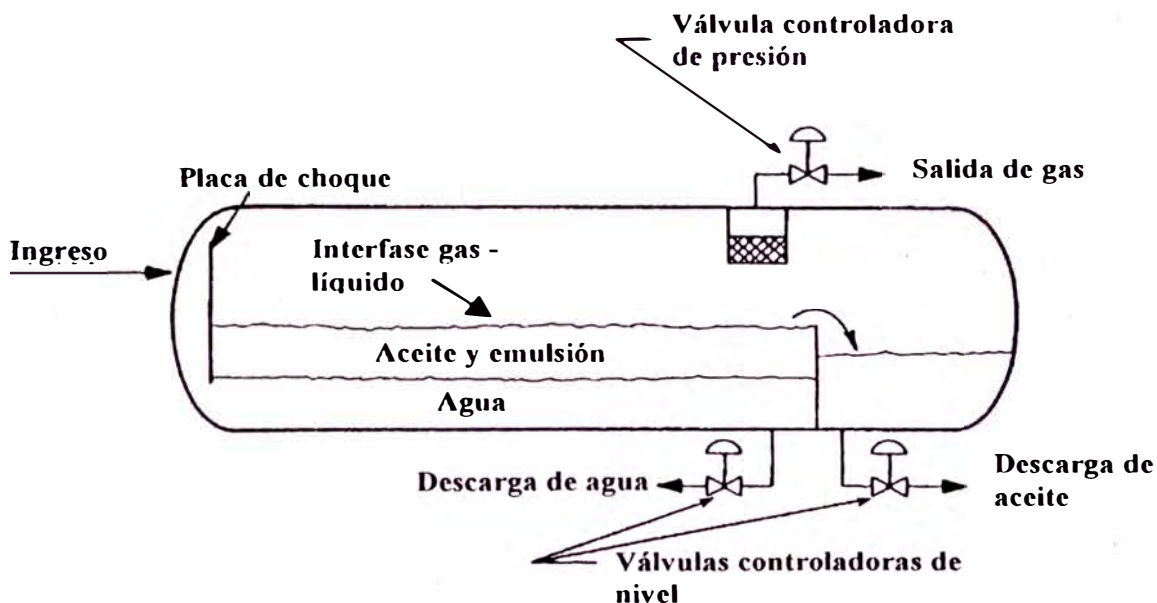


Figura 4.11: Esquema de un separador trifásico horizontal con control de interfase agua-aceite para la descarga de agua

puede aplicarse cuando la cantidad de arena o sedimentos, no reviste problemas para la vida útil de la válvula que controla la descarga de agua.

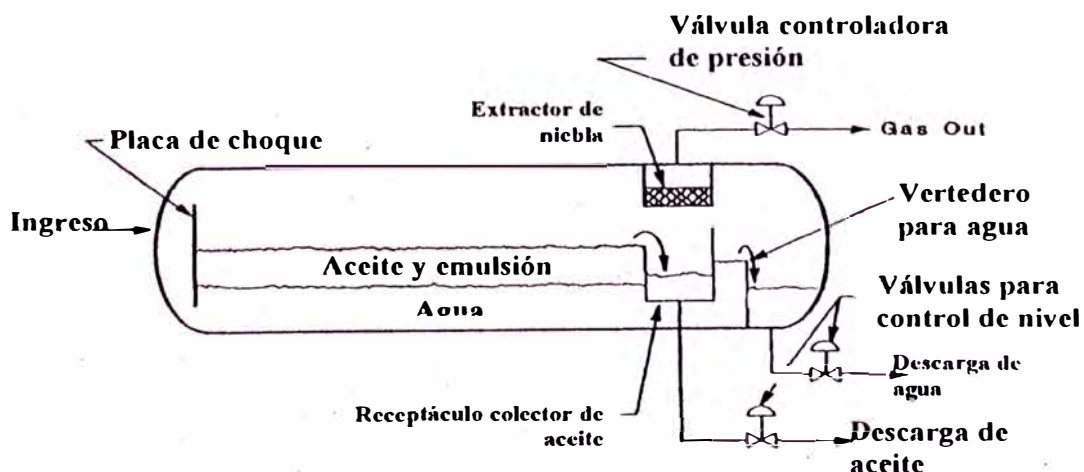


Figura 4.12: Esquema de un separador trifásico con receptor intermedio para el aceite

En la figura 4.12 se esquematiza un separador trifásico horizontal, con colector intermedio para la descarga de aceite, este diseño permite operar con presencia importante de arena sin provocar grandes daños a las válvulas de control.

En la figura 4.13 se esquematiza un separador trifásico vertical, se puede observar mayor complejidad en el diseño y construcción de los de los elementos internos, a manera de comparación en la tabla 7 resumimos las ventajas y desventajas entre uno u otro tipo.

En la tabla 7 el valor de "1" es el más favorable y el "4" presenta la característica menos favorable, en general los separadores horizontales ofrecen mayores ventajas y este hecho hace que en el mundo sean los más utilizados.

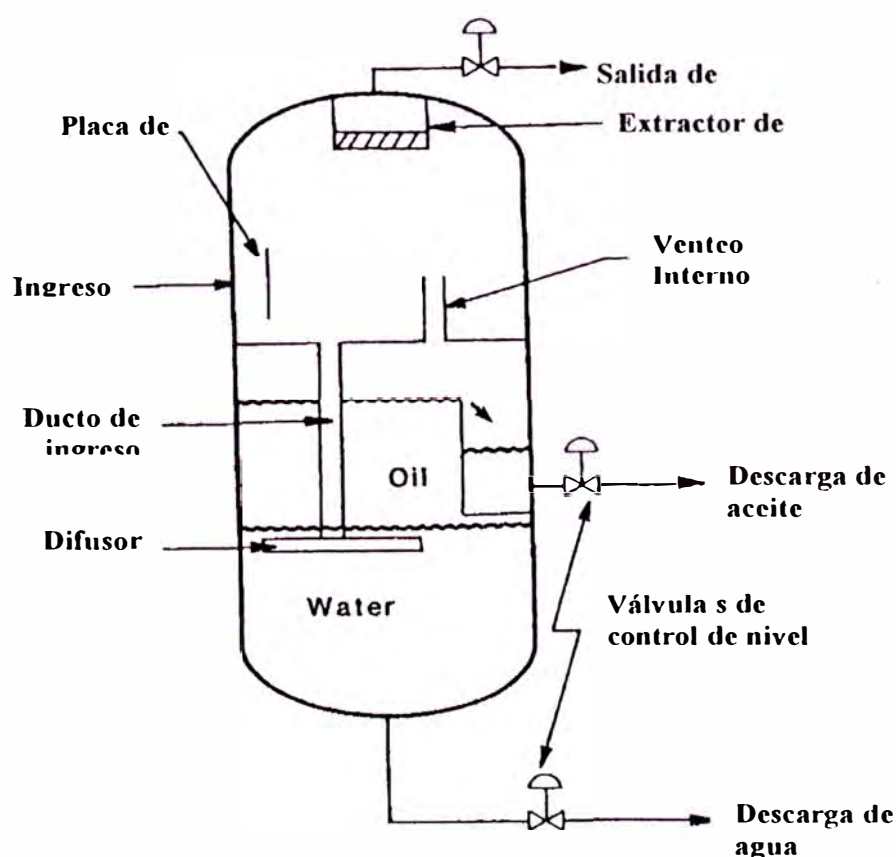


Figura 4.13: Separador vertical trifásico

Tabla 7 Comparación de características de Separadores Horizontales y verticales

Diseño y características de operación	Separador Vertical	Separador Horizontal
Capacidad para manejar gas por costo unitario	2	1
Capacidad para manejar líquidos por costo unitario	3	1
Eficiencia de separación	1	1
Manejo de cargas pico abruptas	1	2
Operación en climas fríos	3	2
Manejo de materiales extraños	1	2
Habilidad para manejar espumas	3	1
Facilidad de manipulación	3	2
Portabilidad	4	2
Requerimiento de espacio para unidades singulares	1	3
Requerimiento de espacio para unidades múltiples	3	1
Facilidad para el control de nivel	1	3
Facilidad de mantenimiento	3	1

El diseño de uno u otro tipo, se basa en los mismos principios y fenómenos físicos, por tanto es aplicable las mismas ecuaciones matemáticas expuestas en el presente capítulo, al respecto en la figura 4.14 se esquematiza los parámetros a tener en cuenta, para el cálculo hidráulico de estos separadores.

La longitud "L" es en realidad la longitud efectiva necesaria para lograr la calidad de separación propuesta, la misma que es inducida en base a las dimensiones de las partículas a separar para cada componente (gas, aceite y agua), es práctica común en el diseño de este tipo de equipos,

determinar las dimensiones en función de la capacidad de manejo de gas de acuerdo a las ecuaciones expuestas en este capítulo y evaluar

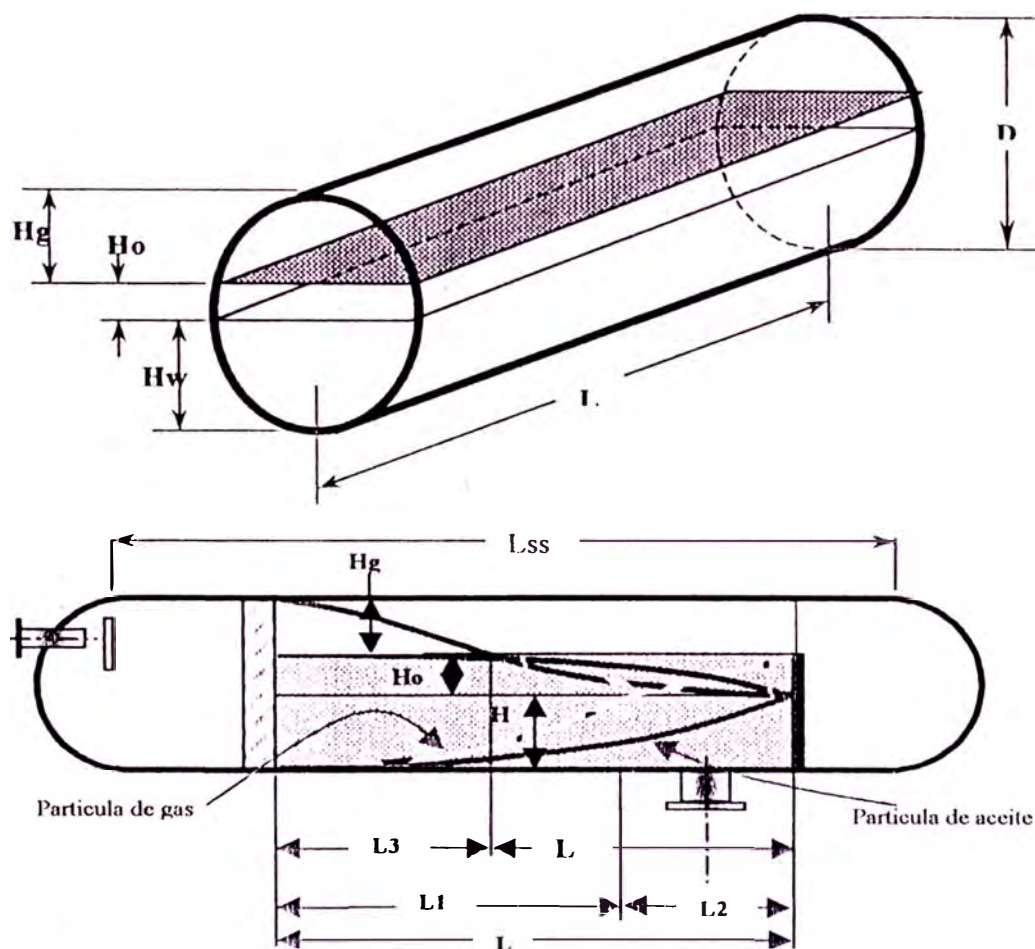


Figura 4.14: Esquema simplificado del proceso de separación

La capacidad para manejar líquidos en base un parámetro denominado tiempo de residencia, definido como el cociente del volumen ocupado por los líquidos en el recipiente entre el flujo total de líquidos, este tiempo normalmente para el caso de separar gas del total de líquidos (caso del separador bifásico), toma entre 3 y 4 minutos, pero para casos en donde la tendencia

a formar espuma es grande este tiempo puede alcanzar los 12 minutos, las ecuaciones planteadas para un separador bifásico horizontal son:

Para manejo de gas:

$$d \cdot L = 420 (T \cdot Z \cdot Q_g / P) \cdot ((\rho_g / \rho_l - \rho_g) \cdot (C_d / d_m))^{1/2} \dots \dots \dots (4.19)$$

Donde:

d: diámetro interno del tanque en pulgadas.

L: longitud efectiva del separador, en donde la separación ocurre en pies

T: temperatura de operación, en °R

Q_g: flujo de gas en MMscfd

P: presión de operación, psia

Z: factor de compresibilidad del gas

C_d: coeficiente de arrastre

d_m: diámetro de la gota de líquido para ser separado

ρ_g: densidad del gas a las condiciones de operación, Lb/pie³

ρ_l: densidad del líquido, Lb/pie³

Para manejo de líquidos:

$$d^2 \cdot L = t_r \cdot Q_l / 0.7 \dots \dots \dots (4.20)$$

Donde:

t_r: tiempo de retención estimado para los líquidos, en minutos.

Q_l: flujo de líquidos en bpd

La longitud entre costuras de las tapas del recipiente, se estima en base a las siguientes expresiones:

Para el manejo de gas: $L_{ss}=L + d/12$

Para el manejo de líquidos: $L_{ss}= (4/3)* L \dots\dots\dots(4.21)$

El procedimiento de cálculo es el siguiente:

- 1.- Calcular las dimensiones de diámetros y longitudes que satisfagan la capacidad de manejo de gas, sobre la base de la ecuación 4.19.
- 2.- Calcular los valores de diámetro y longitudes que satisfagan el tiempo de retención asumido, sobre la base de la ecuación 4.20
3. - Estimar la longitud entre costuras en base a las expresiones 4.21
- 4.- Seleccione un diámetro razonable, para una relación L/d recomendada entre 3 a 4 y un máximo de 5.

De forma similar las expresiones para el cálculo de un separador bifásico vertical, se derivan de los mismos principios físicos, en la figura 4.15 se expresan las relaciones para las dimensiones recomendadas, así como otras que tienen que calcularse.

así para el manejo de gas, tenemos la ecuación 4.22

$$d^2= 5\,040*(T*Z*Q_g/P)*((\rho_g / (\rho_l-\rho_g))*(C_d/d_m))^{1/2} \dots\dots\dots(4.22)$$

y la capacidad de manejo de líquidos esta expresada por la ecuación 4.23

$$d^2 \cdot h = (t_r \cdot Q_l) / 0.12 \dots \dots \dots (4.23)$$

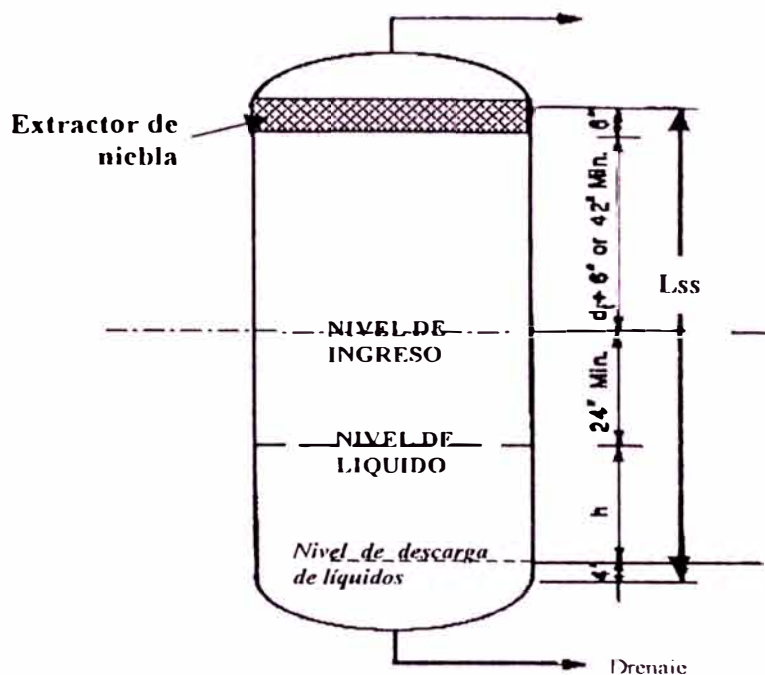


Figura 4.15: Esquema para el cálculo de separador bifásico

Donde:

h: es la altura del volumen del líquido

Se debe aclarar que las dimensiones recomendadas, las mismas que son indicadas en la figura 4.15 son empíricas.

Para el caso de separadores trifásicos, las ecuaciones para calcular la capacidad para tratar el gas, son las mismas y la velocidad terminal de las gotas de aceite que viajan en el agua ó las gotas de agua que viajan en el aceite, puede ser evaluada con la ecuación 4.24

$$V_t = 1.78 \cdot 10^{-6} \cdot (\Delta S.G.) \cdot d_m^2 / \mu \dots\dots\dots(4.24)$$

Donde:

V_t: velocidad terminal en pie/seg.

ΔS.G.: diferencia de la gravedad específica.

d_m: diámetro de la gota en micrones

μ: viscosidad de la fase continua en cp

En la práctica sí no existe un dato probado, el diseño para un separador trifásico asume un tiempo de retención de 10 minutos, así las expresiones utilizadas para el diseño de separadores trifásicos son las siguientes:

Para estimar la capacidad de tratamiento de gas se utiliza la ecuación 4.19, estableciéndose la diferencia para evaluar la capacidad de tratamiento para los líquidos (aceite y agua), esto se expresa con la ecuación 4.25

$$d^2 \cdot L = 1.42 \cdot (Q_w \cdot t_{rw} + Q_o \cdot t_{ro}) \dots\dots\dots(4.25)$$

Donde:

Q_w: flujo de agua en bpd

t_{rw}: tiempo de retención para el agua

Q_o: flujo de aceite en bpd

t_{ro}: tiempo de retención para el aceite

Además se recomienda un espesor para la capa de aceite "H_o", que pueda separar gotas de agua mayores a 500 micrones, este espesor como máximo es determinado por la ecuación 4.26

$$H_o = 0.00128 * t_{ro} * (\Delta S.G.) * d_m^2 / \mu \dots\dots\dots(4.26)$$

En donde reemplazando d_m por 500, se tiene:

$$H_o \text{ máx} = 320 * t_{ro} * (\Delta S.G.) / \mu \dots\dots\dots(4.27)$$

Con este espesor de capa y considerando que la sección ocupada por los líquidos corresponde a la mitad de la sección transversal del recipiente con diámetro interno "d" desconocido, se calcula la fracción de la sección ocupada por el agua, mediante la ecuación 4.28

$$A_w/A = 0.5 * (Q_w * t_{rw} / (t_{ro} * Q_o + t_{rw} * Q_w)) \dots\dots\dots(4.28)$$

Con esta expresión y sabiendo que se puede relacionar la relación A_w/A con el ángulo β en radianes, indicado en la figura 4.16, mediante la ecuación 4.29

$$A_w/A = (1/\pi) * (\beta - \cos\beta * \text{sen}\beta) \dots\dots\dots(4.29)$$

Mediante un método iterativo, se puede calcular el ángulo β y con esto el diámetro máximo "d", y con esta dimensión se puede seleccionar dimensiones de "d" y "L" que satisfagan las ecuaciones: 4.19, 4.25 y 4.26, la longitud entre costuras es.

evaluada sobre la base de las mismas expresiones usadas para el diseño de separadores bifásicos

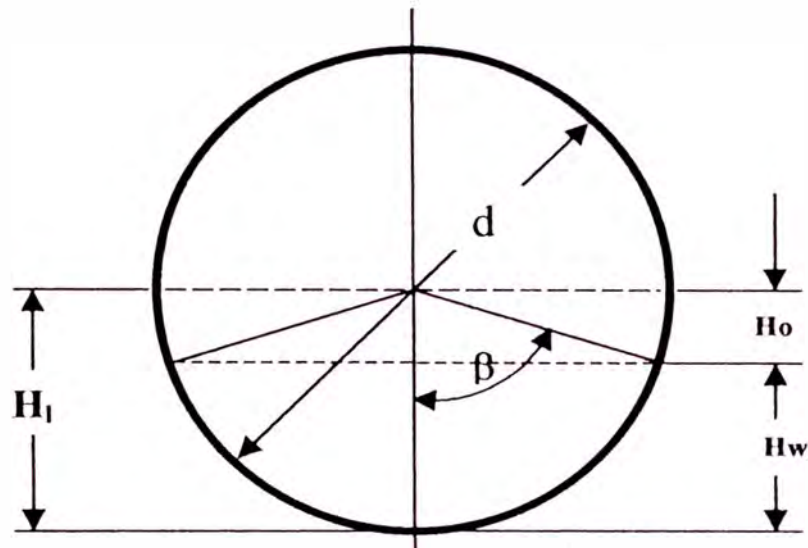


Figura 4.16: Sección transversal del separador con la mitad de la sección ocupada por los líquidos

De lo expuesto hasta aquí para el diseño de separadores bifásicos y trifásicos, se puede observar las siguientes hipótesis:

- El gas puede movilizarse dentro del recipiente a una velocidad diferente del de los líquidos, asunto que concuerda con la realidad.
- Los líquidos (agua y aceite se movilizan a la misma velocidad promedio), esto en muchos casos concuerda con la realidad, pero a medida la diferencia entre las densidades de los líquidos se eleve, por características propias de los fluidos o por alguna alteración provocada por elementos extraños, se origina deslizamiento importante entre estos dos componentes, y esta hipótesis deja de ser totalmente cierta, pero como en la práctica,

en la mayoría de los casos en que se pueda presentar esta situación, se deben a alguna anomalía, se considera siempre deslizamiento nulo.

Además debe observarse que el hecho de utilizar el parámetro denominado, tiempo de residencia, puede inducir a serios errores, que no son fáciles de observar a priori, por ejemplo sí en un campo tenemos aceite pesado y en otro más liviano, el separador en ambos casos puede guardar los mismos tiempos de residencia

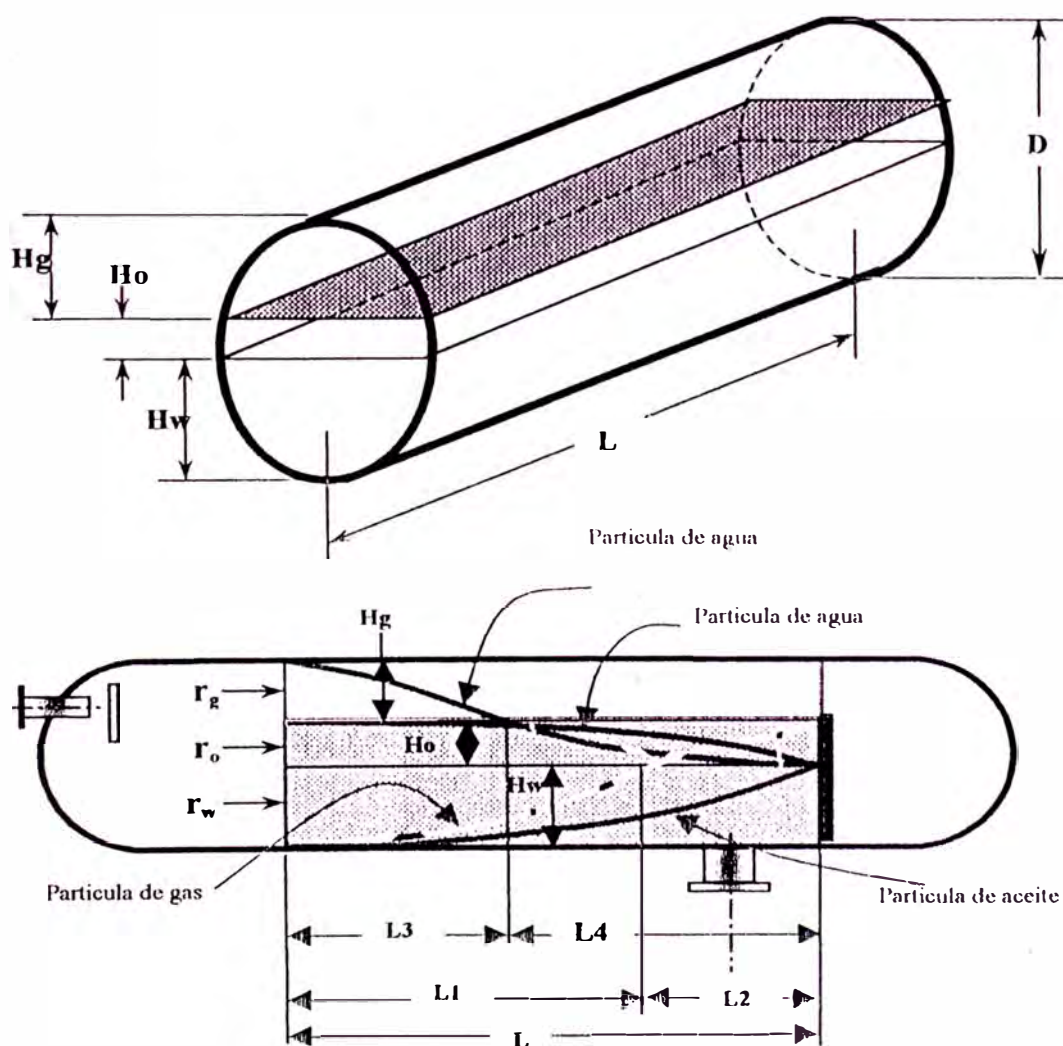


Figura 4.17: Esquema simplificado del proceso de separación

o retención, y sin embargo al trabajar con aceite pesado, la calidad o performance del equipo puede drásticamente disminuir, es por este motivo y por la experiencia acumulada en campo, recomiendo efectuar el cálculo de estos separadores, de acuerdo al método que a continuación se expone.

En la figura 4.17 se indican las dimensiones utilizadas para efectuar el cálculo, el significado de las mismas es como sigue:

L: es la longitud efectiva del separador, (cm)

L1: es la longitud que toma una partícula de gas para viajar desde el fondo del recipiente hasta alcanzar el nivel de interfase agua –aceite, (cm)

L2: es la longitud que toma la misma partícula de gas referida para “L1” en viajar desde el nivel de interfase agua – aceite hasta alcanzar el nivel de interfase gas – aceite, (cm)

L3: es la longitud que toma una partícula de agua en viajar desde el extremo superior del recipiente para alcanzar el nivel de interfase gas - aceite, (cm)

L4: es la longitud que toma la misma partícula de agua referida en “L3” en viajar desde el nivel de interfase gas – aceite hasta alcanzar el nivel de interfase agua – aceite, (cm)

Hg: espesor máximo de la capa de gas, (cm)

Ho: espesor máximo de la capa de aceite, (cm)

Hw: espesor máximo de la capa de agua, (cm)

r_g : es la velocidad promedio del gas en el sector de separación,
(cm/s).

r_o : es la velocidad promedio del aceite en el sector de separación
(cm/s)

r_w : es la velocidad promedio del agua en el sector de separación,
(cm/s)

Ahora consideramos que r_o y r_w son iguales y seleccionamos las velocidades a utilizar en función a los rangos que se recomiendan en la tabla 8

Tabla 8 Rangos de velocidad recomendada para separadores

Fase	Rango de velocidad recomendada
Gaseosa	5 cm/s – 10 cm/s
Líquida	1 cm/s – 2 cm/s

Con estas velocidades y los flujos de cada componente a las condiciones de operación, (P y T) se calculan las áreas necesarias para cada componente, y el diámetro del recipiente con las expresiones 4.30 al 4.33

$$Q_g = 0.328 * Q_{gs} * (273 + T) / (273 + 15) * (14.73 / 14.73 + P) \dots (4.30)$$

Donde:

Qg: caudal de gas en condiciones de operación, (cm³/s)

Qgs: caudal de gas en condiciones estándar, (cm³/s)

T: temperatura de operación en °C

P: presión de operación en psig

Sí:

Qo: caudal de aceite en cm³/s y Qob: caudal de aceite en bpd

Qw: caudal de agua en cm³/s y Qwb: caudal de agua en bpd

Entonces:

$$Q_o = 1.8375 * Q_{ob} \quad \text{y} \quad Q_w = 1.8375 * Q_{wb} \quad \dots(4.31)$$

Ahora sí de la tabla 4.4 seleccionamos una velocidad de 7.5 cm/s para el gas y 1.5 cm/s para los líquidos, entonces:

$$A_g = Q_g / 7.5 \quad \dots \quad A_o = Q_o / 1.5 \quad \quad A_w = Q_w / 1.5 \quad \dots(4.32)$$

Luego la suma de estas áreas "A" debe corresponder a la sección del separador, con lo que el diámetro del mismo, es fácilmente calculado, así:

$$d = (4 * (A_g + A_o + A_w) / \pi)^{1/2} \dots(4.33)$$

Para calcular los espesores máximos de cada capa, utilizamos la siguiente ecuación:

1.- Cálculo del espesor máximo de la capa de gas

$$H_g = (d/2) * (1 - \cos \beta_g) \dots \dots \dots (4.34)$$

donde β_g debe ser calculado de 4.35

$$S_g = (d^2/4) * (\beta_g - \cos \beta_g * \sin \beta_g) \dots \dots \dots (4.35)$$

2.- Cálculo del espesor máximo de la capa de aceite

$$H_o = (d/2) * (1 - \cos \beta_o) \dots \dots \dots (4.36)$$

donde β_o debe ser calculado de 4.37

$$S_o = S_g (d^2/4) * (\beta_o - \cos \beta_o * \sin \beta_o) \dots \dots \dots (4.37)$$

3.- El espesor máximo de la capa de agua debe ser calculada por diferencia

$$H_w = d - (H_g + H_o) \dots \dots \dots (4.38)$$

Los ángulos β anotados en las ecuaciones 4.34 al 4.38, se indican en la figura 4.18, los ángulos β debe especificarse en radianes

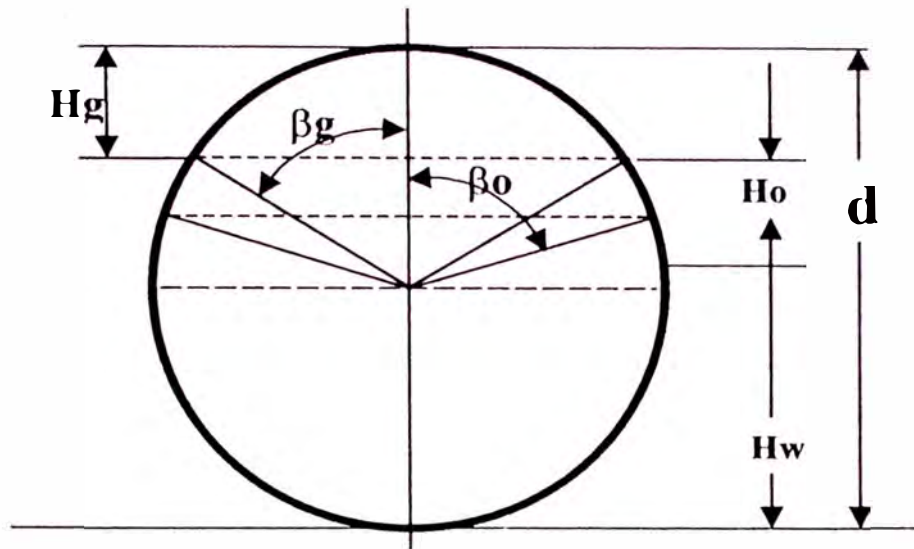


Figura 4.18: Sección transversal del separador especificando los espesores máximos de capas por componente.

Para calcular la longitud efectiva necesaria para el separador, utilizamos las siguientes ecuaciones:

1er caso: Separación de una gota de agua “ dw ” que atraviesa totalmente la capa de gas y la capa de aceite, en donde la longitud efectiva mínima requerida esta dada por la ecuación 4.34

$$L = \frac{1}{54.5} \left[\frac{r_g * H_g * \mu_g}{(\rho_w - \rho_g)} - \frac{r_o * H_o * \mu_o}{(\rho_w - \rho_o)} \right] \left(\frac{dw}{10^4} \right)^2 \dots (4.34)$$

2do caso: Separación de una burbuja de gas “ dg ” que atraviesa totalmente la capa de agua y la capa de aceite, en donde la longitud efectiva mínima requerida esta dada por la ecuación 4.35

$$L = \frac{1}{54.5} \left[\frac{r_w * H_w * \mu_w}{(\rho_w - \rho_g)} - \frac{r_o * H_o * \mu_o}{(\rho_w - \rho_g)} \right] \left(\frac{dg}{10^4} \right)^2 \dots(4.35)$$

3er caso: Separación de una gota de aceite "do" que atraviesa totalmente la capa de agua, en donde la longitud efectiva mínima requerida esta dada por la ecuación 4.36

$$L = \frac{1}{54.5} \left[\frac{r_w * H_w * \mu_w}{(\rho_w - \rho_o)} \right] \left(\frac{dg}{10^4} \right)^2 \dots\dots\dots(4.36)$$

En las ecuaciones 4.34 a 4.36, las dimensiones correspondientes son:

L: en cm, r: en cm/s, H en cm, μ en poise, d en micrones, ρ en gr/cm^3

Como se puede observar de las ecuaciones 4.34 a 4.36, es necesario seleccionar el diámetro de la partícula en micrones a separar, para esto recomendamos los siguientes rangos:

Hg: 50 – 100 micrones

do: 250 a 500 micrones

dw:200 a 400 micrones

El diámetro a seleccionar para el diseño, dependerá del grado de calidad propuesto como objetivo, la inversión a financiar para el proyecto y el costo operativo durante la vida útil proyectada, es decir del resultado de una evaluación económica.

Para calcular la longitud entre costuras de tapa, es recomendable recurrir a las expresiones 4.21

Queda ahora dimensionar los conductos principales de ingreso y descarga.

- Ducto de ingreso

El ducto de ingreso puede dimensionarse en base a la siguiente ecuación empírica:

$$V_e = C / (\rho_m)^{1/2} \dots\dots\dots(4.37)$$

Donde:

V_e : velocidad máxima recomendada en pie/seg

C : parámetro empírico entre 45 y 60, 45 para separadores con ingreso libre o placa de choque de pobre diseño, 60 para separadores con adecuada placa de choque o cuerpo de revolución atacado tangencialmente, también recomendado para separadores con atrapador de niebla.

ρ_m : densidad de la mezcla gas –líquido en lbm/seg.

La densidad de la mezcla puede calcularse con la siguiente expresión:

$$\rho_m = (12,409 \cdot \gamma_l \cdot P + 2.7 \cdot \text{GOR} \cdot \gamma_g \cdot P) / (198.7 \cdot P + \text{GOR} \cdot T) \dots\dots(4.38)$$

Donde:

γ_l : gravedad específica del líquido (agua + aceite) (agua=1)

γ_g : gravedad específica del gas (aire=1)

GOR: relación gas aceite, pies cúbicos estándar/ barril estándar.

P: presión de operación en psia.

T: temperatura de operación en °R

γ_L , se puede determinar con la ayuda de la siguiente expresión:

$$\gamma_l = f_o \cdot \gamma_o + f_w \cdot \gamma_w \dots\dots\dots(4.39)$$

Donde f_o y f_w son las fracciones de aceite y agua respectivamente.

Ahora la sección transversal de ingreso A_i en pie^2 puede ser determinada utilizando la ecuación 4.40

$$A_i = (Q_l + Q_g) / V_e \dots\dots\dots(4.40)$$

En donde Q_l y Q_g debe expresarse en $\text{pies}^3/\text{seg.}$ a las condiciones de operación y el diámetro del ducto de ingreso " d_i " en pulgadas puede ser calculado por la ecuación 4.41

$$d_i = 13.54 \cdot (A_i)^{1/2} \dots\dots\dots(4.41)$$

- Ducto para descarga de líquidos

Para este tipo de ductos es recomendable utilizar como máximo, una velocidad de 6 pies/seg., luego el diámetro mínimo en pulgadas se puede calcular de la expresión 4.42

$$d_l = 0.0446 \cdot (Q_b)^{1/2} \dots\dots\dots(4.42)$$

En donde Q_b es el caudal de descarga de líquidos en bpd

- Ducto para descarga de gas

La máxima velocidad esta basado en la ecuación 4.43

$$V_e = 60 / (\rho_g)^{1/2} \dots\dots\dots(4.43)$$

En donde la densidad del gas (ρ_g) debe expresarse a las condiciones de operación, luego el diámetro del ducto de descarga en pulgadas puede calcularse de la expresión 4.44

$$d_g = 0.0405 \cdot (Q_{gs} \cdot (\gamma_g \cdot T \cdot Z / P)^{1/2})^{1/2} \dots\dots\dots(4.44)$$

En donde:

Q_{gs} : caudal de gas en condiciones estándar en pie³/día.

γ_g : Peso específico del gas respecto al aire

T : temperatura del separador en °R

P : presión de operación en psia

Z : factor de compresibilidad del gas

Hasta aquí se ha podido determinar las dimensiones principales del recipiente y antes de proceder a exponer los métodos para la selección de válvulas de proceso y de seguridad, vamos a exponer las expresiones para el cálculo del recipiente desde el punto de vista estructural.

- Diseño estructural del recipiente.

El diseño del recipiente consta básicamente en seleccionar el material adecuado para el uso propuesto y calcular el espesor o los espesores correspondientes.

- Selección del material

El material es seleccionado en base a estándares internacionales y/o locales y también en base a resultados prácticos sobre el uso de uno u otro tipo de material, en la tabla 9, se presentan los materiales recomendados para la construcción de recipientes a presión.

La presión de trabajo o máxima presión permisible de trabajo, determina el espesor requerido para el material seleccionado, así como el seteo de la válvula de alivio y la presión a la que debe actuar el plato de ruptura, esta presión es menor que la presión de prueba, a la que se somete el recipiente, tan pronto se concluye su fabricación.

La presión normal de operación es determinada por las condiciones de operación y debe ser menor que la máxima presión de trabajo

Tabla 9: materiales recomendados para la construcción de recipientes a presión

Forma	Composición	Especificación		Aplicación	Esfuerzo a la tensión	Esfuerzo de fluencia	Notas
		Número	Grado				
Placa	C	SA-283	C	Acero de calidad estructural, puede ser usado para recipientes con algunas limitaciones	55 000	30 000	1
	C	SA-285	C	Calderos estacionarios y otros recipientes	55 000	30 000	2, 4
	C-Si	SA-515	55	Para servicios de media y alta temperatura	55 000	30 000	3
	C-Si	SA-515	60	Para servicios de media y alta temperatura	60 000	32 000	3
	C-Si	SA-515	65	Para servicios de media y alta temperatura	65 000	35 000	3
	C-Si	SA-515	70	Para servicios de media y alta temperatura	70 000	38 000	3
	C-Si	SA-516	55	Para moderada y bajas temperaturas de servicio	55 000	30 000	3, 5
	C-Si	SA-516	60	Para moderada y bajas temperaturas de servicio	60 000	32 000	3, 5
	C-Mn-Si	SA-516	65	Para moderada y bajas temperaturas de servicio	65 000	35 000	3,5
	C-Mn-Si	SA-516	70	Para moderada y bajas temperaturas de servicio	70 000	38 000	3,5,6

Notas para tabla 4.5

- El acero SA-283 puede utilizarse para recipientes a presión, bajo las limitaciones siguientes:
 - El recipiente no debe contener sustancias letales.
 - El recipiente no será usado como caldero.
 - La temperatura de diseño deberá estar entre -20°F a 650°F

- El espesor de la placa no deberá superar 5/8" de espesor.
 - El acero deberá ser manufacturado por horno, por proceso abierto.
2. Para servicios con temperaturas mayores a 850°F se recomienda que el acero no contenga menos de 0.10% de silicón residual.
 3. Bajo prolongada exposición a temperaturas superiores a 800°F, el carburo de la fase carbón del acero puede ser convertido en grafito.
 4. El material no puede ser utilizado para espesores mayores a 2".
 5. Normalmente no deben ser utilizados para temperaturas por debajo de – 20°F
 6. Para temperaturas bajas, deberá ser requerida carta de pruebas efectuadas al material

permisible, se recomienda una diferencia mínima que debe ser establecida entre la presión de operación y la máxima permisible de trabajo, de acuerdo a la tabla 10

Tabla 10: Diferencia mínima entre la presión de operación y la máxima permisible.

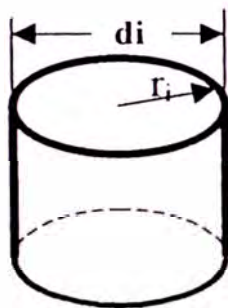
Presión de operación (psig)	Diferencia mínima entre la presión de operación y la máxima presión de trabajo permitido (psi)
<50	10
51 – 250	25
251 – 500	10% de la máxima permitida
501 – 1 000	50
> 1000	5% de la máxima permitida

También, todos los accesorios a instalarse en el recipiente guardaran correspondencia con la presión máxima permisible del recipiente.

- Cálculo de espesores

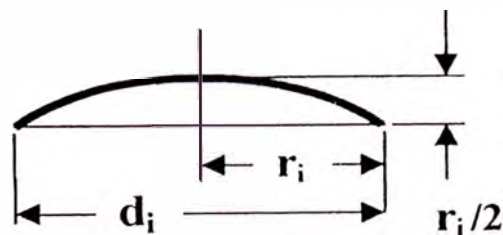
Para este cálculo se recurre a las especificadas por código de ASME para calderos y tanques a presión, sección VIII, que como ejemplo citamos algunas fórmulas, para los tipos más comunes de accesorios..

-Espesor para recipientes y toberas cilíndricas



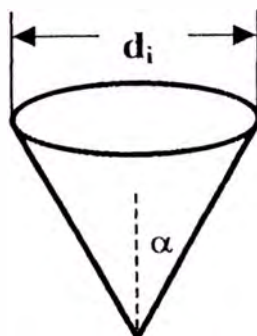
$$t = P \cdot r_i / (\sigma \cdot E - 0.6 \cdot P)$$

- Espesor para cabezas elípticas



$$t = P \cdot d_i / (2\sigma \cdot E - 0.2 \cdot P)$$

- Espesor para conos



$$t = P \cdot d_i / (2\sigma \cdot E - 0.2 \cdot P)$$

Como se trata de un recipiente cilíndrico horizontal los

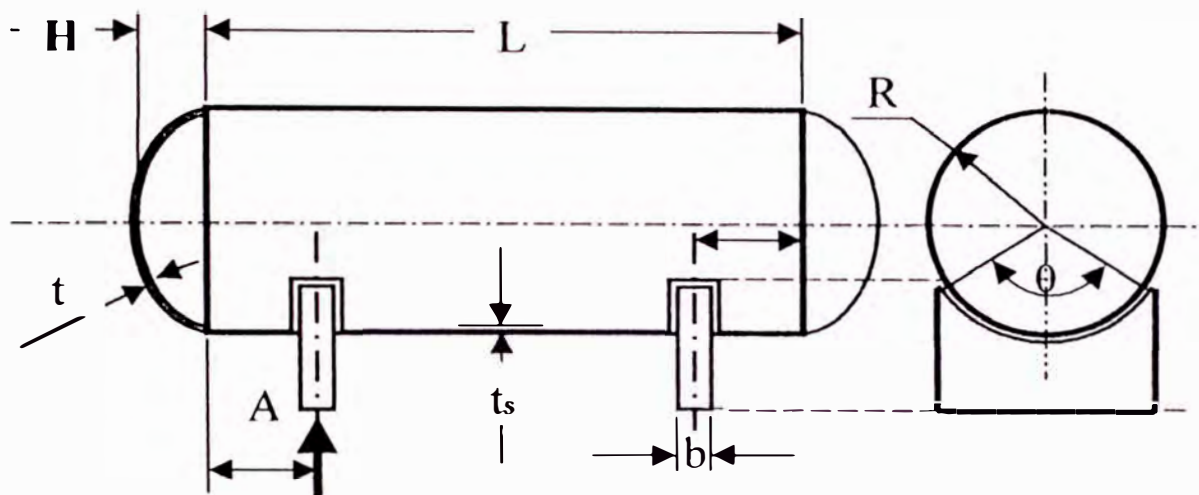


Figura 4.19: Parámetros estructurales principales para un separador horizontal

parámetros principales a tener en cuenta para el cálculo se especifican en la figura 4.19.

En donde:

- Q** :Carga sobre una silleta, Lb
- R** Radio del casco, en pulgadas
- S** Esfuerzo, Lb/pulg²
- ts** Espesor de la pared del casco, en pulgadas
- th** Espesor de la pared de las cabezas (sin margen por corrosión), en pulgadas.
- K** Constante, ver tabla en Apéndice B
- θ** Angulo de contacto de la silleta, grados sexagesimales, ángulo mínimo recomendado: 120°
- H** Profundidad de la concavidad de la cabeza, en pulgadas

En el capítulo 9 (9.6.1.0) se efectúa el cálculo estructural del separador.

Para el proceso de control y accesorios para salvar la integridad del equipo, instalaciones y personas, es necesario considerar lo siguiente:

1.- Para el proceso de control:

- Reguladores de presión y contra presión.
- Controladores para nivel de líquidos.
- Termostatos
- Control de flujo

2.- Por seguridad

- Válvulas de alivio y platos de ruptura.
- Válvulas e interruptores para control de altas y bajas presiones y temperaturas
- Detectores de calor y llama.
- Detectores de vibración.

Las válvulas de contrapresión y controladores de nivel son los elementos más comunes para el control del tipo de separadores que estamos tratando, así como las válvulas de seguridad y los platos de ruptura lo son para lo que respecta a seguridad.

Las válvulas de contrapresión, utilizadas son instaladas en la descarga de gas y sirven para mantener constante la presión en el recipiente, esta misma presión es utilizada como la energía necesaria para desplazar los líquidos, hacia los equipos de tratamiento intermedio.

En la figura 4.20 se presenta la apariencia interior y exterior de un separador trifásico horizontal

4.2.2 Separadores centrífugos

Comprende separadores ciclónicos: líquido – gas, líquido – líquido (hidrociclones) y sólido – líquido.

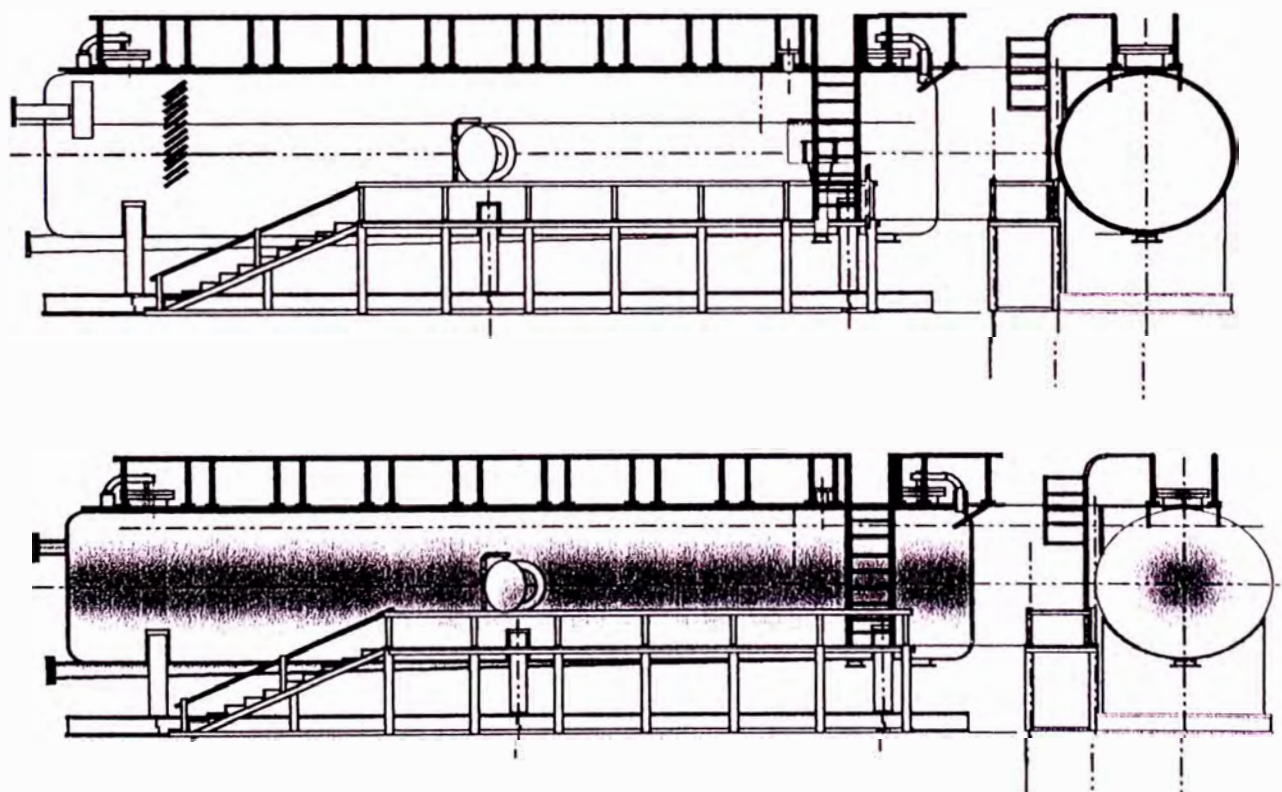


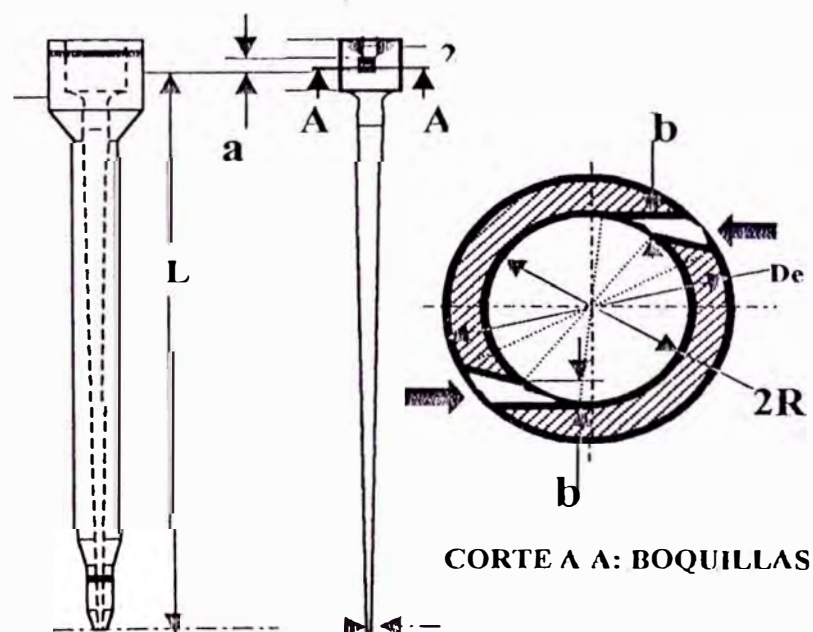
Figura 4.20: Apariencia interior y exterior de un separador trifásico

Normalmente este tipo de separadores no es utilizado en instalaciones "on-shore" sino más bien en instalaciones "off-shore" (plataformas marinas) en donde la ventaja esencial de estos

equipos consiste en el poco espacio que necesitan estos equipos para su emplazamiento, físicamente estos equipos pueden ofrecer performance adecuada, con muy bajos tiempos de residencia, debido a la generación de aceleraciones muy altas, que están en el orden de 2 000 hasta 4 000 aceleraciones terrestres, gracias a la transformación de la energía estática (presión) en energía de velocidad a través de las boquillas de alimentación y al diferencial de presión establecido en las descargas respecto a la presión de ingreso.

El principio utilizado para el diseño de estos equipos consiste en igualar la fuerza centrífuga experimentada por las partículas del medio disperso, presentes en el medio continuo, con la resistencia al movimiento relativo, que ofrece el medio continuo sobre las partículas del medio disperso.

Con la finalidad de aclarar características constructivas de estos equipos en la figura 4.21 se indican las características relevantes de un hidrociclón.



En la figura 4.22 se grafica un elemento separador instalado y en la figura 4.23 se presenta la apariencia exterior de un separador hidrociclónico. Como los separadores hidrociclónicos no están diseñados para operar

con flujos importantes de gas, es necesario instalar en primera instancia un separador bifásico, como los expuestos en 4.2.1 ó un

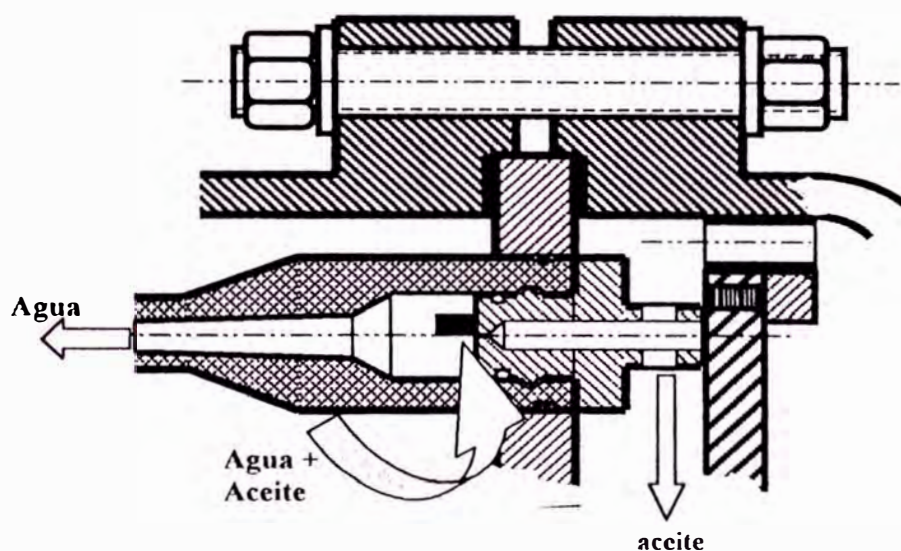


Figura 4.22: Elemento principal instalado

desgasificador centrífugo, este último tipo también se basan en los mismos principios físicos de un separador hidrociclónico, pero poseen dimensiones adecuadas para manejar flujos multifásicos. En la figura 4.24 se ilustra un desgasificador, con capacidad para operar con 520 Mcfd de gas y 40 000 bpd de líquidos, con una pérdida moderada de aproximadamente 7 psi; recientemente en la revista SPE – JOURNAL, Vol 5 N°2 del mes de junio 2 000, se ha publicado un artículo "Enhanced Mechanistic Model and Field Application Design of Gas/Liquid Cylindrical Cyclone Separators" ,

en donde se presenta fundamentos para el diseño de equipos desgasificadores.

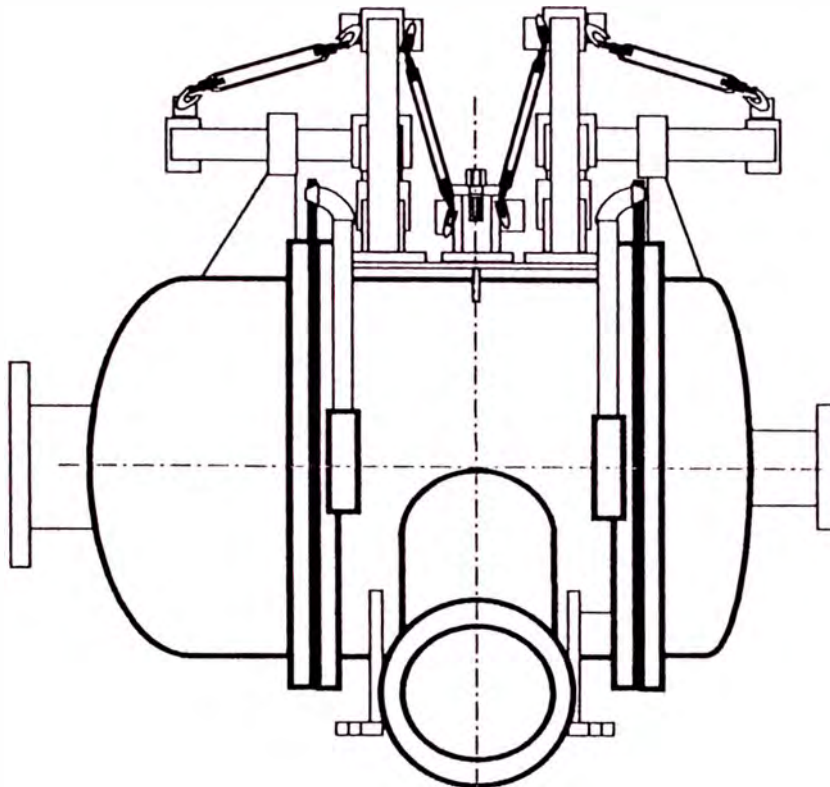


Figura 4.23: Apariencia exterior de un separador hidrociclónico

4.3 Diseño de equipos de tratamiento intermedio

4.3.1 Tanques

En la industria del petróleo, es común utilizar tanques como equipos de tratamiento intermedio.

En lo que respecta al diseño de tanques para tratamiento, las dimensiones son determinadas en función de la calidad a obtener y del área asignada para la instalación y conjugación de los mismos. La calidad tiene que ser evaluada económicamente. (a menor calidad mayor consumo de insumos químicos, gasto de energía por el uso de equipos redundantes, mayor riesgo e inestabilidad

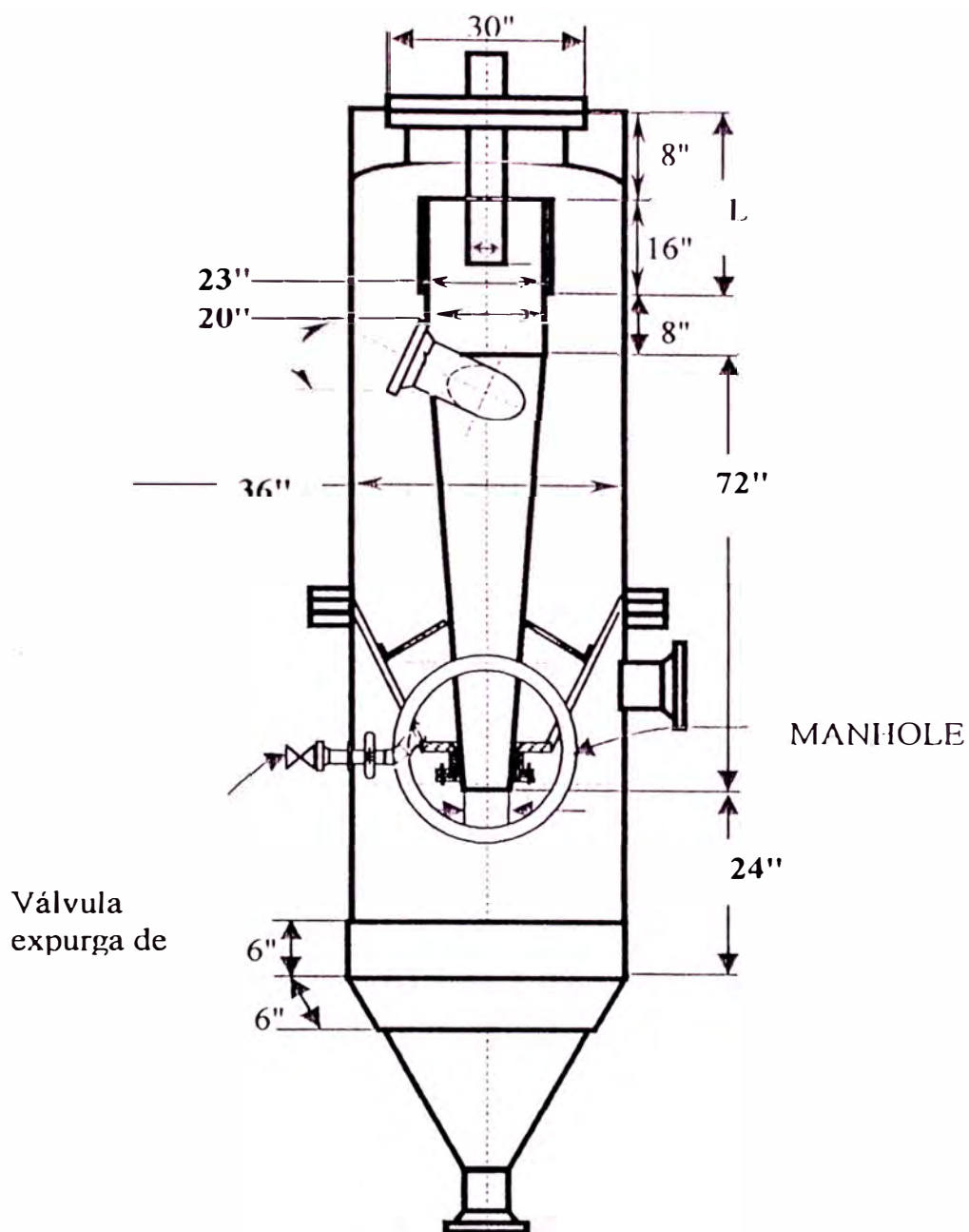


Figura 4.24 Desgasificador

operativas).

Estos dos parámetros, calidad y área asignada, determina las siguientes características:

- Fisonomía y dimensionamiento de los elementos internos y externos, fijados al tanque con el propósito de proporcionar calidad adecuada
- Capacidad del tanque
- Diámetro y altura
- Diseño estructural del recipiente y accesorios

En este estudio nos limitaremos al diseño de los elementos internos, los mismos que determinan la capacidad, diámetro y altura. El diseño estructural será referido a las normas API-650

4.3.2 Diseño de tanques de lavado (cortadores y gun-barrel)

Son equipos utilizados para el tratamiento del aceite y su objetivo principal es de bajar la salinidad presente en el aceite, en la práctica el término anglosajón de "gun-barrel" es utilizado para designar al tanque ubicado inmediatamente aguas arriba en la corriente de aceite descargado de la separación primaria, normalmente la corriente de aceite que llega a los "gun-barrel" proviene de un proceso de separación trifásica, mientras que a un tanque cortador, proviene de una separación primaria bifásica y en esta corriente no se agrega agua fresca para lavado; en un tanque de lavado propiamente dicho, se agrega agua fresca con el objeto de captar y diluir la concentración de sal presente en forma dispersa en el aceite. En síntesis el término de lavado se refiere a reducir la concentración de sal en la corriente de aceite y de alguna

forma los tanques cortadores, gunbarrell y lavado, están diseñados para lograr este objetivo.

En todos los tanques de lavado, se opera con niveles relativamente altos de agua aportada por los pozos, que precisamente sirve como medio continuo para atrapar el agua presente en la corriente de aceite; normalmente este nivel se mantiene entre 30% y 60% del nivel total de líquidos en el tanque y el mismo sirve como medio para captar el agua presente en el aceite, el agua se decanta básicamente por diferencia de densidad, las características enunciadas hacen que los elementos internos de estos tanques prácticamente no difieran; en la figura 4.25 se presenta un diseño para tanques de lavado o tanques cortadores.

La capacidad de estos tanques es función de la cantidad de líquidos a procesar, de la relación aceite – agua, del grado de calidad obtenido en la separación primaria y del diseño de los elementos internos, instalados precisamente para favorecer el proceso de separación.

En un tanque tiene que observarse el hecho de existir flujos en corto circuito y grandes áreas muertas, es por este motivo que el diseño de los elementos internos reviste gran importancia, por ejemplo el difusor de disco ilustrado en la figura 4.25 ha demostrado tener buenos resultados.

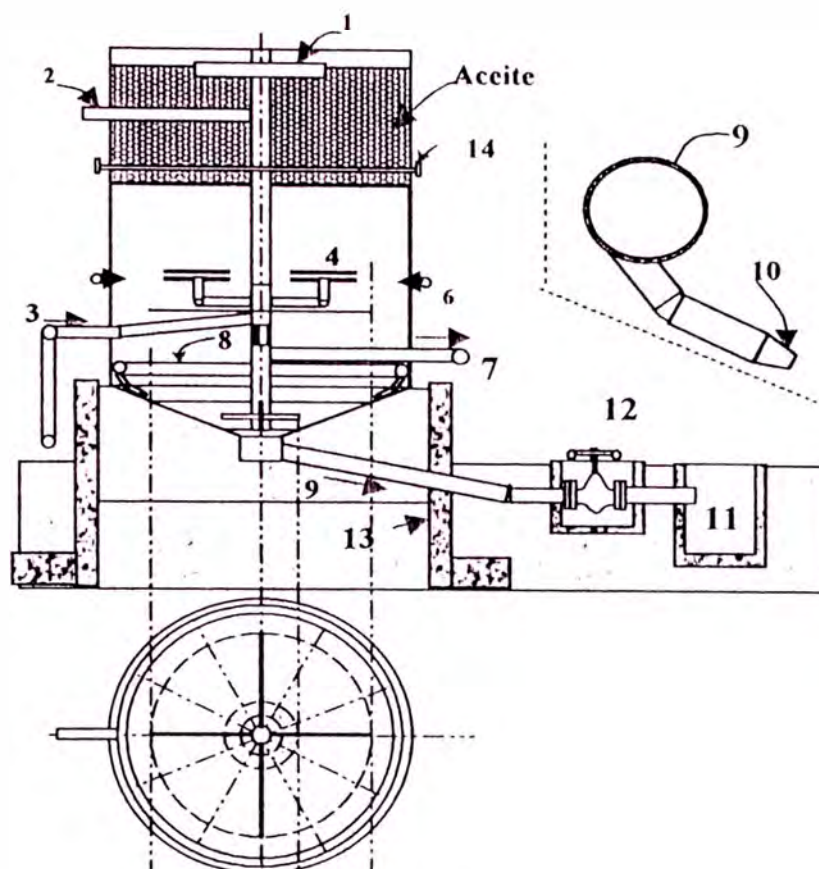


Figura 4.25: Representación esquemática de los elementos internos de un tanque Gun Barrel

Leyenda:

1	DESNATADOR
2	DESCARGA DE DESNATADOR
3	EFLUENTE DE SEPARADOR (DESCARGA DE ACEITE)
4	DIFUSOR DE DISCO
5	DESCARGA DE AGUA
6	RETORNO DE DESHIDRATADOR CICLONICO
7	DESCARGA DE AGUA
8	ALIMENTACION DE AGUA PARA BARRER SOLIDOS
9	TUBO PARA ANILLO PORTATOBERAS PARA LIMPIEZA
10	TOBERA PARA LIMPIEZA
11	CANAL COLECTOR DE LODOS
12	VALVULA DE UN CUARTO DE VUELTA
13	ANILLO DE MORTERO
14	SERPENTIN

Entre los elementos principales a instalarse internamente o fijarse externamente al tanque, están los siguientes:

-**Difusor**, el tipo más común utilizado es el del tubo perforado, configurado en forma de cruz, con la finalidad de distribuir el flujo lo más homogéneamente posible, pero este arreglo no solo no distribuye adecuadamente el flujo, sino que tampoco favorece la coalescencia, es por este motivo que no nos ocuparemos de este tipo de difusor y en su lugar emplearemos el difusor de discos.

- **Sifón**, comúnmente utilizado para efectuar descarga de agua en forma autoregulada por carga hidrostática, pero presenta serios inconvenientes para adaptarse para otros caudales para los que fue diseñado.

- **Desnatador**, este elemento sirve para coleccionar el aceite captado en el tanque, pudiendo ser de vertedero simple o múltiple.

- **Difusor de discos**

El mismo se basa en canalizar adecuadamente el flujo dentro de dos o más discos paralelos en algunos casos es preferible que estos adquieran la forma de conos rectos con eje común y los mismos ángulos en el vértice, esto ayuda a limpiar el posible depósito de sedimentos.

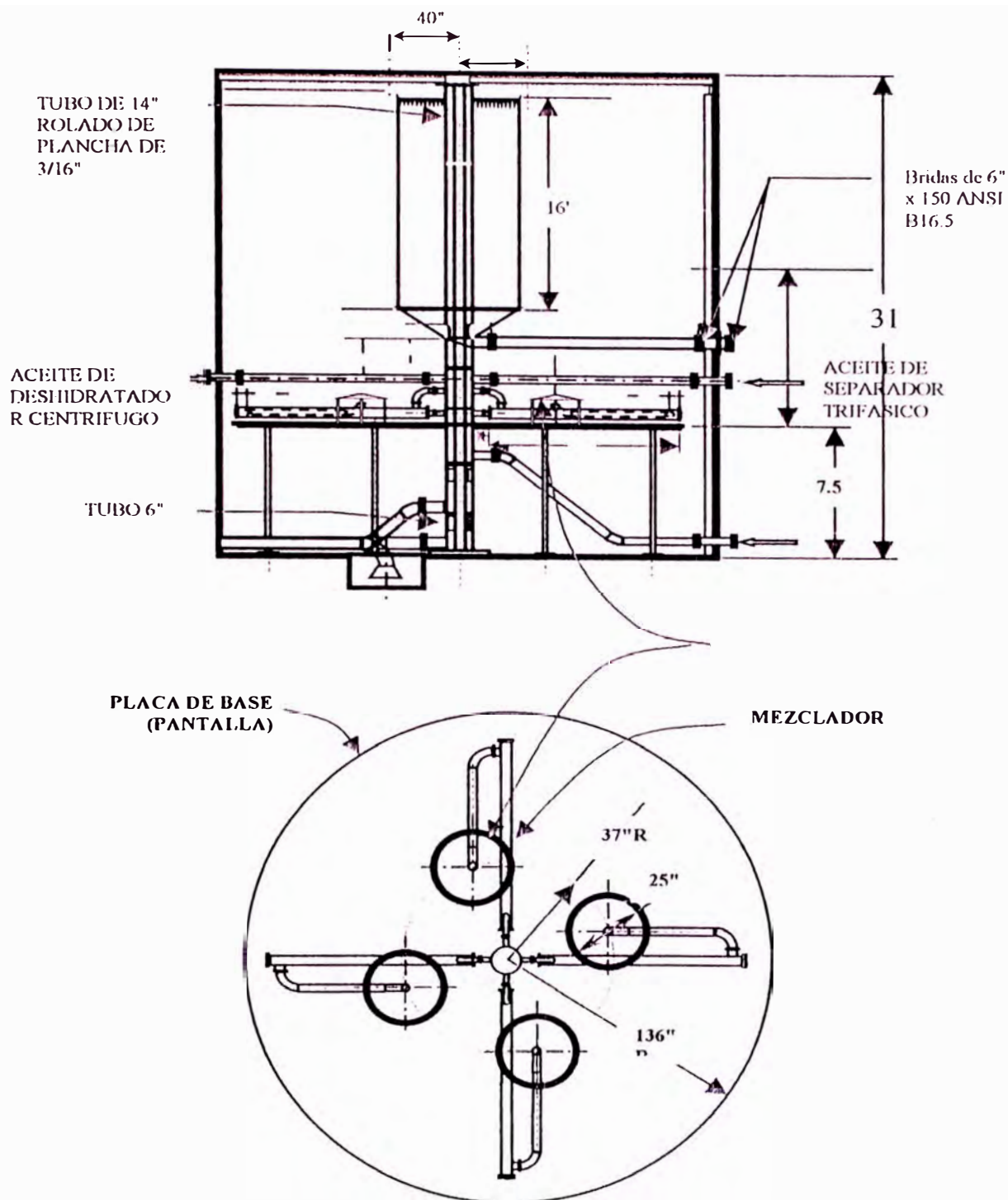


Figura 4.26: Representación de un difusor de discos

En la figura 4.26 se ilustra un conjunto difusor de discos paralelos, complementado con un mezclador para utilizar agua fresca para lavado, instalado internamente en el tanque y que es el que se ha seleccionado para el proyecto, agregando calor

en forma continua a la capa de agua, utilizando la energía calórica presente en el agua salada de producción, instalando para este propósito un intercambiador externo tubos – coraza.

Mezclador

El mezclador es un elemento importante para el proceso de lavado y relativamente fácil de construir, normalmente esta constituido por dos tubos concéntricos, en el tubo interno se vierte agua a la corriente de aceite, a través de toberas u orificios practicados a la pared del tubo, a la corriente de aceite que viaja en el espacio anular, en el diseño debe procurarse que el área de contacto entre la corriente de agua inyectada y la corriente de aceite debe ser la máxima posible, para el caudal de agua necesaria y calculada en base a balances másicos, de agua, sal y aceite. El cálculo del proceso de mezcla se ha desarrollado en el capítulo 9 (9.2.1.6) En la figura 4.27 se observa detalle de uno de los cuatro elementos de mezcla dispuestos para el proyecto.

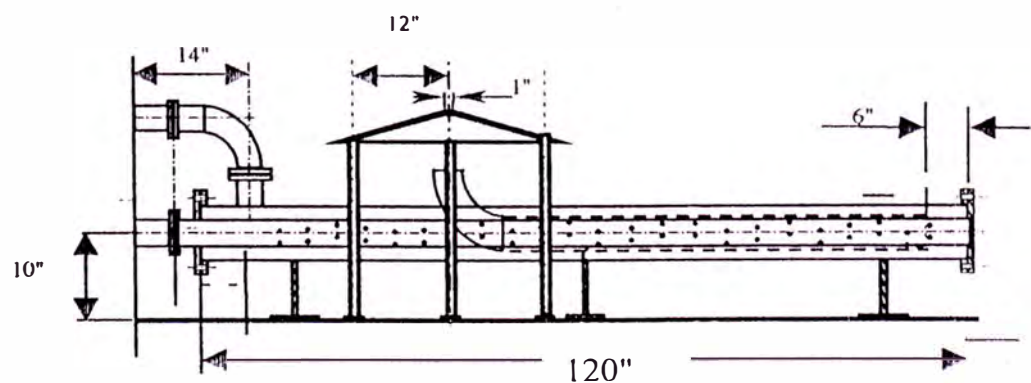


Figura 4.27: Representación de un difusor de discos

Sin dejar de prestar la debida importancia al elemento de mezcla, no es recomendable exagerar en su diseño, puesto que la práctica ha demostrado que una fabricación elemental logra eficiencias del 70% o mayores, valor que se toma como premisa para el cálculo necesario del agua fresca.

Las expresiones para el cálculo del colector de aceite (desnatador) y sifón se da en el siguiente acápite, el serpentín es calculado en él capítulo 9. (9.2.1.4 para la demanda actual y 9.3.1.4 para la demanda futura)

4.3.3 Diseño de tanques desnatadores

Este tipo de tanques está diseñado para el tratamiento de agua, su

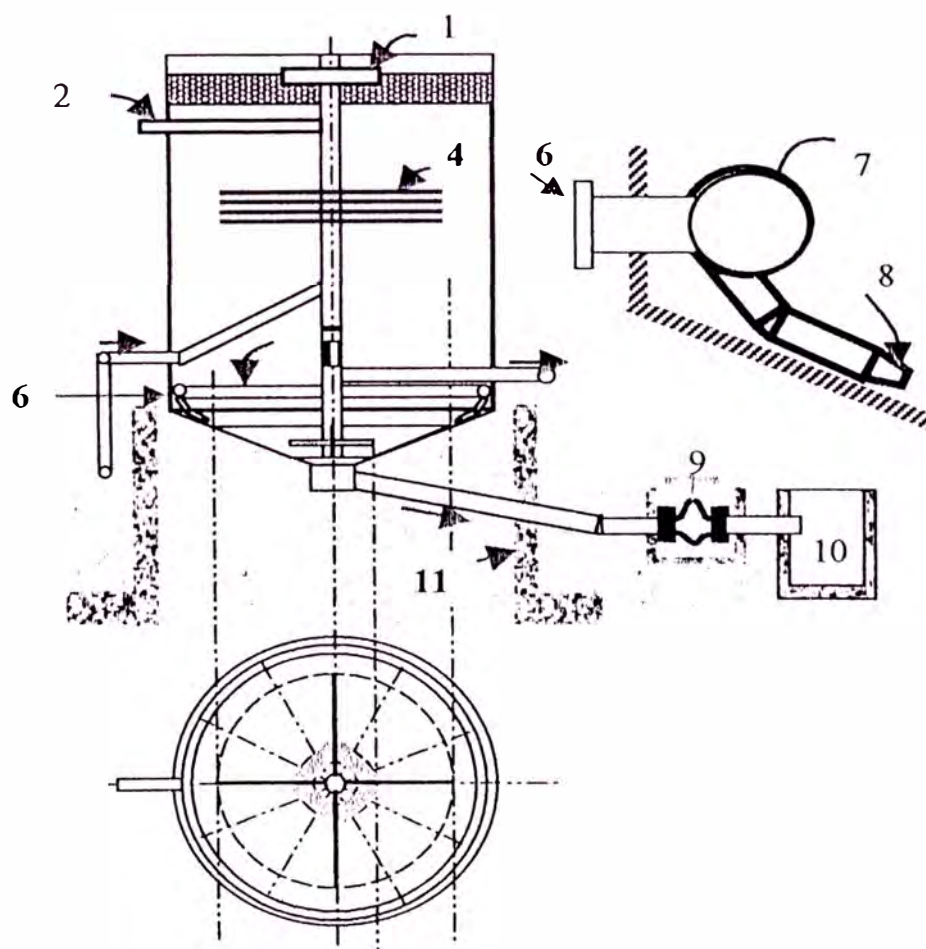


Figura 4.28: Representación esquemática de los elementos internos

trabajo consiste, básicamente en reducir la presencia de aceite en el agua.

Leyenda:

Item	DESCRIPCION
1	DESNATADOR
2	DESCARGA DE DESNATADOR
3	EFLUENTE DE SEPARADOR (DESCARGA DE AGUA)
4	DIFUSOR DE DISCO MULTIPLE
5	DESCARGA DE AGUA
6	ALIMENTACION DE AGUA PARA BARRER SOLIDOS
7	TUBO PARA ANILLO PORTATOBERAS PARA LIMPIEZA
8	TOBERA PARA LIMPIEZA
9	CANAL COLECTOR DE LODOS
10	VALVULA DE UN CUARTO DE VUELTA
11	ANILLO DE MORTERO

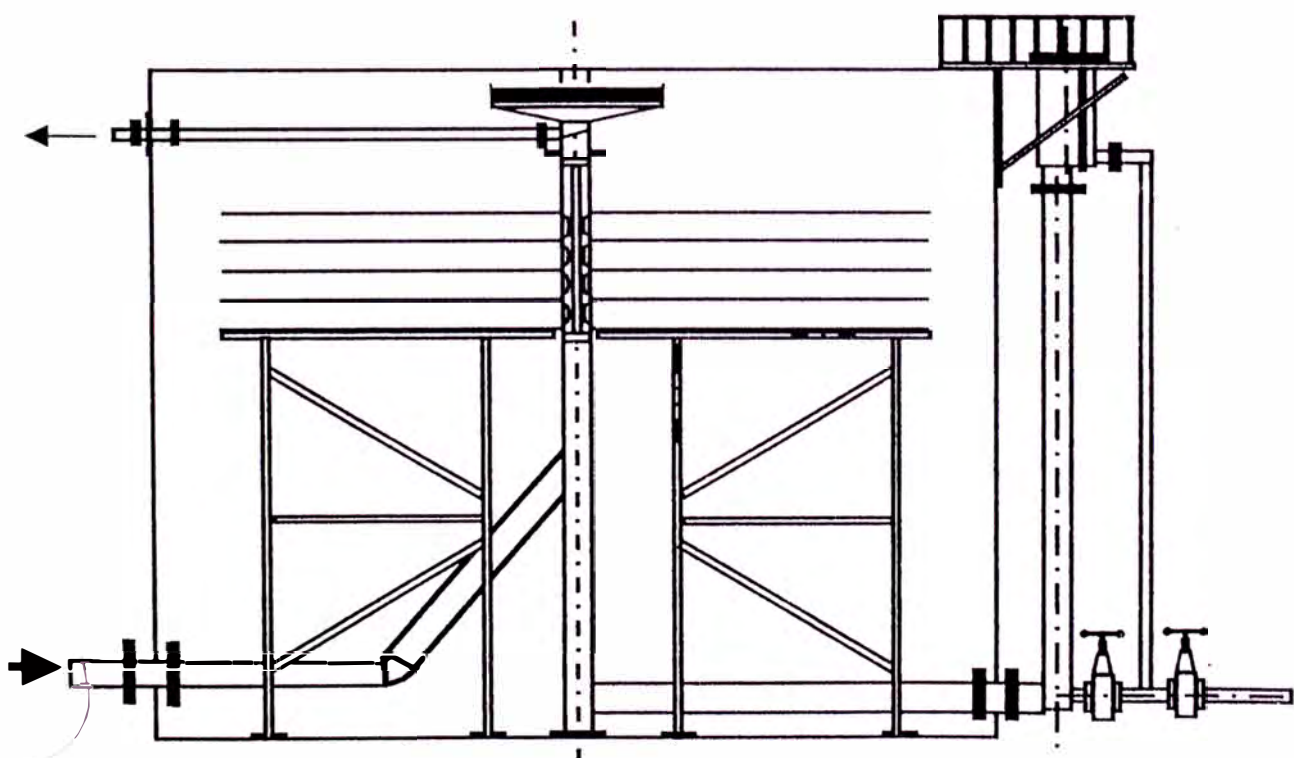


Figura 4.29 : Tanque desnatador típico con difusor central.

En la figura 4.28 se esquematiza un tanque desnatador, con los elementos internos para efectuar una separación adecuada del aceite libre presente en el agua, así como el arreglo necesario del fondo y el dispositivo para efectuar barrido periódico de los sedimentos acumulados. El dispositivo para efectuar barrido periódico consiste en descargar a través de las boquillas o toberas agua con una velocidad recomendada de 20 pies /seg.

Como se puede observar de la figura 4.28 un tanque desnatador contiene casi los mismos elementos internos que un tanque de lavado, por lo tanto las expresiones para efectuar los cálculos, son los mismos, la diferencia estriba en la capacidad de cada accesorio. En la figura 4.29 se ilustra un tanque desnatador típico, con fondo plano, difusor central y que distribuyen el flujo de ingreso en cuatro canales. Las expresiones matemáticas que permiten dimensionar adecuadamente están en función a los siguientes parámetros:

Tiempo de residencia en cada canal del difusor

El tiempo de residencia en referencia, viene a ser el tiempo que toma una partícula, que ingresa con el flujo " Q/n " en m^3/s por cada canal, (n es el número de canales conformados) en desplazarse desde R_1 a R_2 , en este mismo lapso de tiempo esta partícula tendera a flotar o a decantarse en un

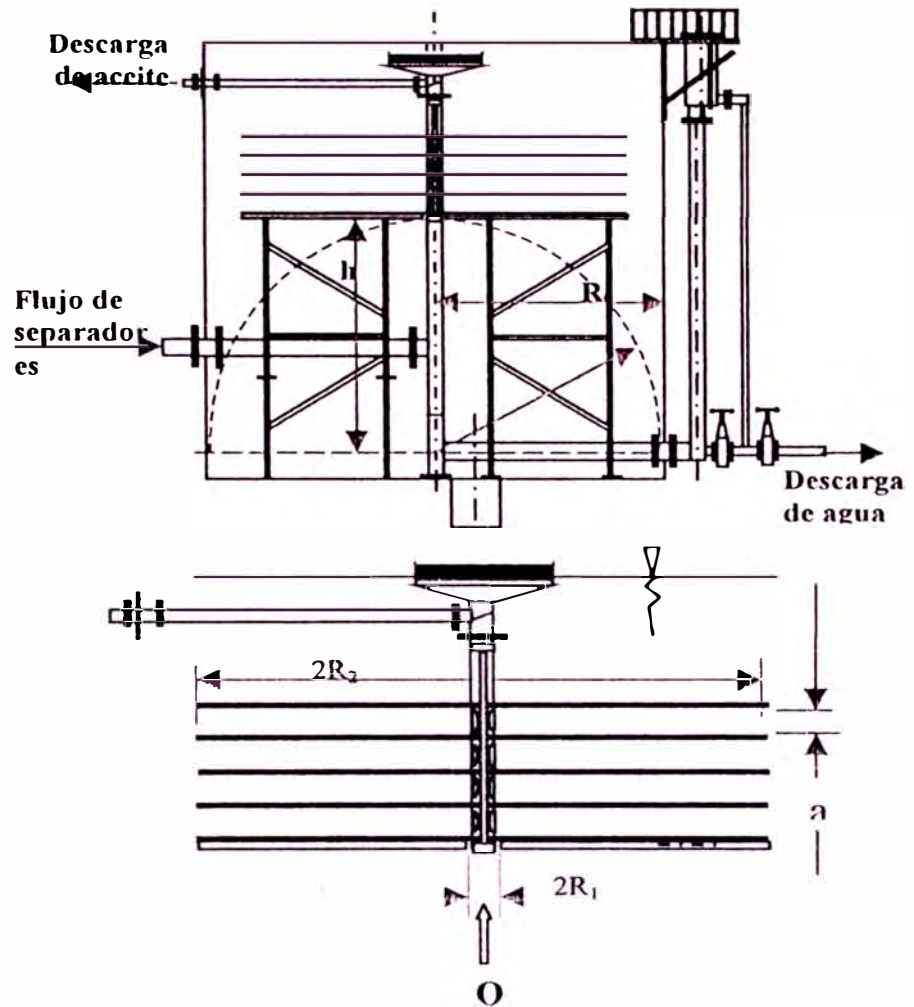


Figura 4.30: Representación de un difusor de discos

desplazamiento vertical total de “a” metros, este tiempo t_d en segundos puede calcularse con la siguiente expresión:

$$t_d = (2 * \pi * n * a / Q) * ((R_2^2 - R_1^2) / 2) \dots\dots\dots(4.45)$$

Donde:

t_d : Lapso de tiempo de la partícula en el difusor, en segundos

Q: Flujo total de líquidos al ingreso, en m³/s

n: es el n número de canales conformados

$n+1$: es el número de discos paralelos

R_2 : radio exterior del disco difusor en metros

R_1 : radio interior del disco interior o el exterior del tubo de alimentación

- Pérdida hidráulica en el difusor

La pérdida " Δh " puede ser evaluada por la ecuación 4.46

$$\Delta h = (f / 16 * \pi^2 * a^3) * (Q/n)^2 * (1/R_1 - 1/R_2) \dots\dots\dots(4.46)$$

Donde:

f : es el factor de fricción de Darcy

En la práctica, se debe mantener la separación " a " lo más exacta posible, esto facilitará una distribución homogénea del fluido, debe observarse que la pérdida hidráulica en el difusor es función inversa de la separación " a " elevada al cubo, por tanto no es recomendable utilizar separaciones muy pequeñas, por que además pueden obstruirse, lo recomendable para tanques es utilizar una separación entre 0.15 m y 0.30 metros

- Estimado del diámetro de gota a captar en el difusor

Como ya se mencionó, en el mismo tiempo t_d , la partícula captada habrá flotado (aceite en agua) o decantado (agua en aceite), entonces:

$$t_d = a / V_t$$

En donde V_t es la velocidad terminal de dicha partícula, que para el caso de líquidos se puede calcular, sin temor a error de la ley de Stokes, de acuerdo a la ecuación 4.47

$$d_p = 10^4 \cdot (\mu \cdot a / (54.5 \cdot t_d \cdot \Delta\rho))^{1/2} \dots\dots\dots(4.47)$$

Donde:

c_p : diámetro de la partícula en micrones

μ : viscosidad del medio continuo en poise

$\Delta\rho$: diferencia de densidades de las partículas en gr/cm³

a : separación entre discos, en cm.

Ahora puede observarse de 4.47, que fijando una determinada calidad (d_p) y una separación entre placas (a), puede deducirse t_d , y con esto las dimensiones adecuadas, el diámetro exterior del tanque se debe fijar, de tal forma que la velocidad promedio en la sección libre entre R_2 y R_i (radio interior del tanque) la velocidad sea por lo menos, la misma velocidad promedio alcanzada a la descarga del difusor. Esto evitará perder lo que se gana en el difusor, así el radio interior mínimo necesario para el tanque, podrá ser calculado de:

$$R_i = (2 \cdot n \cdot R_2 \cdot a + R_2^2)^{1/2} \dots\dots\dots(4.48)$$

La profundidad necesaria del tanque se evalúa en función a la altura " h " existente entre el punto de captación de agua al primer

disco, que para efectos de uniformización del flujo de aproximación, al punto de captación de agua, debe ser igual a R_i .

Para el caso de tanques desnatadores el número de canales debe estar entre uno y tres y se recomienda que "h" sea igual a " R_i " (ver figura: 4.30)

Por consideraciones de uniformidad de flujo, no es conveniente utilizar como tanques de tratamiento, aquellos cuya relación altura a diámetro no sea mayor a 1, en todo caso tendrán que utilizarse un número de paquetes coalescedores distribuidos simétricamente.

- Cálculo del sifón

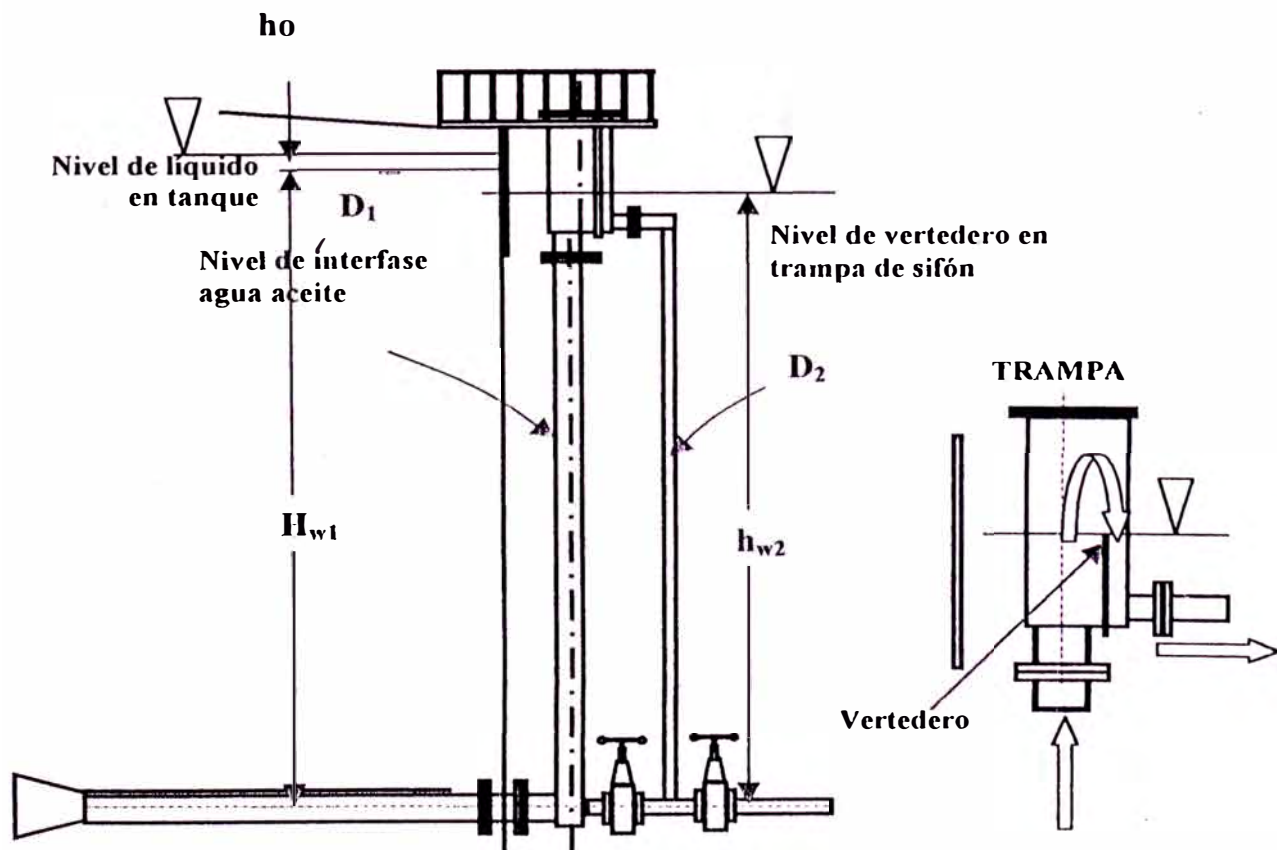


Figura 4.31: Vista de sifón típico

En la figura 4.27 se esquematiza un sifón comúnmente utilizado en los tanques de tratamiento de las baterías de producción

Los diámetros deberán ser calculados en forma iterativa de las ecuaciones 4.49 y 4.50

$$D_1 = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot Q^2 \cdot (1 + f \cdot L_1 / D_1 + \sum K_1)}{\pi^2 \cdot g \cdot (h_o \cdot \gamma_o / \gamma_w + h_{w1} - h_{w2})}} \quad .(4.49)$$

$$D_2 = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot Q^2 \cdot (1 + f \cdot L_2 / D_2 + \sum K_2)}{\pi^2 \cdot g \cdot h_{w2}}} \quad \dots(4.50)$$

En donde:

D₁: diámetro interno de la tubería que conecta el tanque con la trampa del sifón, en metros

D₂: diámetro interno de la tubería que conecta la trampa, hasta el lugar de descarga, en metros (se ha supuesto que el nivel de descarga esta al mismo nivel que el tubo de salida)

Q: Caudal de agua en m³/s

F: factor de fricción de Darcy

L₁: es la longitud de la tubería desde el punto de toma dentro del tanque hasta la trampa, en metros

L₂: es la longitud de la tubería desde la trampa del sifón hasta el lugar de descarga.

g: 9.81 m/s²

H_o: espesor de la capa de aceite en tanque, en metros

H_{w1}: altura de la capa de agua desde el nivel de interfase aceite – agua hasta el eje de referencia. (se ha supuesto que coincide con el nivel en la descarga)

Hw₂: altura del nivel de vertedero en trampa respecto al nivel de descarga, en metros.

γ_o : Peso específico del aceite, a las condiciones de operación.

γ_w : Peso específico del agua a las condiciones de operación.

ΣK_1 : Sumatoria de factores de pérdidas por accesorios, para el ducto que conecta el punto de captación de agua en el tanque hasta desembocar a la trampa del buzón.

ΣK_2 : Sumatoria de factores de pérdidas por accesorios, para el ducto que conecta la trampa hasta el lugar de descarga

En la práctica, se debe operar con el tubo de descarga completamente lleno, esto evitará el taponamiento de la tubería de descarga por la acumulación violenta de sales al reaccionar con él oxígeno, las expresiones 4.49 y 4.50 están ajustadas para este propósito, e incluso en la mayoría de casos hará falta incrementar ΣK_2 premeditadamente, con la finalidad de mantener lleno el tubo que descarga el agua de la trampa, aún así no recomiendo la utilización de estos dispositivos. En las operaciones del lote 8, estos dispositivos vienen siendo reemplazados por descargas modulantes ajustadas por un sensor de nivel de interfase.

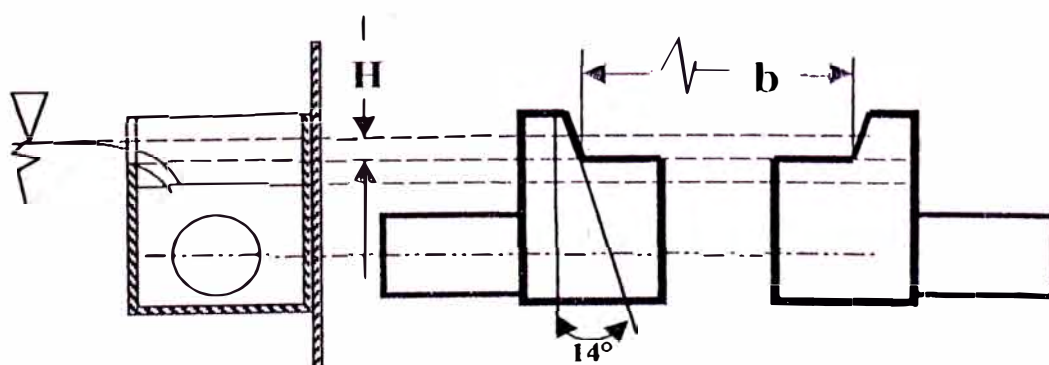


Figura 4.32: Vertedero trapecoidal simple

- Cálculo de desnatador

El cálculo del desnatador se basa en el principio hidráulico de los vertederos, de los tipos posibles, trataremos dos, el vertedero trapezoidal simple, como el ilustrado en la figura 4.32

La expresión 4.51 permite calcular el flujo descargado en el vertedero simple trapezoidal graficado en la figura 4.32

$$Q_{o_{\max}} = 1.86 \cdot b \cdot H^{3/2} \dots\dots\dots (4.51)$$

Donde:

$Q_{o_{\max}}$: Caudal máximo de aceite en m^3/s

H: altura de la vertiente en metros

b: ancho del canal en metros

Como las unidades utilizadas no son familiares en la industria del petróleo, es conveniente utilizar la expresión 4.51, en la siguiente forma:

$$Q_{o_{\max}} = 104.5 \cdot b \cdot H^{3/2} \dots\dots\dots (4.52)$$

Donde:

$Q_{o_{\max}}$: Caudal máximo de aceite en bpd

H: altura de la vertiente en pulgadas

b: ancho del canal en pulgadas

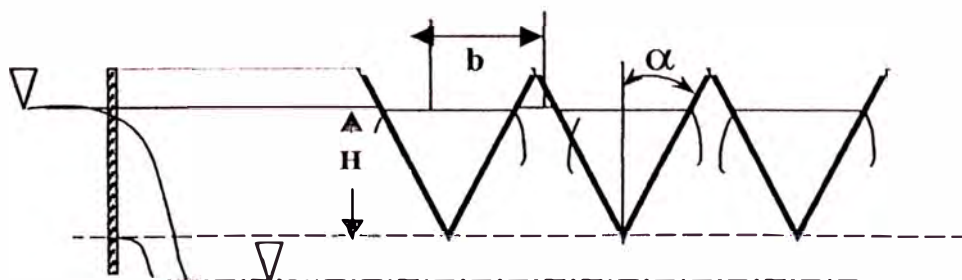


Figura 4.33: Vertedero ranurado o vertedero múltiple de sección triangular

El otro tipo de vertedero utilizado es el ranurado, también de pared delgada, que se ilustra en la figura 4.33

El cálculo del caudal puede ser efectuado con ayuda de la expresión 4.30

$$Q_{o_{max}} = 133.74 * \text{tg} \alpha * n * H^{5/2} \dots\dots\dots(4.53)$$

En donde:

$Q_{o_{max}}$: es el caudal de aceite máximo a captar, en bpd

α : es el ángulo de la mitad del vértice del triángulo.

N : es el número de ranuras.

H . es la altura de la vertiente en pulgadas.

En la práctica H no deberá exceder la mitad del espesor total de la capa de aceite, lo recomendable es fijarlo a 1/3 del mismo, con lo que fácilmente se pueden determinar las otras magnitudes

4.4 Fundamentos de equipos de tratamiento final

4.4.1 Generalidades

Al principio de este capítulo se ha discutido los parámetros a observar para obtener la calidad de tratamiento deseada, vista la batería como un todo, y a la descarga de los equipos de tratamiento intermedio es muy difícil obtener calidad adecuada en cada uno de los compuestos principales, tratados en la batería, y con la finalidad de lograr finalmente el objetivo propuesto para la batería, se hace uso de equipos adecuados para este fin, esto no significa que en los equipos precedentes e instalaciones precedentes se haya dejado de hacer lo que corresponde hacer en cada etapa, más bien esto debe

entenderse como imposibilidad física intrínseca y propia de cada tipo de equipo, en otras palabras resulta sino imposible, por lo menos demasiado costoso conseguir con un solo tipo de equipo, tratamiento adecuado para toda la batería y sí bien es cierto que uno u otro diseño, adoptado para obtener calidad adecuada en el rango correspondiente, con la menor complejidad posible, debe recordarse que el grado de complejidad esta determinado por las características del fluido recepcionado en la batería. En la práctica es común observar la tendencia y el hecho de trasladar las anomalías presentadas en las etapas previas a la etapa final y casi siempre con resultados adversos.

En el mercado se expenden o fabrican a medida diferentes tipos de equipo adaptados para uno u otro requerimiento, de acuerdo a especificaciones del usuario y/o pruebas; es recomendable que estas pruebas sean efectuadas por el mismo fabricante, pero con observación muy cercana e inteligente del usuario.

Se debe distinguir dos tipos de tratamiento final que son de extrema importancia para una batería, estos son: el tratamiento del aceite y el tratamiento del agua

4.4.2 Fundamentos para selección de equipos de tratamiento final de aceite

En la práctica es frecuentemente necesario tratamiento adicional al alcanzado por una separación gravimétrica, la misma ya realizada

en los equipos de tratamiento básico e intermedio. Para el diseño y selección de este tipo de equipos debe observarse por lo menos los siguientes factores:

1. Grado de emulsión
2. Peso específico del aceite y del agua
3. Acidez del producto y grado de corrosividad de los productos a tratar.
4. Cantidad del aceite a tratar y porcentaje del agua presente.
5. Tendencia a la formación de parafina.
6. Presión de operación deseable.
7. Condiciones para la venta del aceite y del gas asociado.

La estabilidad de una emulsión esta determinada por los siguientes factores:

1. La diferencia en densidad entre el agua y el aceite

A menor diferencia de densidad la estabilidad de la emulsión se incrementa

2. El tamaño de las partículas de agua dispersa.

A menor tamaño mayor estabilidad de la emulsión, pero debe observarse que el tamaño de las partículas de agua depende del grado de agitación, impuesto normalmente por bombas y válvulas.

3. La viscosidad

A mayor viscosidad del aceite se dificulta el movimiento de las partículas de agua y por tanto decrece la posibilidad de coalescencia.

4. Tensión interfacial

Sin presencia de agentes emulsificantes, la tensión interfacial entre el aceite y el agua es alta, y las partículas de agua coalescen fácilmente, pero con la presencia de agentes emulsificantes esta tensión interfacial decrece, obstruyendo la coalescencia de las partículas de agua.

5. La presencia y concentración de agentes emulsificantes.

Cuando estas partículas sólidas como parafinas, resinas, ácidos orgánicos, sales metálicas, coloides, barro y asfáltenos, dificultan la coalescencia de las partículas de agua por las siguientes razones:

- a.- Por disminuir la tensión interfacial de la gota de agua, originando la formación de gotas más pequeñas.
- b.- Por formar una especie de recubrimiento a las gotas que las aísla del resto .
- c.- Por existir la posibilidad de que los agentes emulsificantes induzcan su polaridad a las gotas de agua, cargándolas eléctricamente y por el efecto de repulsión de cargas eléctricas, las partículas de agua para coalescer necesitan una mayor cantidad de energía.

De lo enunciado se puede mejorar la separación gravimétrica, añadiendo agentes desemulsificantes, que son en realidad sustancias químicas que inhiben la acción de estos agentes, otro tipo de tratamiento ampliamente utilizado consiste en aplicar calor, con la finalidad de reducir la viscosidad e incrementar la diferencia de densidad, la cantidad de calor necesario para incrementar la temperatura del aceite (el aceite debe contener menos del 10% de agua), se puede estimar en base a la siguiente ecuación:

$$q = 16 \cdot Q_o \cdot \Delta T \cdot (0.5 \cdot \gamma_o + 0.1) \dots\dots\dots(4.54)$$

En donde:

q: Calor añadido en Btu/hr

Q_o: Flujo de aceite en bpd

ΔT: incremento de temperatura en °F

γ_o : Peso específico del aceite

También puede tratarse el crudo, aplicando un campo eléctrico por aplicación de una diferencia de potencial, la atracción entre las gotas de agua (líquido conductivo), en un campo eléctrico puede ser evaluado por la ecuación 4.32

$$F = K_s \cdot \varepsilon^2 \cdot (dm)^6 / S^4 \dots\dots\dots(4.55)$$

En donde:

F=Fuerza atractiva entre gotas

ϵ : gradiente de voltaje

d_m : diámetro de las gotas

S : distancia entre gotas ($\geq d_m$)

4.4.3 Fundamentos para selección de equipos de tratamiento final del agua

La calidad del agua esta determinada normalmente, por regulaciones de ley, y este esta fijado ente 15mg y 50 mg/l dependiendo de la locación especifica, en la selva peruana el límite es de 20 mg/l (debe entenderse 20 mg de aceite por litro de agua), para alcanzar este propósito, en la tabla 11 se listan varios métodos posibles, con la performace esperada para el proceso aplicado.

Un valor práctico para determinar el grado de dificultad para poder lograr resultados satisfactorios, consiste en retirar muestra (se recomienda un mínimo de tres muestras) del agua expurgada en el punto, desde el que aguas abajo debe aplicarse tratamiento complementario, a cada una de las muestras se le debe hacer reposar entre 0.30 a 4 horas, y efectuar al agua decantada, un análisis para determinar los ppm de aceite presentes en el agua, si en todos los casos este valor supera al máximo permitido por ley, ningún proceso mecánico, garantizará por sí solo, tratamiento adecuado, siendo necesario efectuar pruebas con agentes químicos surfactantes, que en lo posible tiendan a flotar las partículas del medio dispersos que contienen aceite.

Los costos promedio de estos equipos, van desde aproximadamente USA 1.= (tanques) a US\$ 7.= por barril de agua tratado (caso de filtros mejorados) ,debe observarse además que los equipos gravimétricos, incluso los de amplia performance (caso de hidrociclones y centrífugas), no registran separación adecuada cuando la diferencia de densidad entre el medio disperso y el medio continuo es nula o casi nula, en la práctica existe la posibilidad de que el agua contenga partículas sólidos extrañas, con alto contenido de aceite y que en promedio tengan la misma densidad del agua y no existe método gravimétrico que pueda reportar buenos resultados, es en estos casos que deberá seleccionarse otros tipos de equipos, además deberá también observarse los gastos operativos, cuando uno u otro equipo pueden cumplir con el objetivo, en este caso es también recomendable que las pruebas sean efectuadas por el propio fabricante y observación estrecha e inteligente del usuario.

Tabla 11: Equipos para tratamiento de agua

Método	Tipo de equipo	Diámetro medio de gota de aceite captado
Separación gravimétrica	Tanques desnatadores Separadores API	100 – 150
Placas coalescentes	Interceptores de placas paralelas. Interceptores de placas corrugadas Separadores de flujo cruzado. Separadores de flujo mixto	30 – 50
Coalescedores	Precipitadores	10 –15

mejorados	Filtros coalescentes.	
Flotación por gas	Gas disuelto. Gas hidráulicamente disuelto Gas mecánicamente disperso	15 – 20
Separadores gravimétricos mejorados	Hidrociclones Centrifugas	5 – 15
Filtración	Multimedia Membrana	1+

CAPITULO 5

PROCESO ACTUAL

5.1 Equipamiento

El diagrama de flujo para el equipamiento actual de la batería se representa en la figura 5.1 el mismo consta de lo siguiente:

5.1.1 Un manifold

Con capacidad para recibir y dirigir hacia la batería, el fluido aportado por los pozos (actualmente existen en operación 6 pozos, de un total de 7)

5.1.2 Equipos de tratamiento primarios, comprende:

5.1.2.1 Separadores trifásicos.

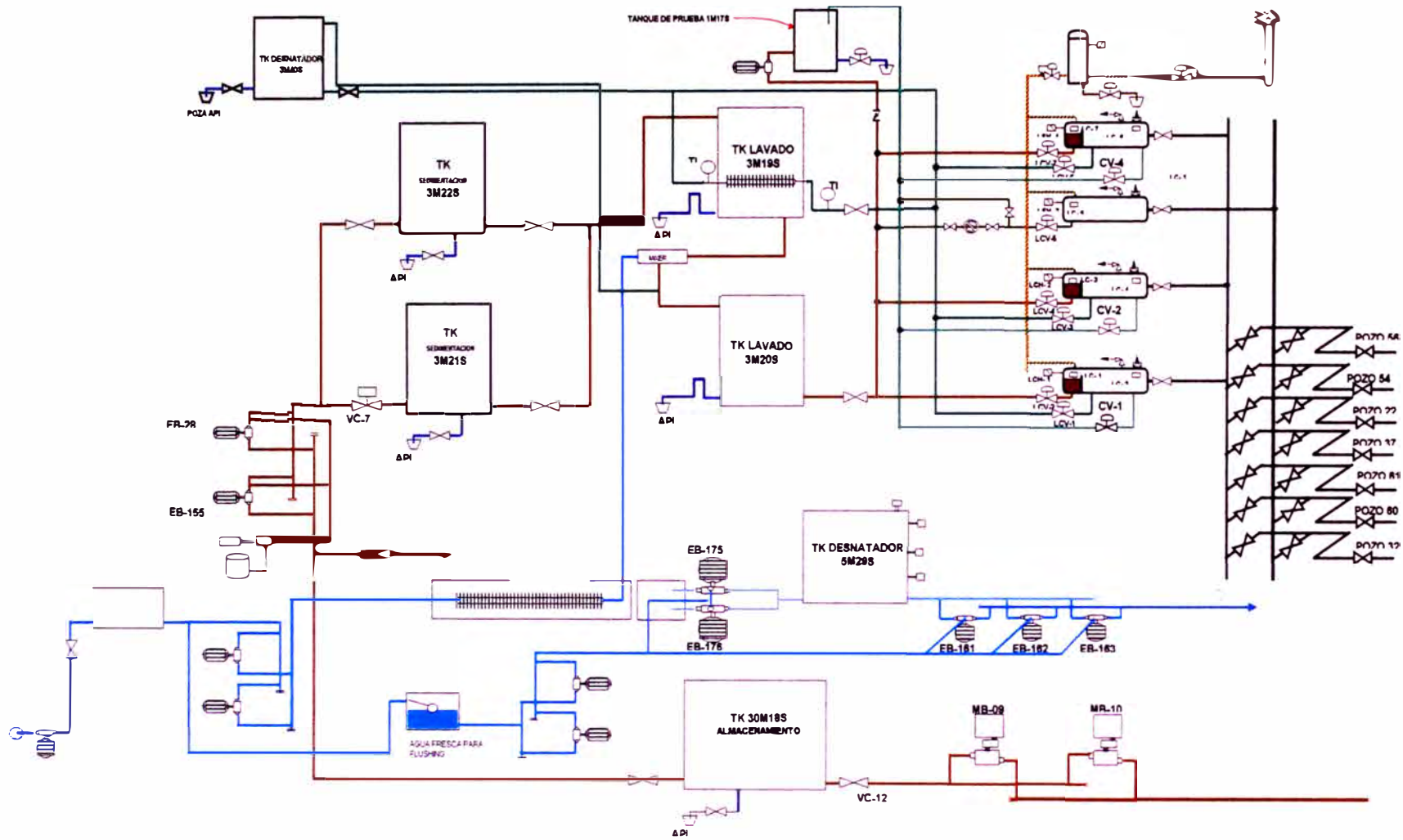
Existen tres separadores trifásicos para totales..

Los separadores de totales registran las siguientes medidas:

Separador N° SP 1

Diámetro: 1.05 m

FIGURA 5.1: DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA BATERIA ACTUAL



Longitud total entre tapas: 4.5 m

Posición horizontal.

Separador N° SP 2

Diámetro: 0.635 m

Longitud total entre tapas: 3 m

Posición: horizontal

Separador N° SP 4

Diámetro: 2.30 m

Longitud total entre tapas: 5 m

Posición horizontal.

5.1.2.2 Separador bifásico

El separador de prueba utilizado para probar los pozos, registra las siguientes medidas.

Separador N° SP 3

Diámetro: 1.22 m

Longitud total entre tapas: 3 m

Posición: horizontal

5.1.2.3 Separador bifásico para gas “Scrubber”

Separador N° SP 5

Diámetro: 0.61 m

Longitud total entre tapas: 3m

Posición: vertical.

5.1.2.4 Conjunto de instrumentos y válvulas para el control primario.

Conjunto de instrumentos registradores y mando de nivel de interfase aceite – gas y agua aceite neumáticos.

Conjunto de válvulas de diafragma para control de descarga de aceite de accionamiento neumático.

Conjunto de válvulas de diafragma para control de descarga de agua de accionamiento neumático.

Conjunto de válvulas de compuerta principales y de derivación para las válvulas de control de descarga de agua y aceite de separadores.

Medidor de flujo másico Micromotion para registrar agua y aceite, a la descarga del separador de prueba.

Tanque de prueba

El tanque de prueba existente es de 1,000 barriles de capacidad, las medidas nominales de este tanque son:

Diámetro: 20 pies

Altura: 16 pies

5.1.3 Equipos de tratamiento intermedio

Tanques de lavado

Los dos tanques de lavado existentes registran las siguientes características:

Tanque N° 3M19S

Capacidad nominal: 3,000 barriles

Tipo de construcción: empernado con techo fijo y fondo de baja conicidad

Tipo de difusor: De flujo repartido por tubo perforado a un solo nivel.

Diámetro: 29 pies

Altura: 24'-01"

Tanque N° 3M20S

Capacidad nominal: 3,000 barriles

Tipo de construcción: empernado con techo fijo cónico y fondo de baja conicidad

Tipo de difusor: De flujo repartido por tubo perforado a un solo nivel.

Diámetro: 29 pies

Altura: 24' - 01"

Tanques de sedimentación

Los dos tanques de sedimentación existentes registran las siguientes características:

Tanque N° 3M21S

Capacidad nominal: 3,000 barriles.

Tipo de construcción: soldado con techo fijo y fondo de baja conicidad

Diámetro: 29' - 09"

Altura: 24' - 01"

Tanque N° 3M23S

Capacidad nominal: 3,000 barriles.

Tipo de construcción: empernado con techo fijo y fondo de baja conicidad

Diámetro: 26 pies

Altura: 31´- 01”

Tanque desnatador

El tanque desnatador utilizado para el tratamiento intermedio, registra las siguientes características:

Tanque N° 3M40S

Capacidad nominal: 3,000 barriles.

Tipo de construcción: soldado con techo fijo y fondo de baja conicidad

Tipo de difusor: De flujo repartido por tubo en cruz perforado a un solo nivel.

Tipo de desnatador: De tubo simple

Diámetro: 26 pies

Altura: 31´01”

Poza API

Existe una poza API de las siguientes características:

Tipo de construcción: abierto construido bajo terreno, con paredes, fondo, tabiques divisorios y buzón de mortero armado

Longitud total entre vertederos: 18 metros

Profundidad: 1.1 m

Ancho de primer canal: 1.50 metros

Ancho de segundo canal: 1.70 metros

Número de desnatadores de aceite: dos

Tipo de desnatadores: de cuchara basculante.

Tipo de accionamiento de desnatador: Manual

Cantidad de buzones: dos (02), uno para captar el agua y otro para el aceite

Dispositivo para lavar el aceite con agua dulce, tipo Mixer.

Este dispositivo es de fabricación local y se trata de un tubo de acero de 2" de diámetro con 24" de longitud con 64 agujeros de ¼" de diámetro c/u, uniformemente espaciados, instalado interna y concéntricamente dentro de un tubo de 6" de 30" de longitud, el principio de funcionamiento es el de procurar la mayor área de contacto del agua dulce con el aceite que contiene agua salada, aprovechando la afinidad del agua para disolver las sales presentes en el crudo. Este aparato opera sobre la corriente de aceite, antes del ingreso de aceite al tanque lavador 3M19S.

Equipos de tratamiento final

El tanque desnatador utilizado para el tratamiento final registra las siguientes características:

Tanque N° 5M29S

Capacidad nominal: 5,000 barriles.

Tipo de construcción: empernado con techo fijo y fondo con pendiente mínima.

Tipo de difusor: De flujo repartido por tubo en cruz perforado a un solo nivel.

Tipo de desnatador: Por rebose a tubo simple

Diámetro: 38.5 pies

Altura: 24 pies

Tanque de Almacenamiento

El tanque existente tiene las siguientes características.

Capacidad nominal: 30,000 barriles.

Tipo de construcción: empernado con techo fijo y fondo con pendiente mínima.

Tipo de Agitador: No dispone de agitador.

Diámetro: 84 pies

Altura: 31 pies

Un conjunto de líneas, válvulas y accesorios de interconexión, dosificación y muestreo.

Todas las líneas emplazadas son de acero al carbono en cédula 40.

Las válvulas utilizadas para interconectar los equipos son de compuerta, con cuerpo de acero forjado, clase 150 en medidas que van de 3" a 6".

Las válvulas y líneas empleadas para la dosificación de productos químicos son de acero al carbono y de acero inoxidable 316L, la

mayor parte de las válvulas empleadas son de bola, y las medidas empleadas son de ¼" a ½".

Las válvulas y líneas empleadas para el servicio de muestreo son de acero al carbono y acero inoxidable, la mayor parte de las válvulas son de bola y la medida empleada es de ½".

Un conjunto de dosificadores de agentes químicos.

Los dosificadores de productos químicos, son del tipo reciprocante con carrera y control gobernado en forma manual, con una potencia promedio de 1/3 HP.

Un conjunto de equipos rotativos.

Comprende los siguientes equipos:

Dos electrobombas para transferir aceite de los tanques de sedimentación al tanque de almacenamiento.

N° Local: EB-28

Potencia: 20 Hp

Marca y modelo: Hidrostat 80.315 VTK

Capacidad nominal: 110 gpm a 420 pies

N° Local: EB-155

Potencia: 20 Hp

Marca y modelo: Ingersoll Dresser E3 - Gearex

Capacidad nominal: 300 gpm a 220 pies

Dos electrobombas para recuperar el aceite captado en la poza API.

N° Local: EB-128

Potencia: 7 Hp

Marca y modelo : Toyo

Capacidad nominal: : 25 gpm, 25 psi

N° Local: EB-129

Potencia: 7 Hp

Marca y modelo: Toyo

Capacidad nominal: 25 gpm, 25 psi

Nota: estas bombas han sido diseñadas para el manejo de lodos con impelente retraído y operan a una velocidad de 1,200 r.p.m.

Dos electrobombas para transferir el agua separada en la poza

API al tanque desnatador 5M29S

N° Local: EB- 175

Potencia: 200 Hp

Marca y modelo: Goulds 3410 6X8X17

Capacidad nominal: 900 GPM, 150 psi

N° Local: EB- 176

Potencia: 200 Hp

Marca y modelo: Goulds 3410 6X8X17

Capacidad nominal: 900 GPM, 150 psi

Tres electrobombas para disponer el agua del tanque desnatador 5M29S al río Marañon.

N° Local: EB-161

Potencia: 75 Hp

Marca y modelo: Ingersoll Dresser 2.5 LR – 10C/LR

Capacidad nominal: 500 gpm 350 pies

N° Local: EB-162

Potencia: 75 Hp

Marca y modelo: Ingersoll Dresser 2.5 LR – 10C/LR

Capacidad nominal: 500 gpm 350 pies

N° Local: EB-163

Potencia: 75 Hp

Marca y modelo: Ingersoll Dresser 2.5 LR – 10C/LR

Capacidad nominal: 500 gpm 350 pies

Dos electrobombas para suministrar agua dulce al mixer de lavado previo al ingreso del aceite del tanque 3M20S al tanque 3M19S.

N° Local: EB-125

Potencia: 5 Hp

Marca y modelo: Ingersoll Rand 1.25x1x5-D512

Capacidad nominal: 20 gpm vs 25 psi

N° Local: EB-126

Potencia: 5 Hp

Marca y modelo: Ingersoll Rand 1.25x1x5-D512

Capacidad nominal: 20 gpm vs 25 psi

Una electrobomba para recuperar el aceite del tanque de prueba 1M17S al tanque de lavado 3M20S

N° Local: EB-18

Potencia: 20 Hp

Marca y modelo: Hidrostral 50-200.10

Capacidad nominal: 110 gpm a 420 pies

Dos electrobombas para efectuar lavado de sellos mecánicos.

N° Local: EB-134

Potencia: 5 Hp

Marca y modelo: Ingersoll Rand 1.25x1x5-D512

Capacidad nominal: 20 gpm vs 25 psi

N° Local: EB-135

Potencia: 5 Hp

Marca y modelo: Ingersoll Rand 1.25x1x5-D512

Capacidad nominal: 20 gpm vs 25 psi

Dos motobombas para despachar el aceite al terminal Saramuro

N° Local: MB-09

Potencia: 320 HP

Marca y modelo de motor: Caterpillar 6406

Marca y modelo de bomba: Worthington 4UNQ11

Capacidad nominal: 600 gpm 1500 pies

N° Local: MB-10

Potencia: 250 HP

Marca y modelo de motor: Caterpillar 6406

Marca y modelo de bomba: Worthington 4UNQ11

Capacidad nominal: 600 gpm 1500 pies

5.2 Descripción del proceso actual

5.2.1 Proceso en instalaciones de superficie de pozo (en plataforma)

Cuando el pozo esta listo para entrar en servicio permanente o de prueba, se procede a aperturar la válvula que direcciona el flujo total a la batería.

La válvula check existente de actuación intrínseca impedirá cualquier reflujo de batería hacia el pozo.

Se registra en forma manual y por observación en sitio los parámetros usuales para evaluar la performance del equipo de subsuelo (actualmente se dispone de equipos BEC's), como son el voltaje, amperaje, frecuencia, así como presión y temperatura en cabeza de pozo, potencialmente se puede efectuar también en forma manual regulaciones en el tablero eléctrico con variador para el equipo BEC. (Bombeo Electro Centrifugo)

5.2.2 Proceso en la batería

- El flujo total provisto por los pozos ubicados en las plataformas distantes en promedio 1,200 metros, es dirigido por medio del manifold a los separadores primarios existentes (tres trifásicos de totales y uno bifásico de prueba).
- El flujo al ingresar a los separadores primarios se separa por decantación o flotación gravimétrica en los tres componentes no inmiscibles del mismo, a cada componente separado y a la descarga del separador primario, dependiendo del tipo de proceso posterior, los productos a la descarga son dirigidos al tanque de lavado 3M20S (el aceite) o al tanque desnatador 3M40S (el agua) o al tanque de prueba 1M17S, el gas es descargado a una línea común hacia el separador vertical SP-05 tipo "Scrubber".
- El agua salada se descarga en forma intermitente por medio de la válvula de control ON-OFF de diafragma, regulado en forma automática de acuerdo al nivel de interfase agua – aceite dentro del recipiente del separador trifásico y es dirigido en el flujo de totales hacia el tanque desnatador 3M40S. En caso de estar utilizando el separador de prueba el agua y el aceite de este separador, se descarga en forma conjunta hacia el tanque de prueba 1M17S o a través del medidor de flujo másico existente y disponible a la descarga del separador de prueba, hacia el tanque de lavado 3M20S.
- El aceite se descarga en forma intermitente por medio de la válvula de control ON-OFF de diafragma, regulado en forma automática de

acuerdo al nivel de interfase aceite – gas dentro del recipiente de los separadores trifásicos o bifásicos.

- El gas se descarga continuamente, manteniendo una presión interna de 35 psi en los separadores trifásicos , bifásico y scrubber, esto es gobernado por una válvula reguladora de presión del tipo “backpressure”. Luego la totalidad del gas es quemado.
- El agua salada, a la descarga de los separadores de totales es dirigido hacia el tanque desnatador 3M40S, en donde el aceite remanente es separado gravimetricamente, luego el agua es descargado a través de tuberías y canales abiertos a la poza API, y el aceite es descargado por vasos comunicantes al tanque 3M19S a través del dispositivo denominado “mixer”.
- De la poza API el agua es captada por equipos de bombeo de accionamiento eléctrico (EB-175 y EB-176), hacia el tanque desnatador 5M29S, finalmente el agua es dispuesta al río Marañón desde este último tanque haciendo uso de las electrobombas EB-161, EB-162 y EB-163. (normalmente trabajan dos en paralelo de las tres disponibles), a través de un ducto de fibra de vidrio de 8” de diámetro con una longitud de 16 kilómetros.
- Cuando la prueba de cualquier pozo es efectuado, haciendo uso del tanque de prueba 1M17S, el agua se descarga directamente de este tanque por medio de canales hacia la poza API, luego el aceite es transferido por bombeo al tanque de lavado 3M20S, La operación necesaria es totalmente manual y regulado por observación en sitio.

- Cuando la prueba de cualquier pozo es efectuado, haciendo uso del medidor de flujo másico, el agua y el aceite provenientes del pozo es descargado al tanque 3M20S .
- El aceite captado en el tanque de lavado 3M20S es descargado por vaso comunicante hacia el segundo tanque de lavado 3M19S, forzando al flujo de aceite pasar antes por un dispositivo tipo mixer para lavar el aceite con agua dulce a presión, previamente calentada por medio de un serpentín sumergido en la poza API, que se encuentra a 85° C (todos los pozos en la selva provienen de formaciones geo-termales) y distante del patio de tanques 60 metros. (El agua dulce llega al mixer a un máximo de 60°C) Así mismo para mejorar la performance del tanque lavador 3M19S se dispone interiormente de un serpentín para incrementar la temperatura durante el proceso de separación que se realiza en este tanque.
- El aceite que se descarga del tanque 3M19S se dirige alternativamente a uno de los tanques de sedimentación 3M21S o 3M23S, en donde el agua presente en el aceite es separada por su propio peso en un medio y en un proceso hidráulicamente estacionario. (Uno de los tanques es aislado del proceso durante un mínimo de 24 horas)
- El aceite finalmente tratado es transferido al tanque de almacenamiento 30M18S, de donde es despachado periódicamente hasta el terminal Saramuro, ubicado a orillas del río Marañon y al frente de la estación N° 1 del oleoducto Nor-Peruano, haciendo uso

de una de las dos motobombas MB-09 o MB-10 existentes y a través de un oleoducto de acero de 10" cédula 40 de 16.2 kilómetros de longitud.

- El lodo que se deposita en todos los tanques de proceso, solo es posible retirarlo dejando fuera de servicio el tanque en cuestión, y este proceso conlleva el uso de una bomba para lodos de cavidad progresiva. La frecuencia con que se interviene un tanque es de una vez cada 5 o 7 años, el tipo de tanque más sensible a la acumulación de lodos es el de sedimentación, pues una acumulación importante de lodo, impide un adecuado tratamiento del aceite.

El lodo en cuestión esta compuesto básicamente por arenilla, agua salada (que vienen de la formación geológica que proporciona el flujo del pozo) y óxidos de fierro. (formados por el contacto indeseado del oxigeno con los iones fierro presentes en las tuberías y otras instalaciones del subsuelo).

5.3 Evaluación de los equipos actuales

La evaluación de los equipos en forma cuantitativa se presenta en el capitulo 9 (9,1,1,0) correspondiente a los cálculos efectuados para analizar la performance actual, en donde se ha tomado como base los siguientes datos:

- Equipos e instalaciones actualmente en uso
- Producción actual
- Composición de la producción actual.

- Temperatura registrada en los pozos de producción.
- Distancia media entre componentes.
- Temperatura representativa del medio ambiente.

Todas las hojas de cálculo han sido corridas en Microsoft Excell haciendo uso de las expresiones y principios expresados en el capítulo 4 y otras halladas o deducidas de la bibliografía utilizada.

5.3.1 Evaluación de las líneas utilizadas

Las líneas utilizadas se han evaluado en función a los siguientes criterios:

- Tipo de flujo (monofásico o bifásico)
- Máxima pérdida hidráulica aceptada.
- Máxima velocidad permitida por razones de desgaste erosivo, corrosivo y generación de ruido.
- Mínima velocidad permitida por razones de sedimentación de sólidos en suspensión presentes el fluido.

El flujo multifásico se presenta en el manifold, ubicado a la llegada de las líneas procedentes de los pozos y el flujo monofásico se presenta desde la descarga de los separadores primarios, al resto de la batería.

Para el caso del manifold, se ha utilizado el arreglo que se presenta en la figura 5.2, en donde los accesorios y la disposición de las líneas utilizadas determinan su performance, la longitud de los tramos no resulta relevante. Es de observar que gran parte de los

problemas se originan en el manifold, en donde una agitación violenta del fluido puede generar emulsiones de tratamiento posterior dificultoso.

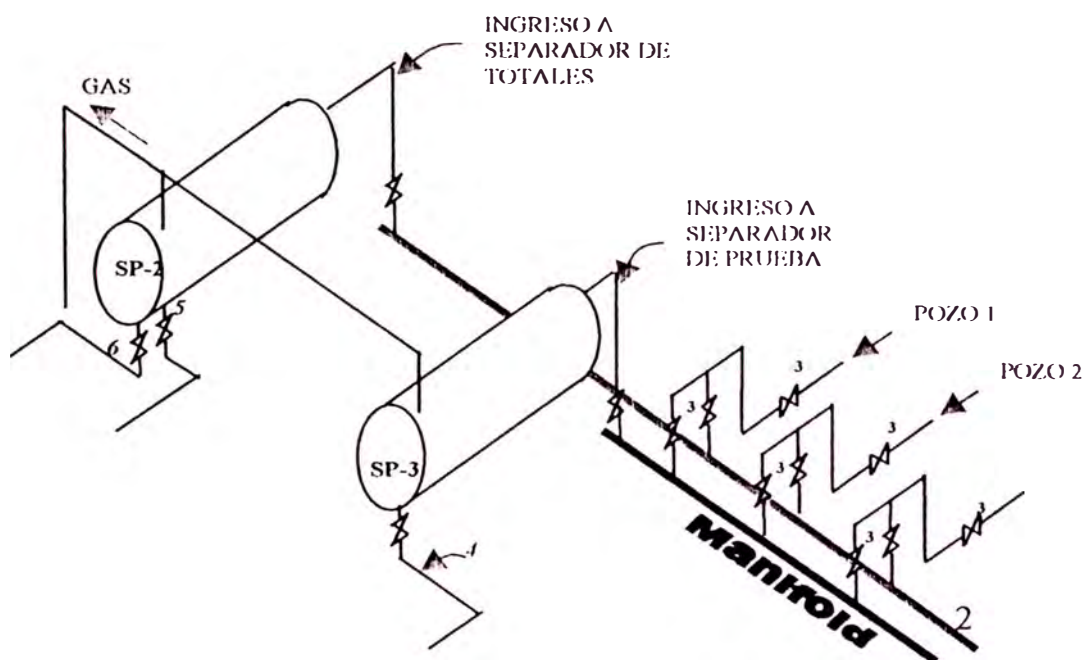


Figura N° 5.2 : Esquema de manifold existente en la batería de producción

En la figura 5.2 se observa que el manifold existente dispone de tres válvulas por pozo, estas válvulas son de compuerta con junta bridada en norma ANSI 150.

Del resultado de los cálculos efectuados en el capítulo 9 (9.5.0.0.0) se observa que para el requerimiento actual, las dimensiones de las líneas utilizadas resultan adecuadas.

5.3.2 Equipos de tratamiento

Para evaluar los equipos actualmente dispuestos en la batería se ha hecho uso de los criterios y principios físicos que gobiernan el comportamiento de los mismos, de acuerdo al capítulo 4,

propiedades físicas del fluido y su variación respecto a la temperatura y presión de proceso, así como de las correlaciones físicas que gobiernan los fenómenos de transferencia de calor y la mecánica de fluidos.

De los cálculos efectuados, (9.1.3) se observa deficiencias en el tratamiento del aceite, como el correspondiente al agua, la deficiencia en el aceite se debe básicamente por la baja temperatura del proceso para la calidad de aceite producido (viscosidad elevada) y en el caso del agua, esta se debe a la performance limitada de los equipos utilizados.

5.4 Calidad obtenida

La calidad obtenida para el proceso actual de detalla en el capítulo 9 (9.1.3.2), los resultados obtenidos para la demanda actual, no garantizan resultados adecuados para cualquier incremento de la demanda.

5.5 Recursos utilizados

Además de las instalaciones físicas actuales es necesario utilizar los recursos indicados en la tabla: 5.1 con el consiguiente gasto operativo.

I	MANO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	
				UNITARIO	PARCIAL
				US\$	US\$
1	SUPERVISOR	1.50	H-D	66.00	99.00

2	OPERADOR	3.00	H-D	42.00	126.00		
3	AYUDANTES	2.57	H-D	26.00	66.86		
4	MECANICO	0.05	H-D	39.00	1.95		
5	INSTRUMENTISTA	0.10	H-D	39.00	3.90		
6	ELECTRICISTA	0.10	H-D	39.00	3.90		
7	TRATAMIENTO QUIMICO	0.10	H-D	96.00	9.60		
8	TRANSPORTE AEREO	0.91	hora-día	1,550.00	1,417.14		
					Gasto total por mano de obra en US\$/día		1,728.35
1	INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL		
				US\$	US\$		
1	PRODUCTOS QUIMICOS						
2	DESEMULSIFICANTE	100.00	Cuartos/día	2.00	200.00		
3	CLARIFICADOR	100.00	Cuartos/día	2.25	225.00		
4	MATERIALES DE LIMPIEZA	3.00	Kg/día	10.00	30.00		
5	TRANSPORTE	0.0992	hora-día	1,550.00	153.76		
					Gasto total por insumos en US\$/día		608.76
1	ENERGÍA ELECTRICA EMPLEADA PARA EL PROCESO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL		
				US\$	US\$		
1	COMPRESOR PARA SISTEMA DE CEBADO	2.50	Kw-hora/día	0.06	0.15		
2	ELECTROBOMBA PARA ALIMENTACION DE AGUA FRESCA PARA LAVADO	60.00	Kw-hora/día	0.06	3.60		
3	ELECTROBOMBA PARA TRANSFERIR ACEITE A TANQUE DE DESPACHO	45.00	Kw-hora/día	0.06	2.70		
4	ELECTROBOMBA PARA TRANSFERIR AGUA SALADA DE POZA API A TANQUE DESNATADOR AUXILIAR	9.89	Kw-hora/día	0.06	0.59		
5	ELECTROBOMBA PARA TRANSFERIR AGUA SALADA DE TANQUE DESNATADOR AUXILIAR AL RIO	59.32	Kw-hora/día	0.06	3.56		
6	ELECTROBOMBA PARA RECUPERACION DE ACEITE DE TANQUE DE PRUEBA	4.51	Kw-hora/día	0.07	0.32		
					Gasto total por consumo de energía eléctrica US\$/día		10.92
					GASTO TOTAL DIARIO EN US\$		2,348.03
					GASTO ANUAL EN US\$		857,030.42

CAPITULO 6

PROCESO PROPUESTO

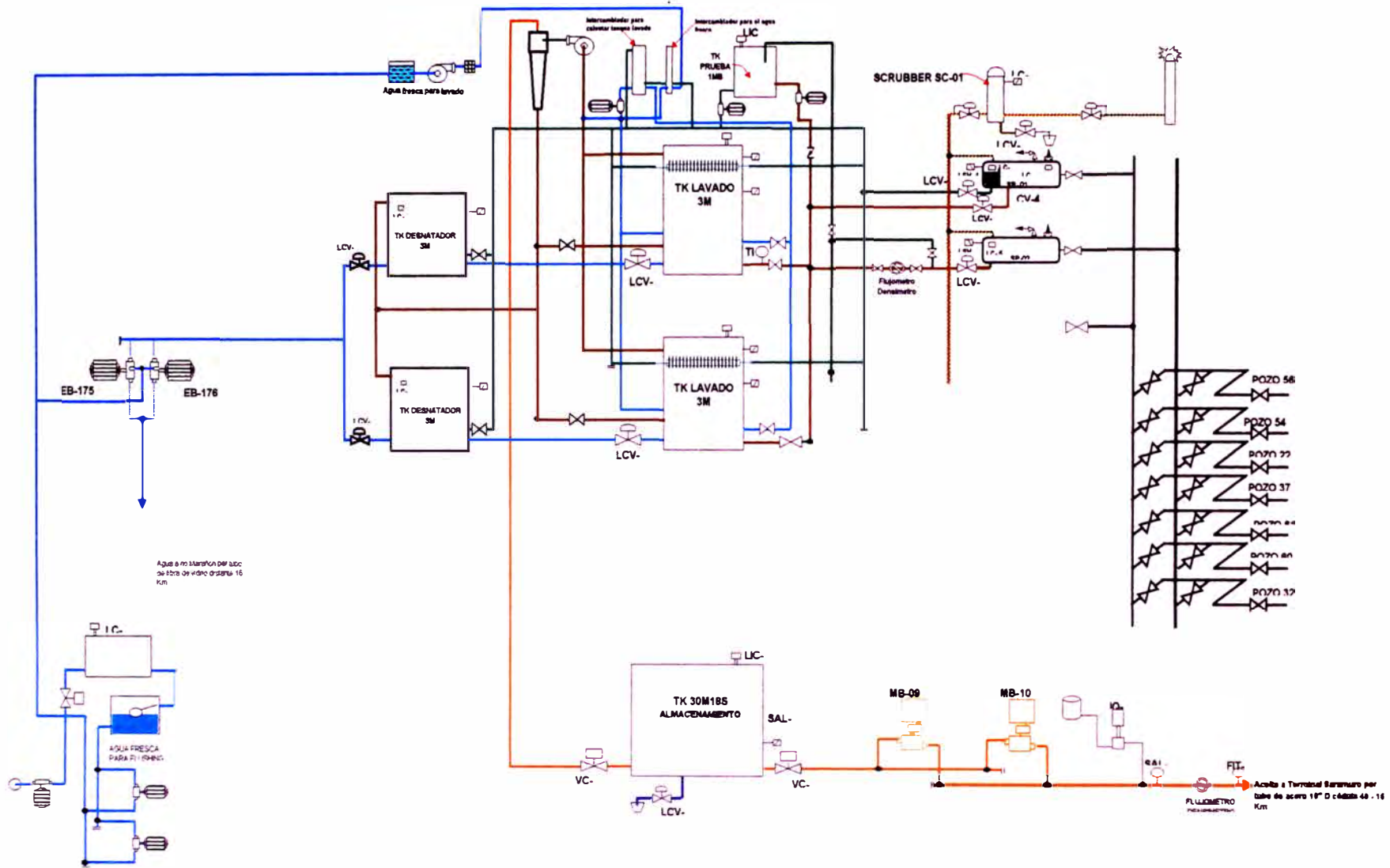
6.1 Equipamiento

El diagrama de flujo simplificado, para el proceso propuesto se presenta en la figura 6.1, observándose una menor cantidad de separadores primarios, así como de tanques y el uso de nuevos equipos para tratar el aceite y el agua. El equipamiento propuesto consta de:

- Un Manifold

Consistente en un juego de válvulas de compuerta interconectadas de tal forma de minimizar las pérdidas hidráulicas localizadas e imponer un recorrido menos tortuoso a la corriente de flujo proveniente de los pozos, con la finalidad de orientarlos hacia el ingreso del separador de totales o al separador de prueba, además de contar con facilidades para la operación y mantenimiento rutinarios. En la figura 6.2 observamos el esquema de una línea de un total de 6 para el manifold propuesto.

FIGURA 6.1 DIAGRAMA DE FLUJO PROYECTADO PARA BATERIA 3



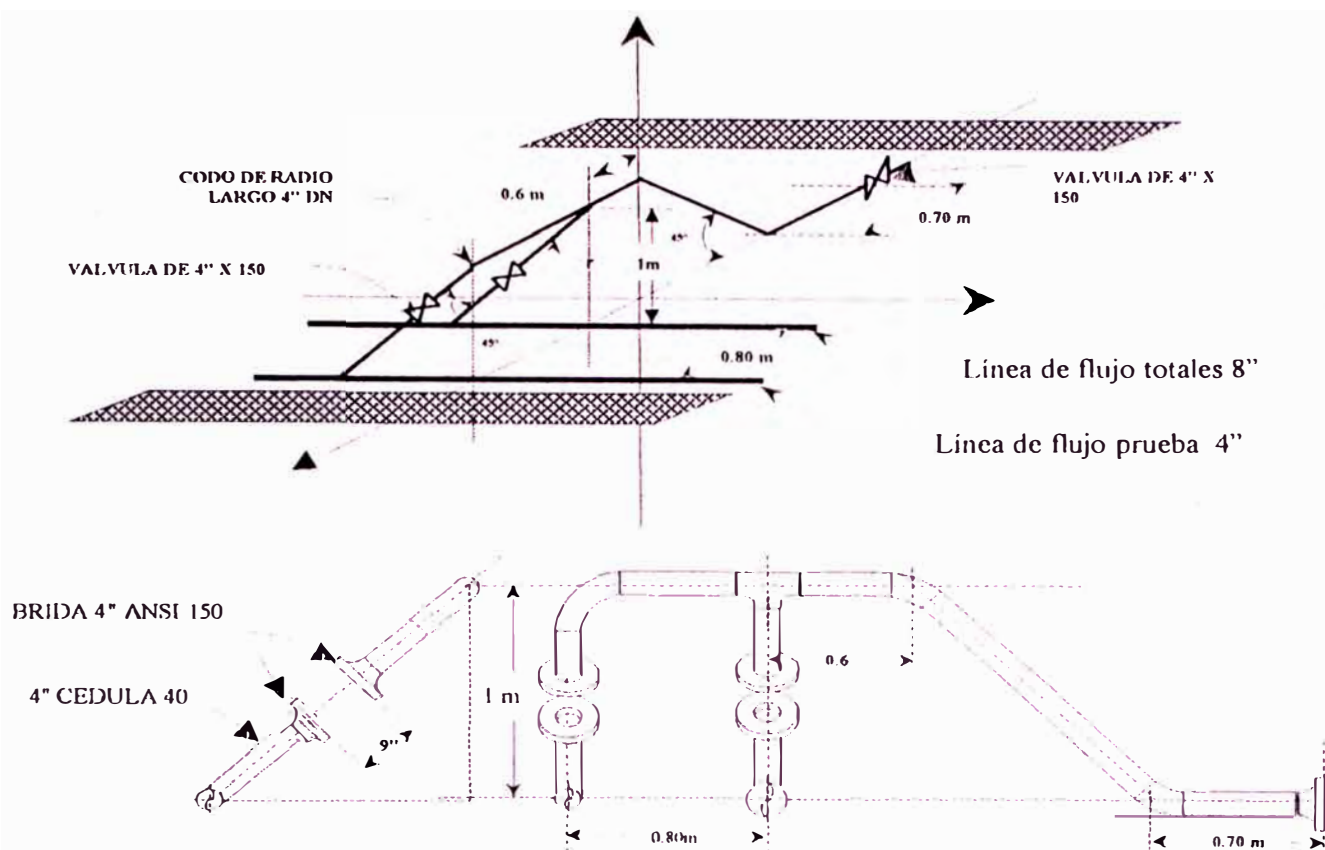


Figura 6.2: Configuración del manifold principal para un pozo

- Un separador trifásico para totales (A fabricar e instalar)

De las siguientes características:

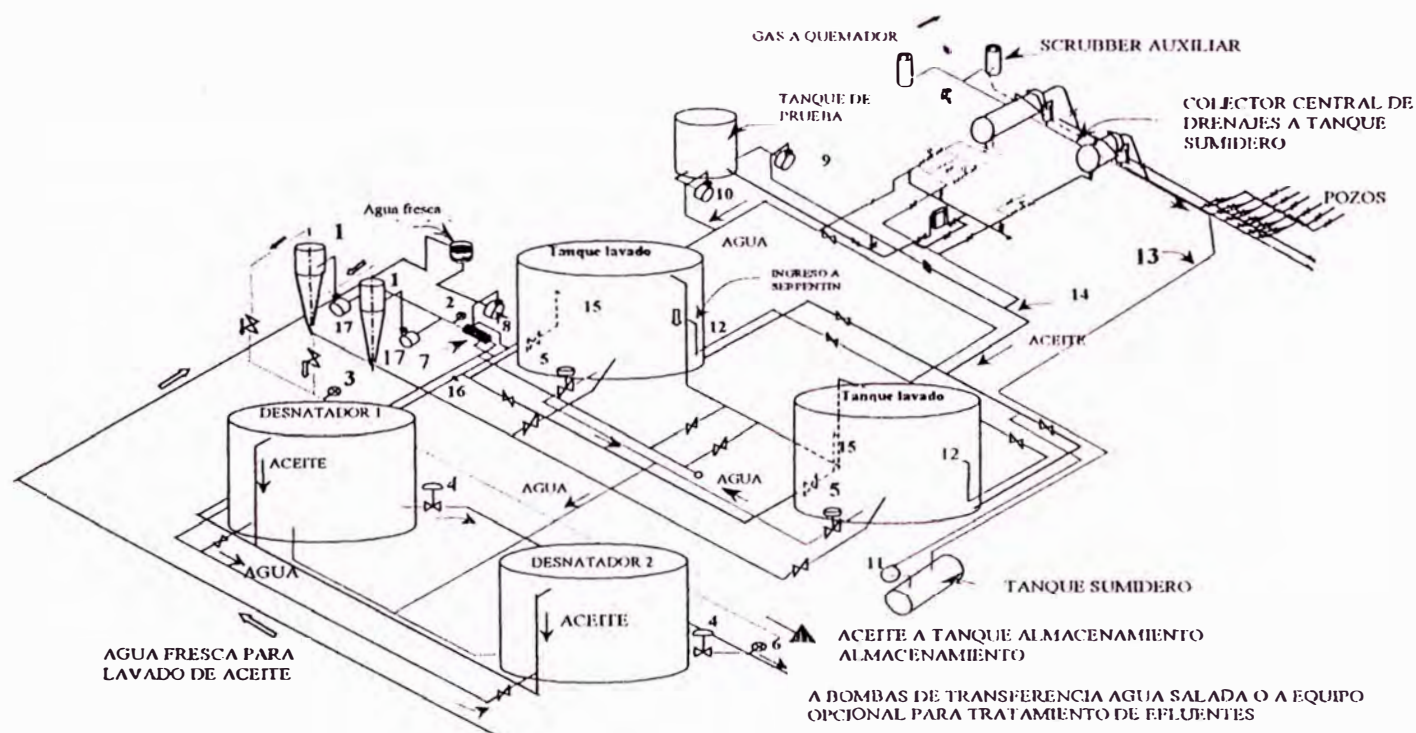
- Capacidad para manejo de líquidos: 40,000 bpd
- Capacidad en gas: 140,000 SCFD
- Relación agua - aceite: > 2
- Temperatura: 185°F
- Presión de operación 35 psig
- Presión de diseño: 70 psig
- Características del fluido:
 - Viscosidad del aceite a 185°F: 33 cStk
 - Peso específico del aceite a 185°F: 0.91

- Viscosidad del agua salada a 185°F: 0.69 cP
- Peso específico del agua salada a 185°F: 1.1
- Viscosidad del gas a 185°F: 0.012 cP
- Peso específico del gas a 185°F y a 1 atm: 0.565
- Dimensiones principales del separador:
 - Longitud entre costuras de tapas: 15.5 metros
 - longitud total entre extremos de tapas: 16.5 metros
 - Diámetro interno: 2.75 m
 - Longitud entre difusor y contraplaca de vertedero: 11 metros
 - Espesor de cuerpo cilíndrico: 1/2"
 - Espesor de tapas toriesfericas: 5/8"
- Colector de aceite: Vertedero múltiple de sección triangular
- Colector de agua: Vertedero simple de sección rectangular
- Un separador trifásico para prueba (Existente)
- Un Separador tipo "Scrubber" (Existente a modificar)
- Un medidor de flujo del tipo másico (Existente)
- Un tanque de prueba (Existente)
- Dos tanques de lavado (A modificar)
- Un conjunto mixer-intercambiador de calor (A fabricar e instalar)
- Dos equipos deshidratadores centrífugos (A proveer)
- Dos tanques desnatadores (A modificar)
- Un tanque sumidero (A proveer)
- Un tanque de almacenamiento (actualmente existente)

- Dos electrobombas para disposición final del agua de producción (Existentes)
- Dos motobombas para transferir el aceite del tanque de almacenamiento al punto de venta. (Existentes)

En las figuras 6.1-a y 6.1-b se presenta esquemáticamente la interconexión del equipamiento propuesto.

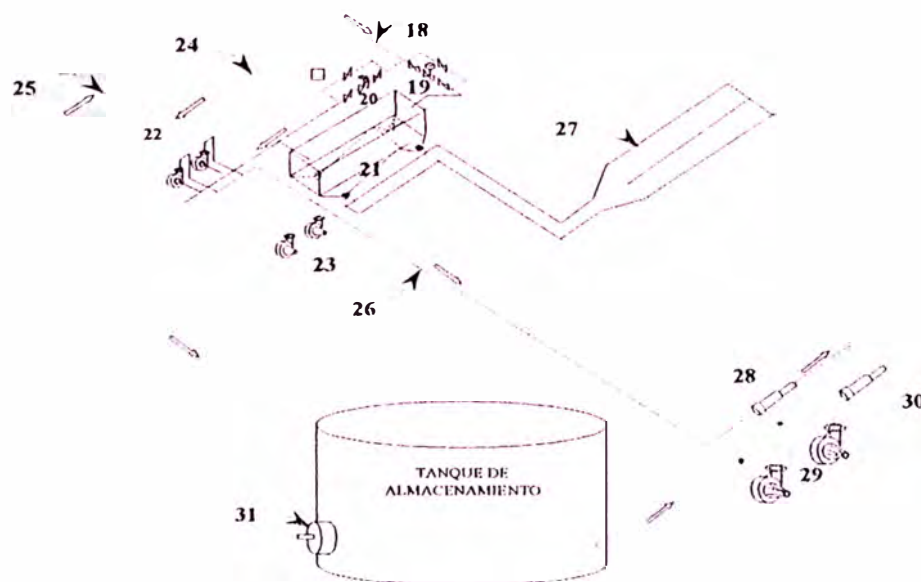
Figura N° 6.2-a : Esquema isométrico de la batería de producción



ITEM	DESCRIPCION
1	DESHIDRATADOR CICLONICO PARA ACEITE
2	DETECTOR DE CALIDAD DE ACEITE AL INGRESO
3	DETECTOR DE ACEITE A LA DESCARGA DE CICLON
4	VALVULA MOTORA DE CONTROL MODULANTE
5	VALVULA MOTORA DE CONTROL MODULANTE
6	SENSOR DE CALIDAD DE AGUA
7	CONJUNTO MIXER E INTERCAMBIACALENTADOR PARA CALENTAR AGUA FRESCA Y ACEITE CON EL AGUA SALADA DE PRODUCCION
8	BOMBA DOSIFICADORA DE AGUA FRESCA
9	BOMBA PARA TRANSFERIR ACEITE DE TANQUE DE PRUEBA.

10	BOMBA PARA TRANSFERIR AGUA DE TANQUE DE PRUEBA.
11	BOMBA DE TANQUE SUMIDERO
12	INGRESO A SERPENTIN
13	COLECTOR CENTRAL DE DRENAJES 6" DN X 120 METROS
14	COLECTOR CENTRAL DE ACEITES 4" DN X 90 METROS
15	DESCARGA DE SERPENTIN
16	PLATO DE ORIFICIO
17	BOMBA DE SEPARADOR CICLONICO

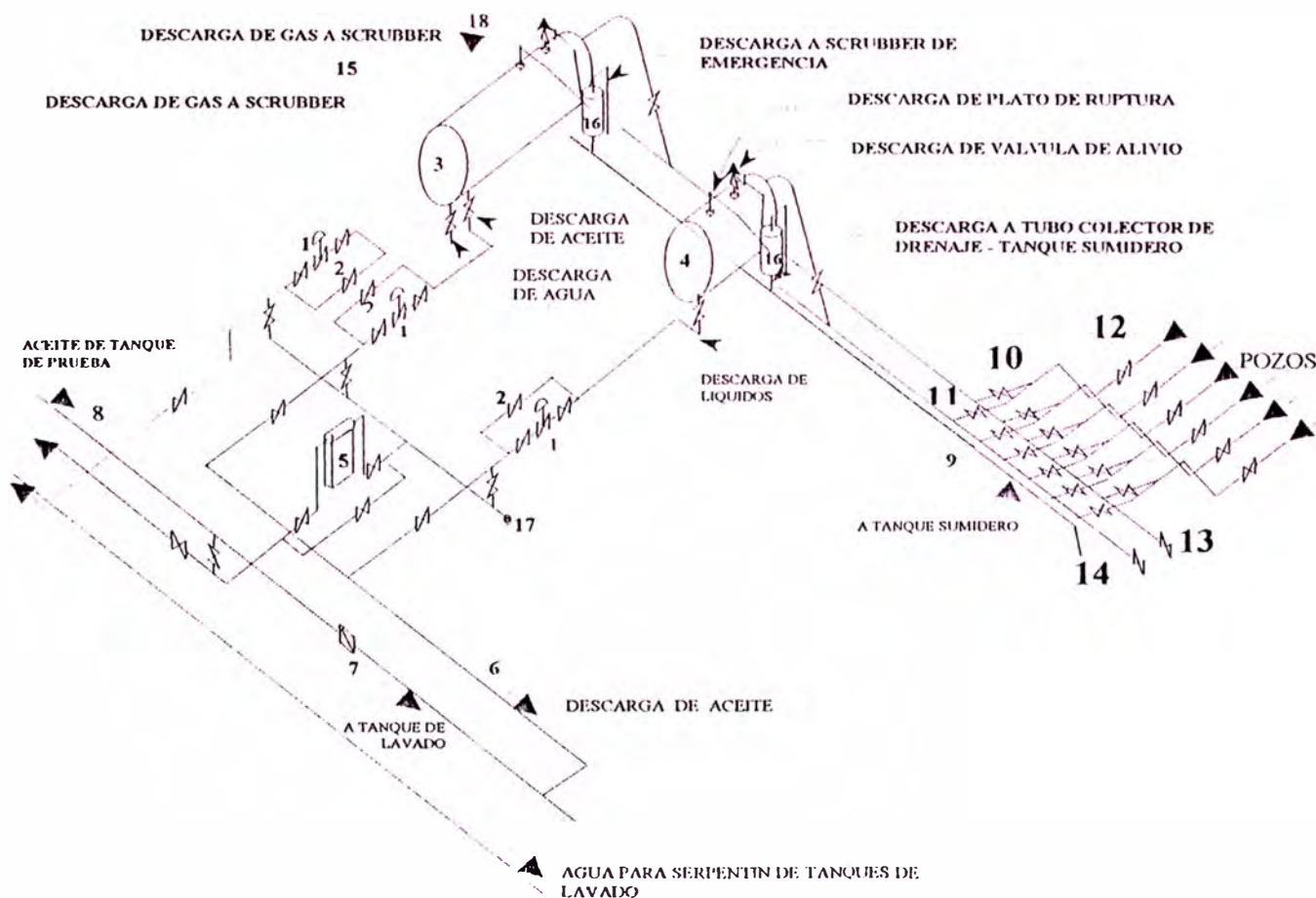
Figura N° 6.2-b : Esquema isométrico de equipamiento propuesto



18	LINEA DESCARGA DE AGUA DE TANQUES DESNATADORES
19	VALVULA MODULANTE INGRESO A SEPARADOR DE PLACAS
20	VALVULA MODULANTE BY-PASS INGRESO A BOMBAS
21	MODULO SEPARADOR DE PLACAS (OPCIONAL)
22	BOMBAS TRANSFERENCIA AGUA SALADA
23	BOMBAS RECUPERACION DE ACEITE
24	LINEA PARA ACEITE TRATADO A TANQUE DE ALMACENAMIENTO
25	LINEA PARA RECUPERACION DE ACEITE A TANQUE GUN BARREL
26	LINEA PARA DISPOSICION DE AGUA SALADA
27	POZA PARA TRATAMIENTO DE DESHECHOS SOLIDOS
28	TRAMPA DE LANZAMIENTO
29	BOMBAS PARA TRANSFERENCIA DE ACEITE
30	TRAMPA DE LANZAMIENTO.
31	AGITADOR DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

En la figura 6.3 se detalla los componentes pertenecientes al tratamiento primario que básicamente está compuesto por dos separadores horizontales, uno trifásico para totales y otro bifásico para efectuar pruebas a los pozos

Figura N° 6.3 : Esquema isométrico del sistema de separación primaria



ITEM	DESCRIPCION
1	VIA PRINCIPAL CON VALVULA MOTORA MODULANTE
2	BY-PASS DE ACCIONAMIENTO MANUAL
3	SEPARADOR TRIFASICO 40,000 BPD
4	SEPARADOR BIIFASICO 10,000 BPD
5	MEDIDOR DE FLUJO MASICO
6	LINEA DE 4" DESCARGA DE POZO EN PRUEBA
7	LINEA DE 4" PARA DESCARGA DE ACEITE
8	LINEA DE 3" DESCARGA DE ACEITE DE TANQUE DE PRUEBA

9	LINEA DE 6" PARA DESCARGA A TANQUE SUMIDERO
10	VALVULA DE BOLA 4" (OPCIONAL ON-OFF) PARA LLEGADA DE POZO A SEPARADOR DE TOTALES.
11	VALVULA DE BOLA 4" (OPCIONAL ON-OFF) PARA LLEGADA DE POZO A SEPARADOR DE PRUEBA.
12	VALVULA DE BOLA 4" INGRESO A MANIFOLD.
13	LINEA DE 8" PARA INGRESO A SEPARADOR DE TOTALES.
14	LINEA DE 6" PARA INGRESO A SEPARADOR DE PRUEBA.
15	LINEA DE 3" PARA DESCARGA DE GAS
16	SEPARADOR CICLONICO POR SEGURIDAD
17	BRIDA PARA EMPALME FUTURO
18	LINEA PARA DESCARGA DE GAS POR EMERGENCIA

6.2 Actividades necesarias y descripción del proceso

6.2.1 En plataforma

6.2.1.1 Actividades complementarias opcionales

Instalar válvulas check y válvula on-off, a la descarga de los pozos ubicados en la periferia de la plataforma, sobre canales colectores de drenaje de aceite existentes en el área, estas válvulas son de 4" en norma ANSI 600.

Instalar accesorios de instrumentación para lectura directa e interfase con sistema scada existente en la zona, para todos los pozos existentes.

Adquirir e instalar dosificadores automáticos de productos químicos rutinarios.

6.2.1.2 Proceso

La válvula check de actuación intrínseca impedirá cualquier reflujo de la batería hacia el pozo.

Se podrá registrar los parámetros usuales para evaluar la performance de las bombas BEC's actuales, así como presión y temperatura en cabeza de pozo, potencialmente se podrá efectuar calibraciones en el tablero con variador BEC. (Bombeo Electro Centrífugo)

Cuando el pozo esta listo para entrar en servicio permanente o de prueba, se procede a aperturar la válvula que direcciona el flujo total a la batería.

La válvula check existente de actuación intrínseca impedirá cualquier reflujo de batería hacia el pozo y la válvula de compuerta on-off posibilitará el aislamiento remoto del mismo en cualquier sentido.

Se registra en forma manual y por observación en sitio los parámetros usuales para evaluar la performance del equipo de subsuelo (actualmente se dispone de bombas BEC's), como son el voltaje, amperaje, frecuencia, así como presión y temperatura en cabeza de pozo, potencialmente se puede efectuar también en forma manual regulaciones en el tablero eléctrico con variador para el equipo BEC.

6.2.2 En batería

6.2.2.1 Actividades

1. Modificar acceso de líneas de pozos a separadores trifásicos, con la finalidad de obtener distribución adecuada del flujo a los mismos, observando el hecho de que indistintamente cualquier separador puede emplearse como de totales o de prueba.
2. Construir e instalar en sitio un separador trifásico de 40,000 BPD de capacidad, incluye todas las conexiones, válvulas e instrumentos necesarios.
3. Construir e instalar juego completo de válvulas a la descarga de los separadores, incluye las de descarga modulante para agua y on-off para el aceite con by-pass y habilitación para instalar a futuro válvula modulante opcional, para operación remota.
4. Modificar descarga de gas, para poder acoplarse a la descarga originada por el accionamiento de las válvulas de alivio y platos de ruptura.
5. Reubicar y modificar dos tanques soldados de 3,000 barriles c/u, existentes en el área, para utilizarlos como tanques de lavado.
6. Reubicar y modificar dos tanques emperrados de 3,000 barriles de capacidad para utilizarlos como desnatadores.

7. Construir interconexión del sistema (separadores, tanques, intercambiadores y deshidratadores)
8. Adquirir e instalar deshidratador centrífugo, tipo hidrociclónico.
9. Fabricar e instalar intercambiador de calor tubos coraza para incrementar la temperatura en tanques de lavado, utilizando la energía calórica presente en el agua salada de producción.
10. Fabricar e instalar serpentín en los tanques de lavado para mejorar la calidad de separación de las gotas de agua.
11. Fabricar e instalar intercambiador de calor tubos coraza para incrementar la temperatura del agua de lavado, utilizando la energía calórica del agua salada de producción.
12. Fabricar e instalar conjunto mezclador - difusor en el interior de cada tanque de lavado.
13. Instalar válvulas modulantes para la descarga de expurgas de tanques de lavado y desnatadores , incluye en cada caso by-pass.
14. Fabricar e instalar tanque sumidero y sistema de recuperación hasta tanque Gunbarrel.
15. Construir en sitio, red colectora de drenajes y purgas, hacia tanque sumidero.
16. Adquirir e instalar un agitador para tanque de almacenamiento de 30,000 barriles.
17. Construir canaletas colectoras de lodos y sedimentos de tanques.

18. Adquirir e instalar detectores de nivel de interfase en tanques de lavado y Desnatadores.
19. Adquirir e instalar detectores de salinidad en aceite, al ingreso y a la descarga de deshidratador ciclónico. (opcional)
20. Adquirir e instalar detector de nivel de turbidez a la descarga de los tanques desnatadores. (opcional)
21. Adquirir e instalar opcionalmente sensores y transmisores de datos de presión y temperatura en plataformas (para cada pozo), separadores trifásicos (para cada fase dentro del recipiente, a la descarga y al ingreso del flujo total), tanques (temperatura promedio del tanque y presión interna en el extremo superior), en la succión y descarga de bomba para deshidratadores (para cada bomba), al ingreso y a la descarga del agua y aceite del tanque de lavado, al ingreso y a la descarga de cada serpentín, en todos los casos la precisión debe estar entre $\pm 1^{\circ}\text{C}$.
20. Adquirir e instalar dosificadores automáticos de productos químicos rutinarios.

6.2.2.2 Proceso

1. El flujo total provisto por los pozos de plataformas ingresa al separador trifásico de totales
2. El flujo dentro del recipiente se separa por decantación o flotación gravimétrica en las tres fases que componen el

mismo, a cada fase separada y a la descarga del separador primario se le debe proporcionar un tratamiento adecuado.

- El agua salada descargará en forma continua y modulada de acuerdo al nivel de interfase agua – aceite dentro del recipiente del separador trifásico.
- El aceite descargará en forma continua y modulada de acuerdo al nivel de interfase aceite – gas dentro del recipiente del separador trifásico.

El gas descargará continuamente, manteniendo una presión interna de 35 psi en el separador trifásico, esto podrá ser gobernado por una válvula de contrapresión (“backpressure”).

- El agua salada, después de separarse por el tratamiento primario ingresará al tanque desnatador, aprovechando antes la energía térmica en el tratamiento del aceite, por medio de los serpentines dispuestos en los tanques de lavado(“gunbarrel”), el intercambiador 1-2 dispuesto para calentar el agua contenida en el tanque de lavado y el intercambiador 4-2 para calentar el agua fresca para lavado, equipos instalados para mantener niveles aceptables de la viscosidad del aceite, que de por sí es bastante alto. (33 centistokes a 85°C)
- El agua salada que proviene del separador y la expurga de los tanques de lavado, ingresará al tanque desnatador por vasos comunicantes, para esto el nivel máximo de líquido registrado en los tanques desnatadores será menor que el registrado en

los tanques de lavado. Es por esta razón que se ha seleccionado los tanques soldados como tanques de lavado, por tener mayor altura que los tanques empernados, favoreciéndose además el tratamiento del aceite al incrementarse el espesor de la capa correspondiente.

- Para mejorar el proceso de desnatado y cuando las condiciones del proceso en batería así lo requiera, podrán trabajar en serie los tanques desnatadores, interconectando los mismos con una línea de 10" y manteniendo un diferencia de nivel de 3 pies para la máxima demanda. (38,000 bpd)
- Para controlar la calidad de agua que se descarga de los tanques, se considera instalar sensor de turbidez apropiado, en la línea matriz que alimenta a las bombas de transferencia al río Marañon, las mismas que operaran con velocidad variable, controladas por sensores de nivel de interfase acoplados a cada uno de los tanques desnatadores. (Las bombas deben transferir en cada momento el rate de agua producida por la batería, la misma que es variable en el tiempo)

Esta acción posibilitará mantener estancos los niveles en cada uno de los tanques desnatadores, favoreciendo el proceso de recuperación de aceite, con colector de aceite fijo.

- El aceite que proviene de la separación primaria, ingresará a uno de los tanques de lavado en donde por decantación gravimétrica el agua se separará del aceite, para mejorar este

efecto se instalará dentro de estos tanques, un conjunto mezclador - difusor y se incrementara la temperatura de proceso, haciendo uso de un intercambiador de calor tubos coraza, calentando el agua contenida en el tanque con la energía térmica presente en el agua salada de producción, además del serpentín instalado en la interfase para favorecer la separación de las gotas de agua presentes en el aceite. (coalescencia provocada por el movimiento térmico macroscópico de las partículas del medio disperso)

- La expurga de agua de estos tanques ingresará por vasos comunicantes a los tanques desnatadores y el aceite será colectado por un vertedero multiple y luego descargado hacia las bombas que alimentan el deshidratador centrífugo, previa dosificación de agua fresca para realizar la segunda etapa del lavado
- La corriente de aceite que ingresa al deshidratador centrífugo, perderá el agua presente en el mismo, logrando que cuando menos un 10% del flujo ingresante alcance la especificación requerida de 10 PTB o menor, ingresando en forma directa al tanque de almacenamiento. El flujo restante recirculará al mismo tanque de lavado, ingresando nuevamente al conjunto mezclador difusor juntamente con el aceite provisto por el separador trifásico.

- Al deshidratador hidrociclónico también ingresará la descarga de aceite colectado por los tanques desnatadores.
- Con la finalidad de evaluar en forma continua la calidad del aceite y eficiencia del deshidratador hidrociclónico, se considera instalar detectores de salinidad al ingreso y a la descarga del aceite que va al tanque de almacenamiento.
- El deshidratador ciclónico será alimentado por bombas acopladas con motores eléctricos cuya velocidad será ajustada con variadores y sensores adecuados, para mantener nivel de aceite óptimo en los tanques de lavado.
- Todos los drenajes de aceite o agua de menor cuantía, descargarán al tanque sumidero, de donde se recuperará por bombeo, cuando el sensor de nivel en el mismo, así lo determiné. Este fluido será transferido al tanque de lavado, por la misma línea utilizada para el ingreso de aceite proveniente de los separadores primarios.
- El despacho de aceite a Saramuro, se efectuará con las motobombas MB-09 y MB-10, en operación manual. Opcionalmente se podrá instalar en el tanque de almacenamiento un agitador, para posibilitar despacho de aceite, con composición homogénea y eliminar o minimizar sedimentos en el fondo del tanque.

6.3 Calidad del proceso

La calidad a obtener para el proceso propuesto ha sido calculado en el capítulo 9 y se resume en 9.2.3.0 para la producción actual y en 9.3.3.0 para la proyectada que duplica a la actual, en ambos casos el resultado de los cálculos asegura performance adecuada.

6.4 Recursos

Los recursos necesarios para poder realizar lo proyectado se dividen en: materiales, equipos y servicios y se exponen en la tablas: 6.1 (resumen), 6.2 y 6.3 (detalles), los mismos que han sido valorados de acuerdo a precios cotizados en el mercado interno como externo.

Tabla 13 Costo de materiales y servicios necesarios proyectados

DESCRIPCION DEL GASTO		COSTO US\$
1	MATERIALES Y EQUIPOS	516,954.49
2	SERVICIOS	248,625.07
GASTO TOTAL EN US\$		765,579.56

Tabla 14: COSTO DE MATERIALES Y EQUIPOS

A: MATERIALES

ITEM	DESCRIPCION	CODIGO	CANTIDAD	UNIDA D	COSTO UNITARI O US\$	COSTO PARCIAL US\$
A.1	TUBERIA DE ACERO DE 10" SIN COSTURA CEDULA 40	11010018	3	JT	600.00	1,800.00
A.2	TUBERIA DE ACERO DE 6" SIN COSTURA CEDULA 40	11010015	95	JT	202.00	19,190.00
A.3	TUBERIA DE ACERO DE 4" SIN COSTURA CEDULA 40	11010013	20	JT	200.00	4,000.00
A.4	TUBERIA DE ACERO DE 3" SIN COSTURA CEDULA 40	11010011	400	FT	3.60	1,440.00

A.5	TUBERIA DE ACERO DE 2" SIN COSTURA CEDULA 40.	11010008	20	JT	37.80	756.00
A.6	TUBERIA DE ACERO DE 1" SIN COSTURA CEDULA 40.	11010004	150	FT	0.90	135.00
A.7	TUBERIA DE ACERO DE 3/4" SIN COSTURA CEDULA 40.	11010053	5	JT	36.00	180.00
A.8	TUBERIA DE ACERO DE 1/2" SIN COSTURA CEDULA 40.	11010001	60	FT	0.70	42.00
A.9	TUBBING DE 3 1/2" CONDICION 4	10010031	600	FT	1.50	900.00
A.10	TUBBING DE 2 7/8" CONDICION 4		1200	FT	1.50	1,800.00
A.11	VALVULA DE COMPUERTA 10" X 150.	13010016	2	EA	1,110.00	2,220.00
A.12	VALVULA DE COMPUERTA 6" X 150.	13010011	8	EA	750.00	6,000.00
A.13	VALVULA DE COMPUERTA 4" X 150.	13010008	4	EA	450.00	1,800.00
A.14	VALVULA DE COMPUERTA 3" X 150.	13010005	4	EA	350.00	1,400.00
A.15	VALVULA CHECK 4" X 150.	13050003	4	EA	500.00	2,000.00
A.16	VALVULA CHECK 6" X 150.	13050005	4	EA	800.00	3,200.00
A.17	VALVULA CHECK 3" X 150	13050012	4	EA	400.00	1,600.00
A.18	VALVULA DE BOLA DE 2" ANSI 150, CUERPO DE ACERO INOXIDABLE JUNTA BRIDADA.	S/C	4	EA	200.00	800.00
A.19	VALVULA DE BOLA DE 1" 2000 WOG, CUERPO DE ACERO INOXIDABLE JUNTA ROSCADA.	S/C	4	EA	120.00	480.00
A.20	VALVULA DE BOLA DE 1/2" 2000 WOG, CUERPO DE ACERO INOXIDABLE JUNTA ROSCADA.	S/C	8	EA	60.00	480.00
A.21	VALVULA MARIPOSA DE 6" MOTORA MODULANTE, CUERPO DE ACERO FORJADO, ASIENTO STELLITE JUNTA BRIDADA.	S/C	2	EA	5,000.00	10,000.00
A.22	CODO DE 10" X 90° DE ACERO BISELADO STD.	11020035	6	EA	60.00	360.00
A.23	CODO DE 6" X 90° DE ACERO BISELADO STD.	11020056	16	EA	18.00	288.00
A.24	CODO DE 4" X 90° DE ACERO BISELADO STD.	11020031	32	EA	8.00	256.00
A.25	CODO DE 3" X 90° DE ACERO BISELADO STD.	11020058	16	EA	4.00	64.00
A.26	CODO DE 2" X 90° DE ACERO BISELADO STD.	11020065	16	EA	3.00	48.00
A.27	CODO DE 10" X 45° DE ACERO BISELADO STD.	11020028	6	EA	50.00	300.00
A.28	CODO DE 6" X 45° DE ACERO BISELADO STD.	11020060	16	EA	18.00	288.00
A.29	CODO DE 4" X 45° DE ACERO BISELADO STD.	11020026	8	EA	6.00	48.00
A.30	CODO DE 3" X 45° DE ACERO	11020025	6	EA	4.00	24.00

	BISELADO STD.					
A.31	BRIDA WN DE 10" ANSI 150 .	11130025	8	EA	45.00	360.00
A.32	BRIDA WN DE 6" ANSI 150 .	11020060	32	EA	25.00	800.00
A.33	BRIDA WN DE 4" ANSI 150 .	11130042	32	EA	20.00	640.00
A.34	BRIDA WN DE 3" ANSI 150 .	11130031	24	EA	8.00	192.00
A.35	BRIDA WN DE 2" ANSI 150 .	11130043	32	EA	3.50	112.00
A.36	BRIDA CIEGA 2" ANSI 150.	11130012	8	EA	8.00	64.00
A.37	BRIDA CIEGA 3" ANSI 150.	11130006	12	EA	10.00	120.00
A.38	BRIDA CIEGA 4" ANSI 150.	11130007	12	EA	12.00	144.00
A.39	BRIDA CIEGA 6" ANSI 150.	11130008	4	EA	18.00	72.00
A.40	REDUCCION CONCENTRICA 6" X 4" P/SOLDAR	S/C	4	EA	20.00	80.00
A.41	REDUCCION CONCENTRICA 4" X 3" P/ SOLDAR.	11070050	6	EA	15.84	95.04
A.42	REDUCCION CONCENTRICA 3" X 2" P. SOLDAR.	S/C	4	EA	10.00	40.00
A.43	REDUCCION ROSCADA 1" F X 1/2" F.	11070005	12	EA	1.50	18.00
A.44	NIPLE DE 2" DN X 12"	S/C	12	EA	4.00	48.00
A.45	NIPLE DE 1" DN X 3" ACERO AL CARBONO	S/C	8	EA	4.00	32.00
A.47	NIPLE DE 3/4" DN X 3" ACERO INOXIDABLE	S/C	18	EA	2.00	36.00
A.49	COPE DE 2" - 150 ROSCADO FIERRO NEGRO	11050010	12	EA	6.00	72.00
A.50	COPE DE 1" - 150 ROSCADO FIERRO NEGRO	11050007	12	EA	4.00	48.00
A.52	COPE DE 3/4" - 150 ROSCADO FIERRO NEGRO	11050010	12	EA	3.00	36.00
A.54	COPE DE 1/2" - 150 ROSCADO FIERRO NEGRO	11050003	24	EA	2.00	48.00
A.56	TEE DE 2" STD FIERRO NEGRO P/ROSCAR	11030056	4	EA	6.00	24.00
A.57	TEE DE 1" STD FIERRO NEGRO P/ ROSCAR	32627010	16	EA	4.00	64.00
A.59	TEE DE 1/2" STD FIERRO NEGRO P/ROSCAR	S/C	16	EA	3.00	48.00
A.61	TAPON ROSCADO DE 1" FIERRO NEGRO	11080015	12	EA	1.20	14.40
A.63	TAPON ROSCADO DE 1/2" FIERRO NEGRO.	11080013	16	EA	1.00	16.00
A.65	UNION UNIVERSAL DE 3" DN STD	11100017	2	EA	15.00	30.00
A.66	UNION UNIVERSAL DE 2" DN STD	11100028	200	EA	10.00	2,000.00
A.67	UNION UNIVERSAL DE 1" DN STD.	11100011	6	EA	4.70	28.20
A.68	UNION UNIVERSAL DE 3/4" DN 1000 PSI	11100037	12	EA	3.00	36.00
A.69	UNION UNIVERSAL DE 1/2" DN STD.	11100032	12	EA	2.30	27.60
A.70	ESPARRAGOS DE 3/4" D. X 6" Lg.	36090011	800	EA	1.93	1,544.00
A.71	ESPARRAGOS DE 5/8" D. X 5"	36090035	1200	EA	1.07	1,284.00

	Lg.					
A.72	EMPAQUETADURA FIBRA INORGANICA 1/16" e:	36110311	4	SH	120.00	480.00
A.73	EMPAQUETADURA PARA BRIDA DE 10" X 150.	36110302	8	EA	11.00	88.00
A.74	EMPAQUETADURA PARA BRIDA DE 6" X 150.	36110300	16	EA	1.30	20.80
A.75	EMPAQUETADURA PARA BRIDA DE 4" X 150.	36110297	32	EA	1.80	57.60
A.76	EMPAQUETADURA PARA BRIDA DE 3" X 150.	36110303	24	EA	1.20	28.80
A.77	EMPAQUETADURA PARA BRIDA DE 2 " X 150.	36110096	18	EA	1.00	18.00
A.78	SOLDADURA CELLOCORD AP 6011 1/8".	24030058	200	KG	1.47	294.00
A.79	SOLDADURA CELLOCORD AP 6011 5/32".	24030059	200	KG	1.60	320.00
A.80	SOLDADURA SUPERCITO E - 7018 1/8".	24030015	200	KG	1.80	360.00
A.81	SOLDADURA SUPERCITO E - 7018 5/32".	24030016	150	KG	1.95	292.50
A.82	PIEDRA ESMERIL DE 7" DN X 1/8" e.	32010003	120	EA	2.24	268.80
A.83	PIEDRA ESMERIL DE 7" DN X 1/4" e.	32010004	80	EA	4.00	320.00
A.84	ESCOBILLA REDONDA PARA MOLADORA	32030103	16	EA	20.00	320.00
A.85	BROCHA DE NYLON DE 3" DE ANCHO	33090008	24	EA	9.83	235.92
A.86	BROCHA DE NYLON DE 2" DE ANCHO	33090010	6	EA	1.80	10.80
A.87	PINTURA ANTICORROSIVO PARA BASE	33010021	12	GA	6.39	76.68
A.88	PINTURA ESMALTE COLOR ROJO	33010011	5	GA	7.41	37.05
A.89	PINTURA ESMALTE NEGRO	33010020	6	GA	15.00	90.00
A.90	PINTURA ESMALTE AMARILLO CAT	33010013	6	GA	11.50	69.00
A.91	VENCEPOXY COALTAR ROJO	33010030	3	GA	36.52	109.56
A.92	PINTURA DURAPOX ESMALTE NEGRO	33010031	20	GA	30.00	600.00
A.93	PINTURA DURAPOX ANTICORROSIVO	33010032	20	GA	30.00	600.00
A.94	DILUYENTE PINTURA EPOXICA	33010033	24	GA	11.21	269.04
A.95	CEMENTO	30010002	1000	BG	11.00	11,000.00
A.96	VARILLA DE CONSTRUCCION 3/8" X 9m	S/C	400	PC	3.00	1,200.00
A.97	VARILLA DE CONSTRUCCION 1/2" X 9m	S/C	200	PC	9.00	1,800.00
A.98	ALAMBON DE 1/4"	S/C	300	LB	0.90	270.00
A.99	ALAMBRE NEGRO DE 1/16	33090002	100	LB	0.90	90.00
A.100	ANGULO 3 "X3"X1/4" - 20 FT	30040003	200	FT	2.27	454.00
A.101	ANGULO 2 "X2"X1/4" - 20 FT	30040014	200	FT	1.60	320.00
A.102	ANGULO 1 1/4" X 1 1/4" X 1/8" - 20 FT	S/C	400	FT	1.00	400.00

	AGUA DE TANQUE DE LAVADO				
B,17	TABLERO ELECTRICO (20 HP) ELECTROBOMBAS PARA ALIMENTAR INTERCAMBIADOR PARA CALENTAR AGUA DE TANQUE DE LAVADO	2	EA	4,000.00	8,000.00
		TOTAL POR EQUIPOS EN US\$			331,220.00
		TOTAL POR MATERIALES Y EQUIPOS EN US\$			516,954.49

Tabla 15: COSTO DE SERVICIOS REQUERIDOS

ITEM	ACTIVIDAD	CANTIDA D	UNIDA D	COSTO UNITARIO US\$	COSTO PARCIAL US\$
1,0	MANIPULACION DE TUBERIAS				
1.1	MANIPULACION DE TUBERIA DE 10" CEDULA 40.	100	FT	6.00	600.00
1.2	MANIPULACION DE TUBERIA DE 6" CEDULA 40.	1900	FT	3.00	5,700.00
1.3	MANIPULACION DE TUBERIA DE 4" CEDULA 40.	400	FT	1.50	600.00
1.4	MANIPULACION DE TUBERIA DE 3" CEDULA 40.	400	FT	0.80	320.00
1.5	MANIPULACION DE TUBERIA DE 2" CEDULA 40.	400	FT	0.70	280.00
1.6	MANIPULACION DE TUBERIA DE 1" CEDULA 40.	150	FT	0.35	52.50
1.7	MANIPULACION DE TUBERIA DE 3/4" CEDULA 40.	100	FT	0.23	23.00
1.8	MANIPULACION DE TUBERIA DE 1/2" CEDULA 40.	60	FT	0.17	10.20
1.9	MANIPULACION DE TUBBING 3 1/2".	600	FT	1.30	780.00
1,10	MANIPULACION DE TUBBING 2 7/8".	1200	FT	2.30	2,760.00
2,0	SOLDADURA				
2.1	PEGA EN TUBO DE 10" CEDULA 40.	8	EA	18.00	144.00
2.2	PEGA EN TUBO DE 6" CEDULA 40.	80	EA	10.00	800.00
2.3	PEGA EN TUBO DE 4" CEDULA 40.	80	EA	6.00	480.00
2.4	PEGA EN TUBO DE 3" CEDULA 40.	40	EA	4.00	160.00
2.5	PEGA EN TUBO DE 2" CEDULA 40.	40	EA	3.50	140.00
3,0	EMPALME BRIDADO				
3.1	EMPALME BRIDADO DE 10" X 150.	6	EA	10.00	60.00
3.2	EMPALME BRIDADO DE 6" X 150.	40	EA	5.00	200.00
3.3	EMPALME BRIDADO DE 4" X 150.	36	EA	5.00	180.00
3.4	EMPALME BRIDADO DE 3" X 150.	40	EA	3.00	120.00

3.5	EMPALME BRIDADO DE 2" X 150.	24	EA	2.50	60.00
4,0	ROSCADO				
4.1	ROSCA DE 2" NPT	8	EA	8.00	64.00
4,2	ROSCA DE 1" NPT	12	EA	4.00	48.00
4,3	ROSCA DE 3/4" NPT	6	EA	3.00	18.00
4,4	ROSCA DE 1/2" NPT	32	EA	2.00	64.00
5,0	EMPALME ROSCADO				
5.1	EMPALME ROSCADO DE 2".	12	EA	6.00	72.00
5.2	EMPALME ROSCADO DE 1".	16	EA	3.00	48.00
5.3	EMPALME ROSCADO DE 3/4".	8	EA	2.00	16.00
5.4	EMPALME ROSCADO DE 1/2".	32	EA	1.00	32.00
6,0	FABRICACION E INSTALACION DE SOPORTES METALICOS				
6.1	SOPORTE TIPO "T"	40	EA	30.00	1,200.00
6.2	SOPORTE TIPO "H"	20	EA	47.00	940.00
7,0	ANILLOS DE MORTERO PARA TANQUES				
7.1	ENCOFRADO	68	m2	12.00	816.00
7.2	FIERRO, SOLO LABOR DE ARMADURA	3840	Kg	0.30	1,152.00
7.3	MORTERO	64	m3	50.00	3,200.00
7.4	TARRAJEO DE CARAS EXPUESTAS	40	m2	6.00	240.00
7.5	EXCAVACION EN TERRENO NATURAL Y LIMPIEZA	64	m3	12.50	800.00
7.6	ROTURA Y RETIRO DE PAVIMENTO	10	m3	30.00	300.00
8,0	LOZAS BASE PARA TANQUE SUMIDERO				
8,1	ENCOFRADO	12.6	m2	12.00	151.20
8,2	FIERRO, SOLO LABOR DE ARMADURA	504	Kg	0.20	100.80
8,3	MORTERO	8.4	m3	50.00	420.00
8,4	FROTACHADO DE PISO	150	m2	3.00	450.00
8,5	EXCAVACION EN TERRENO NATURAL Y LIMPIEZA	360	m3	12.50	4,500.00
8,6	ROTURA Y RETIRO DE PAVIMENTO	1	m3	30.00	30.00
9,0	CONSTRUCCION DE CASETA PARA EQUIPOS DE PROCESAMIENTO DE ACEITE				
9,1	TIJERAL DE 9m X 4m	6	EA	400.00	2,400.00
9,2	ARMADO DE ESTRUCTURA METALICA	1	LS	4,500.00	4,500.00
9,3	TECHADO CON PLANCHA FIBRAFORTE	180	m2	4.00	720.00
9,4	PINTADO, INCLUYE LIMPIEZA MECANICA	120	m2	6.00	720.00

9,5	ACOMETIDAS PARA DRENAJE PLUVIAL	1	LS	800.00	800.00
10,0	MODIFICACION DE TANQUES LAVADORES				
10,1	INSTALACION DE DIFUSOR Y MIXER, INCLUYE DISCO CENTRAL	2	LS	4,000.00	8,000.00
10,2	INSTALACION DE COLUMNA CENTRAL	2	EA	2,000.00	4,000.00
10,3	CONSTRUCCION DE NUEVA SOPORTERIA METALICA PARA EL TECHO	2	LS	3,000.00	6,000.00
10,4	FABRICACION E INSTALACION DE SERPENTIN (INCLUYE SUMINISTRO DE TUBERIA)	2	LS	15,000.00	30,000.00
10,5	FABRICACION E INSTALACION DE VERTEDERO MULTIPLE	2	EA	800.00	1,600.00
10,6	FABRICACION E INSTALACION DE TRAMPA PARA VENDEO, INCLUYE VALVULA VAREC.	2	EA	500.00	1,000.00
10,7	PINTADO INTERNO (INCLUYE SUMINISTRO DE PINTURA)	736	m2	25.00	18,400.00
10,8	PINTADO EXTERNO (INCLUYE SUMINISTRO DE PINTURA)	628	m2	8.00	5,024.00
10,9	AISLAMIENTO TERMICO DEL TANQUE	471	m2	35.00	16,475.37
10,10	FABRICACION E INSTALACION DE ACCESORIOS PARA INSTRUMENTACION	2	LS	1,000.00	2,000.00
11,0	REUBICACION DE TANQUES				
11,1	COMPRENDE REUBICAR 2 TANQUES DE 3,000 (DOS SOLDADOS Y UNO EMPERNADO)	1	LS	10,000.00	10,000.00
12,0	MODIFICACION DE DOS TANQUES EMPERNADOS DE 3,000 BLS A TANQUE DE LAVADO				
12,1	FABRICACION E INSTALACION DE DIFUSOR	2	LS	11,816.00	23,632.00
12,2	CONSTRUCCION DE SOPORTERIA METALICA PARA DIFUSOR, NO INCLUYE MATERIALES	2	LS	3,000.00	6,000.00
12,3	CONSTRUCCION DE NUEVA SOPORTERIA METALICA PARA EL TECHO	2	LS	6,000.00	12,000.00
12,4	INSTALACION DE SISTEMA PARA DESCARGA DE AGUA, INCLUYE TUBO CENTRAL DE 14" EN ACERO INOXIDABLE 316L.	2	EA	2,000.00	4,000.00
12,5	INSTALACION DE VERTEDERO MULTIPLE	2	EA	800.00	1,600.00
12,6	FABRICACION E INSTALACION DE TRAMPA PARA VENDEO, INCLUYE VALVULA VAREC.	2	EA	500.00	1,000.00

12,7	PINTADO INTERNO (INCLUYE SUMINISTRO DE PINTURA)	718	m2	25.00	17,950.00
12,8	PINTADO EXTERNO (INCLUYE SUMINISTRO DE PINTURA)	584	m2	8.00	4,672.00
12,9	FABRICACION E INSTALACION DE ACCESORIOS PARA CONECTAR INSTRUMENTOS	1	LS	1,000.00	1,000.00
13,0	SERVICIO DE INSTALACION DE TANQUE SUMIDERO E INTERCONEXION				
13,1	SERVICIO DE INSTALACION DE TANQUE SUMIDERO DE 50 BARRILES E INTERCONEXION	1	LS	4,000.00	4,000.00
14,0	SERVICIO DE INSTALACION LINEAS PARA DRENAJE DE DESHECHOS				
14,1	COMPRENDE CONSTRUCCION DE BUZONES Y EMPALME A LINEAS DE DRENAJE HACIA ACTUAL POZA API. INSTALACION DE LINEAS DE DRENAJE	1	LS	6,000.00	6,000.00
15,0	SERVICIO PARA CONSTRUIR NUEVO EMPALME A BOMBAS EB-175 y EB-176				
15,1	SERVICIO DE REUBICACION DE BOMBAS DE TRANSFERENCIA DE AGUA SALADA AL MARAÑON, INCLUYE LINEA Y ACCESORIOS PARA ACOMETIDA EN FIBRA DE VIDRIO	1	LS	5,000.00	5,000.00
16,0	SERVICIO DE INSTALACION, INTERCONEXION Y PUESTA A PUNTO DE SEPARADOR TRIFASICO				
16,1	SERVICIO DE INTERCONEXION DE SEPARADOR (INCLUYE TUBERIAS, VALVULAS)	1	LS	12,000.00	12,000.00
17,0	SERVICIO DE INSTALACION, INTERCONEXION Y PUESTA A PUNTO DE INSTRUMENTOS				
17,1	SERVICIO DE INSTALACION, INTERCONEXION Y PUESTA A PUNTO DE INSTRUMENTOS, INCLUYE SUMINISTRO DE CABLES, CAÑERIAS, CONEXIONES ESPECIALES, CAJAS DE PASO, PRUEBAS.	1	LS	10,000.00	10,000.00
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA E INSUMOS MENORES EN US\$					248,625.07

Los recursos necesarios para una operación regular de la batería con las modificaciones proyectadas se resumen en la tabla 6.4

Tabla 16 : GASTO OPERATIVO DE LA BATERIA CON LAS MODIFICACIONES PROYECTADAS							
Item	MANO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL		
				US\$	US\$		
1	SUPERVISOR	1.50	H-D	66.00	99.00		
2	OPERADOR	3.00	H-D	42.00	126.00		
3	AYUDANTES	3.09	H-D	26.00	80.23		
4	MECANICO	0.10	H-D	39.00	3.90		
5	INSTRUMENTISTA	0.20	H-D	39.00	7.80		
6	ELECTRICISTA	0.20	H-D	39.00	7.80		
7	TRATAMIENTO QUIMICO	0.20	H-D	96.00	19.20		
8	TRANSPORTE AEREO	0.46	hora-día	1,550.00	708.57		
					Gasto total por mano de obra en US\$		1,052.50
Item	INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL		
				US\$	US\$		
1	PRODUCTOS QUIMICOS						
2	DESEMULSIFICANTE	50.00	Cuartos/día	2.00	100.00		
3	CLARIFICADOR	25.00	Cuartos/día	2.25	56.25		
4	MATERIALES DE LIMPIEZA	3.00	Kg/día	10.00	30.00		
5	TRANSPORTE	0.0382	hora-día	1,550.00	59.16		
					Gasto total por insumos en US\$		245.41
Item	ENERGÍA ELECTRICA EMPLEADA PARA EL PROCESO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL		
				US\$	US\$		
1	ELECTROBOMBA PARA INCREMENTAR LA TEMPERATURA EN EL PROCESO DE LAVADO	183.74	Kw-hora/día	0.06	11.02		
2	ELECTROBOMBA PARA DOSIFICAR AGUA DE LAVADO	17.76	Kw-hora/día	0.06	1.07		
3	ELECTROBOMBA PARA ALIMENTAR DESHIDRATADOR	880.80	Kw-hora/día	0.06	52.85		

	CENTRIFUGO					
4	ELECTROBOMBA PARA TRANSFERIR AGUA SALADA AL RIO	47.46	Kw-hora/día	0.06	2.85	
5	ELECTROBOMBA PARA RECUPERACION DE ACEITE DE TANQUE DE PRUEBA	4.51	Kw-hora/día	0.07	0.32	
		Gasto total por consumo de energía eléctrica US\$				68.10
		GASTO TOTAL DIARIO EN US\$				1,366.01
		GASTO ANUAL EN US\$				498,594.76

CAPITULO 7

CRITERIOS PARA EL CALCULO Y/O SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA EL PROCESO PROPUESTO

7.1 Generalidades

Los cálculos efectuados para determinar el diseño y/o seleccionar los componentes para el proceso propuesto se han realizado en función a los principios que gobiernan la mecánica de fluidos, resistencia de materiales y transferencia de calor, observando las propiedades físico-químicas del fluido procesado y sus variaciones respecto a la presión y temperatura, en cada etapa del proceso de tratamiento.

Los datos que se han tomado como punto de partida son:

Presión y Temperatura en el cabezal del pozo.

Diámetro y longitud de la línea de producción existente entre el cabezal y la batería.

- Presión máxima para efectuar el proceso en la batería.

Temperatura media del medio ambiente.

Configuración y disposición de los componentes principales a reutilizar.

Propiedades físico-químicas del fluido tratado en cada etapa.

7.2 Secuencia empleada para el cálculo de la performance.

El cálculo de la performance se ha efectuado para dos escenarios, el primero para la demanda actual y el segundo para la máxima demanda futura.

En general la secuencia empleada para efectuar los cálculos es la siguiente:

Con la temperatura observada en el cabezal del pozo, diámetros y longitud de la línea de producción y propiedades del fluido, se calcula la temperatura al ingreso a separador primario, con las expresiones que rigen la transferencia de calor para un fluido que viaja internamente en un tubo de acero y es enfriado por convección natural con el medio ambiente.

Con la temperatura del fluido calculada en el paso anterior y la presión inicialmente aceptada como mínima para poder operar la batería (la misma que tomamos igual a la actual) y una configuración del separador (previamente seleccionado en función a los principios expuestos en el capítulo IV y aceptando un valor medio de las gotas de agua separada igual a 500 micrones y de las gotas de aceite igual a 150 micrones para la máxima demanda), calculamos la temperatura a la descarga, aquí también aplicamos el efecto de enfriamiento por convección natural para cada una de las fases, suponiendo que cada una de ellas fluye ocupando toda la sección del

separador a la misma velocidad media, esto permite estimar el coeficiente total de transferencia de calor, pero efectuando los balances de calor con flujos másicos reales y así obtener la temperatura media a la descarga.

Luego tratamos en forma independiente el tratamiento para las corrientes de aceite y agua, para esto es necesario a priori seleccionar el tratamiento y la forma de lograrlo, que permita mayores ventajas técnico económico, observando las siguientes consideraciones:

- Calidad satisfactoria o requerimiento impuesto al final del proceso.
 - Complejidad del proceso seleccionado.
 - Calidad y desempeño estadístico de los operadores.
 - Ubicación geográfica del proceso.
 - Complejidad de la logística y soporte técnico.
 - Experiencia en procesos similares
- Con las consideraciones indicadas en el paso anterior, se ha seleccionado para el tratamiento de la corriente de aceite los equipos y proceso indicado en el capítulo VI. Nuevamente aquí se calcula las temperaturas que rigen el proceso de lavado, estas son:
- Temperatura al ingreso a tanque de lavado, en la corriente de aceite a la descarga del separador primario.
 - Temperatura del agua salada de producción al ingreso a serpentín.
- Temperatura del agua salada de producción al ingreso a intercambiador para calentar el agua fresca a emplear para el

lavado, debe notarse que el agua salada a la descarga del separador primario se bifurca en tres ramas, una se dirige al serpentín, la segunda hacia el intercambiador para calentar el agua fresca y el flujo restante pasa directamente al tanque desnatador a través del plato de orificio.

- Temperatura del agua salada al ingreso a intercambiador para calentar el agua contenida en el tanque de lavado.
- Temperatura media de mezcla, de los tres ramales de agua salada que se reúnen, en la línea que conduce al tanque desnatador.
- Temperatura del agua fresca para lavado a la descarga del intercambiador.
- Temperaturas del agua del tanque de lavado a la descarga del intercambiador y antes de ingresar al tanque de lavado.
- Temperaturas de la corriente de aceite a la descarga del tanque de lavado y antes de ingresar al deshidratador centrífugo.
- Temperatura de la corriente de aceite recirculado a tanque de lavado, desde la descarga del deshidratador centrífugo y antes de ingresar a tanque de lavado.
- Temperatura media del proceso en tanque de lavado.
- En cada etapa del proceso y subsecuente interconexión se ha calculado las caídas de presión correspondientes tanto para las corrientes de aceite, como para las corrientes de agua.
- Para el cálculo del proceso de lavado efectuado en el tanque de lavado (primera etapa, de un total de dos), se ha tomado como base

el balance másico independiente, del agua, aceite y sal, asumiendo una eficiencia en la mezcla, esto ha permitido determinar lo siguiente:

- Salinidad en la corriente de aceite a la descarga y por consiguiente el PTB.
- Salinidad del agua de expurga

La forma y emplazamiento del mezclador – difusor interno obedece a los siguientes criterios:

- Máxima temperatura del proceso, todo el conjunto esta sumergido en la capa de agua continuamente calentada.
- Mínima pérdida hidráulica con el máximo beneficio en el proceso de mezcla, como resultado de velocidades moderadas para la corriente de agua con baja velocidad para la corriente de aceite, para favorecer el proceso de mezcla.
- Máximo provecho del volumen del tanque, al distribuir simétricamente el conjunto mezclador difusor.
- Mínima agitación del fluido contenido en el tanque, como resultado de utilizar difusores cónicos múltiples, esto favorece el proceso de la decantación de gotas de agua contenidas en el aceite.
- El cálculo de la performance del tratamiento del aceite en el tanque de lavado se ha hecho en función de los principios enunciados en el capítulo IV, que básicamente emplea la ley de Stokes y determina un diámetro mínimo de la gota de agua separada de la corriente de aceite, debe observarse que la gota de agua contenida en el aceite a

la descarga, registra la salinidad calculada en el balance efectuado en el proceso de lavado.

El cálculo de la performance del tratamiento de la corriente de aceite en el deshidratador centrífugo se ha realizado en función a los principios que rigen a los hidrociclones, en donde debe observarse lo siguiente:

- A menor dimensión del radio al ingreso del fluido, mayores aceleraciones podrán obtenerse para favorecer la separación del medio disperso del continuo, en el caso del deshidratador el medio disperso está compuesto por las gotas de agua.
- A menor dimensión del radio a la descarga del fluido reyectado, gotas de agua de menor diámetro podrán separarse pero el flujo a recircular será mayor.
- A mayor velocidad de la corriente de aceite al ingreso, gotas de agua de menor diámetro podrán separarse, pero mayor gasto de energía será necesario.
- A mayor longitud de los elementos hidrociclónicos utilizados, mayor será la performance lograda para el conjunto, pero mayor rigidez será exigido para el conjunto y mayores dimensiones de la configuración del equipo será exigido, con la consiguiente desventaja económica.
- Para el cálculo de la segunda etapa del proceso de lavado que se desarrolla en el deshidratador centrífugo, también se ha realizado el

balance másico independiente, del agua, aceite y sal, asumiendo una eficiencia en la mezcla, esto ha permitido determinar lo siguiente:

- Salinidad en la corriente de aceite a la descarga y por consiguiente el PTB.
- Salinidad del agua en la corriente de aceite a recircular.

Debe observarse que el proceso de mezcla se realiza en la bomba que alimenta al deshidratador además del que ocurre en la interacción dentro de cada elemento hidrociclónico.

Para el tratamiento del agua se ha calculado las siguientes temperaturas:

- Temperatura al ingreso a tanque desnatador, tomando como partida la temperatura calculada en el punto de reunión de las líneas de agua salada utilizadas para el tratamiento del aceite.
- Temperatura media del proceso en tanque desnatador.
- Temperatura del agua a la descarga de tanque desnatador.
- La performance del proceso de tratamiento se ha efectuado en base a los siguientes parámetros:
 - Temperatura del proceso calculado en el paso anterior.
 - Configuración de los accesorios internos seleccionados para el tanque desnatador, para favorecer al máximo el proceso de separación, en los que el tamaño, forma y emplazamiento adecuado del difusor (elemento coalescedor) es de suma importancia.

- Diámetro mínimo de la gota de aceite separada del agua, que en definitiva determina la calidad del proceso.

7.3 Secuencia del cálculo estructural.

El cálculo estructural que figura en el capítulo 9.6 se ha realizado observando los criterios expuestos en las siguientes normas:

Código ASME sección VIII para el caso del separador trifásico y deshidratador centrífugo.

Norma API 650 para el caso de los tanques de proceso

La secuencia utilizada para el cálculo estructural del separador trifásico se inicia con la determinación de la presión de operación y presión de diseño, que juntamente con las características del material seleccionado (acero al carbono ASTM A-286), permite calcular el espesor del cilindro y de la tapa torisférica std., luego se realiza la comprobación por el cálculo de los esfuerzos en la silleta, por presión interna, esfuerzo en la mitad del claro, esfuerzo total de tensión, esfuerzo cortante tangencial, esfuerzo circunferencial, esfuerzo en la parte inferior de la silleta y esfuerzo en el alma de la silleta, luego se procede al cálculo de los refuerzos necesarios soldados en cada acometida.

El cálculo de la nueva soportería del techo, se realiza en base a una distribución de carga por unidad de área especificada por la norma API-650 y la propia ejercida por el peso muerto del material que conforma el techo, luego se selecciona una distribución de las columnas exteriores, en nuestro caso se ha seleccionado una configuración pentagonal,

observando el espacio necesario para la ubicación de los elementos internos dispuestos en los tanques, tanto de lavado como desnatador. Es de observar que dado el riesgo potencial existente por ataque químico de las estructuras portantes y el tránsito de personal operador, los perfiles seleccionados guardan altos factores de seguridad para proporcionar el grado de confiabilidad necesario. Además se ha supuesto que la estructura por si sola debe soportar todas las cargas actuantes, despreciando la resistencia propia de los tanques que presentan debilitamiento de las paredes por efecto de la corrosión. A manera de información se ha incluido los cálculos correspondientes al cilindro.

7.4 Secuencia de cálculo evaluativo del diámetro seleccionado para las líneas.

Este cálculo figura en el capítulo 9.5, el mismo se ha efectuado en función a los criterios provistos por la norma API RP14E y de la mecánica de fluidos para flujo bifásico y monofásico, el cálculo correspondiente para flujo monofásico ha sido comprobado en los cálculos efectuados para evaluar la performance, como resultado de la presión de operación necesaria, si la presión necesaria para operar la batería está ubicada dentro de los márgenes aceptados por el usuario, los diámetros seleccionados para las líneas es satisfactorio, de lo contrario, será necesario modificar parte de ellas hasta conseguir que la pérdida hidráulica no sea mayor al máximo permitido, en el caso estudiado se

seleccionó la misma presión de operación actual para la demanda futura y con el arreglo propuesto, esto ha hecho necesario ampliar algunos diámetros de las líneas a emplear.

7.5 Selección de la válvula de alivio

A efectos de seleccionar la válvula de alivio apropiada, se ha calculado el diámetro de orificio adecuado para el caso de evacuación de gas y de la mezcla resultante de líquidos (agua + aceite), para el caso del gas se ha tomado una muestra típica con alto contenido de vapor de agua y en los líquidos se ha tomado una muestra ponderada. Los caudales máxicos empleados para el caso del vapor corresponde al total registrado y para el caso de los líquidos se ha tomado el correspondiente al caudal de agua más aceite, es de observar que la cabeza que pueden desarrollar las bombas instaladas en los pozos de petróleo, son 20 veces mayores que los registrados para una operación normal de los separadores e incluso 10 veces mayores que la presión de diseño, adoptado en este proyecto, este hecho obliga a despreciar el ajuste sobre el flujo aportado por el conjunto de bombas instaladas en los pozos para la presión de apertura de la válvula de alivio.

7.6 Elementos de control

Entre los elementos de control seleccionados figuran los siguientes:

Válvulas de accionamiento manual abierto – cerrado y de control modulante con actuadores servoalimentados, las que comprende

específicamente válvulas de compuerta, de bola y mariposa, cuyas características son seleccionadas en función a los siguientes parámetros:

- Caída de presión permisible y/o grado de apertura aceptable.
- Diámetro de la línea a la que se acopla la válvula.
- Disposición y ubicación de la válvula.
- Presión y temperatura de operación.
- Tipo de fluido controlado.
- Características del medio ambiente.
- Periodo y performance de servicio esperado.
- Gasto de adquisición.
- Peso de los componentes.
- Gastos por servicios requeridos.
- Performance exigida por ley o esperada por el usuario respecto a fugas.
- Sensibilidad exigida para el control.
- Tipo de energía disponible para el actuador necesario.
- Soporte técnico esperado por el usuario.
- Garantía ofrecida por el fabricante

En resumen la selección adecuada además del resultado de una evaluación técnico económica, tiene que ver con la experiencia del usuario y el grado de confiabilidad que se tenga del proveedor del bien.

En nuestro caso nos hemos limitado a seleccionar las válvulas que necesitamos reemplazar o suministrar para los equipos a interconectar o controlar. Los cálculos figuran en el capítulo 9.6

Plato de orificio calculado en función al caudal medio y al ajuste requerido en la presión, cuidando de no propiciar cavitación desmedida. El cálculo del plato de orificio necesario se ha realizado como parte de los cálculos efectuados para cuantificar la performance y permitir la derivación adecuada del flujo de agua para el serpentín e intercambiadores de calor.

Elementos para el control de nivel en tanques, seleccionados en base a la confiabilidad ofrecida por el fabricante y de las características propias del artículo y su compatibilidad con el actuador de la válvula o variador de velocidad electrónico en el caso de actuar directamente sobre la bomba que receptiona el fluido.

En nuestro caso, para controlar los niveles de aceite y agua en el separador se ha seleccionado un sensor de contacto físico mediante boya sobre el nivel de los líquidos, acoplados mecánicamente a un sensor de señal neumática variable con la finalidad de ajustar la posición del actuador de la válvula mariposa de accionamiento también neumático, el actuador tiene acoplado un posicionador para mejorar la sensibilidad durante el funcionamiento.

Para controlar los niveles de aceite en los tanques de lavado se instalará en el techo del tanque un sensor del nivel de aceite reunido en el colector central, mediante ultrasonido con señal eléctrica

variable, conectada por tubería conduit hasta el tablero eléctrico y gobernar el actuador eléctrico acoplado a la válvula que controla el flujo recirculado al tanque antes de su ingreso al deshidratador centrífugo, este ajuste permitirá operar en forma continua y adecuada, manteniendo en forma regular nivel constante en el recipiente colector de aceite ubicado en los tanques de lavado.

Para controlar los niveles de agua en los tanques desnatadores se debe acoplar en el techo de cada tanque un sensor de nivel por ultrasonido con señal variable para alimentar el variador electrónico conectado a los motores eléctricos acoplados a las bombas que sirven para transferir el agua tratada al río.

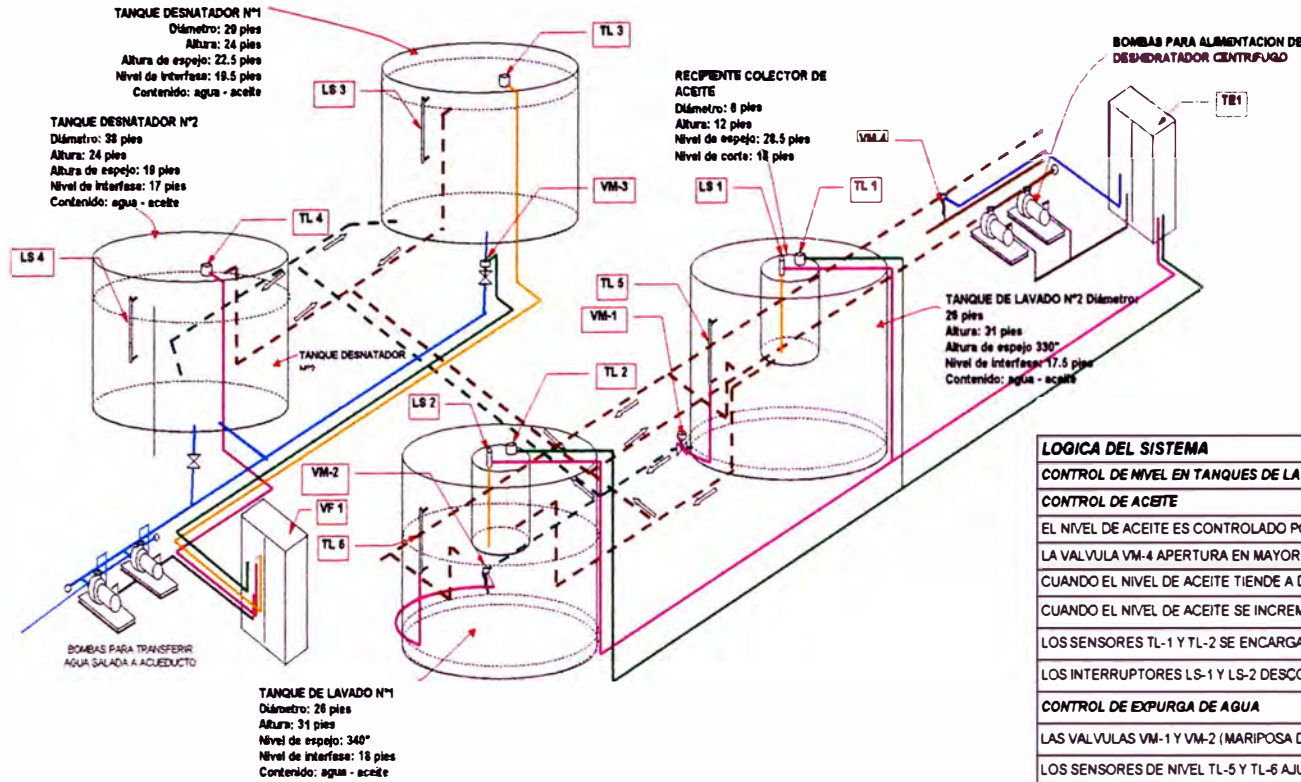
En la figura 7.1 figura la instrumentación principal del proceso propuesto.

7.7 Instrumentos indicadores

Los indicadores cubren principalmente la siguiente gama:

- Indicadores de presión (manómetros), principalmente de bourdon con carátula graduada analógica.
- Indicadores de temperatura (termómetros), principalmente bimetálicos con carátula graduada analógica.
- Indicadores de nivel, principalmente los de vaso comunicante y los digitales provistos por los sensores ultrasónicos de nivel acoplados a los tanques.

Figura 7.1 INSTRUMENTACION PRINCIPAL PARA CONTROLAR EL PROCESO PROPUESTO



LEYENDA

RIMBOLO	DESCRIPCION
LS1	Interruptor de nivel en recipiente colector de aceite - tanque de lavado N°1
LS2	Interruptor de nivel en recipiente colector de aceite - tanque de lavado N°2
LS3	Interruptor por bajo nivel en tanque desnatador N°1
LS4	Interruptor por bajo nivel en tanque desnatador N°2
TL1	Transmisor de nivel en recipiente colector de aceite - tanque de lavado N°1
TL2	Transmisor de nivel en recipiente colector de aceite - tanque de lavado N°2
TL3	Transmisor de nivel en tanque desnatador N°1
TL4	Transmisor de nivel en tanque desnatador N°2
VM1	Válvula motorizada modulante para expurga de agua de tanque de lavado N°1
VM2	Válvula motorizada modulante para expurga de agua de tanque de lavado N°2
VM3	Válvula motorizada modulante para operación en serie de desnatadores
VF 1	Variador de frecuencia electrónico para bombas de acueducto
TE 1	Tablero eléctrico con arrancador estado sólido bombas deshidratador
TL 5	Transmisor de nivel de interfase en tanque de lavado N° 1
TL 6	Transmisor de nivel de interfase en tanque de lavado N° 2

LOGICA DEL SISTEMA
CONTROL DE NIVEL EN TANQUES DE LAVADO
CONTROL DE ACEITE
EL NIVEL DE ACEITE ES CONTROLADO POR MEDIO DE LA VALVULA VM - 4
LA VALVULA VM-4 APERTURA EN MAYOR O MENOR GRADO EN FUNCION AL NIVEL DE ACEITE CUANDO EL NIVEL DE ACEITE TIENDE A DISMINUIR LA VALVULA VM-4 APERTURA MAS CUANDO EL NIVEL DE ACEITE SE INCREMENTA LA VALVULA VM-4 RESTRINGE
LOS SENSORES TL-1 Y TL-2 SE ENCARGAN DE AJUSTAR LA VALVULA VM-4
LOS INTERRUPTORES LS-1 Y LS-2 DESCONECTAN LA ENERGIA A LAS BOMBAS
CONTROL DE EXPURGA DE AGUA
LAS VALVULAS VM-1 Y VM-2 (MARIPOSA DE 15°) EXPURGAN AGUA DE LOS TANQUES
LOS SENSORES DE NIVEL TL-5 Y TL-6 AJUSTAN LA APERTURA DE VM-1 Y VM-2
CONTROL DE NIVEL EN TANQUES DESNATADORES
OPERACION EN SERIE
LA VALVULA VM-3 MODULA LA DESCARGA DE AGUA DEL TANQUE N°1
EL SENSOR TL-3 AJUSTA LA APERTURA DE LA VALVULA VM-3
LA DESCARGA DEL TANQUE N°1 INGRESA AL TANQUE N°2 POR VASOS COMUNICANTES
EL NIVEL DEL TANQUE N°2 ES CONTROLADO POR TL4 QUE AJUSTA VF-1.
EL INTERRUPTOR LS-3 CIERRA LA VALVULA VM-3
EL INTERRUPTOR LS-4 DESENERGIZA LAS BOMBAS DEL ACUEDUCTO.
OPERACION SOLO CON TANQUE N° 2
EL SENSOR TL-4 AJUSTA EL VARIADOR DE VELOCIDAD DE BOMBAS PARA ACUEDUCTO
EL SENSOR LS-4 DESENERGIZA LAS BOMBAS
OPERACION SOLO CON TANQUE N° 1
EL SENSOR TL-3 AJUSTA EL VARIADOR DE VELOCIDAD DE BOMBAS PARA ACUEDUCTO
EL SENSOR LS-3 DESENERGIZA LAS BOMBAS
NOTA
OBSERVAR QUE EL SENSOR TL-3 ACTUA SOBRE EL VARIADOR O SOBRE LA VALVULA

CAPITULO 8

EVALUACION ECONOMICA

8.1 Evaluación

Debe notarse que gran parte del proyecto tiene carácter obligatorio, es decir que debe realizarse para cumplir con la protección del medio ambiente y que además es de carácter legal ineludible, en contrapartida se ha visto la posibilidad de dotar al proceso de algunas características que proporcionen ventajas económicas, al reducir el gasto operativo para la batería modificada.

La evaluación económica se ha efectuado en forma comparativa, entre la alternativa proyectada, en donde se estima gastar un monto de US\$ 765,579.56 y limitar el gasto operativo a: US\$ 498,594.76 por año, en contrapartida al gasto operativo actual de 857,030.42 por año, para esto se ha tomado una tasa interna de retorno igual a 0.15 anual y un horizonte operativo de 5 años.

En la tabla 12 se exponen el cuadro de los cálculos efectuados, obteniéndose al final del año 5 un ahorro de US\$ 435,952.36, recuperándose el gasto efectuado a los 2.78 años.

Tabla 17: COMPARATIVA ECONOMICA ENTRE PROCESO OPERATIVO ACTUAL VS PROCESO OPERATIVO FUTURO PARA LA DEMANDA ACTUAL

ACTUAL

FLUJO DE CAJA

TASA	AÑOS					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	0	1	2	3	4	5
0.15						
COSTO OPERATIVO		857,030.42	857,030.42	857,030.42	857,030.42	857,030.42
GASTO TOTAL	0	857030.42	857030.42	857030.419	857030.42	857030.41
	0	1	2	3	4	5
	1	1.15	1.3225	1.5209	1.7490	2.0114
V A N / periodo	0.00	745,243.84	648,038.12	563,511.41	490,009.92	426,095.59
VAN / acumulado	0.00	745,243.84	1,393,281.97	1,956,793.38	2,446,803.	2,872,898.

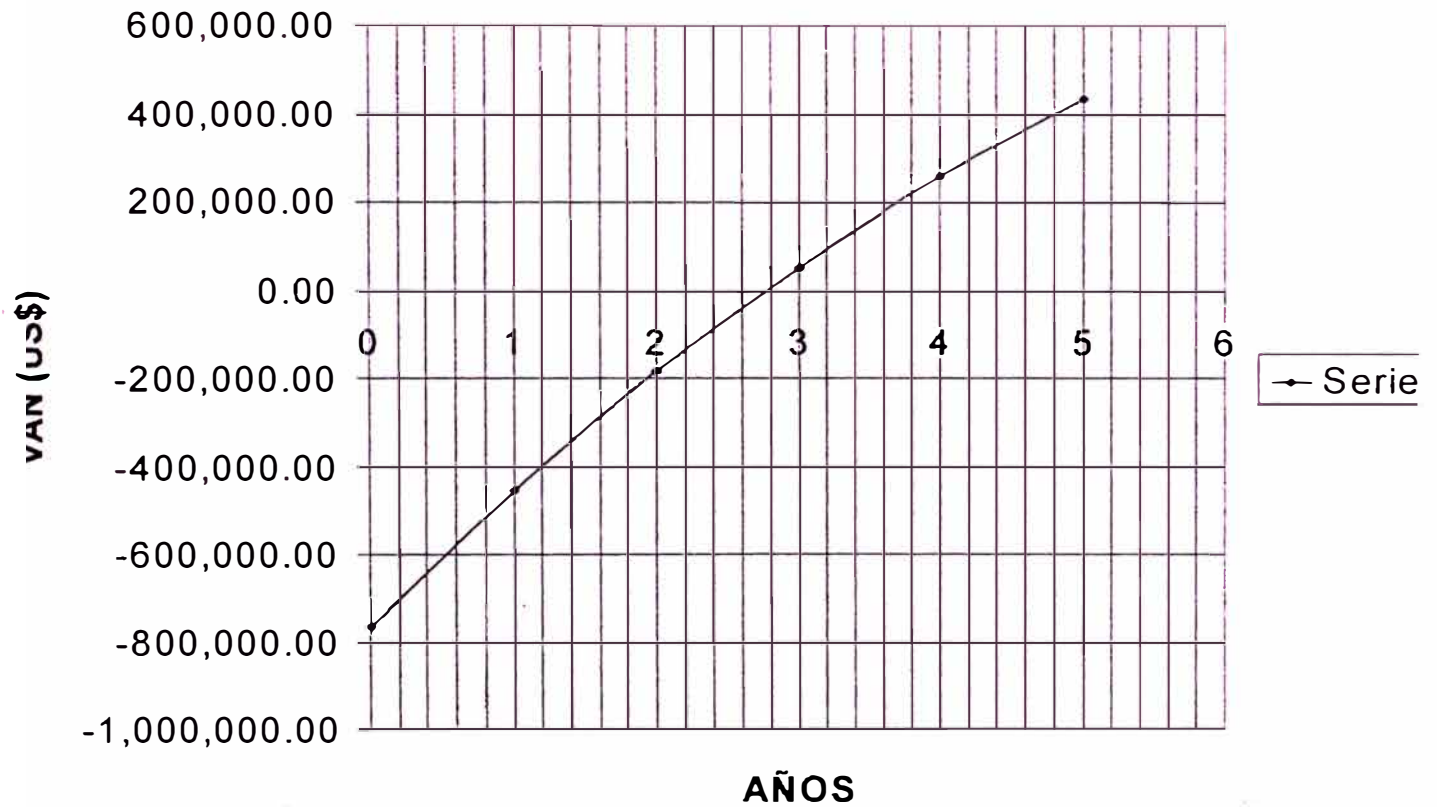
**PROYECTADO
FLUJO DE CAJA**

COSTO DE MATERIALES Y SERVICIOS		765,579.56				
VALOR DE RECUPERACION		0				
COSTO OPERATIVO		498,594.76	498,594.76	498,594.76	498,594.76	498,594.76
ACUMULADO	765,579.56	498,594.76	498,594.76	498,594.76	498,594.76	498,594.76
TASA	0	1	2	3	4	5
0.2	1	1.15	1.3225	1.5209	1.7490	2.0114
V A N / periodo	765,579.56	433,560.66	377,009.27	327,834.15	285,073.17	247,889.72
VAN / acumulado	765,579.56	1,199,140.23	1,576,149.50	1,903,983.65	2,189,056.	2,436,946.
COSTO COMPARATIVO AL FINAL DE CADA PERIODO	-765,579.56	-453,896.38	-182,867.53	52,809.73	257,746.48	435,952.36
AÑOS	0	1	2	3	4	5

PLAZO DE
RECUPERACION EN
AÑOS

2.78

**Figura 8.1 VAN COMPARATIVO PROYECTADO -
ACTUAL**

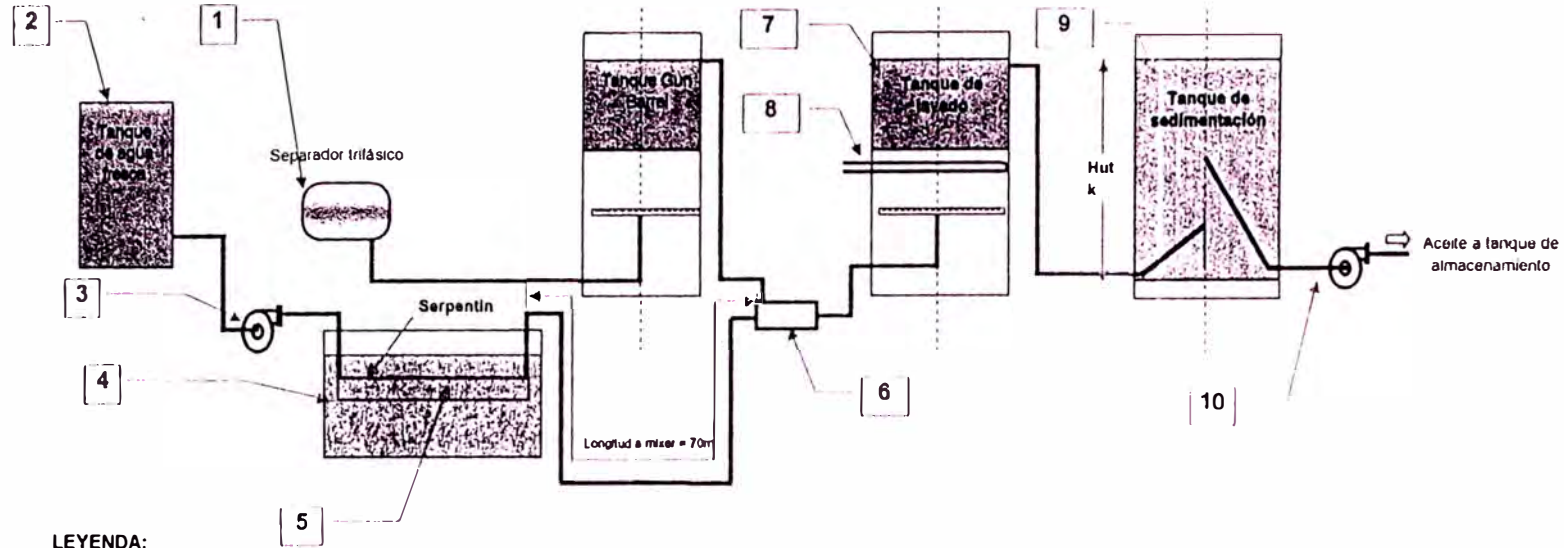


CAPITULO 9

9.1.0.0 CALCULO EVALUATIVO DEL PROCESO ACTUAL

9.1.1.0 EVALUACION DEL TRATAMIENTO PARA LA CORRIENTE DE ACEITE

Figura 9.1- 1: ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO ACTUAL DEL ACEITE



LEYENDA:

ITEM	DESCRIPCION
1	SEPARADOR TRIFASICO
2	TANQUE PARA AGUA FRESCA
3	BOMBA PARA AGUA FRESCA
4	POZA API
5	SERPENTIN
6	MEZCLADOR
7	TANQUE DE LAVADO
8	SERPENTIN
9	TANQUE DE SEDIMENTACION
10	BOMBA PARA TRANSFERENCIA DE ACEITE EN ESPECIFICACION A TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

Nota:

La evaluación se efectuará en función a los recursos utilizados para alcanzar el PTB actual al final del proceso, para cuantificar el proceso en todas sus etapas es necesario determinar en función a los equipos e instalaciones actualmente utilizados, los siguientes parámetros:

- Temperatura representativa del proceso.
- Gota de agua separada del aceite.
- Grado de salinidad del agua presente con el aceite.
- Cantidad de agua de lavado utilizado para el proceso.
- Costo del proceso en batería

9.1.1.1 Evaluación de la performance registrada en los separadores primarios

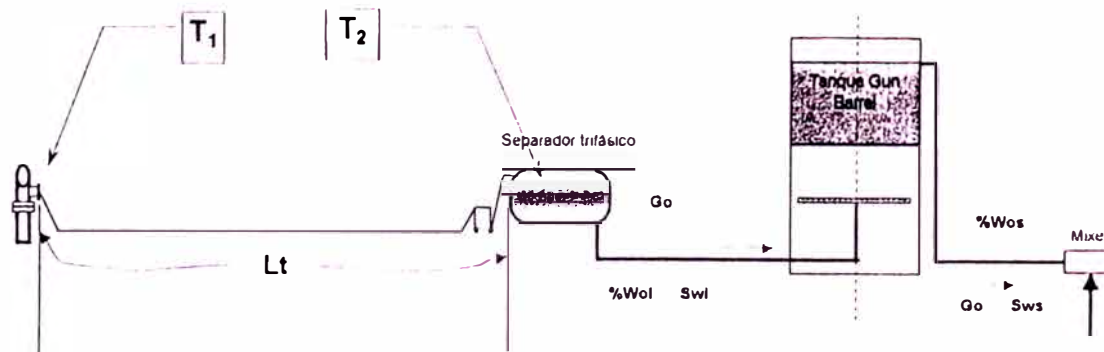
Cálculo de la temperatura representativa al ingreso a Separador.

La temperatura indicada en el esquema como " T_2 " es la obtenida como resultado del enfriamiento del fluido de producción transportado desde el pozo a la batería, por medio de la línea de producción, expuesto al medio ambiente.

La temperatura " T_1 " es la que se registra en el fluido de producción en el cabezal del pozo.

En base a observaciones efectuadas en Campo, se selecciona una temperatura de 20°C para el medio ambiente exterior.

Figura 9.1 - 2 : ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA LINEA DE PRODUCCION



CALCULO DEL ENFRIAMIENTO DEL FLUIDO DE PRODUCCION CONDUCCION POR TUBO DE 4" CEDULA 40 EN CONTACTO CON EL AIRE, DESDE EL POZO A LA BATERIA

	Alta temperatura fluido caliente- Cabezal del pozo	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal promedio por pozo - fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T ₁	T ₂	T ₂	T ₂	V	γ	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	F1	DT
°F	°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F	sin valor	0	1	°F
206	184.511	184.511	184.511	4.000	63533.12	1	68	68	126.5				126.5

Coefficiente de transferencia (h_o) por convección natural (h_c) y por radiación (h_r) - lado exterior, fluido: aire

	Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a T _f	Densidad a T _f	Densidad a T _a	Peso específico a T _f	Peso específico a T _a	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a T _f	Calor específico a T _f	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
T _f	T _p	T _{ma}	μ	ρ_f	ρ_a	ρ	ρ_f	ρ_a	B	k	c _f	D _o	h _c	e	h _r	h _o
°F	°F	°F	cp	Lb/ft ³	Lb/ft ³	Lb/ft ³			1/°F	Btu/hr·ft ² ·°F	Btu/lb·°F	pulgada	Btu/hr·ft ² ·°F		Btu/ft ² ·°F	Btu/ft ² ·°F
131.378	194.7555	68	0.019	0.0681	0.0755	0.85	0.94	0.0016153	0.016	0.25	4.5	1.2119	0.7	1.013348	2.2252	

Coefficiente de transferencia (h_i) lado interior, fluyendo agua salada

	Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de producción	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos (~ 1.200 m)	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro
T _a	GW	GI	n	a ₁	a ₂	u	μ	ρ	k	D _i	L _t	Re _t	C	u·C/k	h _o	
°F	bpd	Lb/(hr·pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/ft ² ·hr	Lb/ft ³	Lb/ft ³	Btu/hr·ft ² ·°F	pie	pie	258500	Btu/lb·°F	4.34	Btu/ft ² ·°F	
194.7555	4.000	1863772	1	0.0341	0.0341	1.6021	88.0733	1.0914	0.3460	0.208	3936	258500	1	4.34	866.71	

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor

Coefficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
Uc	a"	A	Qc	Q _{ac}	Ud	Rd	U	v
Btu/hrpie °F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie °F		Btu/hrpie ² F	pie/seg
2.219518	1.178097	4636.991	1301708	1301708	2.219518	0.0000	2.2195183	7.6062616

CALCULO DE LA TEMPERATURA A LA DESCARGA DEL SEPARADOR TRIFASICO

La temperatura indicada en el esquema como "T₂" es la obtenida como resultado del enfriamiento del fluido de producción dentro del separador, expuesto al medio ambiente.

La temperatura indicada en el esquema como "T₁" es la que se registra en el fluido de producción al ingreso al separador.

En base a observaciones efectuadas en Campo, se selecciona una temperatura de 20°C para el medio ambiente exterior.

Figura 9.1 - 3 : ESQUEMA SIMPLIFICADO DE EMPLAZAMIENTO DE SEPARADOR

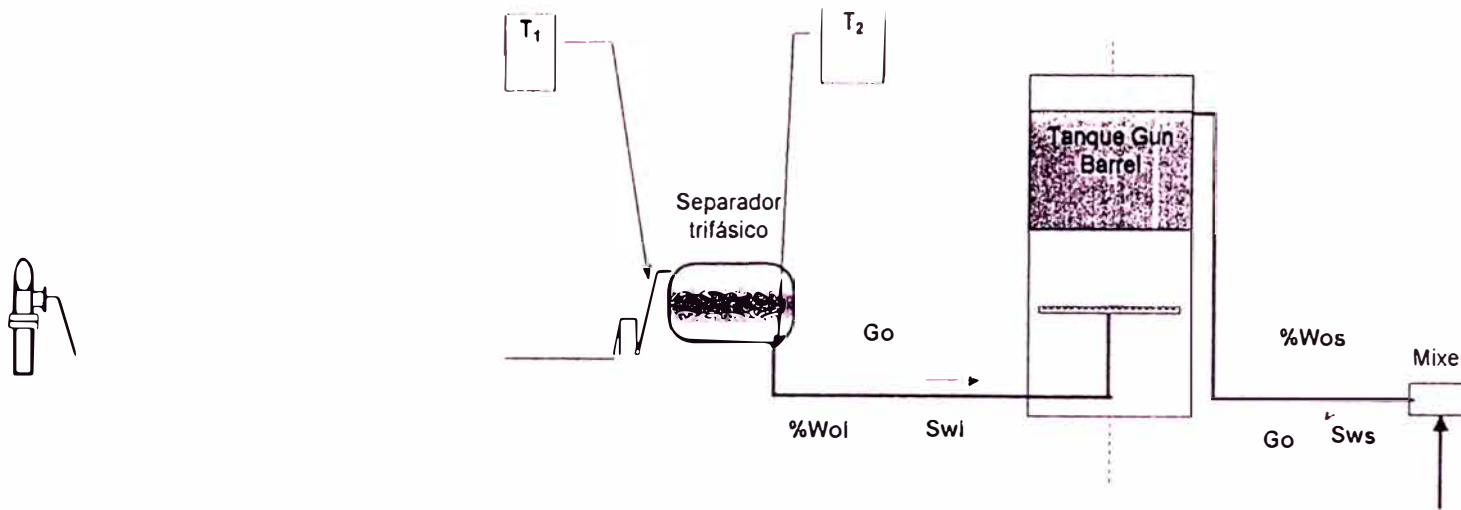
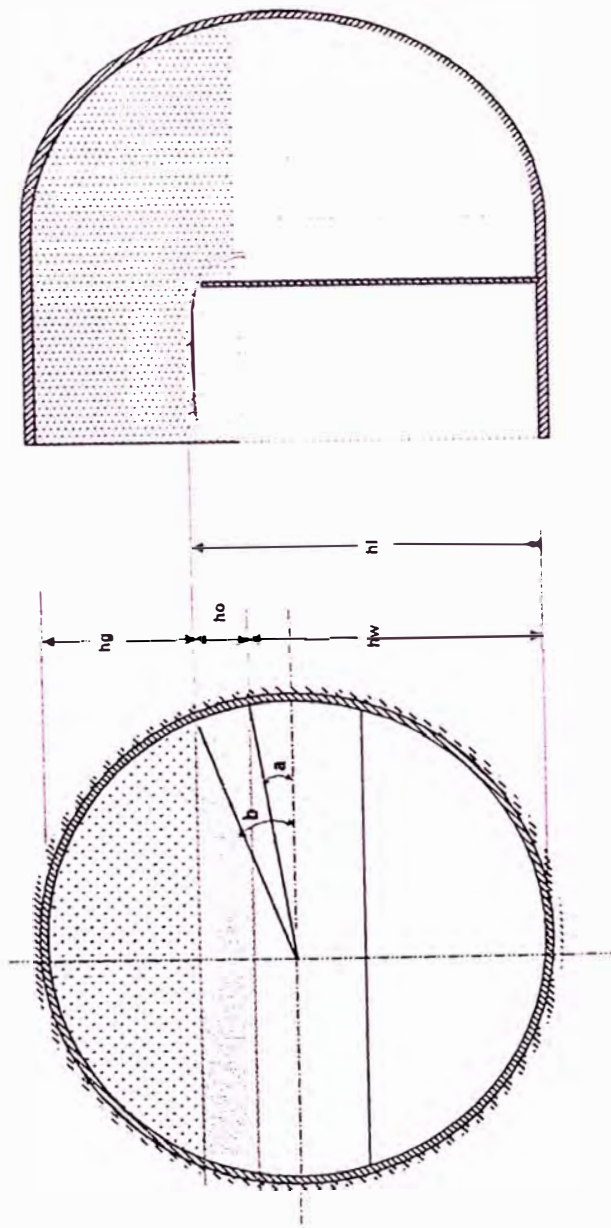


Figura 9.1 -4 : ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA DISTRIBUCION DE PRODUCTOS EN SEPARADOR TRIFASICO



P	Presión en el separador	psig	31
T	Temperatura al ingreso a separador	°F	185
Di	Diámetro interior del separador trifásico	pie	7.54
Do	Diámetro exterior del separador	pie	7.61
Es	Espesor del casco	pulgada	0.375
Do	Diámetro exterior del separador	pie	7.61
Do	Diámetro exterior	pie	7.607
L	Longitud del separador	pie	16.40
VI	Flujo total de líquidos	bpd	20000
Vo	Flujo total de aceite	bpd	1000
Vw	Flujo total de agua	bpd	19000
Ggs a condiciones Std	Flujo de gas a condiciones Std	pie3/dia	70000
Ggs a P, T	Flujo de gas a P, T	pie3/dia	27908
hl	Altura de nivel de líquidos	pie	5.66
b	Angulo b	radian	0.5236
Ag	Sección total de gas	pie2	8.74
Sl	Sección total de líquidos	pie2	35.96
a	Angulo a	radian	0.443

Cálculo Iterativo del ángulo "a"

1	0.375592	0.6877962
0.687796	0.339737	0.5137668
0.513767	0.402228	0.4579972
0.457997	0.433657	0.445827
0.445827	0.441185	0.4435061
0.443506	0.442647	0.4430767
0.443077	0.442919	0.4429977
0.442998	0.442969	0.4429831
0.442983	0.442978	0.4429805
0.44298	0.442979	0.44298
0.44298	0.44298	0.4429799
0.44298	0.44298	0.4429799
0.44298	0.44298	0.4429799
0.44298	0.44298	0.4429799
0.44298	0.44298	0.4429799
0.44298	0.44298	0.4429799
0.44298	0.44298	0.4429799
0.44298	0.44298	0.4429799

Altura máxima de la capa de aceite	Altura máxima de la capa de gas	Altura máxima de la capa de agua
ho	hg	hw
pie	pie	pie
0.269	1.886	5.389

CALCULO DE PARAMETROS PRINCIPALES

Velocidad media de líquidos $v_l = v_o = v_w$	Velocidad media del gas	Sección interfase aceite - gas	Sección interfase aceite - agua	Area exterior gas-ambiente	Area exterior aceite-ambiente	Area exterior agua-ambiente	Sección del flujo de gas	Perímetro humedo del flujo de gas	Sección del flujo de aceite	Perímetro humedo del flujo de aceite	Sección del flujo de agua	Perímetro humedo del flujo de agua	Diámetro equivalente del flujo de gas	Diámetro equivalente del flujo de aceite	Diámetro equivalente del flujo de agua
vl	vg	Aog	Aow	Aga	Aoa	Awa	Ag	Peg	Ao		Aw				
pie/seg	pie/seg	pie ²	pie ²	pie ²	pie ²	pie ²	pie ²	pie	pie ²	pie	pie ²	pie	pie	pie	pie
0.0361	0.036963	107.15	111.8	130.6	11.281	314.3	8.739	7.900	1.798	0.608	34.162	16.192	4.425	11.8262	8.9948

CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL GAS A LA DESCARGA DE SEPARADOR (SOLO EL GAS FLUYE POR TODA LA SECCION DEL SEPARADOR A LA MISMA VELOCIDAD MEDIA)

Presión absoluta en el separador	Temperatura
gas	gas
P	T
psia	°R
46	638.8225

T ₁	T ₂	T _{2c}	Vg	dg	wg	Las	C	c	t1	t2	MLDT	R	S	Ft	Dt	Ka
Alta temperatura fluido caliente computada al ingreso al separador	Baja temperatura supuesta para el fluido caliente a la salida del separador	Baja temperatura fluido caliente a la salida del separador calculado	Caudal real de gas	Densidad real del gas a P,Tm	Caudal másico real de gas	Longitud del separador	Calor específico del fluido caliente -gas	Calor específico del fluido frío lado exterior - agua de lluvia	Baja temperatura del fluido frío	Alta temperatura del fluido frío	Diferencia media logaritmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida	Conductividad térmica del aislamiento
°F	°F	°F	pie ³ /hr	Lb/pt ³	Lb/hr	pie	Btu/lb°F	Btu/lb°F	°F	°F	°F	sin valor	0	1	°F	Btu/hr°ft ²
184.611	173.134	173.134	1.163	0.13449	156.3882	16.40	0.641	1	68	68	110.7	sin valor	0	1	110.7	0.033
174.441	174.441	174.441	1.163	0.134321	156.1919	16.40	0.641277	1	68	68	111.4	sin valor	0	1	111.4	0.033

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA LADO EXTERIOR

T _f	T _p	T _{ma}	u	d _f	d _a	P _f	P _u	B	k	c _f	Doi	Do	hc	e	hr	ho
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del separador sin aislamiento	Diámetro exterior del separador + aislamiento	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
°F	°F	°F	cp	Lb/pt ³	Lb/pt ³			1/°F	Btu/hr°ft ²	Btu/lb°F	pulgada	pulgada	Btu/hr°ft ² °F		Btu/hr°ft ²	Btu/hr°ft ²
123.4113	178.8225	68	0.019	0.0691	0.0755	0.86	0.94	0.001604	0.016	0.25	7.6065	7.6065	1.0272	0.7	0.970574	1.9977
123.738	179.476	68	0.019	0.0690	0.0755	0.86	0.94	0.0016044	0.016	1.25	7.6065	7.7731667	1.5300	0.7	0.972299	2.5023

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA LADO INTERIOR

Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal aparente de gas	Caudal masico por unidad de seccion transversal	Cantidad de cuerpos	Seccion transversal del separador	Area de flujo total	Viscosidad dinamica	Densidad	Peso especifico	Conductividad termica	Diámetro interior del separador	Longitud de tubo	Reynolds en los tubos	Calor especifico	Número de Prandtl	Coefficiente de película - lado interior sin corregir por diámetro.	Espesor del casco
Ta	Gga	Gt	n	a't	at	u	d	p	k	DI	Lt	Ret	C	u'C/k	h _o	t
°F	pie ³ /hr	Lb/(hr ² pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/pe ³ -hr	Lb/pe ³		Blu/hr ² pie ² °F	pie	pie		Blu/lb°F		Blu/hrpie ² °F	pulgada
178.8225	6948	17.89823	1	44.6985	44.6985	0.0289	0.1346	1.7603	0.0221	7.644	16.40	4674	0.6409898	0.705705	0.06	0.376
179.476	6948	17.87376	1	44.6985	44.6985	0.0289	0.1343	1.7681	0.0222	7.644	16.40	4664	0.6412773	0.708175	0.06	0.376

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (GAS - MEDIO AMBIENTE)

Resistividad total	Coefficiente total Uga	Superficie unitaria exterior del separador	Superficie exterior	Calor total cedido por el fluido caliente	Superficie exterior cilindrica gas ambiente	Calor total calculado en base a Uga	Coefficiente total de diseño con el valor supuesto para Rd	Factor de obstrucción seleccionado o supuesto	Velocidad del fluido en el tubo
	Uga	a"	Acs	Q	Aga	Qga	Ud	Rd	v
	Blu/hrpie ² °F	pie ² /pie	pie ²	Blu/hr	pie ²	Blu/hr	Blu/hrpie ² °F		pie/seg
17.0705	0.068681	23.89652	436.6015	962.5622	148.4023	962.59	0.058572	0.0026	0.0389632
19.89661	0.06026	24.42012	445.1886	851.3492	152.0518	851.33	0.050253	0.0026	0.0389632

Espesor del aislamiento
Ea
0
1

Coefficiente de película - lado interior sin corregir por diámetro.
h _o
0.060599
0.060559

CALCULO DE LA TEMPERATURA DE ACEITE A LA DESCARGA DE SEPARADOR (SOLO EL ACEITE FLUYE POR TODA LA SECCION DEL SEPARADOR A LA MISMA VELOCIDAD MEDIA)

		Alta temperatura fluido caliente computada al ingreso al separador	Baja temperatura supuesta para el fluido caliente a la salida del separador	Baja temperatura fluido caliente a la salida del separador calculado	Caudal real de aceite	Peso especifico del aceite	Caudal másico real de aceite	Longitud del separador	Calor especifico del fluido caliente -gas	Calor especifico del fluido frio lado exterior - agua de lluvia	Baja temperatura del fluido frio	Alta temperatura del fluido frio	Diferencia media logantmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida	Conductividad térmica del aislamiento
T ₁	T ₂	T _{2c}	Vg	do	Wg	Las	C	C	I1	I2	MLDT	R	S	F1	DR	Ka		
°F	°F	°F	bpd	Lb/ple3	Lb/hr	pie	Btu/lb°F	Btu/lb°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	Btu/hr°pie			
184.611	184.211	184.211	1.000	0.911	13257.78	16.40	0.487	1	88	88	116.4	sin valor	0	1	116.4	0.033		
184.611	184.392	184.392	1.000	0.911	13257.78	16.40	0.487	1	88	88	116.5	sin valor	0	1	116.5	0.033		

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA LADO EXTERIOR

hos	T _f	T _p	T _{ma}	u	d _i	d _a	ρ _f	ρ _{ma}	B	k	c _f	Do _i	Do	h _c	e	hr
Btu/ple ² ·°F	°F	°F	°F	cp	Lb/ple ³	Lb/ple ³			1/°F	Btu/hr°pie·°F	Btu/lb·°F	PIE	PIE	Btu/ple ² ·°F		Btu/ple ² ·°F
2	126.1805	184.361	68	0.019	0.0687	0.0755	0.85	0.94	0.0016079	0.016	0.25	7.6065	7.6065	1.0403	0.7	0.985271
2	126.2258	184.4515	68	0.019	0.0687	0.0755	0.85	0.94	0.0016079	0.016	1.25	7.6065	7.7731867	1.5475	0.7	0.985513

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA LADO INTERIOR

Ta	Gw	Gt	n	at1	at	u	d	p	k	Di	Lt	Ret	C	u·C/k	h _o	t
°F	pie3/hr	Lb/(hr°pie ²)		pie2	pie2	Lb/ple·hr	Lb/ple3		Btu/hr°pie·°F	pie	pie		Btu/lb·°F	°F·C/k	Btu/ple ² ·°F	pulgada
184.361	8808	7382.504	1	44.6985	44.6985	74.9871	66.8208	0.9110	0.0889	7.644	18.40	743	0.487	529.8127	0.961	0.376
184.4515	8808	7382.504	1	44.6985	44.6985	74.9871	66.8208	0.9110	0.0889	7.644	18.40	743	0.487	529.8127	0.961	0.376

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (ACEITE - MEDIO AMBIENTE)

Resistividad total	Coefficiente total Uoa	Superficie unitaria exterior del separador	Superficie exterior cilindrica del separador	Calor total cedido por el fluido caliente	Area de transferencia de calor aceite - ambiente	Calor total calculado en base a Uoa	Coefficiente total de diseño con el valor supuesto para Rd	Factor de obstrucción seleccionado o supuesto	Velocidad del fluido en el tubo
	Uoa	a''	Acs	Qc	Aoa	Qoa	Ud	Rd	v
	Blu/hrpie ² *F	pie ² /pie	pie ²	Blu/hr	pie ²	Blu/hr	Blu/hrpie ² *F		pie/seg
1.542811	0.648168	23.89652	437.3452	1936.962	25.6920	1937.73	0.647119	0.0026	0.0380906
4.019614	0.24878	24.42012	447.9454	768.3283	26.5254	768.48	0.248625	0.0026	0.0380906

Espesor del aislamiento	Ea
	pulgada
	0
	1

Coefficiente total lado exterior	ho
	Blu/hrpie ² *F
	2.0256
	2.5331

Coefficiente de pelicula -lado interior corregido por diámetro.	hio
	Blu/hrpie ² *F
	0.957105
	0.957105

CALCULO DE LA TEMPERATURA DE AGUA A LA DESCARGA DE SEPARADOR (SOLO EL AGUA FLUYE POR TODA LA SECCION DEL SEPARADOR A LA MISMA VELOCIDAD MEDIA)

Alta temperatura fluido caliente computada al ingreso al separador	Baja temperatura supuesta para el fluido caliente a la salida del separador	Baja temperatura fluido caliente a la salida del separador calculado	Caudal real de agua	Peso específico del agua	Caudal máxico real de agua	Longitud del separador	Calor específico del fluido caliente -gas	Calor específico del fluido frío lado exterior - agua de lluvia	Baja temperatura del fluido frío	Alta temperatura del fluido frío	Diferencia media logaritmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida	Conductividad térmica del aislamiento
T ₁	T ₂	T _{2c}	Vg	do	Wg	Las	C	c	t1	t2	MLDT	R	S	Fl	Dr	Ka
°F	°F	°F	bpd	Lb/lpie ³	Lb/hr	pie	Blu/hr°F	Blu/hr°F	°F	°F	°F				°F	Blu/hr ² *pie ² *°F
184.611	184.264	184.264	18.000	1.095932	303032.9	18.40	0.487	1	68	68	116.4	sin valor	0	1	116.4	0.033
184.611	184.438	184.438	18.000	1.095983	303022.2	18.40	0.487	1	68	68	116.5	sin valor	0	1	116.5	0.033

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA LADO EXTERIOR

Coefficiente exterior supuesto	Temperatura de la pelicula	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del separador sin aislamiento	Diámetro exterior del separador + aislamiento	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación
hos	T _f	T _p	T _{ma}	u	d _f	d _a	ρ _f	ρ _a	B	k	c _f	Doi	Do	hc	e	hr
Blu/hrpie ² *°F	°F	°F	°F	cp	Lb/pie ³	Lb/pie ³			1/°F	Blu/hr ² *pie ² *°F	Blu/hr°F	PIE	PIE	Blu/hrpie ² *°F		Blu/hrpie ² *°F
2	126.1913	164.3825	68	0.019	0.0687	0.0755	0.65	0.94	0.0016079	0.016	0.25	7.6065	7.6065	1.0404	0.7	0.965328
2	126.2381	164.4735	68	0.019	0.0687	0.0755	0.65	0.94	0.0016079	0.016	1.25	7.6065	7.7731867	1.5476	0.7	0.985571

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA LADO INTERIOR

Ta	Gw	Gr	n	a1	a1	u	d	p	k	DI	L1	Rel	C	u°C/k	h _o	l
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal aparente de aceite	Caudal másico aparente por unidad de sección transversal	Cantidad de cuerpos	Sección transversal del separador	Area de flujo total	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del separador	Longitud de tubo	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película -lado interior sin corregir por diámetro.	Espesor del casco
*F	pie ³ /hr	Lb/(hr ² pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/ple ³ -hr	Lb/ple ³		Btu/hr ² -pie ² -°F	pie	pie		Btu/lb ² -°F		Btu/ple ² -°F	pulgada
184.3825	6808	8322.462	1	44.6985	44.6985	74.9671	64.0664	1.0270	0.1464	7.644	18.40	838	0.96	489.9156	2.068	0.376
184.4735	6808	8322.995	1	44.6985	44.6985	74.9671	64.0686	1.0271	0.1464	7.644	18.40	838	0.96	489.9156	2.068	0.376

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (AGUA SALADA - AMBIENTE)

Resistividad total	Coefficiente total Uoa	Superficie unitaria exterior del separador	Superficie exterior cilindrica del separador	Calor total cedido por el fluido caliente	Area de transferencia de calor agua - ambiente	Calor total calculado en base a Uoa	Coefficiente total de diseño con el valor supuesto para Rd	Factor de obstrucción seleccionado o supuesto	Velocidad del fluido en el tubo	Ea	ho	h _o
	Uoa	a ²	Acs	Qc	Aoa	Qoa	Ud	Rd	v	pulgada	Btu/ple ² -°F	Btu/ple ² -°F
	Btu/hr ² -pie ²	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	pie ²	Btu/hr	Btu/hr ² -pie ²		pie/seg			
0.984132	1.016124	23.89652	437.3452	37927.29	320.7	37922	1.013549	0.0026	0.0360906	0	2.0257	2.04725
3.448689	0.289985	24.42012	447.9454	11067.89	329.3	11120	0.289755	0.0026	0.0360908	1	2.5332	2.047294

**CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA A LA DESCARGA DEL SEPARADOR:
BALANCE GENERAL DE CALOR**

	Temperatura del fluido de producción al ingreso a separador	CALOR TOTAL CEDIDO AL MEDIO EXTERIOR	FLUJO MASICO POR HORA	Calor especifico medio	Temperatura a la descarga de separador	Temperatura media en el separador
°F	Btu/hr	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	
T _{in}	Q _{tc}	Q	C _m	T _{1s}	T _m	
184.511	40827	318447	0.487	184.4	184.38	
184.511	12688	316436	0.487	184.4	184.47	

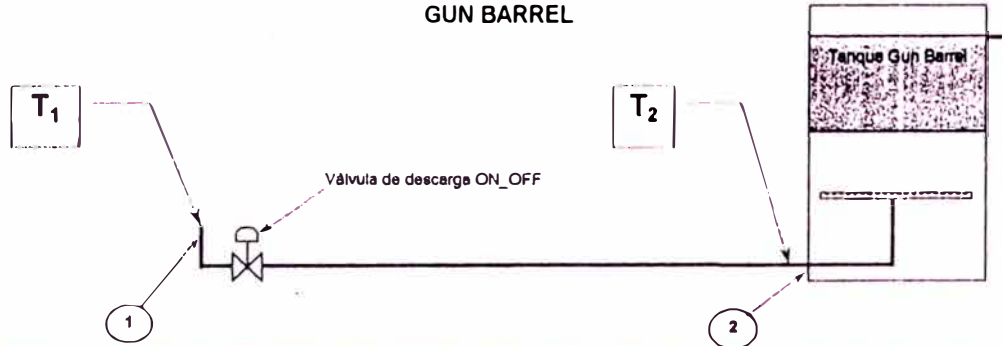
SIN AISLAMIENTO - SITUACION ACTUAL
CON AISLAMIENTO

CALCULO DE LA PERFORMANCE DEL PROCESO DE SEPARACION EN SEPARADOR TRIFASICO

PRESION URA	TEMPERATURA	VELOCIDAD DEL GAS	VELOCIDAD DEL ACEITE	VELOCIDAD DEL AGUA	SECCION PARA EL GAS	SECCION PARA EL ACEITE	SECCION PARA EL AGUA	SECCION TOTAL	DIAMETRO DEL SEPARADOR	LONGITUD DEL SEPARADOR	LONGITUD EFECTIVA DE SEPARADOR	ALTURA MAXIMA DE LA CAPA DE GAS	ALTURA MAXIMA DE LA CAPA DE ACEITE	ALTURA MAXIMA DE LA CAPA DE AGUA	CAUDAL GAS			CAUDAL ACEITE			CAUDAL DE AGUA			CAUDAL TOTAL EQUIVALENTE	
															Q _g	Q _g	Q _g	Q _o	Q _o	Q _o	Q _w	Q _w	Q	Q	
P	T	U _g	U _o	U _w	U _o	U _w	U _w	U _o	Q _g	Q _g	Q _g	Q _g	Q _o	Q _o	Q _o	Q _w	Q _w	Q _w	Q	Q					
PSI	°C	poise	poise	poise	poise	poise	poise	poise	ft	ft	ft	ft	ft	ft	ft	BPD	BPD	BPD	cm ³ /s	cm ³ /s					
31	84.85	0.00012	0.9100	0.00066	1.0939	1.0939	0.811	0.0015678	76.000.0	28.019.2	9.183.1	1.000	1.037.5	18.000	34.812.5	45.933.1	24.986								
R _g	R _o	R _w	S _g	S _o	S _w	D	L _t	L _e =(2D) ² /L _t	H _g	H _o	H _w														
cm/6	cm/6	cm/6	cm ²	cm ²	cm ²	m ²	cm	cm	cm	cm	cm														
1.127	1.100	1.100	6.150.6	1.070.4	31.737.5	41.558.7	498.8	333.2	57.5	8.2	164.3														
D _g	D _w	D _{ow}	D _{og}	D _{wg}	D _{wo}	D _{go}	D _{gw}																		
MICRON	MICRON	MICRON	MICRON	MICRON	MICRON	MICRON	MICRON																		
1.002	488	188	7	6	488	223	76																		

9.1.1.2 EVALUACION DE LA PERFORMANCE REGISTRADA EN EL TANQUE GUN BARREL

Figura 9.1 - 5 : ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA CALCULAR LA TEMPERATURA DE LA CORRIENTE DE ACEITE AL INGRESO A TANQUE GUN BARREL



Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Fración de tiempo empleado en la descarga	% de agua presente en la corriente de aceite	Caudal de aceite seco	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico medio del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - T empartuar del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T ₁	T ₂	T ₂	x	%Wo		V	v	C	t1	t2	MLDT	R	S	Ft	Dt
°F	°F	°F		%	bpd	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F				°F
184.2	177.912	177.912	0.260	1.000	1000	1,010	16130.55	0.49064	68	68	113.0	sin valor	0	1	113.0

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
T _f	T _p	T _{ma}	u	d _f	d _a	ρ _f	ρ _a	B	k	c _f	Do	hc	e	hr	ho
°F	°F	°F	cp	Lb/pe ³	Lb/pe ³			1/°F	Btu/hr·ft ² ·°F	Btu/lb·°F	pulgada	Btu/hpe ² ·°F		Btu/hpe ² ·°F	Btu/hpe ² ·°F
124.5395	181.079	68	0.019	0.0689	0.0755	0.86	0.94	0.0016056	0.016	0.25	4.5	1.1775	0.7	0.97654	2.1540

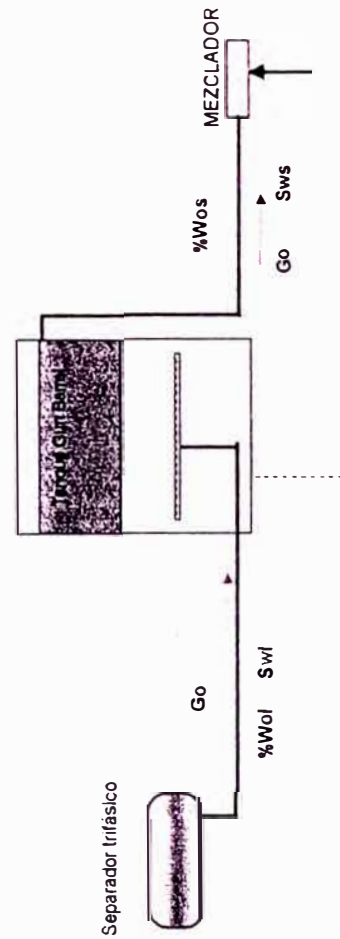
Coefficiente de transferencia (hilo) lado interior, corriente de aceite (se considera características del aceite)

Ta del fluido caliente (por tubos) °F	Gw producción bpd	Gt unidad de sección transversal Lb/hr·pie ²	n Cantidad de tubos	a't Sección transversal del tubo pie ²	a'l Sección transversal del tubo pie ²	Area de flujo por los tubos	u Viscosidad dinámica Lb/pie·hr	d Densidad Lb/pie ³	P Peso específico	k Conductividad térmica Btu/hr·pie·°F	DI Diámetro interior del tubo pie	Lt Longitud de tubos pie	Ret Reynolds en los tubos	C Calor específico Btu/lb·°F	u·C/k Número de Prandtl	h _{io} Coeficiente de película-lado interior corregido Btu/hrpie ² ·°F
181.079	4.040	61.4504.1	1	0.0873	0.0873	0.0873	32.8320	66.8832	0.9120	0.0690	0.333	183.68	6239	1	475.83	42.15

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALO R

Uc Coeficiente total Uc Btu/hrpie ² ·°F	a'' Sección superficial del tubo pie ² /pie	A Superficie total pie ²	Qc Calor total cedido por el fluido caliente Btu/hr	Q _{ac} Calor total recepcionado por el aire en base a Uc Btu/hr	Ud Coeficiente total de diseño Btu/hrpie ² ·°F	Rd Factor de obstrucción	U Coeficiente promedio de transferencia en el tubo Btu/hrpie ² ·°F	v Velocidad del fluido en el tubo pie/seg
2.049268	1.178097	216.3929	50131.22	50131.22	2.049259	0.0000	2.0492585	3.0008004

Figura 9.1 - 6 : ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL TRATAMIENTO DE LA CORRIENTE DE ACEITE EN TANQUE GUN-BARREL



Caudal de aceite	Salinidad del agua presente en el aceite al ingreso	Porcentaje del agua presente en el aceite al ingreso	Caudal de agua de lavado	Salinidad del agua de lavado	Caudal de agua expurgada	Salinidad del agua de expurga	Salinidad del agua presente en el aceite a la salida	Salinidad del agua presente en el aceite a la salida para S _w =S _w s o 100% de eficiencia en la	Eficiencia aparente de lavado	Porcentaje de agua presente en el aceite a la salida	Salinidad real del agua de expurga respecto al del agua presente en el aceite a la salida	PTB (Libras de sal por c/1000 barriles de aceite)	% del agua de lavado que se mezcla con el agua presente en el aceite al ingreso	DATOS CONGRUENTES
Go	Swi	%Woi	Gwl	Swl	Gwe	Swe	Sws	S	Er	%Wos	Sr	PTB	Mr	
bpd	gr/litro	%	bpd	gr/litro	bpd	gr/litro	gr/litro	gr/litro		%	%	(Lb/bi)*0.00	%	
1000	130	1.00	0.00	130.00	3.50	130.00	130.00	130.00	sin valor	0.85	100.00	295.49	SIN VALOR	

DATOS:

Go: Caudal máximo de aceite o crudo producido diariamente en la batería en bpd

Swi: Salinidad del agua presente en el aceite al ingresar al proceso de lavado, en este caso es el registrado a la descarga del separador trifásico.

Gwl: Caudal de agua fresca registrado para el lavado en bpd

Swl: Salinidad del agua fresca para el lavado en gr/litro

%Woi: Porcentaje de agua presente en el aceite antes de ingresar al proceso de lavado, medido respecto al aceite seco.

%Wos: Porcentaje de agua presente en el aceite a la descarga del proceso de lavado, registrado en la muestra tomada del aceite antes de ingresar al tanque de reposo, medido respecto al aceite seco.

INCOGNITAS:

Gwe: Caudal de agua de expurga en bpd

Swe: Salinidad del agua de expurga,

Sws: Salinidad del agua presente en el aceite a la descarga del proceso de lavado.

S: Salinidad del agua presente en el aceite a la descarga, considerando 100% de eficiencia durante la mezcla en el proceso de lavado.

Sr: % de salinidad relativa del agua de expurga respecto al del agua presente en el aceite a la descarga del proceso de lavado.

Er: Eficiencia real de la mezcla ocurrida durante el proceso de lavado.

PTB: Libras de sal por cada mil barriles de aceite, registrado en el laboratorio, en la misma muestra tomada para evaluar %Wos.

Mr: % del agua de lavado que se mezcla con el agua presente en el aceite al ingreso, si Gwl=0 entonces Mr carece de valor.

FORMULAS:

$$Gwe = Gwl + Go * (\%Woi - \%Wos) / 100$$

$$Swe = (Go * (\%Woi * Swi - \%Wos * Sws) / 100 + Gwl * Swl) / (Gwl + Go * (\%Woi - \%Wos) / 100)$$

$$Swe = Sr * Sws / 100$$

$$PTB = \%Wos * Sws / 0.285966$$

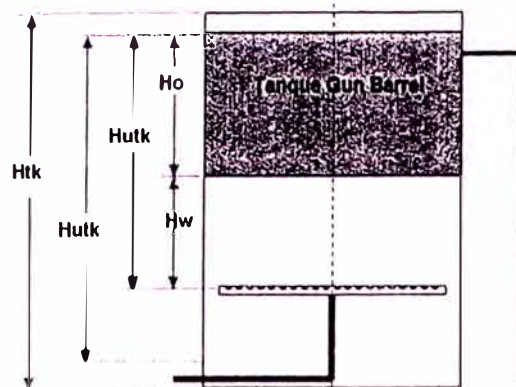
$$S = (\%Woi * Go * Swi / 100 + Gwl * Swl) / (Gwl + Go * (\%Woi - \%Wos) / 100)$$

$$Er = (1 - (Sws - S) / Sws) * 100$$

$$Sr = 100 * (Go * (\%Woi * Swi - \%Wos * Sws) / 100 + Gwl * Swl) / (Sws * (Gwl + Go * (\%Woi - \%Wos) / 100))$$

$$Mr = (Go / 100) * (\%Woi / Gwl) * (Swi - Sws) / (Sws - Swl)$$

Figura 9.1 - 7 : ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL PROCESO EN TANQUE GUN BARREL



CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL PROCESO DE DECANTACION DE LAS GOTAS DE AGUA EN EL GUN-BARREL

Díámetro de tanque	Altura de tanque	Altura útil del tanque	Tiempo de residencia (flujo tapón)	Temperatura del aceite al ingreso	Temperatura media del medio ambiente exterior	Conductividad térmica del aislamiento	Espesor del aislamiento	Emisividad de la pared exterior del tanque	Área total de transferencia	Cantidad de calor disipado	Altura de la capa de aceite en el tanque	Calor específico del aceite	Peso específico del aceite	Flujo de la corriente de aceite	Temperatura media del proceso	Temperatura final de la corriente de aceite a la descarga del gun-barrel
Dtk	Htk	Hutk	Rc	Ti	Ta	KI	Ei	e	A	Q	Ho	c	po	Mo	Tms	Tf
ples	ples	ples	horas	°F	°F	Btu/hr.pie. °F	pulgada		pie ²	Btu/h	pies	Btu/Lb°F		bpd	°F	°F
29	24	14	39.19	178	68	0	0	0.70	2847	397,663	10.0	0.467	0.920	1010	146.426	114.9
				178											146.427	114.9

DATOS:

Dtk.: Diámetro de tanque de reposo en pies

Htk: Altura de tanque de reposo en pies

Rc: Tiempo cedido operativamente para efectuar la decantación de las gotas de agua y otras partículas extrañas al aceite en el tanque de reposo, en horas.

Ti: Temperatura inicial del aceite, al iniciarse el proceso de decantación, en °F.

Ta: Temperatura media existente en el medio ambiente, esta debe estimarse más próxima a los mínimos registrados, en °F.

Ki: Conductividad térmica del aislamiento, en Btu/hr.pie.°F, en la tabla precedente el valor de cero indica que no se utiliza aislamiento.

Ei: Espesor del aislamiento, en pulgadas.

e: Emisividad de la pared exterior del tanque, sin unidades. (Relación de potencia emisiva real respecto a la de un cuerpo negro perfecto)

c: Calor específico del aceite, en Btu/Lb°F, relacionado con la expresión: $c = 0.1485 + 5.25 \cdot 10^{-4} \cdot (T_{mp} + 460)$

po: Peso específico del aceite, relacionado con la expresión: $po = 1.07538 - (2.5641 \cdot 10^{-4}) \cdot (T_{mp} + 460)$

Tms: Temperatura media supuesta para el proceso, en °F, evaluada inicialmente como el promedio aritmético de la temperatura inicial del aceite en el tanque de reposo y la temperatura del medio ambiente, luego esta temperatura deberá recibir el valor de la temperatura media aritmética del proceso.

INCOGNITAS:

Hutk: Altura útil del tanque de reposo, observa la altura que operativamente se puede utilizar para efectuar el proceso de decantación dinámica, se mide desde el nivel de difusor hasta el nivel de descarga, en pies.

A: Área expuesta total del tanque, en pies cuadrados, normalmente se debe tener en cuenta la totalidad del área exterior del tanque.

Q: Calor disipado, en Btu/h, evaluado en función del calor cedido al medio ambiente por convección y radiación, es de observar que aún cuando pueda existir calor aportado por la radiación solar y precipitaciones pluviales, estos fenómenos deberán estar considerados por la temperatura ambiente seleccionada: **Ta**.

Ho: Altura del nivel de aceite en el tanque, en pies.

Mo: Masa total de aceite contenido en el tanque, en Libras.

Tf: Temperatura final del aceite contenido en el tanque de reposo, al final del proceso de decantación; en °F.

Tmr: Temperatura media real del proceso, en °F.

FORMULAS:

$$Hutk = Htk - 4$$

$$A = 1.57 \cdot Dtk^2 + 3.1416 \cdot Dtk \cdot Htk$$

$$Q = (0.3 \cdot (Tl - Ta) \cdot 0.25 + 0.173 \cdot e^{((Ti + 460)/100)^4 - ((Ta + 460)/100)^4}) / (Ti - Ta) \cdot A \cdot (Ti - Ta)$$

$$Ho = Htk - 1.5$$

$$Mo = 48.928 \cdot Dtk^2 \cdot Ho \cdot \rho_o$$

$$Tf = Ti - (Q / (Mo \cdot c))$$

CALCULO DEL DIAMETRO MINIMO DE LA GOTA DE AGUA SEPARADA EN TANQUE GUN BARREL

Altura de la capa de aceite en el tanque	Tiempo para decantación de las gotas de agua	Temperatura media del proceso	Temperatura absoluta media del proceso	Densidad del agua salada	Densidad del aceite	Viscosidad dinámica del agua	Viscosidad dinámica del aceite	Caudal de aceite procesado	Porcentaje de agua en el aceite al ingresar al tanque	Factor de cortocircuito en el tanque	Diámetro mínimo de la gota de agua separada	Velocidad terminal de la gota de agua con diámetro mínimo	Comprobación del número de Reynolds
Ho	Td	Tmr	Tma	dw	do	Uw	Uo	Go	%Woi	f	Dw	Vt	Re
pies	hora	°F	°R	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm.seg	gr/cm.seg	bpd	%		micron	pie/seg	
10	14.14	146	606	1.110	0.920	0.00902	0.7386671	1000	1.00	0.6	127	0.00020	2.64E-08

DATOS:

- D_{tk}:** Diámetro del tanque gun-barrel, en pies
- H_o:** Altura de la capa de aceite en el tanque.
- T_{mr}:** Temperatura media real del proceso, en °F, calculado en el paso anterior.
- T_{ma}:** Temperatura media absoluta, en grados Rankine.
- d_w:** Densidad del agua salada, en gr/cm³, evaluado con la siguiente expresión:
 $d_w = 0.8513692 + 0.703106461 \cdot T_{ma} - 1.2492 \cdot 10^{-6} \cdot T_{ma}^2$
- d_o:** Densidad del aceite, en gr/cm³, evaluado con la siguiente expresión:
 $d_o = 1.07538 - (2.5641 \cdot 10^{-4}) \cdot T_{ma}$
- U_w:** Viscosidad dinámica del agua, en polse, evaluado con la siguiente expresión:
 $U_w = 0.02 \cdot e^{(13.3320 - 0.037709159 \cdot T_{ma} + 2.3765 \cdot 10^{-5} \cdot T_{ma}^2)}$
- U_o:** Viscosidad dinámica del aceite, en polse, evaluado con la siguiente expresión:
 $U_o = ((1.07538 - (2.5641 \cdot 10^{-4}) \cdot T_{ma}) / 100) \cdot e^{(53.23858 - 0.134706 \cdot T_{ma} + 8.92825 \cdot 10^{-5} \cdot T_{ma}^2)}$
- G_o:** Caudal de aceite seco producido, en bpd
- %W_{oi}:** Porcentaje de agua presente con el aceite al ingreso, medido respecto al aceite seco, evaluado con la siguiente expresión: $\%W_{oi} = 100 \cdot X_i / (1 - X_i)$, en donde X_i es la fracción de agua presente en la corriente de ingreso.
- f:** factor de cortocirculo en el tanque, siempre menor que 1.

INCOGNITAS:

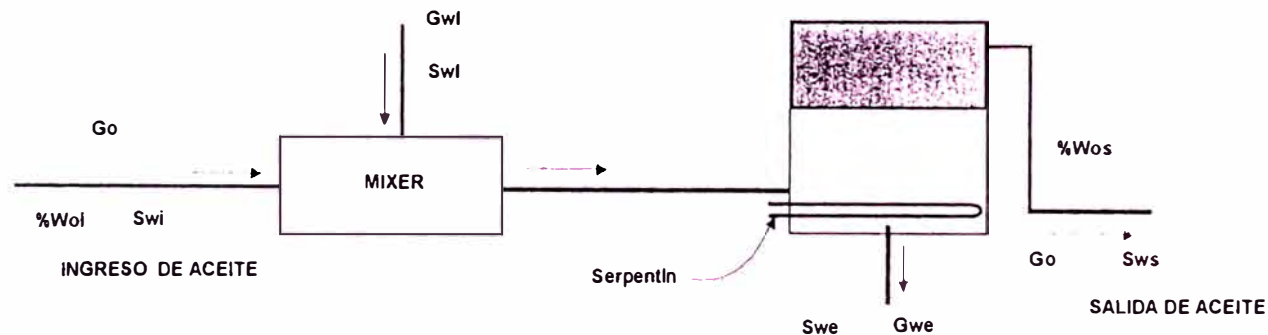
- T_d:** Tiempo del proceso de decantación, en horas
- D_w:** Diámetro mínimo de la gota de agua separada, durante el proceso de decantación en el gun-barrel en micrones.
- V_t:** Velocidad terminal observada durante el proceso de decantación de las gotas de agua dispersas en el aceite, en pie/s.
- T_d:** Tiempo disponible para efectuar el proceso de decantación de las gotas de agua, en horas

FORMULAS:

$$T_d = 0.14009 \cdot D_{tk}^2 \cdot H_o / (G_o + (\%W_{oi} / 100) \cdot G_o)$$
$$D_w = 68.12967 \cdot (4 \cdot (G_o + \%W_{oi} \cdot G_o / 100) \cdot U_o / (1.78 \cdot 10^{-6} \cdot (d_w - d_o) \cdot D_{tk}^2 \cdot f))^{0.5}$$
$$V_t = 1.78 \cdot 10^{-4} \cdot (d_w - d_o) \cdot (D_w)^2 / U_o$$

9.1.1.3 CALCULO DE LA PERFORMANCE DEL PROCESO DE LAVADO

Figura 9,1 - 8 : ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL PROCESO DE LAVADO



Caudal de aceite	Salinidad del agua presente en el aceite al ingreso	Porcentaje del agua presente en el aceite al ingreso	Caudal de agua para lavado	Salinidad del agua fresca para lavado	Caudal de agua expurgada	Salinidad del agua de expurga	Salinidad del agua presente en el aceite a la salida	Salinidad del agua presente en el aceite a la salida para S _w =S _w s o 100% de eficiencia en la mezcla	Eficiencia del proceso de lavado	Porcentaje de agua presente en el aceite a la salida	Salinidad real del agua de expurga respecto al del agua presente en el aceite a la salida	PTB (Libras de sal por c/1000 barriles de aceite)	% del agua de lavado que se mezcla con el agua presente en el aceite al ingreso	DATOS CONGRUENTES
Go	Swi	%Woi	Gwl	Swl	Qwe	Swe	Sws	S	Er	%Wos	Sr	PTB	Mr	
bpd	gr/litro	%	bpd	gr/litro	bpd	gr/litro	gr/litro	gr/litro		%	%	(Lb/bi)*0.00	%	
1000	130.00	0.65	120.00	5.00	122.50	11.24	17.16	11.42	68.58	0.40	65.48	24.00	50.27	

DATOS:

Go: Caudal máximo de aceite o crudo procesado diariamente en la batería en bpd

Swl: Salinidad del agua presente en el aceite al ingresar al proceso de lavado, en este caso es el registrado a la descarga del tanque gun-barrel en gramos de sal/litro

Gwl: Caudal de agua fresca registrado para el lavado en bpd

Swl: Salinidad del agua fresca para el lavado en gr/litro

%Woi: Porcentaje de agua presente en el aceite antes de ingresar al proceso de lavado.

%Wos: Porcentaje de agua presente en el aceite a la descarga del proceso de lavado, registrado en la muestra tomada del aceite antes de ingresar al tanque de reposo.

PTB: Libras de sal por cada mil barriles de aceite, registrado en el laboratorio, en la misma muestra tomada para evaluar %Wos.

Gwe: Caudal de agua de expurga en bpd

Swe: Salinidad del agua de expurga,

Sws: Salinidad del agua presente en el aceite a la descarga del proceso de lavado.

S: Salinidad del agua presente en el aceite a la descarga, considerando 100% de eficiencia durante la mezcla en el proceso de lavado.

Sr: % de salinidad relativa del agua de expurga respecto al del agua presente en el aceite a la descarga del proceso de lavado.

Er: Eficiencia real de la mezcla ocurrida durante el proceso de lavado.

Mr: % del agua de lavado que se mezcla con el agua presente en el aceite al ingreso.

FORMULAS:

$$Gwe = Gwl + Go * (\%Woi - \%Wos) / 100$$

$$Swe = (Go * (\%Woi * Swi - \%Wo * Sws) / 100 + Gwl * Swl) / (Gwl + Go * (\%Woi - \%Wos) / 100)$$

$$Swe = Sr * Sws / 100$$

$$Sws = 0.285966 * PTB / \%Wos$$

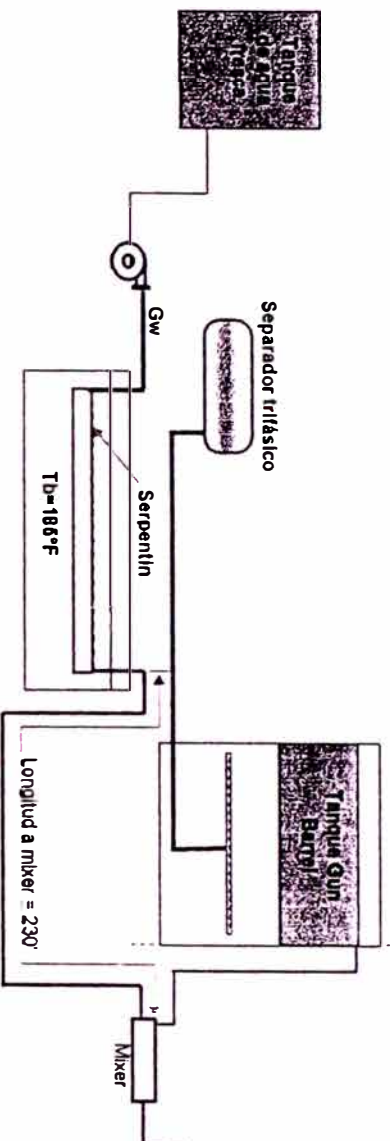
$$S = (\%Woi * Go * Swi / 100 + Gwl * Swl) / (Gwl + Go * \%Woi / 100)$$

$$Er = (1 - (Sws - S) / Sws) * 100$$

$$Sr = 100 * (Go * (\%Woi * Swi - \%Wo * Sws) / 100 + Gwl * Swl) / (Sws * (Gwl + Go * (\%Woi - \%Wos) / 100))$$

$$Mr = (Go / 100) * (\%Woi / Gwl) * (Swi - Sws) / (Sws - Swl)$$

Figura 9.1 - 9 : ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL PROCESO DE SEPARACION EN TANQUE DE LAVADO



EVALUACION DE PERFORMANCE DEL SERPENTIN INSTALADO EN LA POZA API PARA CALENTAR EL AGUA FRESCA PARA LAVADO

CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA DE LAVADO A LA DESCARGA DEL SERPENTIN

Alta temperatura fluido caliente	T_1	179.32	Baja temperatura fluido caliente	T_2	179.32	Caudal del fluido frio - AGUA DE LAVADO	G_w	120	Caudal másico en los tubos	v	1730.333	Calor específico del fluido caliente	C	0.96	Calor específico del fluido frio - interior	C	1	Baja temperatura del fluido frio	T_1	68	Alta temperatura del fluido frio- inicialmente supuesto	T_2	168.2713	Diferencia media logaritmica de temperaturas	$MLDT$	53.2	Longitud de serpiente	L_s	246	Parámetro	R	0	Parámetro	S	0.8198782	Parámetro	FI	1	Diferencia de temperaturas corregida	DR	53.2
	$^{\circ}F$			$^{\circ}F$			gpd			Lb/hr		$Btu/lb^{\circ}F$		$Btu/lb^{\circ}F$			$^{\circ}F$		$^{\circ}F$		$^{\circ}F$			$^{\circ}F$		pie											$^{\circ}F$				
FLUIDO CALIENTE : EXTERIOR AL TUBO																																									

Temperatura de la película	T_f	148.4793	Temperatura media del fluido caliente	T_a	179.323	Viscosidad dinámica a T_f	U	0.90	Densidad a T_f	D_f	69.24	Densidad a T_a	D_a	68.49	Peso específico a T_f	P_f	1.11	Peso específico a T_a	P_a	1.10	Coefficiente de expansión térmica	B	$1/^{\circ}F$	0.0003347	Conductividad térmica a T_f	K	$Btu/hr^{\circ}F$	0.33	Calor específico a T_f	C_f	$Btu/lb^{\circ}F$	0.96	Diámetro exterior del tubo	D_o	2.876	Coeficiente de película -lado exterior	h_o	119	
$^{\circ}F$			$^{\circ}F$			cp			Lb/lb^3			Lb/lb^3																											

FLUIDO FRIO (AGUA FRESCA): TUBOS

Temperatura media del fluido frío	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de circuitos que conforman el serpentín	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud del tubo de serpentín	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película - lado interior corregido por diámetro
Ta	Gt	n	a't	at	u	d	p	k	Di	Ls	Ret	C	Pr	h _o
°F	Lb/(hr*pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/pie-hr	Lb/pie ³		Btu/hr*pie*°F	pie	pie		Btu/lb*°F		Btu/hpie ² *°F
113.6357	53243.52	1	0.0325	0.0325	1.60	61.80	0.99	0.31	0.203	246	7227	1	4.78	72.78

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Coefficiente global de transferencia calculado	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total recibido por el fluido frío.	Calor total calculado en base a Ud	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción estimado experimentalmente	Velocidad del fluido en el tubo
Uc	a"	A	Q _r	Q _{ca}	Ud	Rd	v
Btu/hrpie ² *°F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² *°F		pie/seg
46.10028	0.752673	184.4049	157929.7	157930	16.0842	0.0400	0.2393202

DATOS:

- T1: Alta temperatura del fluido caliente (Temperatura de la poza API), en °F
- T2: Baja temperatura del fluido caliente (Temperatura de la poza API), en °F
- Gw: Flujo en volumen de agua fresca fresca asignado para el lavado de aceite, en bpd
- c: Calor específico del fluido frío (agua fresca para lavado), en Btu/Lb*°F
- C: Calor específico del fluido caliente (agua salada de poza API), en Btu/Lb*°F
- t1: Temperatura al ingreso del fluido frío, en °F.
- Ls: Longitud total del tubo que conforma el serpentín, en pies.
- U: Viscosidad del fluido caliente a la temperatura de la película Tf, en cp
- Df: Densidad del fluido caliente a Tf, en libras/pie³
- Da: Densidad del fluido caliente a Ta, en libras/pie³
- Pa: Peso específico del fluido caliente a Ta.
- Pf: Peso específico del fluido caliente a Tf.
- B: Coeficiente de dilatación térmica del fluido caliente evaluado entre las temperaturas Ta y Tf.

- K:** Conductividad térmica del fluido caliente evaluado a T_f , en $\text{Btu/hr} \cdot \text{pie} \cdot ^\circ\text{F}$
Do: Diámetro exterior del tubo que conforma el serpentín, en pulgadas
n: Número de circuitos que conforman el serpentín, se supone del mismo diámetro interior.
u: Viscosidad dinámica del fluido frío, en Lb/ple-hora
d: Densidad del fluido frío, en libras/ple^3 .
p: Pesoespecífico del fluido frío.
k: Conductividad térmica del fluido frío en $\text{Btu/hr} \cdot \text{pie} \cdot ^\circ\text{F}$
Rd: Factor de obstrucción o resistencia térmica originada por acumulación de elementos extraños sobre la superficie de transferencia, acelle, o óxidos y arenilla.
w: Flujo másico del fluido frío (agua fresca para lavado), en libras/hora .

INCOGNITAS

- MLDT:** Diferencia de temperatura media logarítmica para flujo en contracorriente
R: Parámetro adimensional para evaluar F_t .
S: Parámetro adimensional para evaluar F_t .
Ft: Factor de corrección para MLDT
Dt: Diferencial de temperatura corregida, en $^\circ\text{F}$
Tf: Temperatura de la película, en $^\circ\text{F}$.
Ta: Temperatura media del fluido caliente, en $^\circ\text{F}$.
ho: Coeficiente de transferencia de calor, lado exterior en $\text{Btu/Lb} \cdot \text{pie}^2 \cdot ^\circ\text{F}$.
Gt: Caudal másico del fluido frío en Lb/hr pie^2
a't: Sección transversal del tubo en pie^2 .
at: Sección transversal de todos los tubos en pie^2 .
Ret: Reynolds del flujo que fluye por el tubo.
Pr: Número de Prandtl.
hlo: Coeficiente de película, lado interior en $\text{Btu/Lb} \cdot \text{pie}^2 \cdot ^\circ\text{F}$.
f: Factor de fricción dimensional, $\text{pie}^2/\text{pulgada}^2$.
Dp: Carga de presión en psig .
Uc: Coeficiente global de transferencia calculado, en $\text{Btu/hrpie}^2 \cdot ^\circ\text{F}$
a" : Sección superficial del tubo $\text{pie}^2/\text{pie lineal}$.
A: Superficie total de transferencia, evaluado en D_o , en pie^2 .
Qr: Calor total recibido por el fluido frío, en Btu/hora .
Qud: Calor total calculado en función de U_d .
Ud: Coeficiente global de transferencia diseñado, en $\text{Btu/hrpie}^2 \cdot ^\circ\text{F}$
v: Velocidad del fluido que fluye en el tubo, en pies/seg .

FORMULAS:

$$w = 14.553 \cdot G_w \cdot p$$

$$\text{MLDT} = \frac{(T_1 - T_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - T_2}{T_2 - t_1}\right)}$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1}$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

F_t = factor de corrección, igual a 1 para este caso.

FORMULAS: (continuación)

$$Dt = F \cdot MLDT$$

$$Tf = (T1 + (t1 + t2)/2)/2$$

$$Ta = (T1 + T2)/2$$

$$ho = 116 \cdot ((Kf^3 \cdot Df^2 \cdot Cf \cdot B/Uf) \cdot (Df/Do))^{0.25}$$

$$Gt = 14.553 \cdot Gw \cdot p/at$$

$$a't = 0.7854 \cdot DI^2$$

$$at = n \cdot a't$$

$$Ret = DI \cdot Gt/u$$

$$Pr = c \cdot u/k$$

$$hio = 0.027 \cdot (k/Di) \cdot Ra_t^{0.8} \cdot Pr^{1/3}$$

f: evaluado iterativamente con la expresión de Colbrook, $1/f^{1/2} = -2 \cdot \text{Log}(2.51/Re \cdot f^{1/2} + r/(3.71 \cdot Di))$

$$Dp = f \cdot G_t^2 \cdot Ls / (5.22 \cdot 10^{10} \cdot DI \cdot p)$$

$$Uc = hio \cdot ho / (hio + ho)$$

$$a'' = 0.2618 \cdot Do$$

$$A = a'' \cdot Ls$$

$$Qr = Qud$$

$$Qud = Ud \cdot A \cdot Dt$$

$$Ud = 1 / (1/Uc + Rd)$$

$$v = 2.778 \cdot 10^{-4} \cdot Gt/p$$

ENFRIAMIENTO DEL FLUIDO DE AGUA FRESCA CONDUCTA POR TUBBING DE 3 1/2" EN CONTACTO CON EL AIRE, DESDE LA DESCARGA DEL SERPENTIN UBICADO EN LA POZA API A INGRESO A MEZCLADOR

CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA DE LAVADO AL INGRESAR AL MEZCLADOR

Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal del fluido frío	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T ₁	T ₂	T ₂	V	v	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	Ft	Dt
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F				°F
169.2713	139.712	139.712	120	1730.333	1	68	68	81.1	sin valor	0	1	81.1

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
T _f	T _p	T _a	μ	d _f	d _a	ρ _f	ρ _a	B	k	c _f	Do	hc	e	hr	ho
°F	°F	°F	cp	Lb/ple ³	Lb/ple ³			1/°F	Btu/hr*pie*°F	Btu/lb*°F	pulgada	Btu/hpie ² *°F		Btu/hpie ² *°F	Btu/hpie ² *°F
113.6357	149.4917	68	0.019	0.0702	0.0755	0.87	0.94	0.0015905	0.016	0.25	3.5	1.1523	0.7	0.89574	2.0480

Coefficiente de transferencia (hio) lado interior

Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de agua fresca	Caudal máximo por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Numero de Prandtl	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro
Ta	Gw	Gt	n	a _t	at	u	d	p	k	DI	Lt	Ret	C	u*°C/k	h _{io}
°F	bpd	Lb/(hr*pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/ple-hr	Lb/ple ³		Btu/hr*pie*°F	pie	ple		Btu/lb*°F		Btu/hpie ² *°F
149.4917	120	33390.14	1	0.0513	0.0513	1.06	61.22	0.98	0.33	0.256	230	8035	1	3.24	59.76

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALO R

Coefficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
Uc	a"	A	Q _c	Q _κ	Ud	Rd	U	v
Btu/hrpie ² *°F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² *°F		Btu/hrpie ² *°F	pie/seg
1.980145	0.916298	210.7485	33843.6	33843.6	1.980145	0.0000	1.9801447	0.151497

FORMULAS:

$$w = 14.553 \cdot Gw \cdot p$$

$$MLDT = ((T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)) / (\ln((T_1 - t_2) / (T_2 - t_1)))$$

$$R = (T_1 - T_2) / (t_2 - t_1)$$

$$S = (t_2 - t_1) / (T_1 - t_1)$$

Ft = factor de corrección, igual a 1 para este caso.

$$Dt = Ft \cdot MLDT$$

$$Tf = (T_1 + (t_1 + t_2) / 2) / 2$$

$$Ta = (T_1 + T_2) / 2$$

$$hc = 116 \cdot ((kf \cdot 3 \cdot df \cdot 2 \cdot cf \cdot B / uf) \cdot (Dt / Do))^{0.25}$$

$$hr = 0.173 \cdot 10^{-8} \cdot e^{((Ta + 460)^4 - (ta + 460)^4) / (Ta - ta)}$$

$$ho = hr + hc$$

$$Gt = 14.553 \cdot Gw \cdot p / at$$

$$a \cdot t = 0.7854 \cdot Di^2$$

$$at = n \cdot a \cdot t$$

$$Ret = Di \cdot Gt / u$$

$$Pr = c \cdot u / k$$

$$hlo = 0.027 \cdot (k / Di) \cdot Ret^{0.8} \cdot Pr^{1/3}$$

f: evaluado iterativamente con la expresión de Collebrock, $1/f^{1/2} = -2 \cdot \log(2.51 / Re \cdot f^{1/2} + r / (3.71 \cdot Di))$

$$Dp = f \cdot Gt^2 \cdot Ls / (5.22 \cdot 10^{10} \cdot Di \cdot p)$$

$$Uc = hlo \cdot ho / (hlo + ho)$$

$$a'' = 0.2618 \cdot Do$$

$$A = a'' \cdot Ls$$

$$Qc = Qud$$

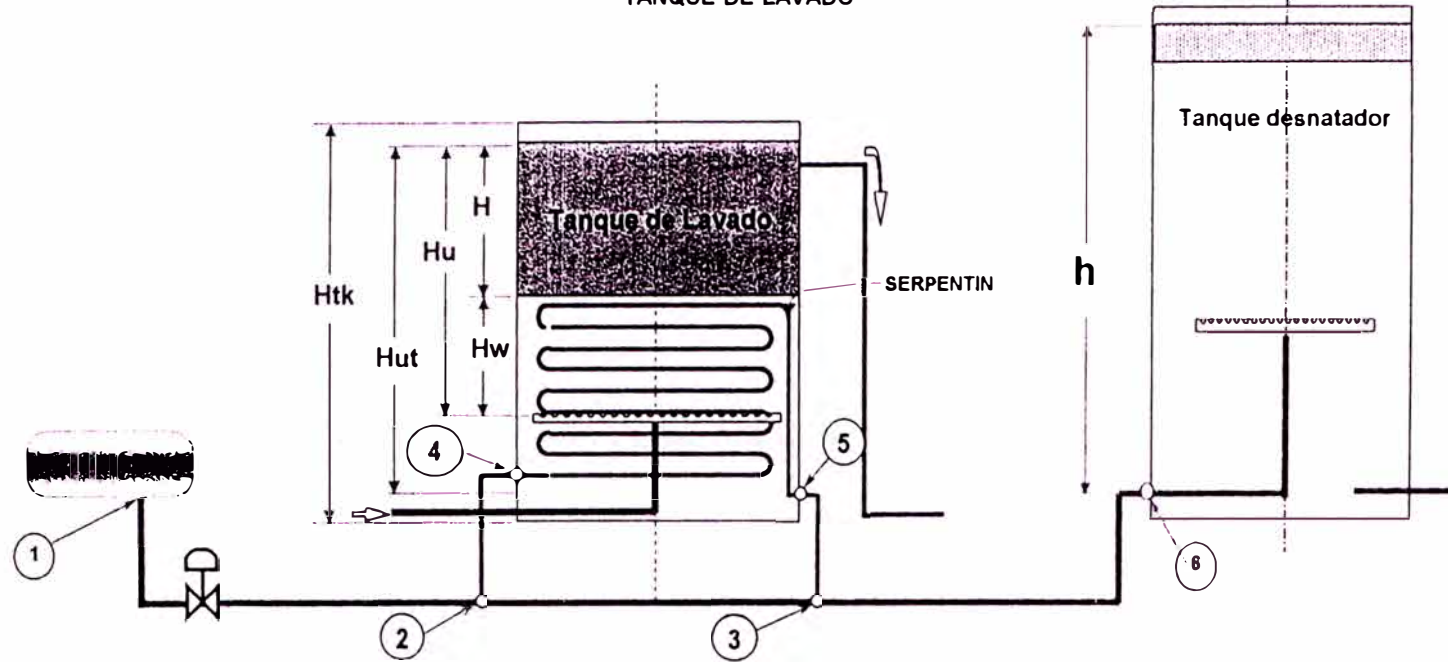
$$Qud = Ud \cdot A \cdot Dt$$

$$Ud = 1 / (1 / Uc + Rd)$$

$$v = 2.778 \cdot 10^{-4} \cdot Gt / p$$

Temperatura de ingreso del agua de lavado	Temperatura de ingreso de la corriente de aceite	Temperatura inicialmente supuesta a la descarga de mixer	Temperatura media del agua de lavado	Temperatura media de la corriente de aceite	Flujo másico de agua de lavado	Porcentaje de agua presente en el aceite	peso específico medio de la corriente de aceite	Flujo másico en la corriente de aceite	Calor específico del agua de lavado	Calor específico medio de la corriente de aceite	Calor ganado por el aceite	Calor cedido por el agua de lavado
°F	°F	°F	°F	°F	Lb/hr	%Wo	p	Lb/hr	Btu/lb°F	Btu/lb°F	Btu/hr	Btu/hr
139.71	114.94	120.36	130.03	117.65	1730.33	0.65	0.928	13697.6	1.00	0.46	33489.3	33487.0

Figura 9.1 - 10: ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LOS PARAMETROS QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE SEPARACION EN EL TANQUE DE LAVADO



DATOS:

PUNTO 1: DESCARGA DE AGUA SALADA DE SEPARADOR TRIFASICO.

PUNTO 2: BIFURCACION DE TRONCAL A SERPENTIN.

PUNTO 3: ENCUESTO DE DE DESCARGA DE SERPENTIN CON TRONCAL DE AGUA SALADA DE PRODUCCION.

PUNTO 4: INGRESO A SERPENTIN - INICIO DE SERPENTIN ACTUAL.

PUNTO 5: SALIDA DE SERPENTIN - FINAL DE SERPENTIN.

DISTANCIA DE 1 A 2: 32 METROS, TUBO CASING DE 7" N-80, 29 LIBRAS/PIE (DIAMETRO EXTERIOR DE 7", DIAMETRO INTERIOR: 6.184")

DISTANCIA DE 2 A 4: 18 METROS, TUBO DE 4" CEDULA 40

DISTANCIA DE 4 A 5: 75 METROS, TUBING 3 1/2" (DIAMETRO EXTERIOR DE 3.5", DIAMETRO INTERIOR: 3.068")

DISTANCIA DE 5 A 3: 12 METROS, TUBO DE 4" CEDULA 40

DISTANCIA DE 2 A 3: 28 METROS, TUBO CASING DE 7" N-80, 29 LIBRAS/PIE

DISTANCIA DE 3 A 6: 70 METROS, TUBO CASING DE 7" N-80, 29 LIBRAS/PIE

h: desnivel en tanque desnatador =28 pies

**CALCULO DEL FLUJO DE AGUA SALADA INGRESANTE A SERPENTIN
SE DESPRECIA EL CONTENIDO DE ACEITE EN EL AGUA
Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 1 a 2**

Temperatura media	CAUDAL MEDIO		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	*F	BPD												m ³ /s	METROS	PIES
185	19,000	0.0349	0.81	42	0.157	0.019377	2.224327	6.053E-07	577244	0.021	1.09567	-2.5	14.90	2.7	8.8	4.2

Cantidad	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20° Estrechamiento	Reducción 4/6, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc
	k	k	k	k	k	k	k	k	k
	0.64	0.34	0.43	1.28	7.26	0.17	0.39	0.68	1.07
Parcial	5	2	3	0	1	2	1	1	1
	3.20	0.68	1.28	0.00	7.26	0.34	0.39	0.68	1.07

Angulo *S	Angulo *S
20	20
Relación	Relación
0.666667	0.666667

RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN		
		0.0001	94.9707	6.236487
pulgada	pulgada	0.0257	6.2365	6.850055
0.008	6.184	0.0213	6.8501	6.843911
		0.0213	6.8439	6.843972
		0.0213	6.8440	6.843972
		0.0213	6.8440	6.843972
		0.0213	6.8440	6.843972
		0.0213	6.8440	6.843972

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 2 a 4 y de 5 a 3

Temperatura a media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	*F	BPD												m ³ /s	METROS	PIES
185	2,122	0.0039	0.81	30	0.102	0.008213	0.588114	6.053E-07	99025	0.0213	1.09567	0	7.00	0.2	0.8	0.4

Cantidad	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20° Estrechamiento	Reducción 4/6, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	pulgada			pulgada	0 0008	39 3354
	0.64	0.34	0.43	1.28	7.26	0.17	0.39	0.68	1.07	0.008	4.026	0.0232	6.5684	6.846726
Parcial	2	2	0	2	0	2	1	1	1			0.0213	6.8467	6.843944
	1.28	0.68	0.00	2.56	0.00	0.34	0.39	0.68	1.07			0.0213	6.8439	6.843972
												0.0213	6.8440	6.843972
												0.0213	6.8440	6.843972
												0.0213	6.8440	6.843972
												0.0213	6.8440	6.843972
												0.0213	6.8440	6.843972

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.666667	0.666667

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 4 a 5 (serpentín)
Tubbing de 3 1/2" cedula 80

Temperatura a media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso especifico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	°F	BPD												m³/s	METROS	PIES
185	2,122	0.0039	0.81	75	0.078	0.004769	1.01	6.053E-07	129947	0.0213	1.09567	3.5	12.89	5.2359	17.2	8.1

Cantidad	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 3.5/4, 16° Estrechamiento	Reducción 3.5/4, 16° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	pulgada			pulgada	0 0005	45 0602
	0.64	0.34	0.43	1.28	7.26	0.17	0.04	0.03	0.00	0.008	3.068	0.0235	6.5278	6.847133
Parcial	20	0	0	0	0	0	1	1	1			0.0213	6.8471	6.84394
	12.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.00			0.0213	6.8439	6.843972
												0.0213	6.8440	6.843972
												0.0213	6.8440	6.843972
												0.0213	6.8440	6.843972
												0.0213	6.8440	6.843972
												0.0213	6.8440	6.843972

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.875	0.875

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 2 a 3

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	°F	BPD												m³/s	METROS	PIES
185	16,878	0.0310	0.81	28	0.157	0.019377	1.975905	6.053E-07	512775	0.021349	1.09567	0	23.70	5.5	18.0	8.5

Cantidad	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control restringida	Válvula de compuerta	Reducción 4/8, 20° Estrechamiento	Reducción 4/8, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	pulgada	pulgada	0.0001	89.5104	6.263994
	0.64	0.34	0.43	1.28	21.78	0.17	0.39	0.68	1.07	0.008	6.184	0.0255	6.2640	6.849779
Parcial	1	0	0	1	1	0	0	0	0			0.0213	6.8498	6.843914
	0.64	0.00	0.00	1.28	21.78	0.00	0.00	0.00	0.00			0.0213	6.8439	6.843972
												0.0213	6.8440	6.843972
												0.0213	6.8440	6.843972
												0.0213	6.8440	6.843972
												0.0213	6.8440	6.843972
												0.0213	6.8440	6.843972

Factor de cierre	Angulo *S	Angulo *S
3.00	20	20
	Relación	Relación
	0.666667	0.666667

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 3 a 6

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	°F	BPD												m³/s	METROS	PIES
185	18,000	0.0349	0.81	70	0.157	0.019377	2.224327	6.053E-07	577244	0.021349	1.09567	8.54	2.52	11.6	38.0	18.0

	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20° Estrechamiento	Reducción 4/6, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swirl disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k			pulgada	pulgada	0 0001	94 9707	6 236487
Cantidad	0.64	0.34	0.43	1.28	7.26	0.17	0.39	0.68	1.07			0 008	6 184	0 0257	6 2365	6 850055
Parcial	2	0	0	0	0	1	0	0	1					0 0213	6 8501	6 843911
	1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	1.07					0 0213	6 8439	6 843972
														0 0213	6 8440	6 843972
														0 0213	6 8440	6 843972
														0 0213	6 8440	6 843972
														0 0213	6 8440	6 843972
														0 0213	6 8440	6 843972

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0 666667	0 6666667

CALCULO DEL CAUDAL QUE INGRESA A SERPENTIN INSTALADO EN TANQUE DE LAVADO

Caudal total de agua salada	Caudal medio por serpentín	Caudal medio por troncal	Pérdida hidráulica por serpentín- TRAMO 2 - 4 - 5 -	Pérdida hidráulica por troncal-TRAMO 2 - 3	Pérdida hidráulica total TRAMO 1-2-3-6	Fracción de apertura
Vw	Vws	Vwt	P ₂₄₅₃	P ₂₃	P ₁₂₃₆	
bpd	bpd	bpd	psig	psig	psig	
18000	2122	18878	8.61	8.61	30.71	0.81

OBSERVACIONES:

- LA PERDIDA P2453 DEBE SER IGUAL A p23
- LA PERDIDA TOTAL P12356 DEBE SER IGUAL A LA PRESIÓN ...MANOMETRICA EXISTENTE EN EL SEPARADOR.
- LA FRACCION DE APERTURA, ES EL LAPSO PROMEDIO DE TIEMPO ...EN EL QUE SE APERTURA LA VÁLVULA DE CONTROL PARA LA ...DESCARGA DEL AGUA CONTENIDA EN EL SEPARADOR

CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA SALADA AL INGRESO A SERPENTIN

TRAMO: 1-2-4

TRAMO 1-2

Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido fno - Temeparatur del aire	Alta temperatura del fluido fno - Temeparatura del aire	Diferencia media logaritmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T ₁	T ₂	T ₂	V	v	C	t1	t2	MLDT	R	S	Ft	Dt
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F				°F
184.246	184.203	184.203	19,000	303051.3	0.95	68	68	116.2	sin valor	0	1	116.2

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

T _i	T _p	T _{ma}	u	d _i	d _e	ρ _i	ρ _e	B	k	c _i	Do	hc	e	hr	ho
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
128.123	184.2245	68	0.019	0.0688	0.0755	0.85	0.94	0.0016078	0.016	0.25	6.625	1.0766	0.7	0.984907	2.0615

Coefficiente de transferencia (hi) lado interior

T _a	G _w	G _i	n	a _t	a _t	u	d	p	k	Di	Li	Ret	C	U [*] C/K	h _o
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de agua fresca	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro
184.2245	120	9540.142	1	0.2006	0.2006	0.67	68.36	1.10	0.34	0.505	32	7231	0.95	1.86	25.09

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Uc	a ²	A	Q _c	Q _u	Ud	Rd	U	v
Coefficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
1.804961	1.734421	55.50147	12288.21	12288.21	1.904961	0.0000	1.9049612	0.0387682

TRAMO 24

T ₁	T ₂	T ₂	V	i	C	t1	t2	MLDT	R	S	Fi	Di
Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
184.203	183.872	183.872	2.122	33947.84	0.95	68	68	116.1	sin valor	0	1	116.1

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

T _i	T _p	T _{ma}	u	d _i	d _e	Pr	pa	B	k	ci	Do	hc	e	hr	ho
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
126.0438	184.0875	68	0.019	0.0688	0.0755	0.85	0.94	0.0016077	0.018	0.25	6.625	1.0762	0.7	0.984541	2.0608

Coefficiente de transferencia (hi) lado interior

T _a	Q _w	Q _i	n	a _t	a _f	u	d	p	k	Di	Li	Re _t	C	u [*] C _k	h _{co}
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de agua salada en el tramo analizado	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro
184.0875	2.122	382874.1	1	0.0684	0.0684	0.67	68.36	1.10	0.34	0.336	18	192452	0.95	1.86	346.53

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Uc	Coeficiente total Uc	d''	Sección superficial del tubo	A	Superficie total	Q_c	Calor total cedido por el fluido caliente	Q_{uc}	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc	Ud	Coeficiente total de diseño	Rd	Factor de obstrucción	U	Coeficiente promedio de transferencia	v	Velocidad del fluido en el tubo
$\frac{Btu/hr \cdot pie^2 \cdot ^\circ F}{2 \cdot ^\circ F}$		$\frac{pie^2}{pie^2}$		$\frac{pie^2}{pie^2}$		$\frac{Btu/hr}{Btu/hr}$		$\frac{Btu/hr}{Btu/hr}$		$\frac{Btu/hr \cdot pie^2 \cdot ^\circ F}{2 \cdot ^\circ F}$				$\frac{Btu/hr \cdot pie^2 \cdot ^\circ F}{F}$		$\frac{pie^2 \cdot seg}{pie^2 \cdot seg}$	
2.048686	1.734421	31.21958	7424.489	7424.489	2.048686	0.0000	2.0486862	1.86672									

CALCULO DE PERFORMANCE DEL SERPENTIN INSTALADO EN EL INTERIOR DEL TANQUE DE LAVADO

Diámetro del tanque de lavado	Altura total del tanque	Sección del tanque	Altura para el proceso de decantación	Factor de cortocircuito recomendado	Temperatura del aceite al ingreso a tanque de lavado	Flujo total de agua de lavado	Flujo de aceite seco	% de agua en el aceite al ingreso	% de agua en el aceite a la salida
$\frac{DIK}{pie}$	$\frac{HIK}{pie}$	$\frac{AIK}{pie^2}$	$\frac{pie}{pie}$	F	$^{\circ}F$	$\frac{bpd}{bpd}$		%	%
29	24	680.52	8.00	0.50	120.4	120.0	1000.0	0.560	0.40

CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL ACEITE A LA DESCARGA DE TANQUE LAVADOR SIN SERPENTIN.

Temperatura del aceite al ingreso	Temperatura media del medio ambiente exterior	Conductividad térmica del aislamiento	Espesor del aislamiento	Emisividad de la pared exterior del tanque	Area total de transferencia	Cantidad de calor disipado	Altura de la capa de aceite en el tanque	Calor específico de la corriente de aceite que ingresa a tanque	Peso específico del aceite	Flujo de la corriente de aceite	Flujo másico de la corriente de aceite	Temperatura media del proceso inicialmente supuesta	Temperatura media del proceso inicialmente supuesta	Temperatura final de la corriente de aceite a la descarga
$^{\circ}F$	$^{\circ}F$	$\frac{Btu/hr \cdot pie}{^{\circ}F}$	$\frac{EI}{pulgada}$	e	$\frac{A}{pie^2}$	$\frac{Q}{Btu/hr}$	$\frac{Ho}{pies}$	$\frac{c}{Btu/lb \cdot ^{\circ}F}$	$\frac{po}{po}$	$\frac{Mo}{bpd}$	$\frac{G}{lb/hr}$	$^{\circ}F$	$^{\circ}F$	$^{\circ}F$
120	68	0	0	0.70	2847	181.056	10.0	0.6138602	0.830	1127		108.81	668.81	97.2
												108.78	668.78	97.2

CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL PROCESO DE DECONTACION DE LAS GOTAS DE AGUA EN TANQUE DE LAVADO Y TEMPERATURA DE LA CORRIENTE DE ACEITE A LA SALIDA DE ESTE TANQUE CON SERPENTIN

BALANCE DE CALOR

T ₁ °F	T ₂ °F	T ₂ °F	GW bpd	v Lb/hr	C Btu/lb°F	c Btu/lb°F	Lb/hr	t ₁ °F	t ₂ °F	*R	MLDT °F	Ls pie	R	S	Ft	DT °F
183.972	177.608	177.6082	2122	34535.12	0.96	0.618121	14566.18	120.36	117.3178	578.8356	61.8	180	-2.129488	-0.04771	1.000857	61.8
0.618121																
117.3131																

FLUIDO FRIO : EXTERIOR AL TUBO

T _f °F	T _a °F	U	D _i	D _o	Pr	ρ _a	B	K	C _i	Do	h _o
Temperatura de la película	Temperatura media del fluido caliente	Viscosidad dinámica a T _f	Densidad a T _f	Densidad a T _a	Peso específico a T _f	Peso específico a T _a	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a T _f	Calor específico a T _f	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente de película -lado exterior
151.4038	180.74	0.96	69.14	68.46	1.11	1.10	0.000342	0.33	0.96	3.06	124

FLUIDO CALIENTE (AGUA SALADA): TUBOS

T _a °F	G1	n	a1	a2	u	d	p	k	DI	Ls	Ret	C	Pr	h _{is}
Temperatura media del fluido caliente	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de circuitos que conforman el serpentín	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud del tubo de serpentín	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película -lado interior corregido por diámetro
118.8356	518989.3	1	0.0668	0.0668	2.84	69.76	1.12	0.32	0.282	131	53072	0.96	8.55	413.16

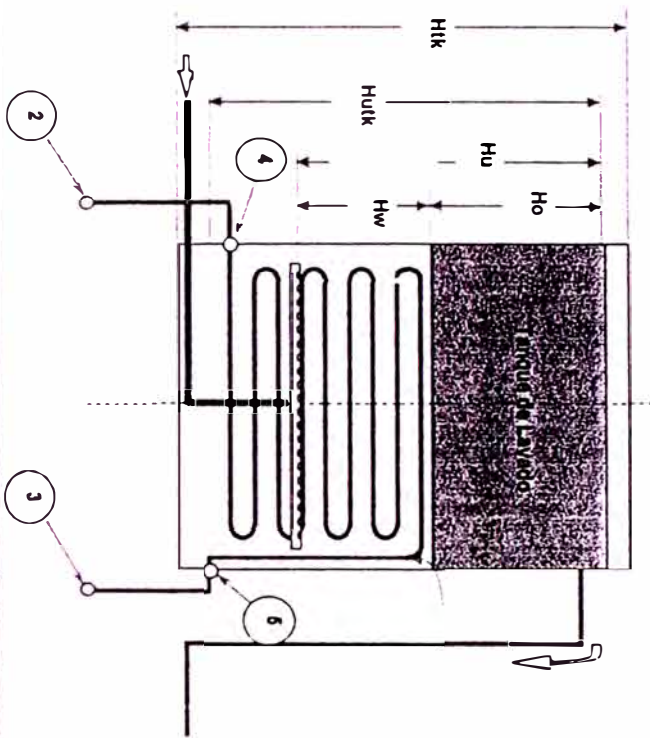
CALCULO DEL CALOR CEDIDO AL MEDIO AMBIENTE DEL TANQUE DE LAVADO CON SERPENTIN.

Temperatura del aceite al ingreso	Ti	°F	120
Temperatura media del medio ambiente exterior	Ta	°F	88
Conductividad térmica del aislamiento	Ki	Btu/hr.pie.°F	0
Espesor del aislamiento	El	pulgada	0
Emisividad de la pared exterior del tanque	e		0.70
Area total de transferencia	A	pie²	2847
Cantidad de calor disipado	Q	Btu/h	235.021
Altura de la capa de aceite en el tanque	Ho	pies	10.0
Calor específico de la corriente de aceite que ingresa al tanque	c	Btu/lb°F	0.6181208
Peso específico medio de la corriente de aceite	po		0.936
Flujo de la corriente de aceite	Mo	bpd	1127
Temperatura media del proceso	Tms	°F	118.84
Temperatura media del proceso inicialmente supuesta	Tms	°R	678.84

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Coefficiente global de transferencia calculado	Uc	Btu/hrpie²°F	96.23264
Sección superficial del tubo	a"	pie²/pie	0.798488
Superficie total	A	pie²	104.6019
Calor total cedido por el serpentín	Q _t	Btu/hr	212073.3
Calor total calculado en base a Ud	Q _u	Btu/hr	212085.9
Coefficiente total de diseño	Ud	Btu/hrpie²°F	32.78623
Factor de obstrucción estimado experimentalmente	Rd		0.0200
Velocidad del fluido en el tubo	v	pie/seg	2.0884822

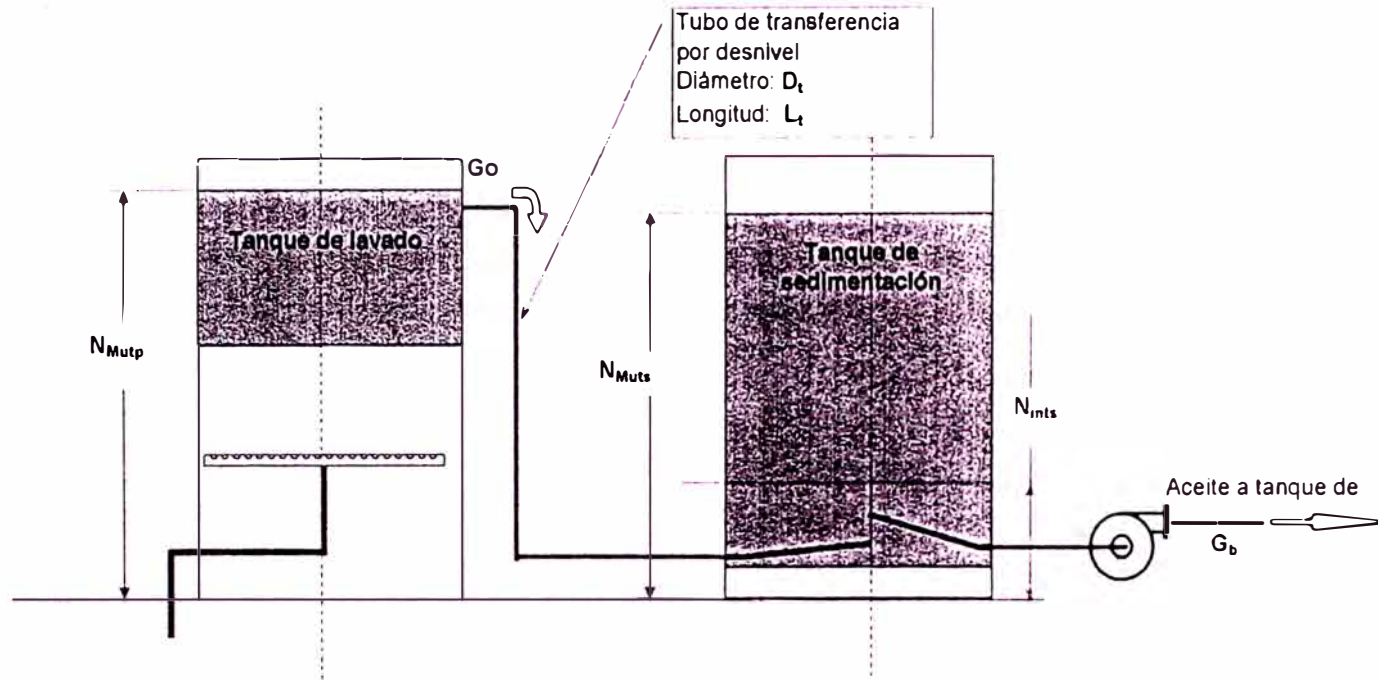
Figura 9.1 - 11 : ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA EL CALCULO DEL DIAMETRO MINIMO DE LA GOTA DE AGUA SEPARADA EN TANQUE DE LAVADO



8	pies	Ho	Altura de la capa de aceite en el tanque
11.26	hora	Td	Tiempo para decantación de las gotas de agua
118.84	°F	Tmr	Temperatura media del proceso
679	°R	Tma	Temperatura absoluta media del proceso
1.118	gr/cm ³	dw	Densidad del agua salada
0.927	gr/cm ³	do	Densidad del aceite
0.01174	gr/cm.se	Uw	Viscosidad dinámica del agua
1.94639	gr/cm.se	Uo	Viscosidad dinámica del aceite
1000	bpd	Go	Caudal de aceite procesado
0.66	%	%Woi	Porcentaje de agua en el aceite al ingresar al tanque
0.40	%	%Wos	Porcentaje de agua en el aceite a la salida del tanque
0.6		f	Factor de cortocircuito en el tanque
189	micron	Dw	Diámetro mínimo de la gota de agua separada
0.711	pie/hora	Vt	Velocidad terminal de la gota de agua con diámetro mínimo
6.4E:05		Re	Comprobación del número de Reynolds

9.1.1.4 CALCULO DE LA PERFORMANCE DE TANQUE DE SEDIMENTACION

Figura 9,1 - 12: ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LOS PARAMETROS QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE SEPARACION EN EL TANQUE DE SEDIMENTACION



CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL ACEITE AL INGRESO A TANQUE DE SEDIMENTACION

Alta temperatura fluido caliente (descarga de tanque de lavado)	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T_1	T_2	T_2	V	v	C	t_1	t_2	MLDT	R	S	Ft	Dt
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb·°F	°F	°F	°F				°F
117.3	116.608	116.608	1,000	16281.82	0.452	68	68	49.0	sin valor	0	1	49.0

Coeficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a T _f	Densidad a T _f	Densidad a T _a	Peso específico a T _f	Peso específico a T _a	Coeficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a T _f	Calor específico a T _f	Diámetro exterior del tubo	Coeficiente por convección	factor de emisividad	Coeficiente por radiación	Coeficiente total
T _f	T _p	T _{ma}	u	d _f	d _a	ρ _f	ρ _a	B	k	c _p	Do	hc	e	hr	ho
^{°F}	^{°F}	^{°F}	dp	Lb/pie ³	Lb/pie ³	Lb/pie ³	Lb/pie ³	1/ ^{°F}	Btu/hr·pie ^{°F}	Btu/lb ^{°F}	pulgada	Btu/hrpie ² ·°F		Btu/hrpie ² ·°F	Btu/hrpie ² ·°F
92.48095	118.9619	68	0.018	0.0726	0.0755	0.90	0.94	0.0015627	0.015	0.25	4.5	0.9504	0.7	0.81848	1.7689

Coeficiente de transferencia (hio) lado interior

Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de agua salada en el tramo analizado	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coeficiente de película lado interior corregido por diámetro
T _a	Gw	Gt	n	a ²	at	u	d	ρ	k	Di	LI	Ret	C	u ² /k	h _{io}
^{°F}	gpd	Lb/(hr·pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/ple-hr	Lb/ple ³	Lb/ple ³	Btu/hr·pie ^{°F}	pie	pie		Btu/lb·°F		Btu/hrpie ² ·°F
118.98	1,000	184173.9	1	0.0884	0.0884	175.39	57.88	1.12	0.07	0.336	65.60	352	0.452	1126.10	6.36

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR ENTRE EL TUBO QUE INTERCONECTA LA DESCARGA DE ACEITE DEL TANQUE DE LAVADO AL TANQUE DE SEDIMENTACION Y EL MEDIO AMBIENTE EXTERIOR.

Coeficiente total U _c	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a U _c	Coeficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coeficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
U _c	A	A	Q _c	Q _h	U _d	R _d	U	v
Btu/hrpie ² ·°F	pie ²	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² ·°F		Btu/hrpie ² ·°F	pie/seg
1.384066	1.178097	77.28318	5237.079	5237.079	1.3840655	0.0000	1.38406555	0.8838702

CALCULO DEL NIVEL MAXIMO UTIL EN TANQUE DE SEDIMENTACION

Se calcula la pérdida hidráulica en el tubo de interconexión.

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	CARGA HIDRAULICA			
	BPD	m ³ /s											METROS	PIES	PSI	
116.96	1,000	0.0018	1.00	20	0.102	0.008213	0.22	1.069E-06	21399	0.021349	1.118795	0	2.13	0.0161	0.1	0.0

ACCESORIOS	Codigo 90°	Codigo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Valvula de control	Valvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensamblamiento	Valvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN			
												0.84	2	k	0.43
Cantidad	1.28	0.68	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0030	0.0030	18.2855	6.736695
Parcial	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	4.026	0.0220	0.0220	6.8440	6.845043
	1.28	0.68	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	4.026	0.0213	0.0213	6.8440	6.843972
	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	4.026	0.0213	0.0213	6.8440	6.843972
	1.28	0.68	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	4.026	0.0213	0.0213	6.8440	6.843972
	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	4.026	0.0213	0.0213	6.8440	6.843972
	1.28	0.68	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	4.026	0.0213	0.0213	6.8440	6.843972
	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	4.026	0.0213	0.0213	6.8440	6.843972
	1.28	0.68	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	4.026	0.0213	0.0213	6.8440	6.843972
	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	4.026	0.0213	0.0213	6.8440	6.843972

Angulo °S	16	Angulo °S	16
Relación	0.875	Relación	0.875

CALCULO DEL TIEMPO MAXIMO DE REPOSO EN TANQUE DE SEDIMENTACION

1er caso: Interconexión con tanque de lavado de las mismas dimensiones que tanque de lavado

Diámetro del tanque de sedimentación	D ₁	pie	28.00	Altura total del tanque de sedimentación	H _{1t}	pie	24.00	Diámetro del tanque de tratamiento previo (tanque de lavado)	D _{2p}	pie	28.00	Nivel máximo útil de tanque previo	N _{maxp}	pie	23.00	Nivel máximo útil del tanque de sedimentación	N _{max}	pie	22.96	Nivel mínimo del tanque de sedimentación	N _{mins}	pie	6.00	Diámetro interno de tubería de transferencia entre tanques	D ₁	pie	0.34	Longitud de la tubería de transferencia entre tanques	L	pie	65.60	Producción diaria de aceite	Go	bpd	1000.00	Rate de transferencia de aceite a tanque de almacenamiento	Gb	bpd	13000.00	Tiempo de residencia disponible en tanque de sedimentación	R	horas	46.84
28.00	28.00	24.00	28.00	24.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	23.00	23.00	22.96	6.00	0.34	65.60	1000.00	13000.00	46.84	13000.00	46.84																							

CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA EN TANQUE DE SEDIMENTACION

1er caso: Interconexión con tanque de lavado de las mismas dimensiones.

Diámetro de tanque	Altura de tanque	Altura útil máxima del tanque	Tiempo para decantación	Temperatura inicial del proceso	Temperatura media del medio ambiente exterior	Emisividad de la pared exterior del tanque	Area total de transferencia	Cantidad de calor disipado	Altura del nivel de aceite en el tanque durante el reposo	Calor específico del aceite	Peso específico del aceite	Masa total de aceite en el tanque	Temperatura media supuesta del proceso	Temperatura final en el tanque
Dik pies	Hik pies	Hutk pies	Rc horas	TI °F	Ta °F	e	A pie ²	Q Btu/h	Ho pies	c Btu/Lb°F	po	Mo Lb	Tmr °F	TI °F
20	24	22.95	46.84	118.61	68	0.70	2847	169.092	22.95	0.446	0.931	879089	108.61	96
				118.61									108.61	98

CALCULO DEL DIAMETRO MINIMO DE LA GOTTA DE AGUA SEPARADA EN EL TANQUE DE SEDIMENTACION

1er caso: Interconexión con tanque de lavado de las mismas dimensiones.

Altura operativa del tanque	Tiempo máximo empleado para el proceso de sedimentación	Temperatura media del proceso	Temperatura absoluta media del proceso	Densidad del agua salada	Densidad del aceite	Viscosidad dinámica del agua	Viscosidad dinámica del aceite	Factor de cortocircuito en el tanque	Diámetro mínimo de la gota de agua separada	Velocidad terminal de la gota de agua con diámetro mínimo	Comprobación del número de Reynolds
Ho pies	R hora	Tmr °F	Tma °R	dw gr/cm ³	do gr/cm ³	Uw gr/cm.seg	Uo gr/cm.seg	f	Dw micron	Vt pie/seg	Re
18	46.84	107	687	1.121	0.931	0.01338	2.468283	0.6	278	1.06E-04	9.454E-09

CALCULO DEL TIEMPO MAXIMO DE REPOSO EN TANQUE DE SEDIMENTACION

2do caso: Interconexión con tanque de lavado de dimensiones diferentes.

Diámetro del tanque de sedimentación	Altura total del tanque de sedimentación	Diámetro del tanque de tratamiento previo (tanque de lavado)	Nivel máximo útil de tanque previo	Nivel máximo útil del tanque de sedimentación	Nivel mínimo del tanque de sedimentación	Diámetro interno de tubería de transferencia entre tanques	Longitud de la tubería de transferencia entre tanques	Producción diaria de aceite	Rate de transferencia de aceite a tanque de almacenamiento	Tiempo de residencia disponible en tanque de sedimentación
Ds pie	Hs pie	Dtp pie	Nkup pie	Nkss pie	Nkrs pie	D pie	L pie	Go bpd	Gb bpd	R horas
28.00	31.00	28.00	23.00	22.86	6.00	0.34	65.80	1000.00	13000	37.65

CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA EN TANQUE DE SEDIMENTACION

2do caso: Interconexión con tanque de lavado de dimensiones diferentes.

Dk pies	Hk pies	Hulk pies	Rc horas	Ti °F	Ta °F	e	A pie ²	Q Bluh	Ho pies	c BluLb°F	po	Mo Lb	Tmr °F	Tf °F
28	31	22.95	37.08	118.01	68	0.70	3063	178.706	22.95	0.448	0.931	706616	106.931	96
116.61														

CALCULO DEL DIAMETRO MINIMO DE LA GOTA DE AGUA SEPARADA EN EL TANQUE DE SEDIMENTACION

2do caso: Interconexión con tanque de lavado de dimensiones diferentes.

Ho pies	R hora	Tmr °F	Tma °R	dw gr/cm3	do gr/cm3	Uw gr/cm.seg	Uo gr/cm.seg	f	Dw micron	Vt pie/seg	Re
18	37.65	108	686	1.121	0.931	0.01344	2.6183911	0.6	313	1.32E-04	1.299E-08

CALCULO DEL DIAMETRO MINIMO MEDIO DE LA GOTA DE AGUA SEPARADA EN LA SEDIMENTACION

Mo1	Mo2	Dwm
bbl	bbl	°F
2114	1700	294

DATOS:

- Tmr: Temperatura media real del proceso, en °F, calculado en el paso anterior.
- Tma: Temperatura media absoluta, en grados Rankine.
- dw: Densidad del agua salada, en gr/cm3, evaluado con la siguiente expresion:
 $dw = 0.8513692 + 0.703106461 \cdot Tma - 1.2492 \cdot 10^{-6} \cdot Tma^2$
- do: Densidad del aceite, en gr/cm3, evaluado con la siguiente expresion:
 $do = 1.07538 - (2.5641 \cdot 10^{-4}) \cdot Tma$
- Uw: Viscosidad dinámica del agua, en poise, evaluado con la siguiente expresion:
 $Uw = 0.02 \cdot e^{(13.3320 - 0.037709159 \cdot Tma + 2.3765 \cdot 10^{-5} \cdot Tma^2)}$
- Uo: Viscosidad dinámica del aceite, en poise, evaluado con la siguiente expresion:
 $Uo = ((1.07538 - (2.5641 \cdot 10^{-4}) \cdot Tma) / 100) \cdot e^{(53.23858 - 0.134708 \cdot Tma + 8.92826 \cdot 10^{-5} \cdot Tma^2)}$
- Go: Lote de aceite procesado, en bpd
- Rc: Tiempo dispuesto para efectuar el proceso de decantación.

INCOGNITAS:

- Lg: Longitud mínima del tanque, en el que debe tomar lugar el proceso de decantación de las gotas de agua dispersadas en el aceite.
- Dg: Diámetro mínimo de la gota de agua separada, durante el proceso de decantación en el tanque de reposo.
- Vt: Velocidad terminal observada durante el proceso de decantación de las gotas de agua dispersas en el aceite.

FORMULAS:

$$Lg = ((K190 \cdot 42 \cdot 3.78) / ((12 \cdot 2.54 / 10)^3)) / (\pi \cdot C130^{2/4})$$

$$Dg = 124.922 \cdot (Uo \cdot Lg / (Rc \cdot (dw - do)))^{0.5}$$

CALCULO DE LA CALIDAD DE ACEITE A LA DESCARGA DE TANQUE DE SEDIMENTACION

Los parámetros de Ingreso son determinados por los de la descarga del tanque de lavado

Caudal de aceite	Salinidad del agua presente en el aceite al ingreso	Porcentaje del agua presente en el aceite al ingreso	Caudal de agua libre	Salinidad del agua libre	Caudal de agua expurgada	Salinidad del agua de expurga	Salinidad del agua presente en el aceite a la salida	Salinidad del agua presente en el aceite a la salida para Sws= Sws o 100% de eficiencia en la mezcla	Eficiencia del proceso de lavado	Porcentaje de agua presente en el aceite a la salida	Salinidad real del agua de expurga respecto al del agua presente en el aceite a la salida	PTB (Libras de sal por c/1000 barriles de aceite)	% del agua de lavado que se mezcla con el agua presente en el aceite al ingreso	DATOS CONGRUENTES
Go	Swl	%Wol	Gwl	Swl	Gwa	Swe	Sws	S	Er	%Wos	sr	PTB	Mr	
bpd	gr/litro	%	bpd	gr/litro	bpd	gr/litro	gr/litro	gr/litro		%	%	(Lb/lb) * 0.001	%	
1000	17.16	0.40	0.00	17.18	1.50	17.16	17.16	17.16	100.00	0.25	100.00	15.00	SIN VALOR	

DATOS:

Go: Caudal máximo de aceite o crudo procesado diariamente en la batería en bpd

Swl: Salinidad del agua presente en el aceite al ingresar al proceso de lavado, en este caso es el registrado a la descarga del tanque gun-barrel en gramos de sal/litro

Gwl: Caudal de agua fresca registrado para el lavado en bpd

Swl: Salinidad del agua fresca para el lavado en gr/litro

%Woi: Porcentaje de agua presente en el aceite antes de ingresar al proceso de sedimentación.

%Wos: Porcentaje de agua presente en el aceite a la descarga del proceso de lavado, registrado en la muestra tomada del aceite antes de ingresar al tanque de reposo.

PTB: Libras de sal por cada mil barriles de aceite, registrado en el laboratorio, en la misma muestra tomada para evaluar %Wos.

INCOGNITAS:

Gwe: Caudal de agua de expurga en bpd

Swe: Salinidad del agua de expurga,

Sws: Salinidad del agua presente en el aceite a la descarga del proceso de lavado.

S: Salinidad del agua presente en el aceite a la descarga, considerando 100% de eficiencia durante la mezcla en el proceso de lavado.

Sr: % de salinidad relativa del agua de expurga respecto al del agua presente en el aceite a la descarga del proceso de lavado.

Er: Eficiencia real de la mezcla ocurrida durante el proceso de lavado.

Mr: % del agua de lavado que se mezcla con el agua presente en el aceite al ingreso.

FORMULAS:

$$Gwe = Gwl + Go * (\%Woi - \%Wos) / 100$$

$$Swe = (Go * (\%Woi * Swi - \%Wo * Sws) / 100 + Gwl * Swl) / (Gwl + Go * (\%Woi - \%Wos) / 100)$$

$$Swe = Sr * Sws / 100$$

$$Sws = 0.285966 * PTB / \%Wos$$

$$S = (\%Woi * Go * Swi / 100 + Gwl * Swl) / (Gwl + Go * \%Woi / 100)$$

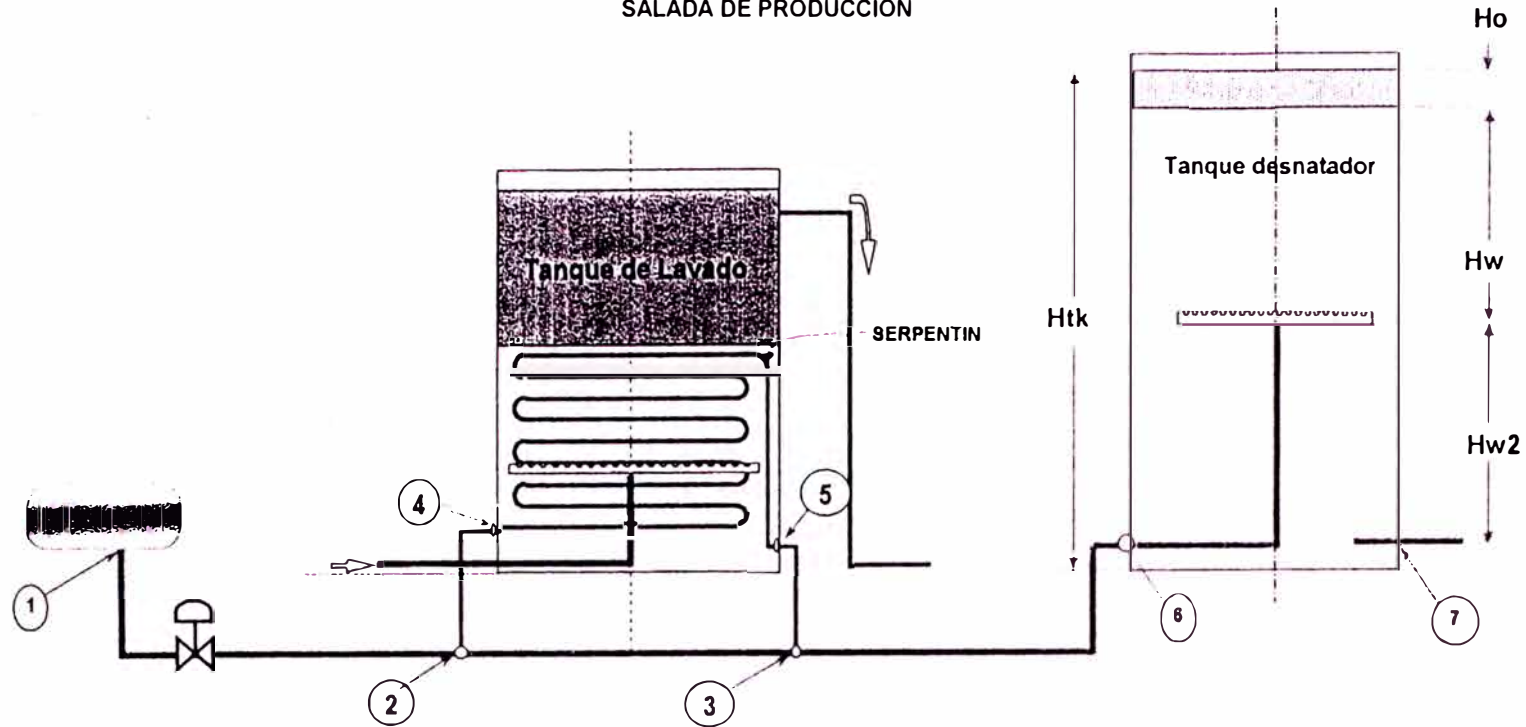
$$Er = (1 - (Sws - S) / Sws) * 100$$

$$Sr = 100 * (Go * (\%Woi * Swi - \%Wo * Sws) / 100 + Gwl * Swl) / (Sws * (Gwl + Go * (\%Woi - \%Wos) / 100))$$

$$Mr = (Go / 100) * (\%Woi / Gwl) * (Swi - Sws) / (Sws - Swl)$$

9.1.2.0 EVALUACION DEL PROCESO ACTUAL PARA LA CORRIENTE DE AGUA

Figura 9.1 - 13 : ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LOS PARAMETROS QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO DEL AGUA SALADA DE PRODUCCION



9.1.2.1 EVALUACION DEL PROCESO EN TANQUE DESNATADOR PRINCIPAL
 CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA AL INGRESO A TANQUE DESNATADOR
 CALCULO DE LA TEMPERATURA EN EL PUNTO 3

Datos:

Temperatura en el punto 5	Temperatura en el punto 2	Longitud 2-3	Longitud 5-3	Diámetro exterior de tubo - tramo 2-3	Diámetro interno de tubo - tramo 2-3	Diámetro exterior de tubo - tramo 5-3	Diámetro interno de tubo - tramo 5-3	Caudal en tramo 2-3	Caudal en tramo 5-3
T6	T2	L23	L63	D	D	D	D	V23	V63
°F	°F	pie	pie	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	bpd	bpd
177.61	184.20	92.00	40.00	7.00	6.184	4.50	4.026	18878	2122

T ₁	T ₂	T ₂	V	v	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	FI	DI
Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temepartuar del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temepatrura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
184.203	184.065	184.069	16.878	269214.7	0.95	68	68	116.1	sin valor	0	1	116.1

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hnc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

T _i	T _p	T _{ma}	u	d _i	d _e	ρ _i	ρ _a	β	k	c _p	Do	hc	e	hr	ho
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
128.067	184.134	68	0.019	0.0688	0.0755	0.85	0.94	0.0016077	0.016	0.25	7.00	1.0616	0.7	0.984665	2.0453

Coefficiente de transferencia (hio) lado interior

T _a	GW	Gt	n	a _{t1}	a _{t2}	u	d	p	k	DI	L _i	Ret	C	u ^o C/K	h _o
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de agua fresca	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro
184.134	120	9178.829	1	0.2086	0.2086	0.67	68.36	1.10	0.34	0.515	92.00	7088	0.95	1.86	23.37

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Uc	a''	A	Qc	Qac	Ud	Rd	U	V
Btu/hr pie ² °F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr pie ² °F		Btu/hr pie ² °F	pie/seg
1.981688	1.832596	168.5988	36841.21	36841.21	1.881588	0.0000	1.8815884	0.0372888

TRAMO 6-3

T ₁	T ₂	T ₂	V	v	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	Ft	DT
Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
°F	°F	°F	gpd	lb/hr	Btu/lb °F	°F	°F	°F	sin valor	0	1	°F
177.808	177.174	177.188	2.122	33934.08	0.95	68	68	109.3				109.3

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

T _f	T _p	T _{ma}	u	d _f	d _a	P _f	P _a	B	k	c _f	Do	hc	e	hr	ho
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
°F	°F	°F	cp	lb/pie ³	lb/pie ³			1/°F	Btu/hr pie °F	Btu/lb °F	pulgada	Btu/hr pie ² °F		Btu/hr pie ² °F	Btu/hr pie ² °F
122.8705	177.341	88	0.019	0.0692	0.0755	0.88	0.94	0.0018029	0.018	0.25	4.50	1.1674	0.7	0.966674	2.1341

Coefficiente de transferencia (hio) lado interior

Ta	Gw	Gt	n	a1	a2	u	d	p	k	Di	Lt	Ret	C	u·C/k	hu
°F	bpd	Lb/hr pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/pie·hr	Lb/pie ³		Btu/hr·pie·°F	pie	pie		Btu/lb·°F		Btu/pie ² ·°F
177.341	2.122	383849.6	1	0.0884	0.0884	0.70	68.54	1.10	0.34	0.336	.4000	183725	0.95	1.97	497.11

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Uc	a"	A	Qc	Qac	UD	Rd	U	v
Btu/hr pie	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr pie ² ·°F		Btu/hr pie ² ·°F	pie/seg
2.124969	1.178097	47.12389	10949.05	10949.05	2.124969	0.0000	2.1249685	1.6672

TEMPERATURA EN EL PUNTO 3

T1	T2	Tmc	V	v	C	p	t1	t2		V	v	C	p	Qr	Qc
Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente	Temperatura media fluido caliente	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Peso específico	Baja temperatura fluido frio	Alta temperatura fluido frio	Temperatura media fluido frio	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Peso específico	Calor recibido	Calor cedido
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb·°F		°F	°F		bpd	Lb/hr	Btu/lb·°F			
184.066	183.296	183.68	18.878	269261.8	0.95	1.09623	177.174	183.296	180.23	2.122	33697.523	0.95	1.097666	197086.3	197092.9

197096 197093

CALCULO DE LA TEMPERATURA EN EL PUNTO 6

TRAMO 3-6

Datos:

Temperatura en el punto 3	T6	L23	D	D	D	V36
Longitud 3-6	°F	pie	pulgada	pulgada	pulgada	bpd
Diámetro exterior de tubo - tramo 3-6	183.29	229.80	7.00	6.184	19000	
Diámetro interno de tubo - tramo 3-6						
Caudal en tramo 3-6						

Alta temperatura fluido caliente	T1	T2	T2	V	v	C	t1	t2	MLDT	R	S	Ft	DR
Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F				°F
Baja temperatura fluido caliente calculado	183.296	182.962	182.966	19.000	303179.6	0.95	68	68	115.1	sin valor	0	1	115.1
Caudal del fluido caliente													
Caudal másico en los tubos													
Calor específico del fluido en tubos													
Baja temperatura del fluido fno - Temeparatur del aire													
Alta temperatura del fluido fno - Temeparatur del aire													
Diferencia media logaritmica de temperaturas													
Parámetro													
Parámetro													
Parámetro													
Diferencia de temperaturas corregida													

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Temperatura de la película	Tf	Tp	Tma	u	df	da	tr	pu	B	k	ci	Do	hc	e	hr	ho
Temperatura media de la pared del tubo	°F	°F	°F	cp	Lb/pt ³	Lb/pt ³			1/°F	Btu/hr·pie·°F	Btu/lb°F	pulgada	Btu/pt ² ·°F		Btu/h·pt ² ·°F	Btu/h·pt ² ·°F
Temperatura media del medio ambiente	125.5616	183.1233	68	0.019	0.0668	0.0755	0.85	0.94	0.001607	0.016	0.25	7.00	1.0592	0.7	0.981971	2.0412
Viscosidad dinámica del aire a Tf																
Densidad a Tf																
Densidad a Ta																
Peso específico a Tf																
Peso específico a Ta																
Coefficiente de expansión térmica																
Conductividad térmica a Tf																
Calor específico a Tf																
Diámetro exterior del tubo																
Coefficiente por convección																
factor de emisividad																
Coefficiente por radiación																
Coefficiente total lado exterior																

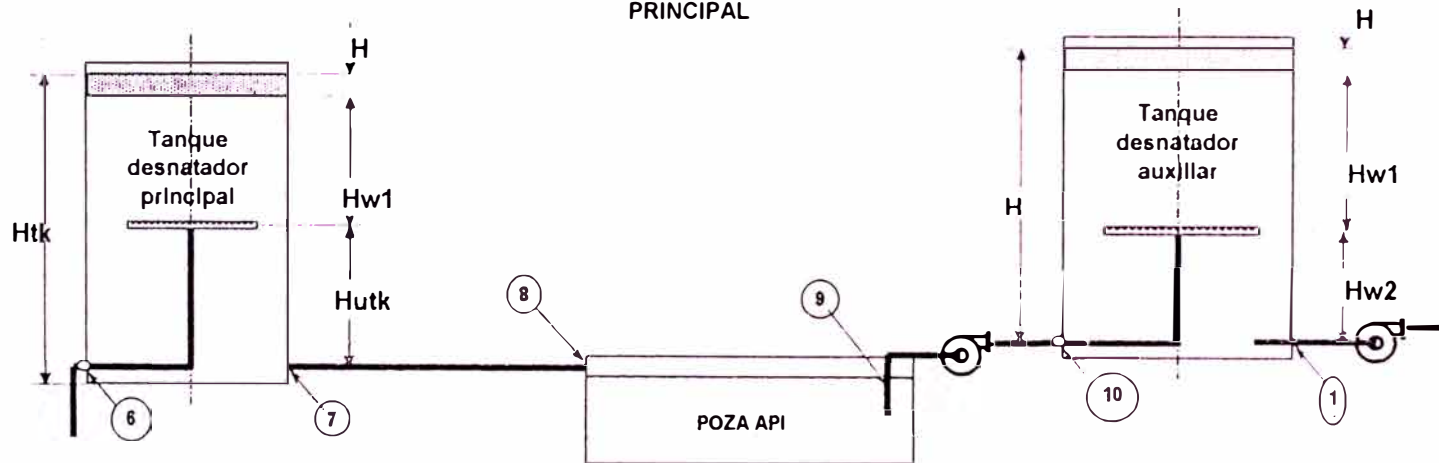
Coefficiente de transferencia (h_{io}) lado interior

Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de agua salada en el tramo analizado	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Área de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro
T _a	G _w	G _t	n	a _t	a _f	u	d	p	k	DI	L _t	Ret	C	u ² C/k	h _{io}
°F	bpd	Lb/(hr ² pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/pie-hr	Lb/pie ³		Btu/hr ² pie ² °F	pie	pie		Btu/lb°F		Btu/hrpie ² °F
183.1233	19.000	10094.18	1	30.0351	30.0351	0.67	68.39	1.10	0.34	6.184	229.60	92883	0.95	1.87	183.40

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

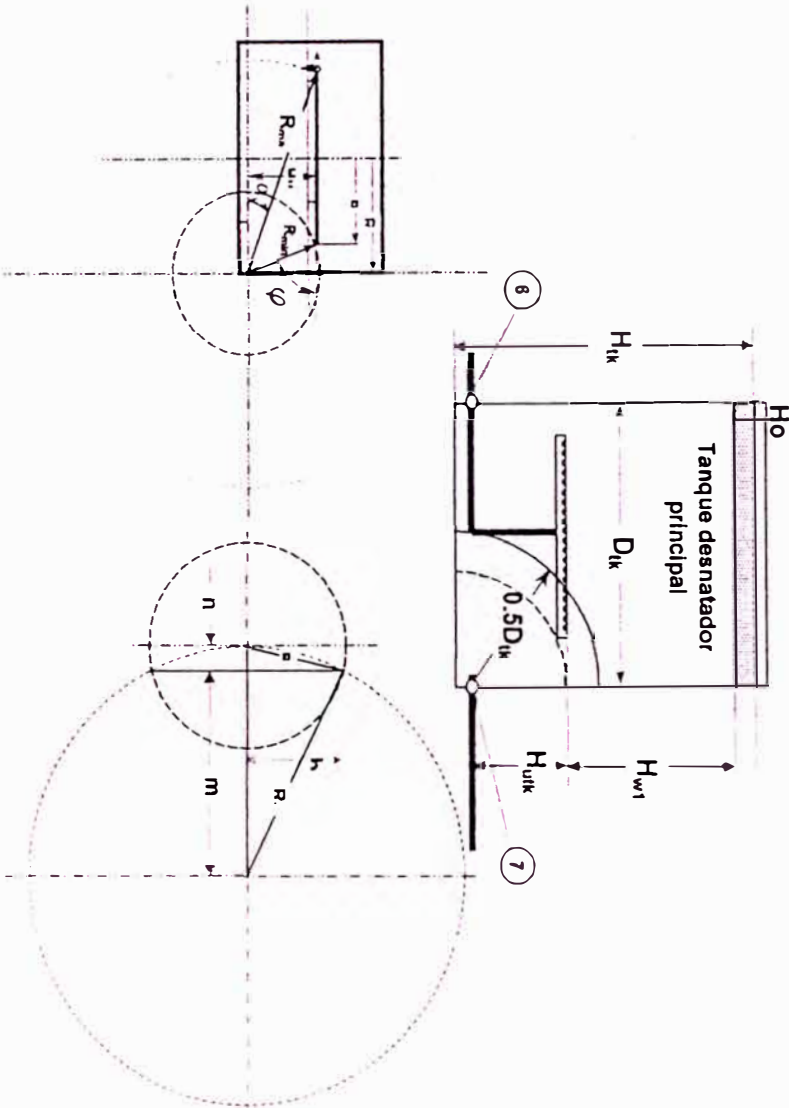
Coefficiente total U _c	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recibido por el aire en base a U _c	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
U _c	a ²	A	Q _c	Q _u	U _d	R _d	U	v
Btu/hrpie ² °F	pie ² /pie ²	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² °F		Btu/hrpie ² °F	pie/seg
2.018748	1.832596	420.764	97787.52	97787.52	2.018748	0.0000	2.0187482	0.0410002

Figura 9.1- 14: ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA EL CALCULO DE LA TEMPERATURA DE PROCESO EN EL TANQUE DESNATADOR PRINCIPAL



Dik	Hik	Hulk	Rc	F	TI	Ta	e	A	Q	Ho	C	po	Vw	Tms	Ti
pies	pies	pies	horas		°F	°F		pie ²	Btu/h	pies	Btu/lb°F		bpd	°F	°F
26	31	10	0.60	0.50000	182.96	69	0.70	3063	680.543	10.0	0.96	0.911	19000	181.630	180.1
					183									181.630	180.1

Figura 9.1 -15: ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA EL A CULO DEL DIAMETRO MINIMO DE GOTTA DE ACEITE SEPARADO EN TANQUE DESNATADOR PRINCIPAL



CALCULO DEL DIAMETRO MINIMO DE GOTTA DE ACEITE SEPARADO EN TANQUE DESNATADOR PRINCIPAL (METODO CONVENCIONAL)

Hulk pies	Td minutos	D _{bw} pie	S _{mp} pie ²	T _{mr} °F	T _{ma} °R	d _w gr/cm ³	d _o gr/cm ³	U _w gr/cm.s poise	U _o gr/cm.s poise	V _w bpd	O _{w1} ppm	O _{w2} ppm	f	D _w micron	V _t pie/hora	Re
10	14.16	0.66667	19.98	161.63	642	1.087	0.911	0.006880	0.3220691	19000	6000.00	100.00	0.6	102	17.989	0.004388

CALCULO DEL DIAMETRO MINIMO DE GOTTA DE ACEITE SEPARADO EN TANQUE DESNATADOR PRINCIPAL (METODO EXHAUSTIVO)

TEMPERATURA DE PROCESO EN TANQUE DESNATADOR		VISCOSIDAD DEL AGUA SALADA A T		PESO ESPECIFICO DEL AGUA SALADA A T		VISCOSIDAD DEL ACEITE A T		PESO ESPECIFICO DEL ACEITE A T		RADIO DEL TANQUE		RADIO DEL DIFUSOR		AREA LIBRE DE PASO		RADIO MAXIMO DE ZONA ESFERICA		DIAMETRO DE TANQUE DESNATADOR		ALTURA DE ESPEJO EN TANQUE		CAUDAL DE INGRESO		DIAMETRO DE DIFUSOR		ALTURA DE UBICACIÓN DE DIFUSOR RESPECTO A LA TOMA DE AGUA		
T	T	U _w		γ _w		U _o		γ _o		R _t	R _d	S _p	R	D	H	Q	Q	Q	D _d	H _d								
°F	°R	cp				cp				m	m	m ²	m	m	m	BPD	m ³ /s	m ³ /s	m	m								
181.5	641.53	0.679789		1.087128		32.796		0.911		3.963415	2.5	29.715243	3.336	7.93	4.52	26,000	0.0469	0.0469	6	3.00								

Hd	R _t	R _{mn}	R _d	2n	Lx	Δx	i	Xi	∫(Xi)	k	k*∫(Xi)	S ₁	h	n	m	S ₂
m	m	m	m		m	m						m ²	m	m	m	m ²
3.00	3.963415	3.174037	5	24	2.908475	0.121186	0	0	0	1	0	3.8753272	2.9084748	1.270938	2.692477	18.97681
							1	0.121	0.003709	4	0.014836					
							2	0.242	0.0148791	2	0.0297581					
							3	0.364	0.0336409	4	0.1345635					
							4	0.485	0.0602176	2	0.1204351					
							5	0.606	0.0949328	4	0.3797314					
							6	0.727	0.1382236	2	0.2764472					
							7	0.848	0.1906576	4	0.7626305					
							8	0.969	0.2529578	2	0.5059156					
							9	1.091	0.3260359	4	1.3041434					
							10	1.212	0.4110383	2	0.8220766					
							11	1.333	0.5094102	4	2.0378407					
							12	1.454	0.6229848	2	1.2459695					
							13	1.575	0.7541124	4	3.0184495					
							14	1.697	0.9058496	2	1.8116992					
							15	1.818	1.082246	4	4.328984					
							16	1.939	1.2887937	2	2.5775875					
							17	2.060	1.5331652	4	6.1326609					
							18	2.181	1.8264888	2	3.8529777					
							19	2.303	2.1857128	4	8.7428505					
							20	2.424	2.6383937	2	5.2767874					
							21	2.545	3.2336876	4	12.93475					
							22	2.666	4.0727828	2	8.1455657					
							23	2.787	5.427169	4	21.708676					
							24	2.908	9.9715305	1	9.9715305					
																95.934667

S	φ	V	D _p
m ²	radian	cm/s	micron
22.852133	1.238111	0.1900	113

9.1.2.2 EVALUACION DEL PROCESO EN POZA API
 CALCULO DE LA TEMPERATURA AL INGRESO A POZA API

Datos:

Temperatura en el punto 7	Longitud 7-8	Diámetro exterior de tubo - tramo 7-8	Diámetro interno de tubo - tramo 7-8	Caudal en tramo 7-8
T6	L23	D	D	V36
°F	pie	pulgada	pulgada	bpd
180.11	186.80	8.60	8.400	18000

	Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temepartuar	Alta temperatura del fluido frío - Temepartuar del aire	Diferencia media logaritmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T ₁	T ₂	T ₂	V	γ	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	Fl	DI	
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F
180.108	170.776	179.776	18.000	303545.0	0.95	68	68	111.9	sin valor	0	1	111.9	

Coefficiente de transferencia (h_o) por convección natural (h_c) y por radiación (h_r) - lado exterior, fluido: aire

T _f	T _p	T _{ma}	ν	ρ _f	ρ _a	ρ _a	ρ _f	ρ _a	B	k	C _f	D _o	h _c	e	h _r	h _o
°F	°F	°F	cp	Lb/pie ³	Lb/pie ³	Lb/ft ³	Lb/ft ³	1/°F	Btu/hr ² °F	Btu/hr ² °F	pulgada	Btu/hr ² °F			Btu/hr ² °F	Btu/hr ² °F
123.9708	179.9418	68	0.019	0.0690	0.0755	0.86	0.94	0.0016048	0.016	0.25	8.60	0.9989	0.7	0.973529	1.9724	

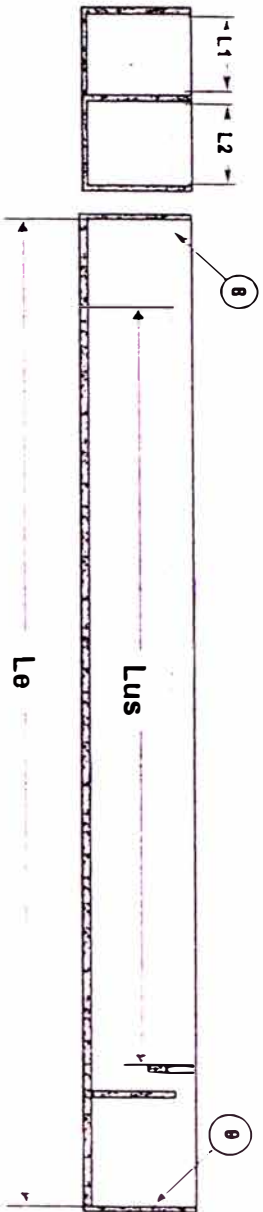
Coefficiente de transferencia (h_i) lado interior

T _a	Q _w	G _t	n	a _t	a _f	ν	ρ	k	D _i	L _t	Re _t	C	u ^o C/k	h _o
°F	bpd	Lb/(hr ² pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/ft ³	Lb/ft ³	Btu/hr ² °F	pie	pie		Btu/hr ² °F		Btu/hr ² °F
179.9418	19.000	5477.413	1	55.4177	55.4177	0.69	68.47	1.10	0.34	8.400	196.80	66908	0.95	1.92

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

U _c	a ^o	A	Q _c	Q _{ac}	U _D	R _D	U	V
Btu/hr ² pie ²	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr ² °F		Btu/hr ² °F	pie ² /seg
1.939294	2.251475	443.0902	961.6935	961.6935	1.939294	0.0000	1.939294	0.0222211

Figura 9.1 - 16: ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA EL CALCULO DE LA TEMPERATURA DE PROCESO EN POZA API



Datos:

T6	Temperatura en el punto 9	Le	Longitud del espejo	L1	Longitud L1	L2	Longitud L2	h	profundidad de la poza	De	Diámetro equivalente	Lc	Longitud característica	Lus	Longitud util para separación	Vw	Caudal
°F		pie		pie		pie		pie		pie		pie		pie		bpd	
179.78		66.60		4.26		4.59		3.61		6.488		37.228		68.040		19000	

T1	Alta temperatura fluido caliente	T2	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	T2	Baja temperatura fluido caliente calculado	V	Caudal del fluido caliente	v	Caudal másico en los tubos	C	Calor específico del fluido en tubos	t1	Baja temperatura del fluido frío - Tempeartuar del aire	t2	Alta temperatura del flido frío - Tempeartuar del aire	MLDT	Diferencia media logaritmica de temperaturas	R	Parámetro	S	Parámetro	Fi	Parámetro	Di	Diferencia de temperaturas corregida
°F		°F		°F		bpd		Lb/hr		Btu/lb°F		°F	°F	°F		°F								°F	
178.776		178.871		178.871		19.000		303615.9		0.95		68	68	68		111.3		sin valor		0		1		111.3	

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hnc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Tf	Temperatura de la película	Tp	Temperatura media del espejo de agua en la poza	Tma	Temperatura media del medio ambiente	u	Viscosidad dinámica del aire a Tf	dl	Densidad a Tf	da	Densidad a Ta	hr	Peso específico a Tf	pa	Peso específico a Ta	B	Coefficiente de expansión térmica	k	Conductividad térmica a Tf	ci	Calor específico a Tf	Do	Diámetro exterior del tubo	Gr*Pr	Producto Gr*Pr	hnc	Coefficiente por convección	e	factor de emisividad	hr	Coefficiente por radiación	ho	Coefficiente total lado exterior
°F		°F		°F		Lb/ple-hr		Lb/ple³		Lb/ple³		hr		sin valor		1/°F		Btu/hr°F		Btu/lb°F		pulgada			Btu/hpie²°F				Btu/hpie²°F		Btu/hpie²°F		
123.6615		178.323		68		0.046		0.0690		0.0755		0.86	0.94	0.94	0.0016043		0.016		0.25		4.264		9.374E+14		5.9585		0.7		0.971895		6.9304		

Coeficiente de transferencia (hio) lado interior

Ta	°F	Gw	bpd	Gt	Lb/(hr ² pie ²)	n	1	at	pie2	at	pie2	u	Lb/pie-hr	d	Lb/pie3	p	1.10	k	Btu/hr ² pie ² °F	0.07	De	pie	Le	pie	65.60	Rel	1110	C	Btu/lb°F	0.95	u/C/k	1124.31	h _o	Btu/hr ² pie ² °F	9.64
179.323		19.000		21261.81				14.2799		14.2799		81.66		68.49							4.264					1110					1124.31				

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Uc	Btu/hr ² pie ² °F	a"	pie2/pie	A	pie2	Qc	Btu/hr	Q _u	Btu/hr	Ud	Btu/hr ² pie ² °F	Rd	0.0000	U	Btu/hr ² pie ² °F	v	pie/seg	4.032266	0.0000	4.0322657	0.0862383
4.032266		8.86		580.9536		260779.3		260779.3		4.032266											

CALCULO DEL DIAMETRO MINIMO DE LA GOTTA DE ACEITE SEPARADA EN LA POZA API

Ancho total de poza	pie	6.86
Profundidad de la poza	pie	3.61
Longitud de poza	pie	59.04
Sección de la poza	pie2	31.95
Caudal	bpd	19000.00
Velocidad horizontal	pie/seg	0.0386
Velocidad terminal	pie/seg	0.0024
Temperatura mínima media de la poza	°F	179.32
Peso específico del aceite		0.912
Peso específico del agua salada		1.098
Viscosidad del agua salada	cp	0.690784
Factor de cortocircuito		1.66
Diámetro mínimo de la gota de aceite separada	micrones	91.00
ppm de aceite en el agua registrado	ppm	50

9.1.2.3 EVALUACION DEL PROCESO EN TANQUE DESNATADOR AUXILIAR
 CALCULO DE LA TEMPERATURA AL INGRESO A TANQUE DESNATADOR AUXILIAR

Datos:

Temperatura en el punto 9		Longitud 9-10		Diámetro exterior de tubo - tramo 9-10		Diámetro interno de tubo - tramo 9-10		Caudal en tramo 9-10	
T6	L 9-10	D	D	D	D	V38			
°F	pie	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	bpd	bpd	bpd	bpd
178.87	38.38	8.625	7.981	19000					

NOTAS
 -LAS ANOTACIONES SE REFEREN A LA FIGURA 9.1.14
 -PARA EL TRAMO 9-10 SE CONSIDERA UN SOLO TUBO CON DIAMETRO MEDIO DE 8" CEDULA 40
 - SE DESPRECIA EL CALOR APORTADO POR LA BOMBA INTERMEDIA AL TRAMO

Alta temperatura fluido caliente		Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto		Baja temperatura fluido caliente calculado		Caudal del fluido caliente		Caudal másico en los tubos		Calor específico del fluido en tubos		Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire		Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire		Diferencia media logarítmica de temperaturas		Parámetro		Parámetro		Parámetro		Diferencia de temperaturas corregida	
T1	T2	T2	T2	V	V	C	t1	t2	MLDT	R	S	Ft	Dt												
°F	°F	°F	°F	bpd	bpd	Lb/hr	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F
178.871	178.804	178.804	178.804	19,000	19,000	303671	68	68	110.8	sin valor	0	1	110.8												

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hcn) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Temperatura de la película		Temperatura media de la pared del tubo		Temperatura media del medio ambiente		Viscosidad dinámica del aire a Tf		Densidad a Tf		Densidad a Ta		Peso específico a Tf		Peso específico a Ta		Coeficiente de expansión térmica		Conductividad térmica a Tf		Calor específico a Tf		Diámetro exterior del tubo		Coeficiente por convección		factor de emisividad		Coeficiente por radiación		Coeficiente total lado exterior	
Tf	Tp	Tma	u	df	da	pf	pa	B	k	ci	Do	hc	e	hr	ho																
°F	°F	°F	cp	Lb/ft³	Lb/ft³			Btu/hr·ft²·°F	Btu/hr·ft²·°F	Btu/hr·ft²·°F	pulgada	Btu/hr·ft²·°F	0.7	Btu/hr·ft²·°F	Btu/hr·ft²·°F																
123.4188	178.8375	68	0.019	0.0691	0.0755	0.86	0.94	0.001604	0.016	0.25	8.63	0.9956	0.7	0.970614	1.9663																

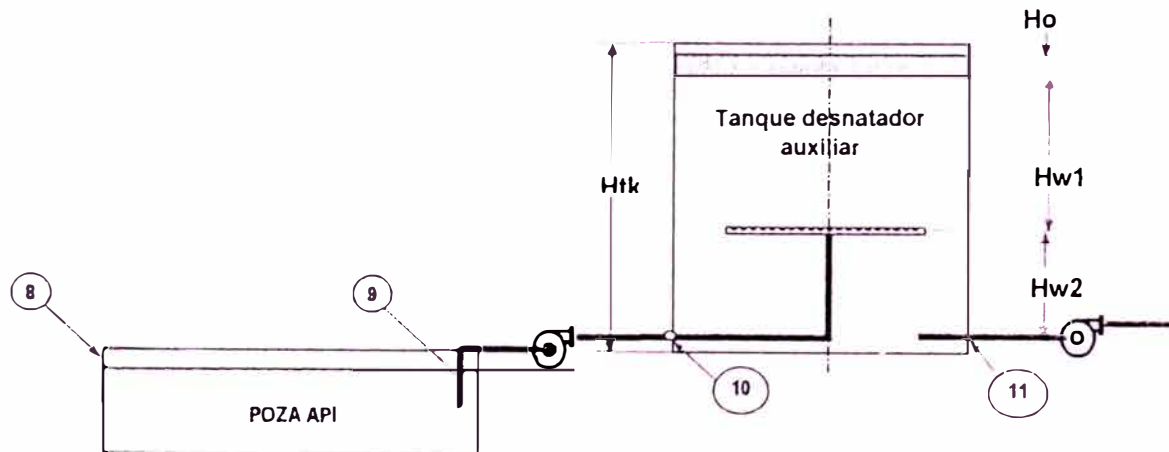
Coefficiente de transferencia (hio) lado interior

Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de agua salada en el tramo analizado	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro
Ta	Gw	Gt	n	at	at	u	d	p	k	Di	Lt	Ret	C	u°C/k	hio
°F	bpd	Lb/(hr*pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/pie-hr	Lb/pie ³		Btu/hr*pie*°F	pie	pie		Btu/lb*F		Btu/hpie ² *F
178.8375	19.000	874100.3	1	0.3474	0.3474	0.69	68.50	1.10	0.34	0.665	39.36	838588	0.95	1.94	871.58

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

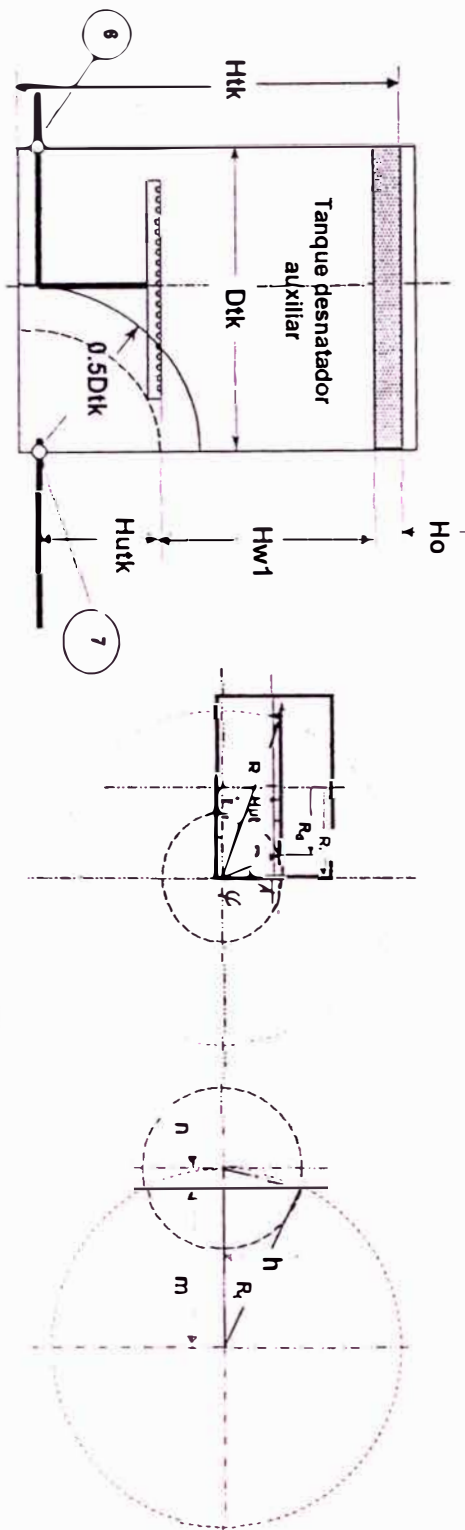
Coefficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
Uc	a"	A	Qc	Qk	Ud	Rd	U	v
Btu/hrpie ² *F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² *F		Btu/hrpie ² *F	pie/seg
1.961833	2.25802	88.87566	19325.53	19325.53	1.961833	0.0000	1.9618326	3.6446437

Figura 9.1 - 17: ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA EL CALCULO DE LA TEMPERATURA DE PROCESO EN TANQUE DESNATADOR AUXILIAR



Diámetro de tanque desnatador auxiliar	Dik	pies	39
Altura de tanque desnatador auxiliar	Htk	pies	24
Nivel del difusor	Huk	pies	14
Tiempo de residencia (flujo tapón)	Rc	horas	1.88
Factor de cortocircuito en tanque	F		0.50
Temperatura del agua salada al ingreso	Ti	°F	178.80
Temperatura media del medio ambiente exterior	Ta	°F	68
Emisividad de la pared exterior del tanque	e		0.70
Area total de transferencia	A	pie ²	4135
Cantidad de calor disipado	Q	BTU/h	872,072
Altura de la capa de aceite en el tanque	Ho	pies	10.0
Calor específico del agua	C	BTU/LB°F	0.98
Peso específico del aceite	po		0.913
Flujo de la corriente de agua	Vw	dppd	19000
Temperatura media del proceso	Tms	°F	176.886
Temperatura en el punto 11	Tf	°F	175.2
			176.886
			176.2

Figura 9.1 -18 : ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA EL CALCULO DEL DIAMETRO MINIMO DE LA GOTTA DE ACEITE SEPARADO EN EL TANQUE DESNATADOR AUXILIAR



TEMPERATURA DE PROCESO EN TANQUE DESNATADOR	T	°F	177.0
VISCOSIDAD DEL AGUA SALADA A T	Uw	CP	0.702798
PESO ESPECIFICO DEL AGUA SALADA A T	γw		1.0988983
VISCOSIDAD DEL ACEITE A T	Uo	CP	35.607
PESO ESPECIFICO DEL ACEITE A T	γo		0.913
RADIO DEL TANQUE	Ri	m	5.945122
RADIO DEL DIFUSOR	Rd	m	4
AREA LIBRE DE PASO	sp	m ²	60.772461
RADIO MAXIMO DE ZONA ESFERICA	R	m	4.448

DIAMETRO DE TANQUE DESNATADOR	ALTURA DE ESPEJO EN TANQUE	CAUDAL DE INGRESO		DIAMETRO DE DIFUSOR	DIAMETRO DE COLECTOR DE ACEITE	DISTANCIA VERTICAL ENTRE DIFUSOR Y COLECTOR DE ACEITE	ALTURA DE UBICACIÓN DE DIFUSOR RESPECTO A LA TOMA DE AGUA
D	H	Q	Q	D _d	D _{co}	h	H _d
m	m	BPD	m ³ /s	m	m	m	m
11.89	5.52	26,000	0.0469	8	1	1	4.00

Hd	R _i	R _m	R _d	2n	Lx	Δx	i	Xi	∫(Xi)	k	k*∫(Xi)	S _i	h	n	m	S ₂
m	m	m	m		m	m						m ²	m	m	m	m ²
4.00	5.945122	4.110141	5	24	3.856771	0.160699	0	0	0	1	0	6.1448171	3.8567706	1.420766	4.524356	34.72625

1	0.161	0.00434786	4	0.0173915
2	0.321	0.01744111	2	0.0348822
3	0.482	0.03943052	4	0.1577221
4	0.643	0.0705735	2	0.1411147
5	0.803	0.11124382	4	0.4449753
6	0.964	0.1619462	2	0.3238924
7	1.125	0.22333712	4	0.8933485
8	1.286	0.29625361	2	0.5925072
9	1.446	0.38175288	4	1.5270115
10	1.607	0.48116702	2	0.962334
11	1.768	0.59617916	4	2.3847167
12	1.928	0.72893135	2	1.4578627
13	2.089	0.88218039	4	3.5287216
14	2.250	1.0595289	2	2.1190578
15	2.410	1.26577854	4	5.0631142
16	2.571	1.50749075	2	3.0149815
17	2.732	1.79391813	4	7.1756725
18	2.893	2.13864108	2	4.272822
19	3.053	2.56265541	4	10.250622
20	3.214	3.10076648	2	6.201533
21	3.375	3.8166461	4	15.266584
22	3.535	4.8458354	2	9.6916708
23	3.696	6.56872679	4	26.274907
24	3.857	12.9123868	1	12.912387

114.71432

S	φ	V	D _p
m ²	radian	cm/s	micron
40.871062	1.338771	0.1094	87

9.1.3.0 RESULTADOS DE LA PERFORMANCE PARA EL PROCESO ACTUAL

9.1.3.1 TRATAMIENTO DE ACEITE

PERFORMANCE DE SEPARADOR		PERFORMANCE TANQUE GUN.BARREL	
micrones	495	micrones	127.00
%	1.00	%	1.00
*F	184.38	*F	184.25
Temperatura media del proceso		Temperatura a la descarga de separador	
Diámetro mínimo de gota de agua separado del aceite		Diámetro mínimo de gota de agua separado en el Gun-Barrel	
% de agua a la descarga de aceite		Porcentaje de agua en la corriente de aceite al ingreso	
Temperatura media del proceso		Porcentaje de agua en la corriente de aceite a la salida	
Temperatura a la descarga de separador		Salinidad del agua al ingreso	
Diámetro mínimo de gota de aceite separado del agua		Salinidad del agua a la descarga	
PTB		PTB	
Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso	
*F	184.38	*F	184.25
micrones	1.00	micrones	1.00
%	0.65	%	0.65
*F	130.00	*F	130.00
Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso	
*F	295.49	*F	148.43
micrones	1.00	micrones	1.00
%	1.00	%	1.00
*F	184.38	*F	184.25
Temperatura media del proceso		Temperatura a la descarga de separador	
Diámetro mínimo de gota de agua separado del aceite		Diámetro mínimo de gota de agua separado en el Gun-Barrel	
% de agua a la descarga de aceite		Porcentaje de agua en la corriente de aceite al ingreso	
Temperatura media del proceso		Porcentaje de agua en la corriente de aceite a la salida	
Temperatura a la descarga de separador		Salinidad del agua al ingreso	
Diámetro mínimo de gota de aceite separado del agua		Salinidad del agua a la descarga	
PTB		PTB	
Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso	
*F	184.38	*F	184.25
micrones	1.00	micrones	1.00
%	0.65	%	0.65
*F	130.00	*F	130.00
Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso	
*F	295.49	*F	148.43

PERFORMANCE TANQUE DE LAVADO Y MEZCLADOR

PERFORMANCE TANQUE DE LAVADO Y MEZCLADOR		PERFORMANCE TANQUES DE SEDIMENTACIÓN	
%	66.58	micrones	189.00
micrones	189.00	%	0.65
%	0.65	gr/litro	130.00
Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso	
Diámetro de gota de agua separado en el tanque de lavado		Porcentaje de agua en la corriente de aceite al ingreso	
Porcentaje de agua en la corriente de aceite al ingreso		Porcentaje de agua en la corriente de aceite a la salida	
Salinidad del agua en la corriente de aceite al ingreso		Salinidad del agua en la corriente de aceite a la salida	
PTB		PTB	
Temperatura media del proceso en mezclador		Temperatura media del proceso en tanque sin serpentín	
Temperatura media del proceso en tanque sin serpentín		Temperatura media actual del proceso en tanque	
Temperatura media actual del proceso en tanque		Diámetro de gota de agua separado en el tanque de lavado	
Diámetro de gota de agua separado en el tanque de lavado		Porcentaje de agua en la corriente de aceite al ingreso	
Porcentaje de agua en la corriente de aceite al ingreso		Porcentaje de agua en la corriente de aceite a la salida	
Porcentaje de agua en la corriente de aceite a la salida		Salinidad del agua en la corriente de aceite a la salida	
Salinidad del agua en la corriente de aceite a la salida		PTB	
PTB		Temperatura media del proceso	
Temperatura media del proceso		*F	294.01
*F	108.81	%	0.40
micrones	118.84	%	0.25
%	1.00	gr/litro	17.16
Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso	
*F	106.22	*F	15.00
micrones	1.00	micrones	1.00
%	0.40	%	1.00
*F	123.84	*F	176.99
Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso	
*F	108.81	*F	176.99

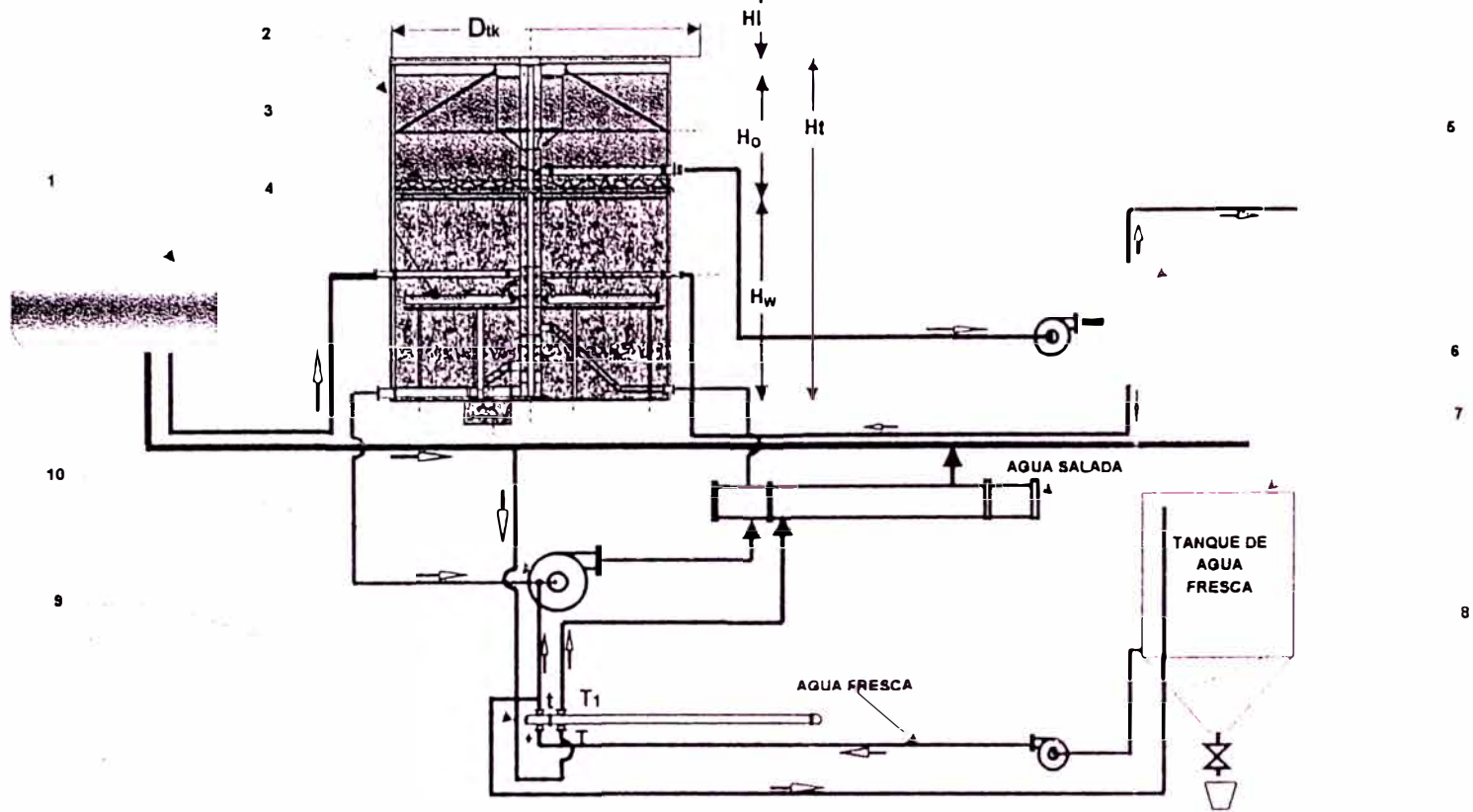
9.1.3.2 TRATAMIENTO DEL AGUA SALADA DE PRODUCCION

PERFORMANCE DE SEPARADOR		PERFORMANCE TANQUE DESNATADOR PRINCIPAL		PERFORMANCE POZA API		PERFORMANCE TANQUE DESNATADOR AUXILIAR	
micrones	189	ppm	5000	micrones	113	ppm	100.00
ppm	5000	*F	184.38	micrones	113	ppm	100.00
*F	184.38	micrones	184.38	ppm	181.53	ppm	50.00
Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso	
Diámetro mínimo de gota de aceite separado del agua		Diámetro mínimo de gota de aceite separado del agua		Diámetro mínimo de gota de aceite separado del agua		Diámetro mínimo de gota de aceite separado del agua	
ppm de aceite en el agua		ppm de aceite en el agua		ppm de aceite en el agua		ppm de aceite en el agua	
Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso	
Diámetro mínimo de gota de aceite separado del agua		Diámetro mínimo de gota de aceite separado del agua		Diámetro mínimo de gota de aceite separado del agua		Diámetro mínimo de gota de aceite separado del agua	
ppm de aceite en el agua		ppm de aceite en el agua		ppm de aceite en el agua		ppm de aceite en el agua	
Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso	
*F	179.32	*F	179.32	*F	179.32	*F	179.32
micrones	87	micrones	87	micrones	87	micrones	87
ppm	25.00	ppm	25.00	ppm	25.00	ppm	25.00
Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso	
*F	176.99	*F	176.99	*F	176.99	*F	176.99

9.2.0.0 CALCULO DEL PROCESO PROYECTADO PARA LA DEMANDA ACTUAL

9.2.1.0 CALCULO DEL PROCESO PARA LA CORRIENTE DE ACEITE

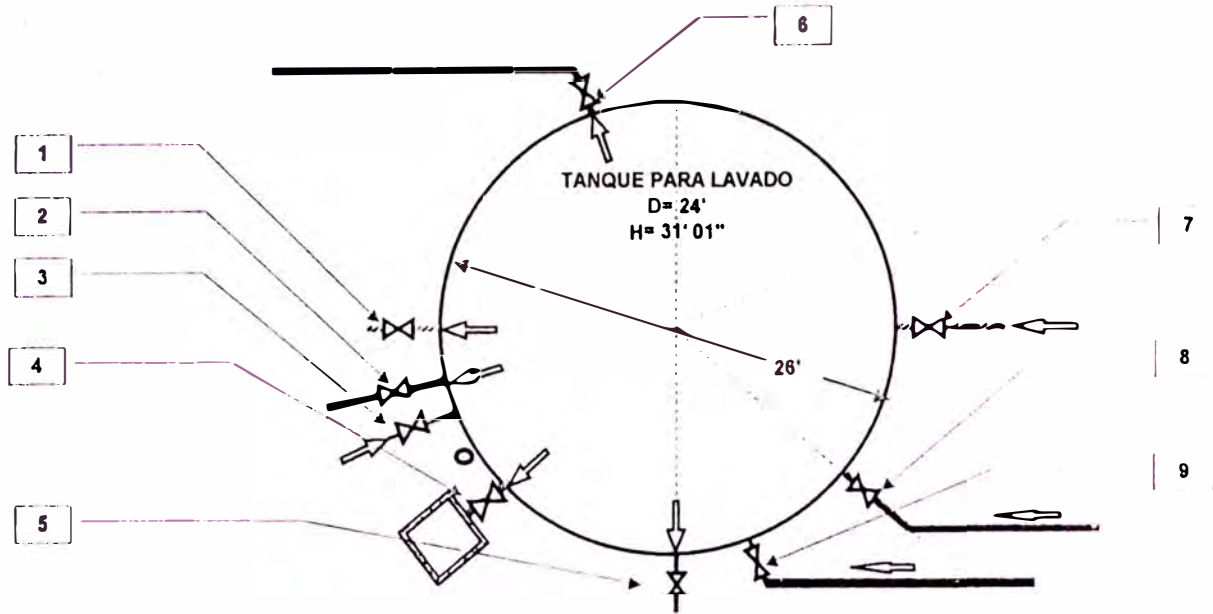
Figura 9.2 - 1: ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROYECTADO PARA EL ACEITE



LEYENDA:

ITEM	DESCRIPCION	ITEM	DESCRIPCION
1	SEPARADOR TRIFASICO	7	TANQUE PARA AGUA FRESCA
2	TANQUE DE LAVADO	8	BOMBA PARA ALIMENTAR AGUA FRESCA PARA LAVADO
3	SERPENTIN	9	INTERCAMBIADOR DE CALOR AGUA FRESCA PARA LAVADO
4	MEZCLADOR		-AGUA SALADA DE PRODUCCION.
5	SEPARADOR HIDROCICLONICO	10	BOMBA PARA RECIRCULAR AGUA DE TANQUE DE LAVADO POR
6	INTERCAMBIADOR AGUA SALADA DE TANQUE DE LAVADO		INTERCAMBIADOR ESPECIFICADO EN ITEM 6
	- AGUA SALADA DE PRODUCCION		

Figura 9.2 - 2: ESQUEMA DE CONEXIONADO PARA TANQUE DE LAVADO



ITEM	DESCRIPCION	ITEM	DESCRIPCION
1	SALIDA DE AGUA DE TANQUE DE LAVADO A INTERCAMBIADOR		
2	EXPURGA DE AGUA A TANQUE DESNATADOR		
3	INGRESO DE ACEITE DE SEPARADOR HIDROCICLONICO		
4	DRENAJE DE TANQUE		
5	SALIDA DE ACEITE A SEPARADOR HIDROCICLONICO		
6	SALIDA DE AGUA SALADA DE SERPENTIN		
7	INGRESO DE AGUA CALENTADA EN INTERCAMBIADOR		
8	INGRESO DE ACEITE DE SEPARADOR TRIFASICO		
9	INGRESO DE AGUA SALADA CALIENTE A SERPENTIN		

9.2.1.1 CALCULO DE LA PERFORMANCE DEL TRATAMIENTO EN LOS SEPARADORES PRIMARIOS

El cálculo se efectuará en función al sistema propuesto para lograr las especificaciones exigidas para el aceite, para este fin es necesario estimar, los siguientes parámetros:

- Temperatura representativa del proceso.
- Gota de agua separada del aceite.
- Grado de salinidad del agua presente con el aceite.
- Cantidad de agua de lavado utilizado para el proceso.
- Costo al final del proceso.

Cálculo de la temperatura representativa al ingreso a separador trifásico propuesto

Nota:

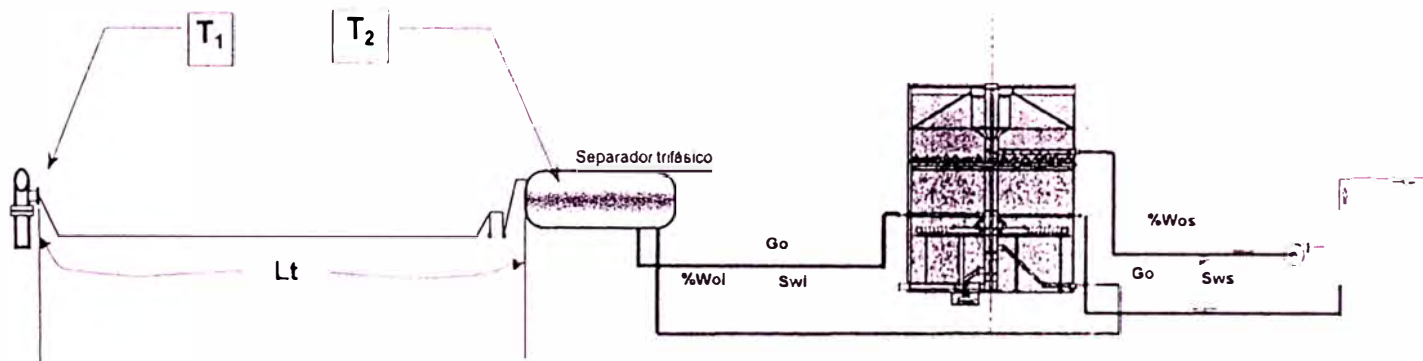
Por no proyectarse modificaciones en la red colectora de la producción de los pozos a la batería, las temperaturas alcanzadas serán las mismas que se calcularon cuando se evaluó el sistema actual y que coinciden con los registros tomados en Campo.

Como antes, " T_2 " es la obtenida como resultado del enfriamiento del fluido de producción transportado desde el pozo a la batería, por medio de la línea de producción, expuesto al medio ambiente.

La temperatura " T_1 " es la que se registra en el fluido de producción en el cabezal del pozo.

En base a observaciones efectuadas en Campo, se selecciona una temperatura de 20°C para el medio ambiente exterior.

Figura 9.2 - 3: ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA LINEA DE PRODUCCION



ENFRIAMIENTO DEL FLUIDO DE PRODUCCION CONDUCCION POR TUBO DE 4" CEDULA 40 EN CONTACTO CON EL AIRE, DESDE EL POZO A LA BATERIA

T ₁	T ₂	T ₂	V	V	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	FI	DI
Alta temperatura fluido caliente-Cabezal del pozo	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal promedio por pozo - fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temepartuar del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Diferencia media logaritmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
*F	*F	*F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	*F	*F	*F				*F
206	186.738	186.738	6.000	79396.33	1	68	68	127.1	sin valor	0	1	127.1

Coefficiente de transferencia (h_o) por convección natural (h_c) y por radiación (h_r) - lado exterior, fluido: aire

T _f	T _p	T _{ma}	u	d _f	d _a	ρ _f	ρ _a	B	k	c _f	Do	h _c	e	h _r	h _o
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a T _f	Densidad a T _f	Densidad a T _a	Peso específico a T _f	Peso específico a T _a	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a T _f	Calor específico a T _f	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
*F	*F	*F	cp	Lb/ft ³	Lb/ft ³			1/F	Btu/hr°ft ² *F	Btu/lb°F	pulgada	Btu/hr°ft ² *F		Btu/hr°ft ² *F	Btu/hr°ft ² *F
131.6845	195.369	68	0.019	0.0681	0.0755	0.85	0.94	0.001616	0.016	0.25	4.5	1.2134	0.7	1.015026	2.2285

Coefficiente de transferencia (h_i) lado Interior, fluyendo agua salada

T _a	Gw	Gt	n	a _t	a _i	u	d	p	k	DI	LI	Ret	C	u ⁿ C/k	h _i
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de producción	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos (~ 1.400m)	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película - lado interior corregido por diámetro
*F	bpd	Lb/hr°pie ²		pie ²	pie ²	Lb/ft ² -hr	Lb/ft ³		Btu/hr°ft ² *F	pie	pie		Btu/lb°F		Btu/hr°ft ² *F
195.369	5.000	23291.26	1	0.0341	0.0341	1.4960	68.0861	1.0911	0.3460	0.208	4.692	324349	1	4.32	1040.23

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor

Coefficiente total U_c	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a U_c	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
U_c	a"	A	Q_c	Q_{uc}	U_d	R_d	U	v
Btu/hrpie ² °F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² °F		Btu/hrpie ² °F	pie/seg
2.223701	1.178097	5409.823	1529302	1529302	2.223701	0.0000	2.2237	9.506564

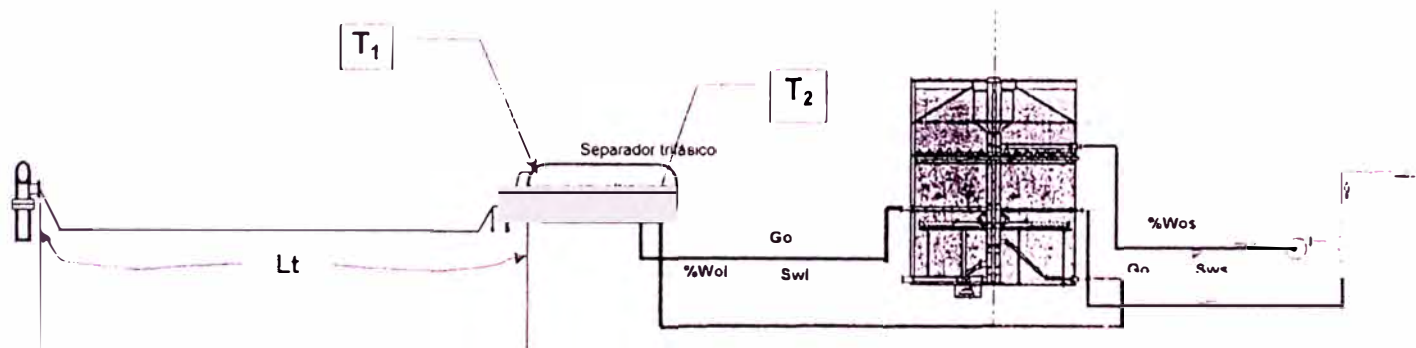
Cálculo de la temperatura a la descarga de separador.

La temperatura indicada en el esquema como " T_2 " es la obtenida como resultado del enfriamiento del fluido de producción dentro del nuevo separador propuesto, expuesto al medio ambiente.

La temperatura indicada en el esquema como " T_1 " es la que se registra en el fluido de producción al ingreso al separador.

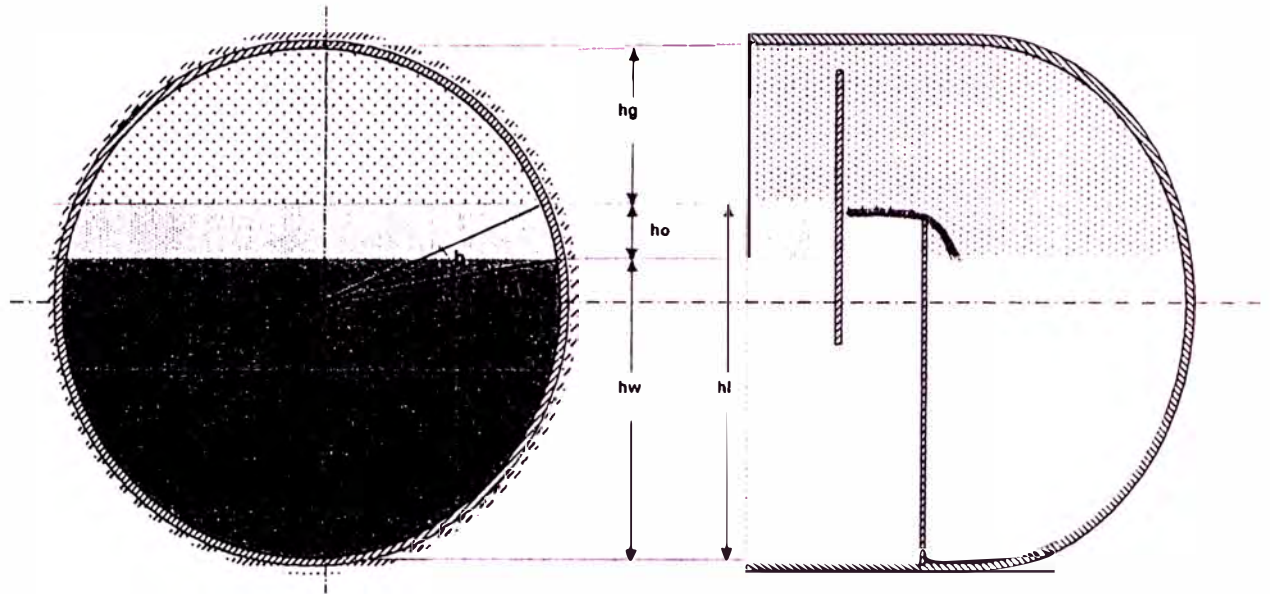
En base a observaciones efectuadas en Campo, se selecciona una temperatura de 20°C para el medio ambiente exterior.

Figura 9.2 - 4: ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA EL CALCULO DE LA TEMPERATURA A LA DESCARGA DE SEPARADOR



CALCULO DE TEMPERATURAS EN EL SEPARADOR TRIFASICO PROYECTADO PARA LA DEMANDA ACTUAL

Figura 9.2 - 5: ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA LA COMPOSICION DE PRODUCTOS EN NUEVO SEPARADOR



Presión esperada para el separador	Temperatura al ingreso a separador
P	T
psig	°F
31	186

Diámetro interior del separador trifásico	Diámetro exterior del separador	Espesor del casco.	Espesor del aislamiento	Longitud total del separador	Flujo total de líquidos	Flujo total de aceite	Flujo total de agua	Flujo de gas a condiciones Std.	Flujo de gas a P, T	Factor de nivel de líquidos respecto al diámetro de separador	Espesor seleccionado para la capa media de aceite	Altura de nivel de líquidos	Angulo b	Sección total de gas	Sección total de líquidos	Angulo a
Di	Do	Es	Do	L	VI	Vo	Vw	Ggs	Ggs	Fnl	ho	hl	b	Ag	Sl	a
pie	pie	pulgada	pulgada	pie	bpd	bpd	bpd	pie3/dia	pie3/dia		pie	pie	radian	pie2	pie2	radian
9.02	9.10	0.500	1.000	52.48	20000	1000	19000	70000	27961	0.75	1.00	6.77	0.5236	12.49	51.41	0.400

CALCULO DE PARAMETROS PRINCIPALES

Velocidad media de líquidos v_l	Velocidad media del aceite v_o	Velocidad media del agua v_w	Velocidad media del gas	Sección del flujo de gas	Sección del flujo de aceite	Sección del flujo de agua	Area exterior gas-ambiente	Area exterior aceite-ambiente	Area exterior agua-ambiente	Altura máxima de la capa de aceite	Altura máxima de la capa de gas	Altura máxima de la capa de agua
v_l	v_o	v_w	v_g	A_g	A_o	A_w	A_{ga}	A_{oa}	A_{wa}	h_o	h_g	h_w
pie/seg	pie/seg	pie/seg	pie/seg	pie ²	pie ²	pie ²	pie ²	pie ²	pie ²	pie	pie	pie
0.0252	0.0161	0.0260	0.025905	12.493	4.037	47.371	134.899	10.539	199.9	1.000	2.255	5.765

CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL GAS A LA DESCARGA DE SEPARADOR (SOLO EL GAS FLUYE POR TODA LA SECCION DEL SEPARADOR A LA MISMA VELOCIDAD MEDIA)

Presión absoluta en el separador	Temperatura
gas	gas
P	T
psia	°R
46	629.2

Alta temperatura fluido caliente computada al ingreso al separador	T_1 °F	Baja temperatura supuesta para el fluido caliente a la salida del separador	T_2 °F	Baja temperatura fluido caliente a la salida del separador calculado	T_{2c} °F	Caudal real de gas	V_g pie ³ /hr	Densidad real del gas a P.T.m	d_g lb/pie ³	Caudal máscro real de gas	W_g Lb/hr	Longitud del separador	L_{as} pie	Calor específico del fluido caliente -gas	C Btu/lb°F	Calor específico del fluido frío lado exterior - agua de lluvia	c Btu/lb°F	Baja temperatura del fluido frío	t_1 °F	Alta temperatura del fluido frío	t_2 °F	Diferencia media logarítmica de temperaturas	$MLDT$ °F	Parámetro	R	Parámetro	S	Parámetro	Ft	Diferencia de temperaturas corregida	Dt °F	Conductividad térmica del aislamiento	K_a Btu/hr·pie ··F					
	186.738	162.670	162.668	162.668	162.668	1.166	159.5818	0.13698	0.13698	159.5818	62.48	62.48	62.48	0.536912	1	68	68	68	68	68	68	100.3	101.2	sin valor	0	1	1	1	100.3	101.2	0.033	0.033						
	186.736	164.329	165.329	165.329	165.329	1.166	159.3321	0.13676	0.13676	159.3321	62.48	62.48	62.48	0.537264	1	68	68	68	68	68	101.2	101.2	sin valor	0	1	1	1	101.2	101.2	0.033	0.033							

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA LADO EXTERIOR

Temperatura de la película	T_1 °F	Temperatura media de la pared del tubo	T_p °F	Temperatura media del medio ambiente	T_{ma} °F	Viscosidad dinámica del aire a T_f	μ cp	Densidad a T_f	ρ_f Lb/pie ³	Densidad a T_a	d_s Lb/pie ³	Viscosidad dinámica del fluido a T_f	μ_f Lb/pie·hr	Peso específico a T_f	ρ_f Lb/pie ³	Peso específico a T_a	ρ_a Lb/pie ³	Conductividad térmica a T_f	k Btu/hr·pie ··F	Calor específico a T_f	c_f Btu/lb·F	Diámetro exterior del separador sin aislamiento	D_{ol} pulgada	Diámetro exterior del separador + aislamiento	D_o pulgada	Coeficiente por convección	h_c Btu/hr·pie ² F	factor de emisividad	e	Coeficiente por radiación	h_r Btu/hr·pie ² F	Coeficiente total lado exterior	h_o Btu/hr·pie ² F
	118.602	169.204	169.204	68	68	0.019	0.019	0.0696	0.0696	0.0755	0.0755	0.86	0.86	0.94	0.94	0.0016	0.0016	0.016	0.016	0.25	1.25	9.103333	9.103333	9.103333	9.103333	9.103333	9.27	0.9575	0.7	0.945481	1.9030	2.3763	
	119.01675	170.0335	170.0335	68	68	0.019	0.019	0.0696	0.0696	0.0755	0.0755	0.86	0.86	0.94	0.94	0.0016	0.0016	0.016	0.016	1.25	1.25	9.103333	9.103333	9.103333	9.27	1.4287	0.7	0.947624	2.3763				

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA LADO INTERIOR

Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	T_a °F	Caudal aparente de gas	G_{ga} pie ³ /hr	Caudal máscro por unidad de sección transversal	G_t Lb/(hr·pie ²)	Cantidad de cuerpos	n	Sección transversal del separador	a_t pie ²	Área de flujo total	a_t pie ²	Viscosidad dinámica	μ Lb/pie·hr	Densidad	d Lb/pie ³	Peso específico	p	Conductividad térmica	k Btu/hr·pie ··F	Diámetro interior del separador	D_i pie	Longitud del separador	L_t pie	Reynolds en los tubos	Ret	Calor específico	C Btu/lb·F	Numero de Prandtl	u^*Cik	Coeficiente de película lado interior sin corregir por diámetro	h_o Btu/hr·pie ² F	Espesor del casco	t pulgada
169.204	5969	12.77413	1	63.9003	63.9003	1	63.9003	63.9003	63.9003	63.9003	63.9003	0.0286	0.0286	0.1370	1.7929	1.7929	0.0218	0.0218	9.020	9.020	4044	62.48	4044	62.48	0.538912	0.703349	0.04	0.500					
170.0335	6969	12.75414	1	63.9003	63.9003	1	63.9003	63.9003	63.9003	63.9003	63.9003	0.0286	0.0286	0.1368	1.7901	1.7901	0.0216	0.0216	9.020	9.020	4033	62.48	4033	62.48	0.537264	0.703347	0.04	0.5					

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (GAS - MEDIO AMBIENTE)

	Resistividad total									
		Uga	a"	Acs	Q	Aga	Oga	UD	Rd	v
	Coefficiente total Uga	Biuh/rie 2oF	piez/ple	pie2	Biuhr	pie2	Biuhr	Biuh/rie 2oF		pie/seg
	Superficie unitaria exterior del separador									
	Superficie exterior									
	Calor total cedido por el fluido caliente									
	Superficie exterior cilindrica gas ambiente									
	Calor total calculado en base a Uga									
	Coefficiente total de diseño con el valor supuesto para Rd									
	Factor de obstrucción seleccionado o supuesto									
	Velocidad del fluido en el tubo									
23.217457	0.043071	28.59897	1564.774	2833.31	655.9131	2833.48	0.043066	0.0026	0.026905	
26.084766	0.038337	29.12256	1592.252	2688.72	670.8231	2603.15	0.038333	0.0026	0.025905	

	Espesor del aislamiento
Ea	
pulgada	
0	
1.000	

	Coefficiente de pelicula - lado interior sin corregido por diámetro.
hio	
Biuh/rie ^{2*}	
F	
0.044271	
0.044255	

CALCULO DE LA TEMPERATURA DE ACEITE A LA DESCARGA DE SEPARADOR (SOLO EL ACEITE FLUYE POR TODA LA SECCION DEL SEPARADOR A LA MISMA VELOCIDAD MEDIA)

T ₁	T ₂	T _{3c}	Vg	do	Wg	Las	C	c	t1	t2	MLDT	R	S	Fi	Dt	Ka
°F	°F	°F	bpd	Lb/pt3	Lb/hr	pie	Biuh/°F	Biuh/°F	°F	°F	°F	sin valor	0	1	°F	Biuh/rie ^{**F}
	Alta temperatura fluido caliente computada al ingreso al separador	Baja temperatura supuesta para el fluido caliente a la salida del separador	Caudal real de aceite	Peso especifico del aceite	Caudal másico real de aceite	Longitud del separador	Calor especifico del fluido caliente -gas	Calor especifico del fluido frio lado exterior - agua de lluvia	Baja temperatura del fluido frio	Alta temperatura del fluido frio	Diferencia media logaritmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida	Conductividad térmica del aislamiento
186.738	186.306	186.306	1.000	0.91	13243.23	52.48	0.488	1	68	68	117.5	sin valor	0	1	117.5	0.033
186.738	186.611	186.611	1.000	0.91	13243.23	52.48	0.488	1	68	68	117.6	sin valor	0	1	117.6	0.033

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA LADO EXTERIOR

Coeficiente exterior supuesto	Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coeficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del separador sin aislamiento	Diámetro exterior + del separador + aislamiento	Coeficiente por convección	factor de emisividad	Coeficiente por radiación
hos	T _i	T _p	T _{ma}	u	d _r	d _s	d _a	B	k	c _r	Dof	Do	hc	e	hr
Blu/hrpie ² *F	*F	*F	*F	cp	Lb/pie ³	Lb/pie ³	Lb/pie ³	1/F	Blu/hr*pie ² **F	Blu/lb*F	PIE	PIE	Blu/hrpie ² *F		Blu/hrpie ² *F
1	126.7608	185.5215	68	0.019	0.0687	0.0755	0.85	0.001609	0.016	0.25	9.0825	9.0825	0.9977	0.7	0.988373
1.6	126.8123	185.6245	68	0.019	0.0687	0.0755	0.85	0.001609	0.016	1.25	9.0825	9.249167	1.4855	0.7	0.988649

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA LADO INTERIOR

Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal aparente de aceite	Caudal másico aparente por unidad de sección transversal	Cantidad de cuerpos	Sección transversal del separador	Área de flujo total	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del separador	Longitud del separador	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coeficiente de película - lado interior sin corregir por diámetro	Espesor del casco
Ta	Gw	Gt	n	a _t	a _t	u	d	ρ	k	DI	Lt	Ret	C	u*C/k	h _o	t
*F	pie ³ /hr	Lb/hr*pie ²		pie ²	pie ²	Lb/pie ³ -hr	Lb/pie ³		Blu/hr*pie ² **F	pie	pie		Blu/lb*F		Blu/hrpie ² *F	pie
185.5215	3698	3284.735	1	63.9003	63.9003	72.6726	66.7584	0.9100	0.0689	9.020	62.48	408	0.488	514.7203	0.469	0.375
185.6245	3698	3284.735	1	63.9003	63.9003	72.6726	66.7584	0.9100	0.0689	9.020	62.48	408	0.488	514.7203	0.469	0.375

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (ACEITE - MEDIO AMBIENTE)

Resistividad total	Coeficiente total Uoa	Superficie unitaria exterior del separador	Superficie exterior cilíndrica del separador	Calor total cedido por el fluido caliente	Área de transferencia de calor aceite - ambiente	Calor total calculado en base a Uoa	Coeficiente total de diseño con el valor supuesto para Rd	Factor de obstrucción seleccionado o supuesto	Velocidad del fluido en el tubo
	Uoa	a"	Acs	Qc	Aoa	Qoa	Ud	Rd	v
	Blu/hrpie ² *F	pie ² /pie	pie ²	Blu/hr	pie ²	Blu/hr	Blu/hrpie ² *F		pie/seg
2.6485251	0.377569	28.53352	1562.228	2798.35	63.0964	2799.74	0.377213	0.0025	0.016076
5.1368462	0.194672	29.05711	1592.106	1467.03	64.1802	1469.61	0.194577	0.0025	0.016076

Coeficiente total lado exterior	ho	Coeficiente de película - lado interior corregido por diámetro
Blu/hrpie ² *F		Blu/hrpie ² *F
1.9861		0.467804
2.4742		0.467804

Espesor del aislamiento	Ea
pie	
0	
1.000	

CALCULO DE LA TEMPERATURA DE AGUA A LA DESCARGA DE SEPARADOR (SOLO EL AGUA FLUYE POR TODA LA SECCION DEL SEPARADOR A LA MISMA VELOCIDAD MEDIA)

T_1	T_2	T_{ac}	Vg	do	Wg	Las	C	c	t1	t2	MLDT	R	S	F1	Dt	Ka
Alta temperatura fluido caliente computada al ingreso al separador	Baja temperatura supuesta para el fluido caliente a la salida del separador	Baja temperatura fluido caliente a la salida del separador calculado	Caudal real de agua	Peso especifico del agua	Caudal másico real de agua	Longitud del separador	Calor especifico del fluido caliente -gas	Calor especifico del fluido frio lado exterior - agua de lluvia	Baja temperatura del fluido frio	Alta temperatura del fluido frio	Diferencia media logaritmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida	Conductividad térmica del aislamiento
°F	°F	°F	bpd	Lb/piel3	Lb/hr	pie	Btu/lb°F	Btu/lb°F	°F	°F	°F	sin valor	0	1	°F	Btu/hr°pie°F
186,738	186,136	186,136	19,000	1,09548	302909,2	62,48	0,488	1	68	68	117,4	sin valor	0	1	117,4	0,033
186,738	186,617	186,617	19,000	1,0954	302986,7	62,48	0,488	1	68	68	117,6	sin valor	0	1	117,6	0,033

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA LADO EXTERIOR

hos	T_f	T_p	T_{ma}	ν	d_f	d_a	ρ_f	ρ_a	B	k	c_f	Dol	Do	hc	e	hr
Coefficiente exterior supuesto	Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a T_f	Densidad a T_f	Densidad a T_a	Peso especifico a T_f	Peso especifico a T_a	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a T_f	Calor especifico a T_f	Diámetro exterior del separador sin aislamiento	Diámetro exterior del separador + aislamiento	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación
Btu/hpie ² °F	°F	°F	°F	cp	Lb/piel ³	Lb/piel ³			1/°F	Btu/hr°pie°F	Btu/lb°F	PIE	PIE	Btu/hpie ² °F		Btu/hpie ² °F
1	126,7183	185,4365	68	0,019	0,0687	0,0755	0,85	0,94	0,001609	0,016	0,25	9,0825	9,0825	0,9976	0,7	0,988146
1	126,8138	185,6275	68	0,019	0,0687	0,0755	0,85	0,94	0,001609	0,016	1,25	9,0825	9,249167	1,4855	0,7	0,988657

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA LADO INTERIOR

Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal aparente de aceite	Caudal másico aparente por unidad de sección transversal	Cantidad de cuerpos	Sección transversal del separador	Área de flujo total	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del separador	Longitud de tubo	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado interior sin corregir por diámetro.	Espesor del casco
Ta	Gw	Gt	n	a1	a1	u	d	p	k	Di	Lt	Ret	C	u·C/k	h _o	t
°F	pie ³ /hr	Lb/(hr·pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/ple-hr	Lb/ple ³		Btu/hr·pie ² ·°F	pie	pie		Btu/lb·°F		Btu/hr·pie ² ·°F	pulgada
185.4365	808	5825.908	1	63.9003	63.9003	72.8728	84.1028	1.0278	0.1482	9.020	52.48	723	0.96	472.2228	1.172	0.375
185.6275	808	5826.687	1	63.9003	63.9003	72.8728	84.1114	1.0279	0.1482	9.020	52.48	723	0.96	472.2228	1.172	0.375

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (AGUA SALADA - AMBIENTE)

Resistividad total	Coefficiente total Uoa	Superficie unitaria exterior del separador	Superficie exterior cilíndrica del separador	Calor total cedido por el fluido caliente	Área de transferencia de calor agua - ambiente	Calor total calculado en base a Uoa	Coefficiente total de diseño con el valor supuesto para Rd	Factor de obstrucción seleccionado o supuesto	Velocidad del fluido en el tubo
	Uoa	a"	Acs	Qc	Awa	Qoa	Ud	Rd	v
	Btu/hr·pie ² ·°F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	pie ²	Btu/hr	Btu/hr·pie ² ·°F		pie/seg
1.36	0.733843	28.53352	1562.228	89135.3	1035.3	89197	0.7323	0.0026	0.025246
3.83	0.281257	29.05711	1592.106	32665.7	1050.9	32602	0.261087	0.0026	0.025246

CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA A LA DESCARGA DEL SEPARADOR:

BALANCE GENERAL DE CALOR

Temperatura del fluido de producción al ingreso a separador	Calor total CEDIDO AL MEDIO EXTERIOR	FLUJO MASICO POR HORA	Temperatura a la descarga de separador	Temperatura media en el separador
°F	Btu/hr	Lb/hr	°F	°F
T _{1s}	Qtc	G	T _{2a}	T _m
185.738	94787	316312	185.1	185.43
185.738	36821	316289	185.5	185.62

SIN AISLAMIENTO
CON AISLAMIENTO

Espesor del aislamiento	Coefficiente total lado exterior	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro.
Ea	h _o	h _o
pulgada	Btu/hr·pie ² ·°F	Btu/hr·pie ² ·°F
0	1.9857	1.167539
1.000	2.4742	1.167591

CALCULO DE LA PERFORMANCE DEL PROCESO DE SEPARACION EN SEPARADOR TRIFASICO

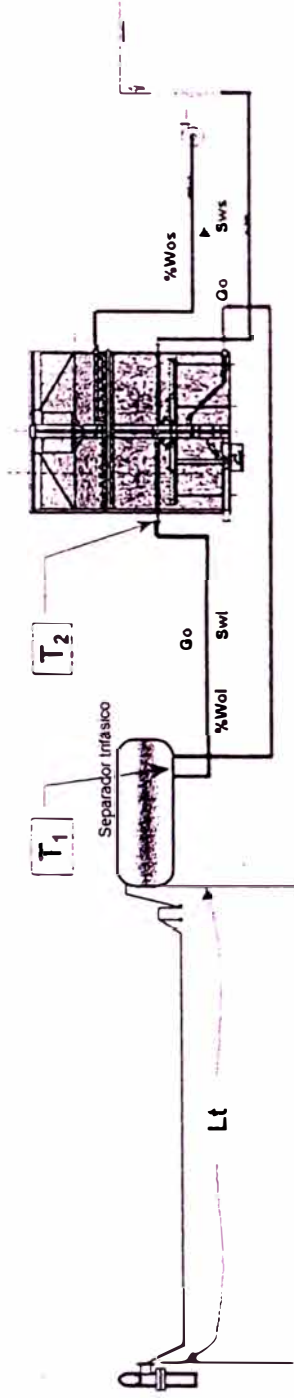
P	T	Ug	Uo	Uw	Gw	Go	Gg	Qg	Qg	Qg	Qo	Qo	Qw	Qw	Q	Q							
PSI	°C	poise	poise	poise	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	NCFD	CFD	cm ³ /s	BPD	cm ³ /s	BPD	cm ³ /s	cm ³ /s	BPD							
31	85.24	0.00012	0.91000	0.00661	1.0855	0.91	0.002196	70.0000	28.0650	9.1981	1.000	1.8375	19.000	34.9125	45.9481	25.006							
PRESION		TEMPERATURA		VISCOSIDAD DEL GAS		VISCOSIDAD DEL ACEITE		VISCOSIDAD DEL AGUA		DENSIDAD DEL AGUA		DENSIDAD DEL ACEITE		DENSIDAD DEL GAS		CAUDAL GAS		CAUDAL ACEITE		CAUDAL DE AGUA		CAUDAL TOTAL EQUIVALENTE	

Rg	Ro	Rw	Sg	So	Sw	D	Lt	L=(2/3)Lt	Hg	Ho	Hw														
cm/s	cm/s	cm/s	cm ²	cm ²	cm ²	cm	cm	cm	cm	cm	cm														
0.790	0.490	0.793	11.6492	3.7501	44.0092	59.4085	275.0	1.5996	1.0664	68.7	30.5	175.7													
VELOCIDAD DEL GAS		VELOCIDAD DEL ACEITE		VELOCIDAD DEL AGUA		SECCION PARA EL GAS		SECCION PARA EL ACEITE		SECCION PARA EL AGUA		SECCION TOTAL		DIAMETRO DEL SEPARADOR		LONGITUD DEL SEPARADOR		LONGITUD EFECTIVA DE SEPARADOR		ALTURA MEDIA DE LA CAPA DE GAS		ALTURA MEDIA DE LA CAPA DE ACEITE		ALTURA MEDIA DE LA CAPA DE AGUA	

Dg	Dw	Dow	Dog	Dwg	Dwo	Dgo	Dgw								
MICRON	MICRON	MICRON	MICRON	MICRON	MICRON	MICRON	MICRON								
387	366	82	4	3	366	160	38								
DIAMETRO PARTICULA GAS QUE ATRAVIEZA AGUA Y PETROLEO		DIAMETRO PARTICULA AGUA QUE ATRAVIEZA GAS Y PETROLEO		DIAMETRO PARTICULA ACEITE QUE ATRAVIEZA EL AGUA		DIAMETRO PARTICULA ACEITE QUE ATRAVIEZA EL GAS		DIAMETRO DE PARTICULA DE AGUA QUE ATRAVIEZA EL GAS Y SE VA CON EL ACEITE		DIAMETRO DE PARTICULA DE AGUA QUE ATRAVIEZA EL ACEITE		DIAMETRO DE PARTICULA DE GAS QUE ATRAVIEZA EL ACEITE		DIAMETRO DE PARTICULA DE GAS QUE ATRAVIEZA EL AGUA Y SE VA CON EL ACEITE	

9.2.1.2 CALCULO DE LA PERFORMANCE DEL TRATAMIENTO DE ACEITE EN EL TANQUE DE LAVADO

Figura 9.2 - 6: ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA EL CALCULO DE LA TEMPERATURA DE LA CORRIENTE DE ACEITE AL INGRESO A TANQUE DE LAVADO



BALANCE DE CALOR

Alta temperatura fluido caliente	T ₁	°F	186.1	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	T ₂	°F	180.367	Baja temperatura fluido caliente calculado	T ₂	°F	180.367	Fración medida de tiempo empleado en la descarga	x	0.750	% de agua presente en la corriente de aceite	%Wo	0.850	Caudal de aceite seco	bdp	1000	Caudal del fluido caliente	V	bdp	1,009	Caudal másico en los tubos	v	Lb/hr	16056.97	Calor específico medio del fluido en tubos	C	Btu/lb*F	0.48994	Baja temperatura del fluido a T ₁	t ₁	°F	68	Alta temperatura del fluido a T ₂	t ₂	°F	68	Diferencia media logarítmica de temperaturas	MLDT	°F	114.7	sin valor	R	0	Parametro	S	1	Parametro	Ft	114.7	Diferencia de temperaturas corregida	Dt	°F	114.7
----------------------------------	----------------	----	-------	---	----------------	----	---------	--	----------------	----	---------	--	---	-------	--	-----	-------	-----------------------	-----	------	----------------------------	---	-----	-------	----------------------------	---	-------	----------	--	---	----------	---------	--	----------------	----	----	--	----------------	----	----	--	------	----	-------	-----------	---	---	-----------	---	---	-----------	----	-------	--------------------------------------	----	----	-------

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Temperatura de la película	T _f	°F	125.3703	Temperatura media de la pared del tubo	T _p	°F	182.7405	Temperatura media del medio ambiente	T _{ms}	°F	68	Viscosidad dinámica del aire a T _f	u	cp	0.019	Densidad a T _f	d _f	Lb/pe ³	0.0688	Densidad a T _a	d _a	Lb/pe ³	0.0755	Peso específico a T _f	Pr	0.85	Peso específico a T _a	pa	0.94	Coefficiente de expansión térmica	B	1/F	0.001607	Conductividad térmica a T _f	k	Btu/hr*pie**	0.016	Calor específico a T _f	c _f	Btu/lb*F	0.25	Dímetro exterior del tubo	Do	pulgada	4.5	Coefficiente por convección	hc	Btu/hr*pie ²	1.1819	factor de emisividad	e	0.7	Coefficiente por radiación	hr	Btu/hr*pie ²	0.980952	Coefficiente total lado exterior	ho	Btu/hr*pie ²	2.1629
----------------------------	----------------	----	----------	--	----------------	----	----------	--------------------------------------	-----------------	----	----	---	---	----	-------	---------------------------	----------------	--------------------	--------	---------------------------	----------------	--------------------	--------	----------------------------------	----	------	----------------------------------	----	------	-----------------------------------	---	-----	----------	--	---	--------------	-------	-----------------------------------	----------------	----------	------	---------------------------	----	---------	-----	-----------------------------	----	-------------------------	--------	----------------------	---	-----	----------------------------	----	-------------------------	----------	----------------------------------	----	-------------------------	--------

Coefficiente de transferencia (hio) lado Interior, corriente de aceite (se considera características del aceite)

Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de producción	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Numero de Prandtl	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro
Ta °F	GW bpd	Gt Lb/(hr ² pie ²)	n	a _t pie ²	at pie ²	n Lb/ple-hr	d Lb/ple ³	p	k Btu/hr ² pie ² °F	DI pie	Lt pie	Ret	C Btu/lb°F	u ² /C/ik	h _{io} Btu/hrpie ² °F
182.74055	1.345	204300.6	1	0.0873	0.0873	31.8850	58.8208	0.9110	0.0689	0.333	144.32	2136	1	462.77	17.69

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALO R

Coefficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
Uc Btu/hrpie ² °F	a ² pie ² /pie	A pie ²	Q _c Btu/hr	Q _{uc} Btu/hr	Ud Btu/hrpie ² °F	Rd	U Btu/hrpie ² °F	v pie/seg
1.92719	1.178097	170.023	37591.2	37591.24	1.92719	0.0000	1.92719	0.998757

Figura 9.2 - 7: ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL TRATAMIENTO TOTAL DE LA CORRIENTE DE ACEITE

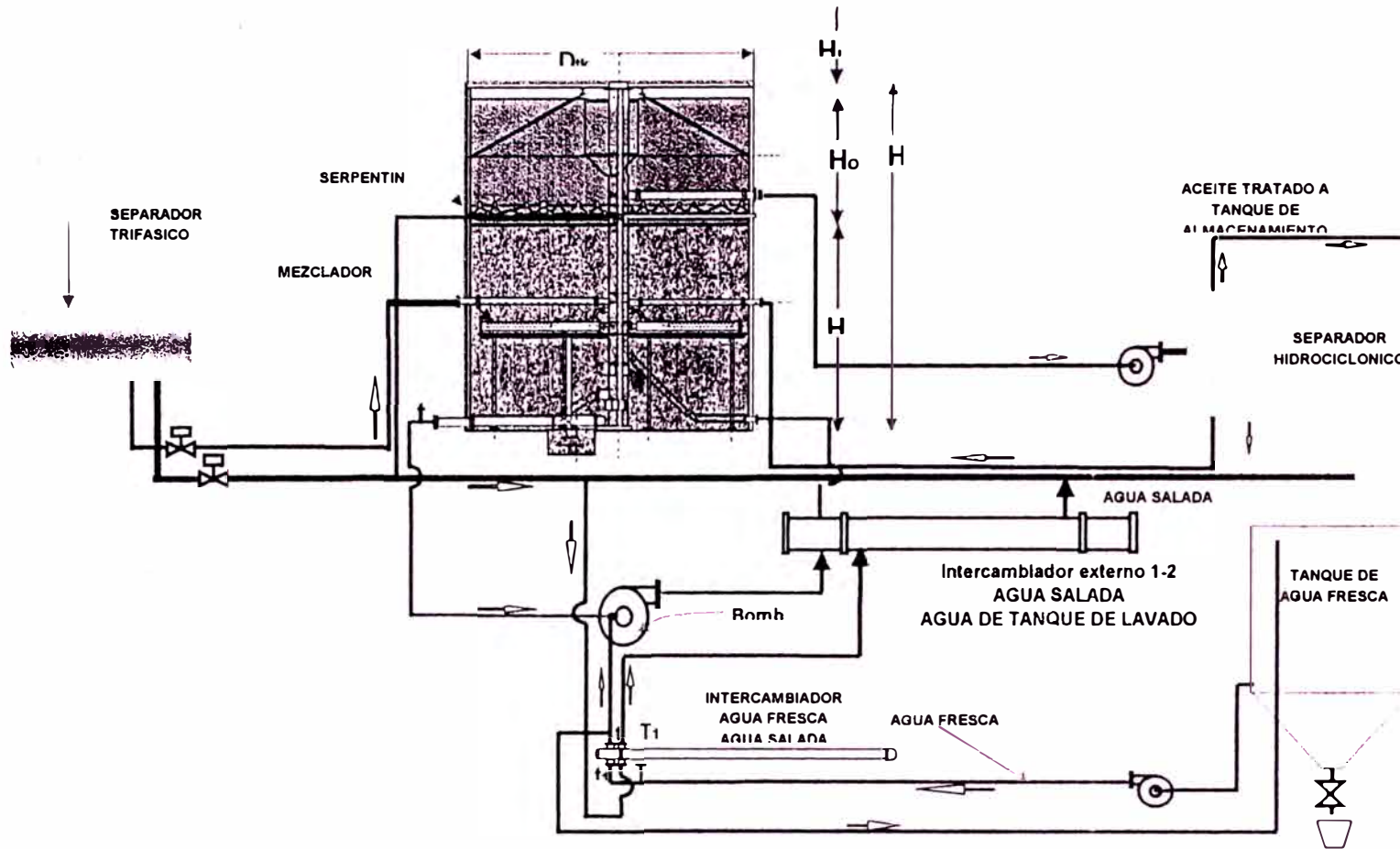
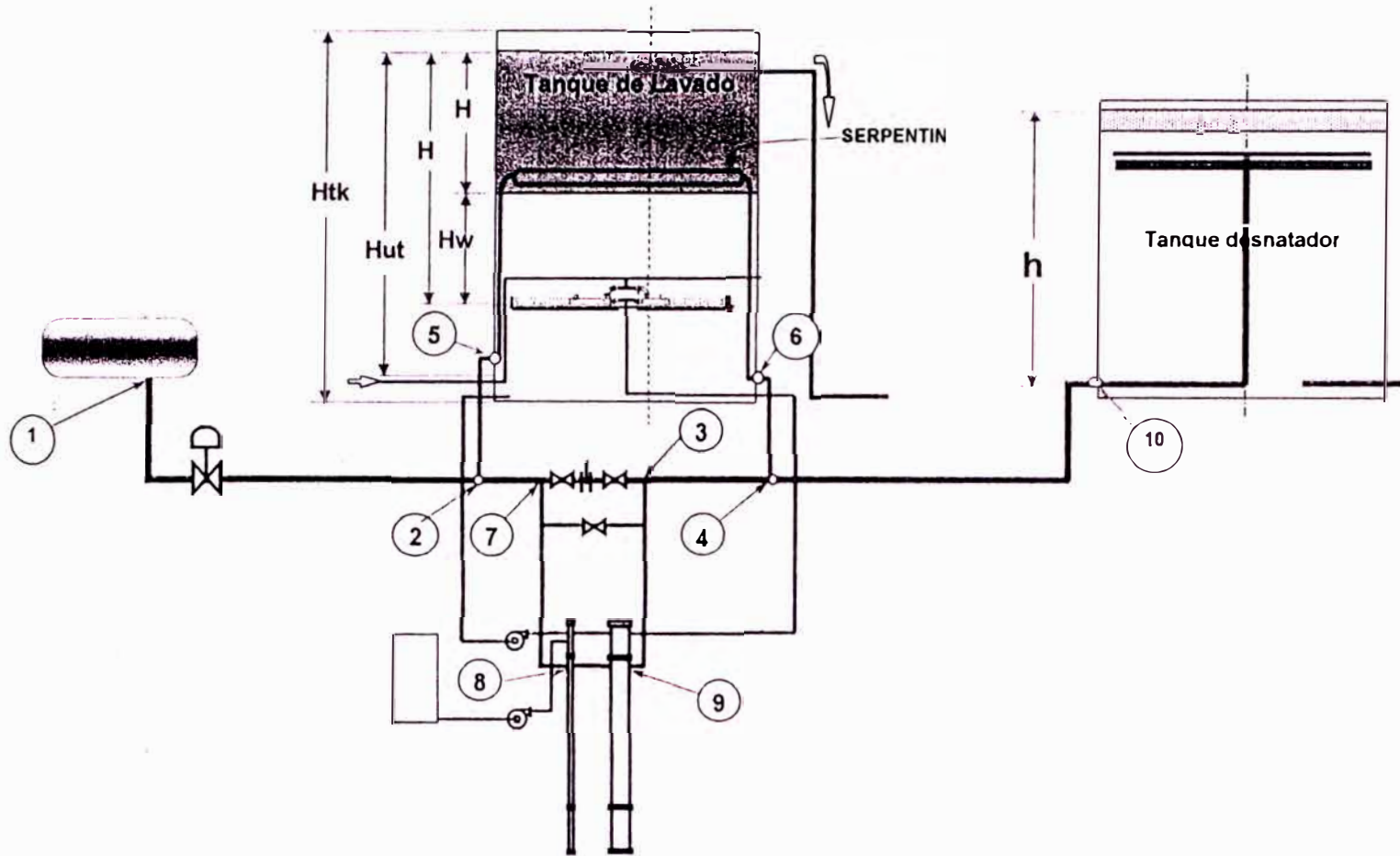


Figura 9.2 - 8: ESQUEMA DE LA INTERCONEXION DE LINEAS DE AGUA SALADA PARA EL TRATAMIENTO DE LA CORRIENTE DE ACEITE



DIAMETROS Y LONGITUDES DE LAS LINEAS DE INTERCONEXION

LONGITUD TRAMO 1-2	DIAMETRO TRAMO 1-2	LONGITUD TRAMO 2-5	DIAMETRO TRAMO 2-5	LONGITUD TRAMO 5-6	DIAMETRO TRAMO 5-6	RAMALES PARALELOS TRAMO 5-6	LONGITUD TRAMO 6-4	DIAMETRO TRAMO 6-4	LONGITUD TRAMO 2-7	DIAMETRO TRAMO 2-7	LONGITUD TRAMO 7-8	DIAMETRO TRAMO 7-8	LONGITUD TRAMO 9-3	DIAMETRO TRAMO 9-3	LONGITUD TRAMO 3-4	DIAMETRO TRAMO 3-4	LONGITUD TRAMO 4-10	DIAMETRO TRAMO 4-10
L12	D12	L25	D25	L58	D58	r ₅₈	L64	D64	L27	D27	L78	D78	L83	D83	L34	D34	L49	D49
PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE
52.48	0.68	65.60	0.34	82.00	0.34	6	78.72	0.34	78.72	0.68	45.92	0.34	68.88	0.34	19.68	0.68	150.88	0.68
	CAS 7"																	

DESNIVEL TANQUE DESNATADOR
h
PIE
23.00

CALCULO DEL FLUJO DE AGUA SALADA INGRESANTE A SERPENTIN
SE DESPRECIA EL CONTENIDO DE ACEITE EN EL AGUA
Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 1 a 2

Temperatura media	CAUDAL MEDIO		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	°F	BPD												m ³ /s	METROS	PIES
185	19,000	0.0349	0.98	16	0.206	0.033468	1.064455	6.1E-07	363039	0.020	1.09567	-2.5	13.20	-1.6	-5.4	-2.6

Cantidad
Parcial

Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 4/8, 20° Estrechamiento	Reducción 4/8, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc
k	k	k	k	k	k	k	k	k
0.61	0.33	0.41	1.22	6.93	0.16	0.39	0.68	1.02
5	2	3	0	1	2	0	0	1
3.06	0.65	1.22	0.00	6.93	0.33	0.00	0.00	1.02

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.666667	0.666667

RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
		pulgada	pulgada	0.0002
0.008	8.125	0.0259	6.2090	7.021987
		0.0203	7.0220	7.006296
		0.0204	7.0063	7.006596
		0.0204	7.0066	7.00659
		0.0204	7.0066	7.00659
		0.0204	7.0066	7.00659
		0.0204	7.0066	7.00659

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 2 a 5 y de 6 a 4

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	°F	BPD												m³/s	METROS	PIES
185	9,060	0.0166	0.98	44	0.102	0.008217	2.067289	6.1E-07	349363	0.0239	1.09567	0	7.71	39	12.9	6.1

Cantidad Parcial	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20° Estrechamiento	Reducción 4/6, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k			pulgada	pulgada	0.0002	73.8837	5.944144
	0.72	0.38	0.48	1.43	8.12	0.19	0.39	0.68	1.19			0.008	4.026	0.0283	5.9441	6.475682
	2	2	0	2	0	2	1	1	1					0.0238	6.4757	6.469965
	1.43	0.76	0.00	2.87	0.00	0.38	0.39	0.68	1.19					0.0239	6.4700	6.470026
														0.0239	6.4700	6.470026
														0.0239	6.4700	6.470026
														0.0239	6.4700	6.470026
														0.0239	6.4700	6.470026

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.666667	0.666667

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 4 a 5 (serpentin)
 Tubbing de 3 1/2"

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	°F	BPD												m³/s	METROS	PIES
185	1,510	0.0028	0.98	25	0.078	0.004769	0.59	6.1E-07	76429	0.0270	1.09567	0	8.46	0.3073	1.0	0.5

	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 3.5/4, 16° Estrechamiento	Reducción 3.5/4, 16° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k			pulgada	pulgada	0.0008	34.5572	5.471431
	0.81	0.43	0.54	1.62	9.17	0.22	0.15	0.21	0.00			0.008	3.068	0.0334	5.4714	6.108536
Cantidad	10	0	0	0	0	0	1	1	1					0.0268	6.1085	6.088184
Parcial	8.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.21	0.00					0.0270	6.0882	6.088827
														0.0270	6.0888	6.088807
														0.0270	6.0888	6.088807
														0.0270	6.0888	6.088807
														0.0270	6.0888	6.088807
														0.0270	6.0888	6.088807

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.75	0.75

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 2 a 7

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	°F	BPD												m³/s	METROS	PIES
185	9,940	0.0183	0.98	24	0.206	0.033468	0.556878	6.1E-07	189927	0.0210	1.09567	0	5.72	0.1	0.4	0.2

Cantidad Parcial	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control restringida	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20° Estrechamiento	Reducción 4/6, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k			pulgada	pulgada	0.0003	54.48	6.01284
	0.63	0.34	0.42	1.26	21.45	0.17	0.39	0.68	1.05			0.008	8.125	0.0277	6.0128	6.924718
	6	2	0	1	0	0	0	0	0					0.0209	6.9247	6.894884
	3.79	0.67	0.00	1.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					0.0210	6.8949	6.895844
														0.0210	6.8958	6.895813
														0.0210	6.8958	6.895814
														0.0210	6.8958	6.895814
														0.0210	6.8958	6.895814
														0.0210	6.8958	6.895814

Factor de cierre	Angulo °S	Angulo °S
3.00	20	20
	Relación	Relación
	0.666667	0.66667

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 7 a 8 y de 9 a 3

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	°F	BPD												m³/s	METROS	PIES
185	9,940	0.0183	0.98	35	0.102287	0.008217	2.268085	6.1E-07	383297	0.0216	1.09567	0.00	6.21	3.6	11.7	5.5

Cantidad Parcial	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20° Estrechamiento	Reducción 4/6, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k			pulgada	pulgada	0.0002	77.3888	6.135589
	0.65	0.34	0.43	1.29	7.33	0.17	0.39	0.68	1.08			0.008	6.184	0.0266	6.1356	6.820382
	4	2	0	1	0	1	1	0	1					0.0215	6.8204	6.810423
	2.59	0.69	0.00	1.29	0.00	0.17	0.39	0.00	1.08					0.0216	6.8104	6.810567
														0.0216	6.8106	6.810565
														0.0216	6.8106	6.810565
														0.0216	6.8106	6.810565
														0.0216	6.8106	6.810565
														0.0216	6.8106	6.810565

Angulo *S	Angulo *S
20	20
Relación	Relación
0.666667	0.666667

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo de 3 a 4

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	°F	BPD												m³/s	METROS	PIES
185	9,940	0.0183	0.98	6	0.206428	0.033468	0.556878	6.1E-07	189927	0.0222	1.09567	0.00	6.65	0.1	0.4	0.2

Cantidad Parcial	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20° Estrechamiento	Reducción 4/6, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k			pulgada	pulgada	0.0003	54.48	5.942348
	0.66	0.35	0.44	1.33	7.53	0.18	0.39	0.68	1.11			0.008	6.184	0.0283	5.9423	6.738682
	5	2	0	1	0	1	0	0	1					0.0220	6.7387	6.717545
	3.32	0.71	0.00	1.33	0.00	0.18	0.00	0.00	1.11					0.0222	6.7175	6.718099
														0.0222	6.7181	6.718084
														0.0222	6.7181	6.718085
														0.0222	6.7181	6.718085
														0.0222	6.7181	6.718085
														0.0222	6.7181	6.718085

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.666667	0.666667

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo de 4 a 10 y presión necesaria por desnivel en tanque

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	°F	BPD												m³/s	METROS	PIES
185	19,000	0.0349	0.98	46	0.206428	0.033468	1.064455	6.1E-07	363039	0.0216	1.09567	7.01	6.48	7.7	25.1	11.9

Cantidad Parcial	Codo 90°		Codo 45°		Tee flujo directo		Tee flujo desviado		Válvula de control		Válvula de compuerta		Reducción 4/6, 20° Estrechamiento		Reducción 4/6, 20° Ensanchamiento		Válvula Check - Swin disc		RUGOSIDAD ABSOLUTA		DIAMETRO INTERNO		CALCULO ITERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN												
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k							
0.65	0.35	0.43	1.30	7.34	0.17	0.39	0.68	1.08	0.008	6.184	0.0002	75.32	6.121542	0.0267	6.1215	6.8156	6.805009	0.0215	6.8050	6.80517	0.0216	6.8052	6.805168	0.0216	6.8052	6.805168	0.0216	6.8052	6.805168	0.0216	6.8052	6.805168	0.0216	6.8052	6.805168
5	2	0	1	0	1	0	0	1																											
3.24	0.69	0.00	1.30	0.00	0.17	0.00	0.00	1.08																											

Angulo *S/Angulo *S	20	20
Relación	Relación	Relación
0.666667	0.666667	0.666667

CALCULO DE LOS CAUDALES QUE INGRESAN AL SERPENTIN Y A LOS INTERCAMBIADORES

Caudal total de agua salada	Vw	18000	bpd
Caudal medio por serpentín	Vws	8060	bpd
Caudal medio por troncal	Vwt	0	bpd
Pérdida hidráulica por serpentín- TRAMO 2 - 5 - 6 - 4	P ₂₊₃₊₄	6.57	psig
Pérdida hidráulica por troncal-TRAMO 3 - 4 incluye plato de orificio	P ₂₃	sin valor	psig
Caudal de agua salada por intercambiadores	Vwi	8940	bpd
Pérdida hidráulica por intercambiadores	P ₈₊₉	1.00	psig
Pérdida hidráulica por tramo 7 - 8 , 9 - 3	P ₇₊₈₊₉	6.54	psig
Pérdida hidráulica por tramo 7 - 8 - 9 - 3 - 4	P ₇₊₈₊₉	6.54	psig
Caudal por plato de orificio	Vpo	0	bpd
Pérdida hidráulica necesaria en plato de orificio 7-3	P ₇₃	0.00	psig
Pérdida hidráulica total TRAMO 1-2-5-6-4-10	P ₁₊₂₊₅₊₆₊₄₊₁₀	15.94	psig
Fracción de apertura		0.88	
Relación de apertura en plato de orificio	m	0.0000	
Pérdida calculada en plato de orificio	Ppo	sin valor	psig
Diámetro del agujero en plato de orificio	Do	Cerrado	pulgada

CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA AL INGRESO A INTERCAMBIADOR AGUA FRESCA - AGUA SALADA
TRAMO 1-2

	Alta temperatura fluido caliente - descarga de separador		Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto		Baja temperatura fluido caliente calculado		Caudal promedio por pozo - fluido caliente		Caudal másico en los tubos		Calor específico del fluido en tubos		Baja temperatura del fluido frio - Tempeartuar del aire		Alta temperatura del fido frio - Temeptratura del aire		Diferencia media logaritmica de temperaturas		Parámetro		Parámetro		Parámetro		Diferencia de temperaturas corregida
T ₁	T ₂	T ₂	V	v	C	t1	t2	MLDT	R	S	Fi	Di													
*F	*F	*F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	*F	*F	*F																	
185.1	185.086	185.086	19.000	302947.6	1	68	68	117.1	sin valor	0	1	117.1													

Coefficiente de transferencia (h_o) por convección natural (h_c) y por radiación (h_r) - lado exterior, fluido: aire

T _f	T _p	T _{ma}	u	d _f	d _a	ρ _f	ρ _a	B	k	c _f	Do	h _c	e	h _r	h _o
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
*F	*F	*F	cp	Lb/ptie ³	Lb/ptie ³			1/F	Btu/hr ² pie ² °F	Btu/lb°F	pulgada	Btu/ptie ² °F		Btu/ptie ² °F	Btu/ptie ² °F
126.555	185.11	68	0.019	0.0687	0.0755	0.85	0.94	0.001608	0.016	0.25	8.625	1.0098	0.7	0.987273	1.9971

Coefficiente de transferencia (h_i) lado Interior, fluyendo agua salada

T _a	G _w	G _t	n	a _t	a _f	u	d	p	k	Di	L _t	Ret	C	u [*] C/k	h _o
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de producción	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubo	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro
*F	bpd	Lb/hr ² pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/ptie ² °F	Lb/ptie ³		Btu/hr ² pie ² °F	pie	pie		Btu/lb°F		Btu/ptie ² °F
185.11	19.000	841382.2	1	0.3601	0.3601	1.6042	68.3361	1.0966	0.3428	0.677	18	355.128	1	4.68	593.37

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor

Uc	Coeficiente total Uc	a"	Sección superficial del tubo	A	Superficie total	Qc	Calor total cedido por el fluido caliente	Quc	Calor total recepción por el aire en base a Uc	Ud	Coeficiente total de diseño	Rd	Factor de obstrucción	U	Coeficiente promedio de transferencia	v	Velocidad del fluido en el tubo
Btu/hrpie ² °F		pie ² /pie		pie ²		Btu/hr		Btu/hr		Btu/hrpie ² °F				Btu/hrpi ² °F		pie ² /seg	
1.99038		2.25802		36.12832		8421.27		8421.274		1.99038		0.0000		1.99038		3.420113	

CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA AL INGRESO A INTERCAMBIADOR AGUA FRESCA - AGUA SALADA TRAMO 2-7

T ₁	Alta temperatura fluido caliente-descarga de separador	T ₂	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	T ₂	Baja temperatura fluido caliente calculado	V	Caudal promedio - fluido caliente	v	Caudal másico en los tubos	C	Calor específico del fluido en tubos	t ₁	Baja temperatura del fluido frío - Tempeartuar del aire	t ₂	Alta temperatura del fluido frío - Tempeartuar del aire	MLDT	Diferencia media logaritmica de temperaturas	R	Parámetro	S	Parámetro	Fi	Parámetro	Di	Diferencia de temperaturas corregida
°F		°F		°F		bdp		Lb/hr		Btu/lb°F		°F		°F		°F								°F	
186.1		186.284		184.836		8.940		158485.1		1		68		68		117.2		sin valor		0		1		117.2	

Coeficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

T _f	Temperatura de la película	T _p	Temperatura media de la pared del tubo	T _{ma}	Temperatura media del medio ambiente	u	Viscosidad dinámica del aire a Tf	d _f	Densidad a Tf	d _a	Densidad a Ta	p _f	Peso específico a Tf	p _a	Peso específico a Ta	B	Coeficiente de expansión térmica	k	Conductividad térmica a Tf	c _f	Calor específico a Tf	Do	Diámetro exterior del tubo	hc	Coeficiente por convección	e	factor de emisividad	hr	Coeficiente por radiación	ho	Coeficiente total lado exterior	
°F		°F		°F		cp		Lb/pie ³		Lb/pie ³						1/°F		Btu/hr°pie ³ °F		Btu/lb°F		pulgada	Btu/hrpie ² °F				Btu/hrpie ² °F		Btu/hrpie ² °F			
126.59		186.18		68		0.019		0.0687		0.0755		0.85		0.94		0.001608		0.016		0.25		8.625	Btu/hrpie ² °F		1.0100		0.7		0.98746		1.9974	

Coefficiente de transferencia (hio) lado interior, fluyendo agua salada

Ta	Gw	Gt	n	at	at	u	d	p	k	DI	Lt	Ret	C	u°C/k	hio
°F	bpd	Lb/hr ² pie		pie ²	pie ²	Lb/ptie-hr	Lb/ptie ³		Btu/hr ² pie ² °F	pie	pie		Btu/ptie°F		Btu/ptie ² °F
185.18	9.940	440163.8	1	0.3601	0.3601	1.6034	88.3343	1.0868	0.3428	0.677	76.72	185874	1	4.68	353.45

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor

Uc	a"	A	Qc	Quc	Ud	Rd	U	v
Btu/hr ² pie ² °F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr ² pie ² °F		Btu/hr ² pie ² °F	pie/seg
1.986196	2.25802	177.7513	41370.3	41370.27	1.986196	0.0000	1.9862	1.789259

CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA AL INGRESO A INTERCAMBIADOR AGUA FRESCA - AGUA SALADA

TRAMO 7 - 8

T1	T2	T2	V	v	C	t1	t2	MLDT	R	S	Fl	Dr
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F				°F
186.3	186.180	186.18	9.940	158482.5	1	68	68	117.2	sin valor	0	1	117.2

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

T_i	T_p	T_{ma}	u	d_i	d_o	ρ_a	ρ_l	ρ_a	B	k	C_r	Do	hc	e	hr	ho
$^{\circ}F$	$^{\circ}F$	$^{\circ}F$	cp	Lb/pt^3	Lb/pt^3	Lb/pt^3	Lb/pt^3	$1/F$	$Btu/hr \cdot pt^2 \cdot ^{\circ}F$	$Btu/lb \cdot ^{\circ}F$	$Btu/lb \cdot ^{\circ}F$	pulgada	$Btu/hr \cdot pt^2 \cdot ^{\circ}F$		$Btu/hr \cdot pt^2 \cdot ^{\circ}F$	$Btu/hr \cdot pt^2 \cdot ^{\circ}F$
126.611	185.222	68	0.019	0.0687	0.0755	0.85	0.94	0.001608	0.016	0.25	4.5	1.1885	0.7	0.987572	2.1760	

Coefficiente de transferencia (hio) lado interior, fluyendo agua salada

T_a	G_w	G_t	n	a^t	a^l	at	u	d	p	k	DI	Lt	Ret	C	$u \cdot C / ik$	h_{io}
$^{\circ}F$	bpd	$Lb/hr \cdot pt^2$		pt^2	pt^2	pt^2	$Lb/pt^2 \cdot hr$	Lb/pt^3		$Btu/hr \cdot pt^2 \cdot ^{\circ}F$	pt	pt		$Btu/lb \cdot ^{\circ}F$		$Btu/hr \cdot pt^2 \cdot ^{\circ}F$
185.222	9.940	1792695	1	0.0884	0.0884	0.0884	1.6029	66.3332	1.0866	0.3426	0.336	46.92	375224	1	4.68	1188.18

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor

Uc	a^*	A	Q_c	Q_{uc}	R_d	U	v
$Btu/hr \cdot pt^2 \cdot ^{\circ}F$	pt^2/pt	pt^2	Btu/hr	Btu/hr		$Btu/hr \cdot pt^2 \cdot ^{\circ}F$	pt/seg
2.172046	1.178097	54.09823	13774	13774.02	0.0000	2.172045	7.287397

CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA AL INGRESO A SERPENTIN
TRAMO 2-5

T ₁	T ₂	T ₂	V	V	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	Ft	DI
Alta temperatura fluido caliente-descarga de separador	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal promedio - fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temepartuar del aire	Alta temperatura del flido frío - Temepartuar del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
186.1	184.980	184.98	9.060	144462.8	1	69	69	117.0	sin valor	0	1	117.0

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

T _i	T _p	T _{ma}	u	d _i	d _a	ρ _r	ρ _m	B	k	c _r	D _o	h _c	e	hr	h _o
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
126.514	185.028	68	0.019	0.0687	0.0755	0.85	0.94	0.001608	0.016	0.25	4.5	1.1879	0.7	0.987053	2.1750

Coefficiente de transferencia (hio) lado interior, fluyendo agua salada

T _a	G _w	G _t	n	a _t	a _t	u	d	p	k	DI	L _t	Re _t	C	u [*] C/k	h _o
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de producción	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubo	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro
185.028	9.060	1634109	1	0.0884	0.0884	1.6061	66.3363	1.0867	0.3426	0.336	66.80	341563	1	4.69	1102.62

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor

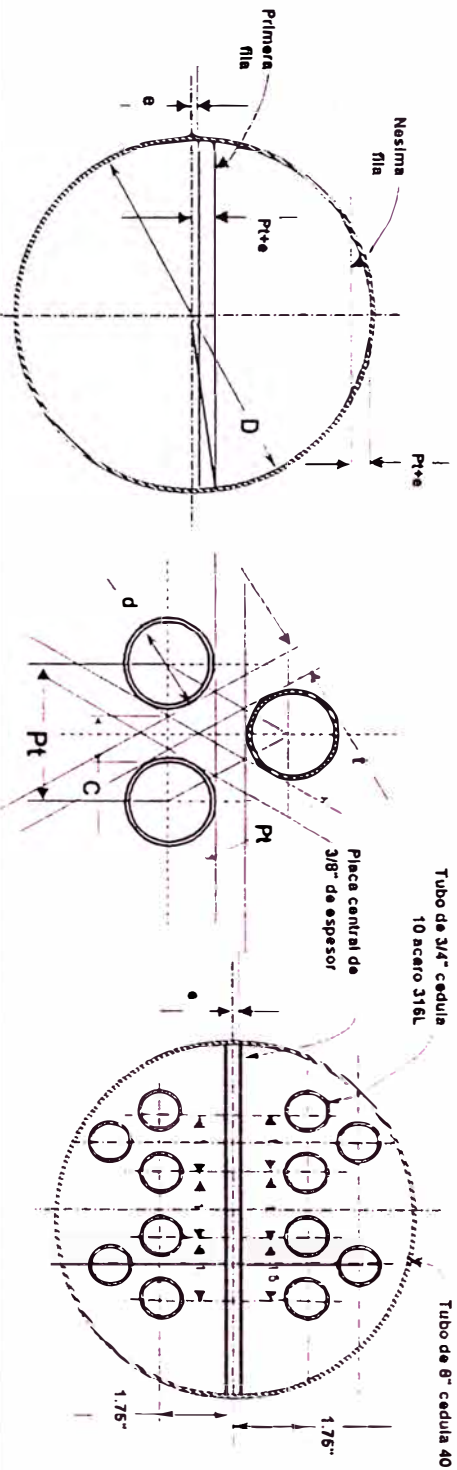
Uc	a'	A	Q _c	Q _{uc}	Ud	Rd	U	v
Btu/hrpie ² °F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² °F		Btu/hrpie ² °F	pie/seg
2.170717	1.178097	77 28318	19632.6	19632.6	2.170717	0.0000	2.17072	6.642235
Coeficiente total Uc								
Sección superficial del tubo								
Superficie total								
Calor total cedido por el fluido caliente								
Calor total recibido por el aire en base a Uc								
Coeficiente total de diseño								
Factor de obstrucción								
Coeficiente promedio de transferencia								
Velocidad del fluido en el tubo								

9.2.1.3 CALCULO DE INTERCAMBIADORES PROYECTADOS

PARAMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR DEL INTERCAMBIADOR AGUA FRESCA - AGUA SALADA

	Temperatura del agua salada al ingreso	Temperatura del agua fresca al ingreso	Caudal de agua salada de producción	Caudal másico de agua salada de producción	Peso específico del agua salada de producción	Caudal de agua fresca	Caudal másico de agua fresca	Peso específico del agua fresca	Cantidad de pasos en los tubos	Cantidad de pasos en la coraza
T1	t1	t1	Vws	Mws	P	Vwf	Mwf	P		
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr		bpd	Lb/hr		4	2
185.18	68	98.40	158485	1.095594	100	1453.111	0.9985			

Figura 9.2 - 9: DIMENSIONAMIENTO DEL INTERCAMBIADOR AGUA FRESCA - AGUA SALADA



	Espaciado para limpieza exterior de tubos	Holguras en carcasa de tubos y placas deflectoras	Diámetro nominal del tubo	Diámetro exterior de tubos	Espesor del tubo 5S	Sección del tubo 5S	Paso de arreglo triangular	Diámetro interior de carcasa	Cantidad de filas en cada semicírculo	Número de tubos en la 1ra fila	Número de tubos en la 2da fila	Número de tubos en la 3ra fila	Número de tubos en la 4ta fila	Número de tubos en la 5ta fila	Número de tubos en la 6ta fila	Número de tubos en la 7ma fila	Número de tubos en la 8va fila	total de tubos	Diámetro equivalente con placas deflectoras	
1	e	dn	do				Pt	ID	2	1	2	3	4	5	6	7	8	12	pulgada	
pulgada	pulgada	pulgada	pulgada				pulgada	pulgada												pulgada
0.25	0.25	3/4	1.05	0.065	0.004616	pie2	1.5	8.05	2	4	2	0	0	0	0	0	0	12	1.31	

CALCULO DE LAS TEMPERATURAS CON PLACAS DEFLECTORAS

Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente calculado - con deflector	Caudal másico en la coraza	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido de coraza	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frio	Alta temperatura del fluido frio	Distancia entre placas deflectoras	Espaciado radial entre tubos	Longitud de tubos	Número de pasos	Diferencia media logaritmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida	
T1 °F 185.180	T2 °F 184.18	T2 °F 184.20	T2 °F 184.18	W Lb/hr 156.485	v Lb/hr 1453.11	C Btu/lb°F 0.95	c Btu/lb°F 1	t1 °F 68	t2 °F 171.813	B pulgada 7	C pulgada 0.45	pie 20	2	°F 47.78282	R 0.009651	S 0.884219	Ft 0.997994	DI 47.68695

CALCULO DE LAS TEMPERATURAS SIN PLACAS DEFLECTORAS

Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente calculado - sin deflector	Caudal másico en la coraza	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido de coraza	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frio	Alta temperatura del fluido frio	Distancia entre placas deflectoras	Espaciado radial entre tubos	Longitud de tubos	Número de pasos	Diferencia media logaritmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T1 °F 185.18	T2 °F 184.21	T2 °F 184.18	W Lb/hr 156.485	v Lb/hr 1453.11	C Btu/lb°F 0.95	c Btu/lb°F 1	t1 °F 68	t2 °F 168.504	B pulgada 20	C pulgada 0.45	pie 20	2	°F 51.26804	R 0.009651	S 0.857692	Ft 0.998378	DI 51.18488

FLUIDO CALIENTE : AGUA SALADA DE PRODUCCION POR CORAZA - CALCULO CON PLACAS DEFLECTORAS

Temperatura media del fluido caliente	Sección transversal en la coraza con placas deflectoras	Caudal másico por unidad de sección transversal	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro equivalente con placas deflectoras	Reynolds en la coraza con placas deflectoras	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado coraza	Factor de fricción dimensional con placas deflectoras	Longitud del separador	Número de cruces	Diámetro de carcasa	Caida de presión con placas deflectoras	CAIDA DE PRESION MUY ALTA
Ta °F 184.68	as pie2 0.058698	Gs Lb/(hr·pie2) 27/00013	u Lb/ple·hr 1.609048	d Lb/ple3 68.3475	p 1.095806	k Btu/hr·°F·pie 0.341668	De pie 0.109403	Res 183581	C Btu/lb·°F 0.95	u·C/k 4.47391683	ho Btu/ple ² ·°F 1.45505	f pie ² /pulg ² 0.001212	L pie 20	N+1 35	Ds pie 0.670833	DP psig 33.1	

CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION	
0.002	-29.5386 0.001146
	-28.6353 0.00122
	-28.7361 0.001211
	-28.7247 0.001212
	-28.726 0.001212
	-28.7258 0.001212
	-28.7258 0.001212
	0.174509

FLUIDO CALIENTE : AGUA SALADA DE PRODUCCION POR CORAZA - CALCULO SIN PLACAS DEFLECTORAS

Temperatura media del fluido caliente	Sección transversal en la coraza sin placas deflectoras	Diámetro interno de carcasa	Caudal másico por unidad de sección transversal	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro equivalente sin placas deflectoras	Reynolds en la coraza sin placas deflectoras	Calor específico	Numero de Prandtl	Longitud de los tubos	Coefficiente de película lado coraza	Rugosidad aparente	Factor de fricción dimensional con placas deflectoras	Longitud del separador	Caída de presión sin placas deflectoras	CAIDA DE PRESION CONFORME
Ta °F	as pie ²	Ds pie	Gs Lb/(hr·pie ²)	u Lb/ple-hr	d Lb/ple ³	p	k Blu/hr·pie ² ·°F	De' pie	Res pie	C Blu/ft ² ·F	u·C/k	Lt pie	ho Blu/ft ² ·F	rugosidad en pulgada	f pie ² /pulg ²	L pie	Dp psig	CAIDA DE PRESION CONFORME
184.68	0.2813	0.6708	563433.8	1.60905	68.34751	1.095806	0.341668	0.2081215	72877.06	0.95	4.473917	20	567.0484	0.005	0.000178	20	0.190	

CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION	
0.0009	33.745
0.0326	5.5382
0.0254	6.2729
0.0257	6.2433
0.0256	6.2445
0.0256	6.2444

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PELICULA - LADO INTERIOR CON PLACAS DEFLECTORAS

Temperatura media del fluido caliente	Numero de tubos	Cantidad de pasos por los tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Caudal másico por unidad de sección transversal	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Numero de Prandtl	Coefficiente de película lado coraza corregido por diámetro	Rugosidad interna del tubo	Factor de fricción dimensional	Caída de presión
Ta °F	Nt	n	a't pie ²	at pie ²	Gt Lb/(hr·pie ²)	u Lb/ple-hr	d Lb/ple ³	p	k Blu/ft ² ·°F	DI pie	pie	Ret	C Blu/ft ² ·F	u·C/k	h _o Blu/ft ² ·F	r pulgada	f pie ² /pulg ²	Dp psig
119.80638	12	2	0.004616	0.0277	52461.97	2.109547	65.41557	1.0488	0.316176	0.0767	20	1906.611	0.95	6.33846	56.8206	0.005	0.000376	0.00987

CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION	
3.2000	0.559
0.0354	5.3148
0.0582	4.1451
0.0536	4.3196
0.0543	4.2912
0.0542	4.2958

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PELICULA - LADO INTERIOR SIN PLACAS DEFLECTORAS

Temperatura media del fluido caliente	Número de tubos	Cantidad de pasos por los tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Caudal másico por unidad de sección transversal	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado coraza corregido por diámetro	Rugosidad interna del tubo	Factor de fricción dimensional	Caída de presión
Ta	Nt	n	a't	at	Gt	u	d	p	k	DI	pie	Ret	C	u°C/k	h _{io}	r	f	Dp
°F			pie ²	pie ²	Lb/(hr*pie ²)	Lb/pie-hr	Lb/pie ³		Btu/lb*pie*°F	pie	pie		Btu/lb*°F		Btu/hpie ² *°F	pulgada	pie ² /pulg ²	psig
118.25219	12	2	0.004616	0.0277	52461.97	2.143215	65.43924	1.04918	0.315556	0.0767	20.0000	1876.659	0.95	6.452268	56.74633	0.005	0.000378	0.00991

CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION	0.0341	5.415	4.120219
	0.0589	4.1202	4.312834
	0.0538	4.3128	4.281334
	0.0546	4.2813	4.286408
	0.0544	4.2864	4.285588
	0.0544	4.2856	4.285721

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR CON PLACAS DEFLECTORAS

Coefficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total en base a Uc	Calor total en base a Ud	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia
Uc	a''	A	Qc	Qd	Ud	Rd	U
Btu/hrpie ² *°F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr			
54.88511	0.274889	65.97345	172043	147796.5	46.9781	0.003	50.8316

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR SIN PLACAS DEFLECTORAS

Coefficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total en base a Uc	Calor total en base a Ud	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia
Uc	a"	A	Q	Q	Ud	Rd	U
Btu/hrple 2°F	ple2/ple	ple2	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrple 2°F		
51.58414	0.274889	65.97345	162287	150847.5	44.67117	0.003	48.1277

CALCULO DE LA PERDIDA POR FRICCIÓN EN EL DUCTO DE SUCCION DE TANQUE PARA AGUA FRESCA A BOMBA
 La temperatura es la media entre la del medio ambiente y el registrado a la descarga del Intercambiador.

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	Capacidad útil del tanque para agua fresca	Presión absoluta del vapor del agua	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	NPSHD		
	°F	BPD														m³/s	METRO	PIES
118.25	100	0.0002	1.00	5	0.051	0.002027	0.09	1.1E-06	25	1.14747977	4364	0.0429	0.989791	2.245995	8.38	6.09	20.0	8.6

ACCESORIOS	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k			pulgada	pulgada	0.0147	8.2573	4.468997
	1.29	0.69	0.86	2.57	14.59	0.34	0.31	0.54	2.15			0.008	2	0.0501	4.4690	4.875717
Cantidad	4	2	1	0	0	2	1	0	0					0.0421	4.8757	4.821738
Parcial	5.15	1.37	0.86	0.00	0.00	0.69	0.31	0.00	0.00					0.0430	4.8217	4.828712
														0.0429	4.8287	4.827808
														0.0429	4.8278	4.827925
														0.0429	4.8279	4.82791
														0.0429	4.8279	4.827912
														0.0429	4.8279	4.827911

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.666667	0.66667

CALCULO DEL INCREMENTO DE PRESION NECESARIO EN BOMBA - CASO DE RETORNO A TANQUE DE AGUA FRESCA

La temperatura es la media entre la del medio ambiente y el registrado a la descarga del intercambiador.

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	Peso específico del agua	Pérdida en intercambiador de calor	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Incremento de presión necesaria en la bomba caso de retorno a tanque de agua fresca		
	°F	BPD														m³/s	m	m
118.25	100	0.0002	1.00	26	0.051	0.002027	0.09	1.1E-06	1.049178	0.02290084	4364	0.0429	1.049178	2.245995	46.51	0.06	0.2	0.1

ACCESORIOS	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	Filtro	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	pulgada			pulgada		
	1.29	0.69	0.86	2.57	14.59	0.34	0.04	0.03	2.15	6.82	0.008	2	0.0147	8.2573	4.468997
Cantidad	10	4	1	1	1	5	1	0	2	1			0.0501	4.4690	4.875717
Parcial	12.87	2.75	0.86	2.57	14.59	1.72	0.04	0.00	4.29	6.82			0.0421	4.8757	4.821738
													0.0430	4.8217	4.828712
													0.0429	4.8287	4.827808
													0.0429	4.8278	4.827925
													0.0429	4.8279	4.82791
													0.0429	4.8279	4.827912
													0.0429	4.8279	4.827911

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.875	0.875

CALCULO DEL INCREMENTO DE PRESION NECESARIO EN BOMBA - CASO DE ALIMENTACION A LINEA DE SUCCIÓN DE BOMBAS AGUA SALADA DE TANQUE DE LAVADO

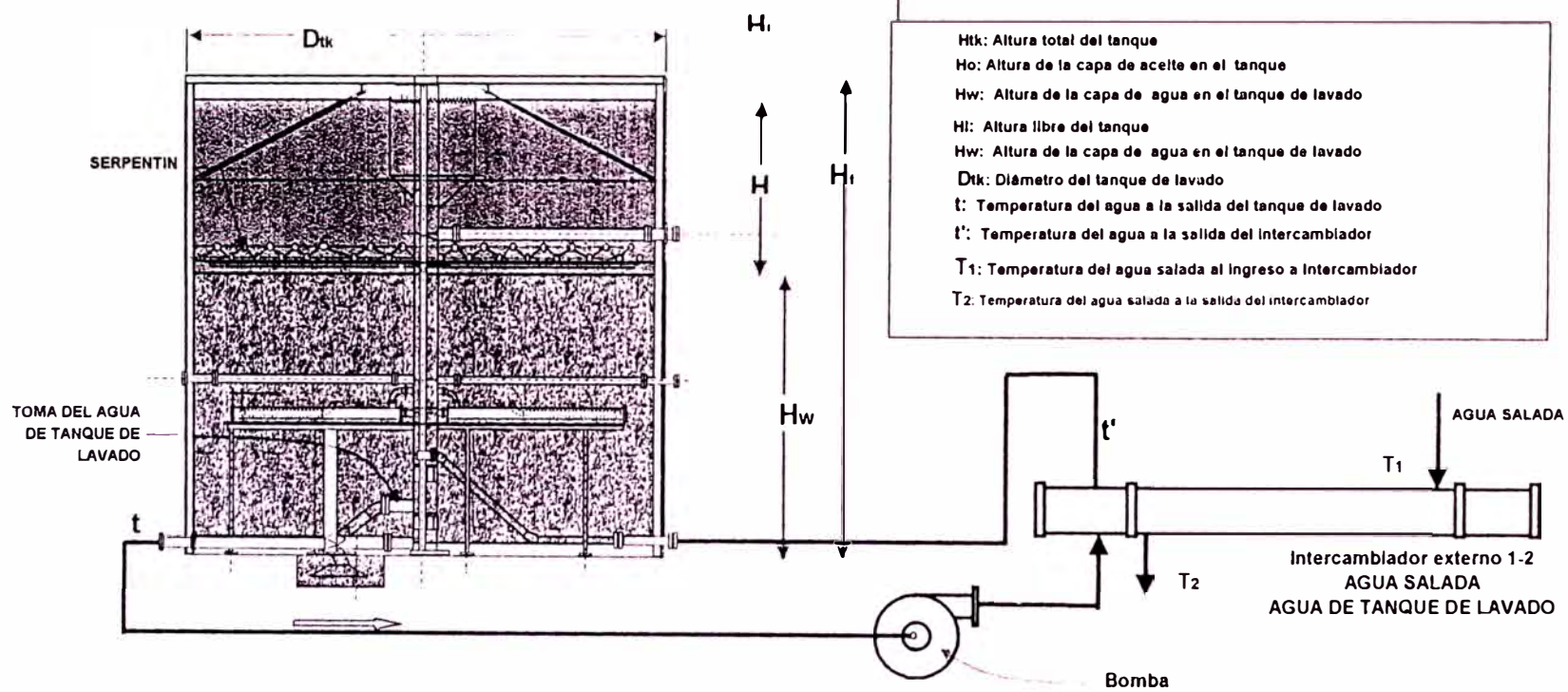
La temperatura es la media entre la del medio ambiente y el registrado a la descarga del intercambiador.

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	Peso específico del agua	Pérdida en intercambiador de calor	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Incremento de presión necesaria en la bomba caso de alimentación para proceso desalado		
	°F	BPD														m³/s	m	m
118.25	100	0.0002	1.00	26	0.051	0.002027	0.09	1.1E-06	1.049178	0.02290084	4364	0.0429	1.049178	2.245995	46.51	18.16	59.6	27.1

ACCESORIOS	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	Filtro	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	pulgada	pulgada	0.0147	8.2573	4.468997
	1.29	0.69	0.86	2.57	14.59	0.34	0.04	0.03	2.15	6.82	0.008	2	0.0501	4.4690	4.875717
Cantidad	10	4	1	1	1	5	1	0	2	1			0.0421	4.8757	4.821738
Parcial	12.87	2.75	0.86	2.57	14.59	1.72	0.04	0.00	4.29	6.82			0.0430	4.8217	4.828712
													0.0429	4.8287	4.827808
													0.0429	4.8278	4.827925
													0.0429	4.8279	4.82791
													0.0429	4.8279	4.827912
													0.0429	4.8279	4.827911

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.875	0.875

Figura 9.2 - 10: ESQUEMA PARA EL CALCULAR EL INTERCAMBIADOR PARA INCREMENTAR LA TEMPERATURA DEL PROCESO DE LAVADO EN TANQUE



PARAMETROS PARA LA CONFIGURACION PRELIMINAR DEL INTERCAMBIADOR

Hw	Dik	Vw	M	Nr	Vw
pies	pies	barril	libra		bpd
18	26	1704.56	595356.9	8	9840

CALCULO DEL TIEMPO PARA CALENTAMIENTO CON FACTOR DE OBSTRUCCION

T1	t1	t2	v	w	c	C	p	P	Ud	A	R	K	S	Φ	T2
Alta temperatura del fluido caliente	Temperatura inicial del fluido frio	Temperatura final alcanzada en el tanque	Caudal másico de recirculación	Caudal másico del agua salada	Calor específico del agua del tanque	Calor específico del agua salada	Peso específico del agua del tanque	Peso específico del agua salada de producción	Coefficiente total de transferencia inicialmente supuesto	Area total de transferencia de calor	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Tiempo para calentar el agua del tanque con Intercambiador sucio al limite	Temperatura inicial a la descarga de Intercambiador
184.21	68	169	208199.5	158544.6	0.98	0.95	1.049118	1.09600493	192.280	318.87	1.354661	1.65851	0.218523	26.61	159.8

CALCULO DEL TIEMPO PARA CALENTAMIENTO SIN FACTOR DE OBSTRUCCION

T1	t1	t2	v	w	c	C	p	P	Ud	A	R	K	S	Φ	T2
Alta temperatura del fluido caliente	Temperatura inicial del fluido frio	Temperatura final alcanzada en el tanque	Caudal másico de recirculación	Caudal másico del agua salada	Calor específico del agua del tanque	Calor específico del agua salada	Peso específico del agua del tanque	Peso específico del agua salada de producción	Coefficiente total de transferencia inicialmente supuesto	Area total de transferencia de calor	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Tiempo para calentar el agua del tanque con Intercambiador completamente	Temperatura inicial a la descarga de Intercambiador
184.21	68	169	208199.5	158544.6	0.98	0.95	1.049118	1.09600493	385.244	318.87	1.354661	2.614654	0.326581	17.80	146.3

$$T_2 = T_1 \cdot S \cdot (T_1 - 1)$$

$$R = (T_1 - T_2) / (T_1 - 1) = r \cdot c / (W \cdot C)$$

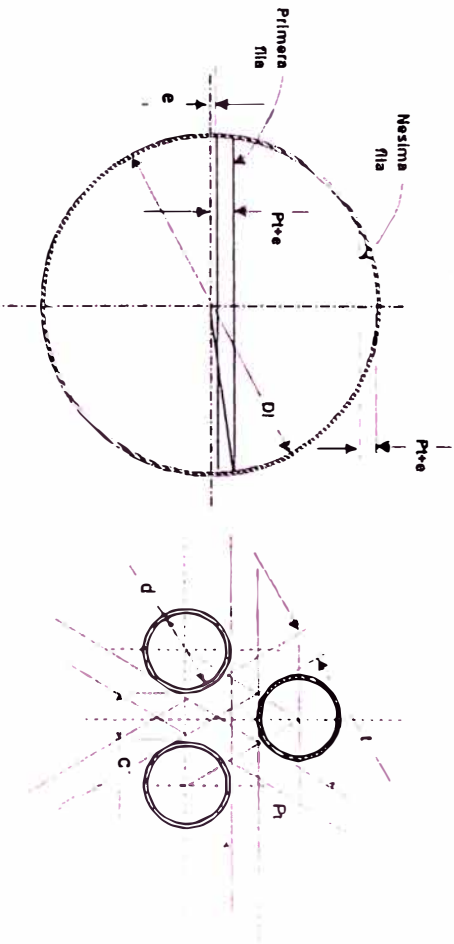
$$L_n(K) = L_n((2 \cdot S \cdot (R+1 - (R^2+1)^{1/2}) / (2 \cdot S \cdot (R+1 + (R^2+1)^{1/2})) = (U \cdot A \cdot W \cdot c) / (R^2 + 1)^{1/2}$$

$$S = 2 \cdot (K-1) / (K \cdot (R+1 + (R^2+1)^{1/2}) - (R+1 - (R^2+1)^{1/2}))$$

$$S = (r \cdot c) / (T_1 - 1)$$

$$\Theta = (M / (S \cdot W)) \cdot L_n((T_1 - 1) / (T_1 - 1.2))$$

Figura 9.2 - 11: DIMENSIONAMIENTO BASICO DEL INTERCAMBIADOR AGUA SALADA DE TANQUE - AGUA SALADA DE PRODUCCION



1	Espaciado para limpieza exterior de tubos	e	Holguras en carcasa de tubos y placas deflectoras	dn	Diámetro nominal del tubo	do	Diámetro exterior de tubos	t	Espesor del tubo 5S	Ad	Sección del tubo 5S	Pr	Paso de arreglo triangular	ID	Diámetro interior de carcasa		Cantidad de filas en cada semicírculo	1	Número de tubos en la 1ra fila	2	Número de tubos en la 2da fila	3	Número de tubos en la 3ra fila	4	Número de tubos en la 4ta fila	5	Número de tubos en la 5ta fila	6	Número de tubos en la 6ta fila	7	Número de tubos en la 7ma fila	8	Número de tubos en la 8va fila	58	total de tubos		Diámetro equivalente
pulgada		pulgada		pulgada		pulgada						pulgada		pulgada																					pulgada		
0.25		0.25		3/4		1.05		0.065		0.004616		1.5		15.25			4	9	8	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58		1.31		

BALANCE DE CALOR CON FACTOR DE OBSTRUCCION

	Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal másico en la coraza	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido de coraza	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frio al final del proceso	Alta temperatura al final del proceso	Distancia entre placas deflectoras	Espaciado radial entre tubos	Longitud de tubos	Número de pasos	Diferencia media logaritmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T1	T2	T2	T2	W	v	C	c	t1	t2	B	C'	pie		*F	R	S	Fl	DI
184.21	180.000	180.000	180.000	158.545	209652.6	0.95	0.98	170	173.0862	14	0.45	20	2	10.55191	1.364116	0.217188	0.980227	10.34326
359.998	192.258	0.0024																

BALANCE DE CALOR SIN FACTOR DE OBSTRUCCION

	Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal másico en la coraza	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido de coraza	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frio al final del proceso	Alta temperatura del fido frio al final del proceso	Distancia entre placas deflectoras	Espaciado radial entre tubos	Longitud de tubos	Número de pasos	Diferencia media logantmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T1	T2	T2	T2	W	v	C	c	t1	t2	B	C'	pie		*F	R	S	Fl	DI
184.21	183.500	183.500	183.500	158.545	209652.6	0.95	0.98	182.8	183.1205	14	0.45	20	2	0.991742	1.364116	0.323282	0.933756	0.926045
385.244	382.147																	

FLUIDO CALIENTE : AGUA SALADA DE PRODUCCION POR CORAZA CON FACTOR DE OBSTRUCCION

Ta	as	Gs	u	d	p	k	De	Res	C	U ^o C/k	ho	f	L	N+1	Ds	Dp
°F	pie ²	Lb/(hr ² pie ²)	Lb/pie-hr	Lb/pie ³		Btu/hr ² pie ² °F	pie		Btu/lb ^o F		pie ² /pie ² °	pie ² /pie ²	pie		pie	psig
182.105	0.444792	356446.8	1.63986	68.41507	1.096889	0.34067	0.1094	23794.89	0.95	4.570147	474.9521	0.00175	20	1.8	1.270833	0.812

CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION	0.002	-24.1302	0.001717
		-23.8699	0.001755
		-23.907	0.00175
		-23.9017	0.00175
		-23.9024	0.00175
		-23.9023	0.00175
	-23.9024	0.00175	0.252047

FLUIDO CALIENTE : AGUA SALADA DE PRODUCCION POR CORAZA SIN FACTOR DE OBSTRUCCION

Ta	as	Gs	u	d	p	k	De	Res	C	u*Clk	ho	f	L	N+1	Ds	Dp
°F	pie2	Lb/(hr*pie ²)	Lb/ple-hr	Lb/ple3		Btu/hr*pie ² *°F	pie		Btu/lb*F		Btu/hpie ² *F	pie ² /pulg ²	pie		pie	psig
183.855	0.444792	356446.8	1.61848	68.36927	1.096155	0.341349	0.1094	24094.42	0.95	4.504365	476.873	0.001746	20	18	1.270833	0.811
CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION																
												0.002	-24.1623	0.001713		
													-23.8976	0.001751		
													-23.9352	0.001746		
													-23.9298	0.001746		
													-23.9306	0.001746		
													-23.9305	0.001746		
													-23.9305	0.001746	0.251454	

FLUIDO FRIO: AGUA DEL TANQUE DE LAVADO CON FACTOR DE OBSTRUCCION

Ta	Nt	n	a1	at	Area de flujo por los tubos	Caudal m3ico por unidad de seccion transversal	u	p	k	DI	Longitud de tubos	Ret	C	u*Clk	h _{io}	r	f	Dp
°F			pie2	pie2	Lb/ple-hr	Lb/(hr*pie ²)	Lb/ple-hr	Lb/ple3	Btu/hr*pie ² *°F	pie	pie		Btu/lb*F		Btu/hpie ² *F	pulgada	pie ² /pulg ²	psig
171.54312	58	2	0.004616	0.13388	1566027	1.329638	64.42678	1.03295	0.336566	0.0767	20	90296.8	0.95	3.753077	1487.393	0.005	0.000223	5.29085

CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION

0.0007	3.5621	5.200594
0.0370	5.2010	5.586632
0.0320	5.5866	5.580866
0.0321	5.5809	5.580952
0.0321	5.5810	5.580951
0.0321	5.5810	5.580951

FLUIDO FRIO: AGUA DEL TANQUE DE LAVADO SIN FACTOR DE OBSTRUCCION

182.86024	58	2	0.004616	0.13388	1566027	1.222503	64.15848	1.02864	0.340963	0.0767	20.0	98210.05	0.95	3.406167	1560.307	0.005	0.000222	5.30036
Temperatura media del fluido frio °F	Número de tubos	Cantidad de pasos por los tubos	Sección transversal del tubo pie ²	Area de flujo por los tubos pie ²	Caudal masico por unidad de sección transversal Lb/(hr·pie ²)	Viscosidad dinamica Lb/ft·hr	Densidad Lb/ft ³	Peso específico	Conductividad térmica Btu/hr·ft·°F	Diámetro interior del tubo pie	Longitud de tubos pie	Reynolds en los tubos	Calor específico Btu/lb·°F	Número de Prandtl	Coefficiente de película - lado coraza corregido por diámetro	Rugosidad interna del tubo	Factor de fricción dimensional	Caída de presión en el intercambiador
Ta	Nt	u	a1	at	Gt	u	d	p	k	Di		Ret	C	u·C/k	hi _o	f	f	Dp
			pie ²	pie ²	Lb/(hr·pie ²)	Lb/ft·hr	Lb/ft ³		Btu/hr·ft·°F	pie	pie		Btu/lb·°F		Btu/hr·ft ²	pie ² /pulg ²	psig	

CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION

0.0007	39.173	5.215991
0.0368	5.2160	5.592733
0.0320	5.5927	5.587516
0.0320	5.5875	5.587588
0.0320	5.5876	5.587587
0.0320	5.5876	5.587587

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR CON FACTOR DE OBSTRUCCION

359.988	0.274889	318.8717	634099	634099	634099	192.2576	0.002424	0.016	26.61
Coeficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total en base a Ud	Calor total cedido por el fluido caliente	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción calculado	Factor de obstrucción seleccionado - una limpieza cada dos años	Tempo para calentar el agua de tanque con intercambiador sucio al límite	horas
Ucr	a''	A	Qd	Q	Ud	Rdc	Rds		
Btu/hr·ft ² ·°F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr·ft ² ·°F				

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR SIN FACTOR DE OBSTRUCCION

Coefficiente total Uc sin factor de obstrucción	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total en base a Uc	Calor cedido por el fluido caliente	Coefficiente de diseño	Tiempo para calentar el agua de tanque con intercambiador limpio
Uc	a"	A	Qc	Q	Ud	
Btu/hrpie 2°F	pie2/pie	pie2	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie 2°F	horas
365.2442	0.274889	318.872	107852.8	106938.3	362.1473	17.80

CALCULO DEL NPSHD PARA BOMBA

La temperatura es la media esperada de acuerdo a la performance del intercambiador de calor agua de tanque lavador - agua salada de producción.

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	Peso específico del agua	Presión absoluta del vapor del agua	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	NPSHD		
	°F	BPD														m³/s	METRO	PIES
189.00	13.636	0.0251	1.00	49.5	0.152	0.018242	1.37	6.8E-07	1.033871	4.21767861	308905	0.0218	1.033871	9.140931	5.51	13.97	45.8	20.5

ACCESORIOS	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k					pulgada	pulgada	0.0002
	0.66	0.35	0.44	1.31	7.43	0.17	0.04	0.03	0.00			0.008	6	0.0272	6.0688	6.777189
Cantidad	5	4	1	0	0	2	1	0	0					0.0218	6.7772	6.765041
Parcial	3.28	1.40	0.44	0.00	0.00	0.35	0.04	0.00	0.00					0.0219	6.7650	6.765248
														0.0218	6.7652	6.765244
														0.0218	6.7652	6.765244
														0.0218	6.7652	6.765244
														0.0218	6.7652	6.765244
														0.0218	6.7652	6.765244

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.875	0.875

CALCULO DEL INCREMENTO DE PRESION NECESARIO EN BOMBA

La temperatura es la media esperada de acuerdo a la performance del intercambiador de calor agua de tanque lavador - agua salada de producción con factor de obstrucción.

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro Interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	Peso específico del agua	Pérdida en Intercambiador de calor	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Incremento de presión necesaria en la bomba		
°F	BPD	m ³ /s		m	m	m ²	m/s	m ² /s		m				m		METRO	PIES	PSI
173.09	13,838	0.0251	1.00	55.2	0.152	0.018242	1.37	6.6E-07	1.032376	3.60733114	318338	0.0218	1.032376	9.127719	8.82	10.73	35.2	15.7

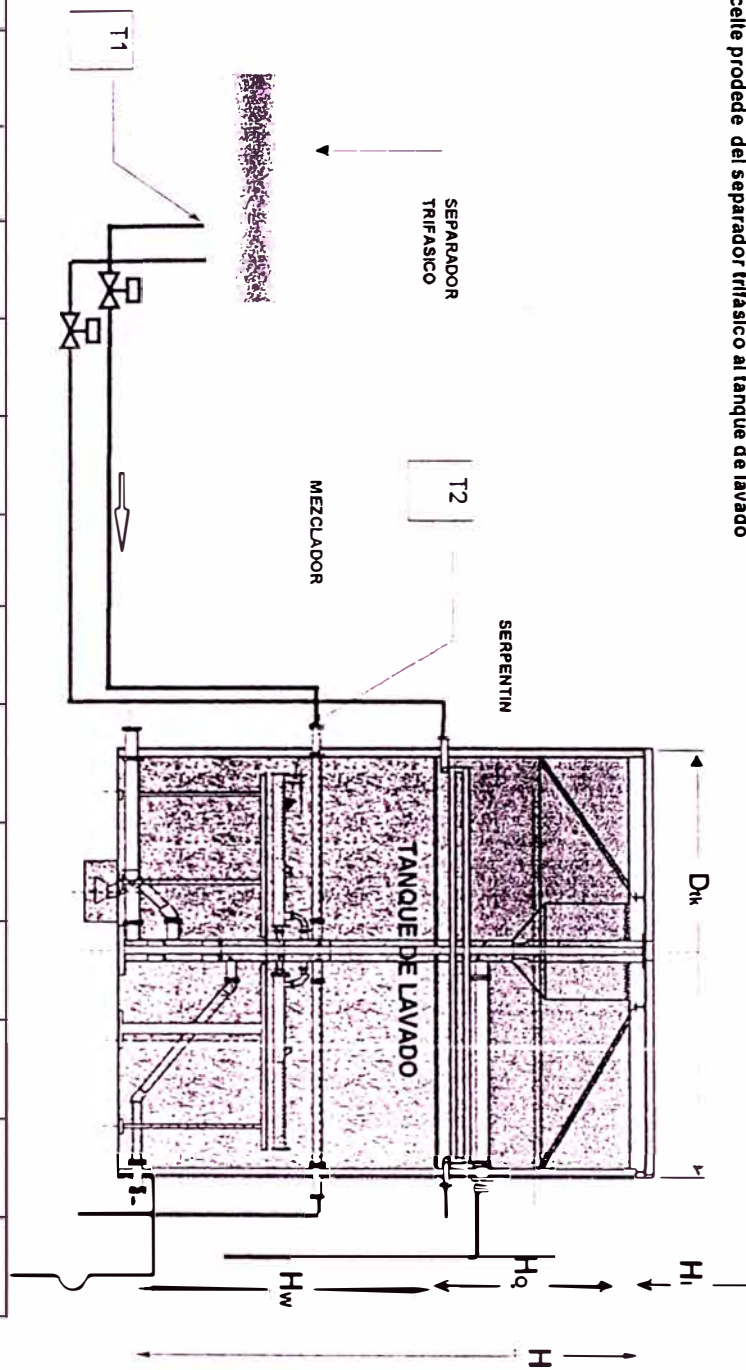
ACCESORIOS	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION			POTENCIA CONSUMIDA- BOMBA
	k	k	k	k	k	k	k	k	k			pulgada	pulgada	0.0002	70.5268	6.07671	
	0.65	0.35	0.44	1.31	7.42	0.17	0.04	0.03	1.09			0.008	6	0.0271	6.0767	6.780167	
Cantidad	10	4	1	0	0	2	2	0	0					0.0218	6.7802	6.768418	
Parcial	6.55	1.40	0.44	0.00	0.00	0.35	0.09	0.00	0.00					0.0218	6.7684	6.768613	
														0.0218	6.7686	6.76861	
														0.0218	6.7686	6.76861	
														0.0218	6.7686	6.76861	
														0.0218	6.7686	6.76861	
														0.0218	6.7686	6.76861	

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.875	0.875

POTENCIA CONSUMIDA- BOMBA
kW
7.7

Figura 9.2 - 12: ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA CALCULAR LA TEMPERATURA DE ACEITE AL INGRESO A TANQUE DE LAVADO

Primer caso: el aceite prodcede del separador trifásico al tanque de lavado



T_1	Alta temperatura fluido caliente	T_2	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	T_2	Baja temperatura fluido caliente calculado	x	Fracción de tiempo empleado en la descarga	%Wo	% de agua presente en la corriente de aceite	bpd	Caudal de aceite seco	V	Caudal del fluido caliente	'	Caudal másico en los tubos	C	Calor específico medio del fluido en tubos	t1	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	t2	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	MLDT	Diferencia media logarítmica de temperaturas	R	Parámetro	S	Parámetro	Fi	Parámetro	Di	Diferencia de temperaturas corregida
186.1 °F		180.336 °F				0.750		0.800		1000		1,008		16087.86	0.48971		68		68		114.7		sin valor		0		1		114.7		

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

	Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
	T _f	T _p	T _{ma}	u	ρ _f	ρ _a	ρ _r	ρ _{ta}	B	k	c _f	Do	hc	e	hr	ho
°F	°F	°F	°F	cp	Lb/pt ³	Lb/pt ³			1/F	Btu/hr ² ·pt ² ·°F	Btu/lb·°F	pulgada	Btu/pt ² ·°F		Btu/pt ² ·°F	Btu/pt ² ·°F
125.37	182.74	68	68	0.019	0.0698	0.0755	0.85	0.94	0.001607	0.016	0.25	4.5	1.1819	0.7	0.980951	2.1629

Coefficiente de transferencia (hi) lado interior, corriente de aceite (se considera características del aceite)

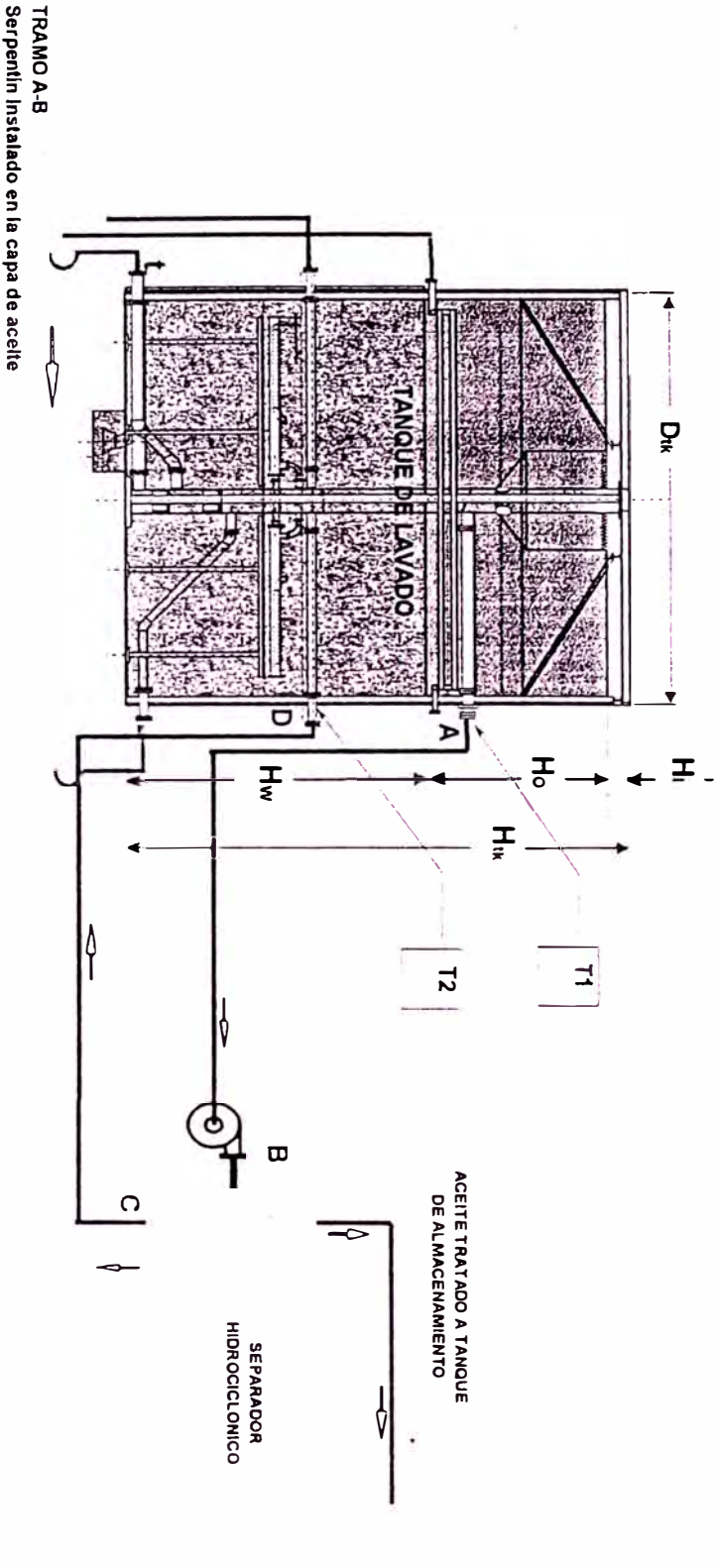
	Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de producción	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro
Ta	Gw	Gt	n	at	at	u	d	p	k	Di	Li	Ret	C	u ² /k	h _{io}	
°F	bpd	Lb/(hr ² ·pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/pt ² ·hr	Lb/pt ³	Lb/pt ³	Btu/hr ² ·pie ² ·°F	pie	pie		Btu/lb·°F		Btu/pt ² ·°F	
182.74005	1.344	201568.7	1	0.0884	0.0884	31.8860	56.6208	0.9110	0.0688	0.336	144.32	2121	1	462.77	17.59	

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

	Coefficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
Uc	a ²	A	Qc	Quc	Ud	Rd	U	v	
Btu/hr·pie ² ·°F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr·pie ² ·°F		Btu/hr·pt ² ·°F	pie/seg	
1.926012	1.178097	170.023	37568.1	37568.1	1.926012	0.0000	1.92601	0.985401	

Figura 9.2 - 13: ESQUEMA PARA EL CALCULO DE LA TEMPERATURA DE ACEITE AL INGRESO A TANQUE DE LAVADO CON SERPENTIN INSTALADO EN LA CAPA DE ACEITE

Segundo caso: aceite de tratador hidroclónico a tanque de lavado, inicialmente se estima la temperatura T1



T ₁	Alta temperatura fluido caliente	T ₁	Alta temperatura del fluido caliente calculado	T _a	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	T _a	Baja temperatura fluido caliente calculado	x	Fracción de tiempo empleado en la descarga	%Wo	% de agua presente en la corriente de aceite	bpd	Caudal de aceite seco	V	Caudal del fluido caliente	l ³ /hr	Caudal másico en los tubos	C	Calor específico medio del fluido en tubos	t ₁	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	t ₂	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	MLDT	Diferencia media logarítmica de temperaturas	R	Parámetro	S	Parámetro	Fl	Parámetro	DI	Diferencia de temperaturas corregida	
173.3	°F	173.3		172.810	°F	172.810	°F	1.000		0.450	%	10000	bpd	10.046	bpd	160898	Lb/hr	0.483111	Btu/lb·°F	68	°F	68	°F	104.9	°F	MLDT	104.9	sin valor	0		1		104.9	°F

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

T _f	T _p	T _{amb}	u	d _f	d _a	ρ _f	ρ _a	B	k	c _f	Do	hc	e	hr	ho
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
°F	°F	°F	cp	Lb/ft ³	Lb/ft ³			1/F	Btu/hr ² pie ² F	Btu/lb ² F	pulgada	Btu/ft ² pie ² F		Btu/ft ² pie ² F	Btu/ft ² pie ² F
120.4525	172.905	68	0.019	0.0694	0.0755	0.86	0.94	0.0016	0.016	0.25	6.625	1.0486	0.7	0.955072	2.0037

Coefficiente de transferencia (hi) lado interior, corriente de aceite (se considera características del aceite)

T _a	G _w	G _t	n	a _t	a _f	u	d	p	k	DI	LI	Ret	C	u [*] C/k	h _{io}
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de producción	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro
°F	bpd	Lb/(hr ² pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/ft ² hr	Lb/ft ³		Btu/hr ² pie ² F	pie	pie		Btu/lb ² F		Btu/ft ² pie ² F
172.905	10.045	665991.2	1	0.2006	0.2006	39.3020	57.0079	0.9140	0.0692	0.505	177.12	8565	1	567.95	39.24

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

U _c	a ²	A	Q _c	Q _{ac}	U _d	R _d	U	v
Coefficiente total U _c	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a U _c	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
Btu/hrpie ² F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² F		Btu/hrpie ² F	pie/seg
1.906348	1.734421	307.2006	61435.3	61435.31	1.906346	0.0000	1.90635	3.24512

TRAMO C-D

T _c	T ₂	T ₂	x	%Wo	bpd	V	v	C	t1	t2	MLDT	R	S	Fr	Dr
Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Fracción de tiempo empleado en la descarga	% de agua presente en la corriente de aceite	Caudal de aceite seco	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico medio del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temepartuar del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temepartuar del aire	Diferencia media logaritmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
172.5	171.848		1.000	0.500	9000	9.045	1449236	0.48335	68	68	104.1	sin valor	0	1	104.1

Coefficiente de transferencia (h_o) por convección natural (h_c) y por radiación (h_r) - lado exterior, fluido: aire

T _f	T _p	T _{ma}	u	d _f	d _a	ρ _r	ρ _a	B	k	c _f	Do	h _c	e	h _r	h _o
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a T _f	Densidad a T _f	Densidad a T _a	Peso específico a T _f	Peso específico a T _a	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a T _f	Calor específico a T _f	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
120.039	172.078	68	0.019	0.0695	0.0755	0.86	0.94	0.001599	0.016	0.25	6.625	1.0465	0.7	0.952922	1.9994

Coefficiente de transferencia (h_{io}) lado interior, corriente de aceite (se considera características del aceite)

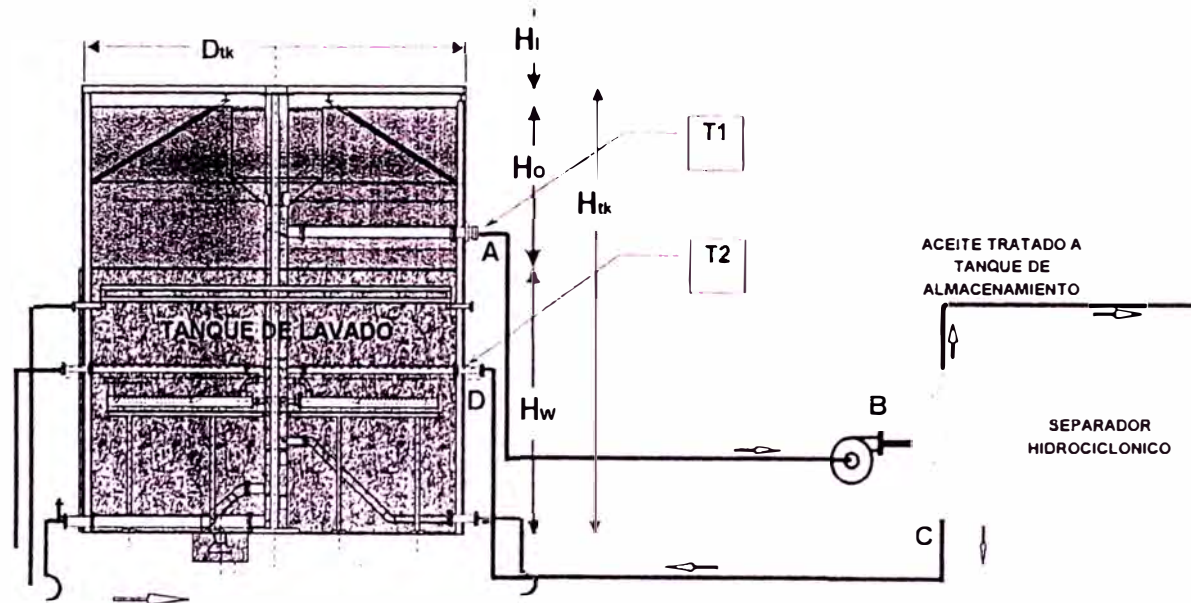
T _a	Gw	Gt	n	a ₁	a ₂	u	d	ρ	k	DI	Ll	Ret	C	u·C/k	h _o
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de producción	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película -lado interior corregido por diámetro
172.078	9.045	599693.2	1	0.2006	0.2006	40.2180	67.0079	0.8140	0.0892	0.505	177.12	7537	1	581.16	35.70

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALO R

Coefficiente total U_c	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a U_c	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
U_c	a''	A	Q_c	Q_{uc}	U_d	R_d	U	v
Btu/hrpie ² _F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² _F		Btu/hrpie ² _F	pie/seg
1.893364	1.734421	307.2006	60535.9	60535.86	1.893364	0.0000	1.89336	2.922076

CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL ACEITE AL INGRESO A TANQUE DE LAVADO (T2) SERPENTIN INSTALADO EN CAPA DE AGUA
 Segundo caso: aceite de tratador hidrociclónico a tanque de lavado, inicialmente se estima la temperatura T1

Figura 9.2 - 14: ESQUEMA PARA EL CALCULO DE LA TEMPERATURA DE LA CORRIENTE DE ACEITE AL INGRESO A TANQUE DE LAVADO CON SERPENTIN INSTALADO EN LA CAPA DE AGUA



TRAMO A-B
Serpentín instalado en la capa de agua

	Alta temperatura fluido caliente		Alta temperatura del fluido caliente calculado		Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto		Baja temperatura fluido caliente calculado		Fración de tiempo empleado en la descarga		% de agua presente en la corriente de aceite		Caudal de aceite seco		Caudal del fluido caliente		Caudal másico en los tubos		Calor específico medio del fluido en tubos		Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire		Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire		Diferencia media logarítmica de temperaturas		Parámetro		Parámetro		Parámetro		Diferencia de temperaturas corregida
	T ₁	T1	T ₁	T _a	T _a	T _a	T _a	x	%Wo	%	bppd	V	V	C	t1	t2	MLDT	R	S	Fi	Di												
174.2	°F	174.2	°F	173.376	°F	173.376	°F	0.250	0.400	10000	bppd	bppd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	105.8	sin valor	0	1	1	105.8											

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

	Temperatura de la película		Temperatura media de la pared del tubo		Temperatura media del medio ambiente		Viscosidad dinámica del aire a Tf		Densidad a Tf		Densidad a Ta		Peso específico a Tf		Peso específico a Ta		Coefficiente de expansión térmica		Conductividad térmica a Tf		Calor específico a Tf		Diámetro exterior del tubo		Coefficiente por convección		factor de emisividad		Coefficiente por radiación		Coefficiente total lado exterior
	T _f	T _p	T _{ma}	u	d _f	d _a	ρ _f	ρ _a	B	k	c _p	Do	hc	e	hr	ho															
120.8938	°F	°F	°F	cp	Lb/ptie ³	Lb/ptie ³			0.0694	0.0755	0.86	0.94	0.0016	0.016	0.25	6.625	1.0509	0.7	0.957371	2.0082											

Coefficiente de transferencia (hio) lado interior, corriente de aceite (se considera características del aceite)

	Temperatura media del fluido caliente (por tubos)		Caudal de producción		Caudal másico por unidad de sección transversal		Cantidad de tubos		Sección transversal del tubo		Area de flujo por los tubos		Viscosidad dinámica		Densidad		Peso específico		Conductividad térmica		Diámetro interior del tubo		Longitud de tubos		Reynolds en los tubos		Calor específico		Número de Prandtl		Coefficiente de película - lado interior corregido por diámetro
	T _a	GW	Gt	n	at	at	u	d	p	k	Di	Lt	Ret	C	u·C/k	h _o															
173.7875	°F	bpd	Lb/(hr·pie ²)	1	pie ²	pie ²	Lb/ptie·hr	Lb/ptie ³		Btu/ptie·°F	pie	pie	35056	1	554.93	120.06															

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Uc	a"	A	Qc	Quc	UD	Rd	U	v
Coeficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc	Coeficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
Btu/hrpie ² _{2F}	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² _{2F}		Btu/hrpie ² _{2F}	pie ² /seg
1.975205	1.734421	307.2006	64189.8	64189.85	1.975205	0.0000	1.9752	12.97398

TRAMO C-D

Tc	T2	T2	x	%Wo	bpd	V	v	C	t1	t2	MLDT	R	S	Fi	Di
Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Fración de tiempo empleado en la descarga	% de agua presente en la corriente de aceite	Caudal de aceite seco	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico medio del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frio - Tempeartuar del aire	Alta temperatura del flido frio - Temeptratura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
°F	°F	°F		%	bpd	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F				°F
173.4	172.489	172.489	0.250	0.500	9000	9.046	144879.9	0.48335	68	68	104.9	sin valor	0	1	104.9

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Tf	Tp	Tma	u	di	da	Pr	pa	B	k	ci	Do	hc	e	hr	ho
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura meda del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
°F	°F	°F	cp	Lb/pe ³	Lb/pe ³			1/°F	Btu/hr·pe ² ·°F	Btu/lb·°F	pulgada	Btu/hr·pe ² ·°F		Btu/hr·pe ² ·°F	Btu/hr·pe ² ·°F
120.461	172.922	68	0.019	0.0694	0.0755	0.86	0.94	0.0016	0.016	0.25	6.625	1.0487	0.7	0.955116	2.0038

Coefficiente de transferencia (h_{io}) lado interior, corriente de aceite [se considera características del aceite]

T _a	G _w	G _t	n	a _t	a _t	at	u	d	p	k	DI	LI	Ret	C	u ² /C _{ik}	h _{io}
°F	bpd	Lb/(hr ² pie ²)		pie ²	pie ²	pie ²	Lb/ple-hr	Lb/ple ³		Btu/hr ² ·°F	pie	pie		Btu/lb ² ·°F		Btu/hrpie ² ·°F
172.922	36.181	2398773	1	0.2006	0.2006	0.2006	38.3020	57.0079	0.9140	0.0692	0.505	177.12	30848	1	567.95	109.38

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALO R

U _c	a ⁿ	A	Q _c	Q _{uc}	U _d	R _d	U	v
Btu/hrpie ² ·°F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² ·°F		Btu/hrpie ² ·°F	pie/seg
1.987729	1.734421	307.2006	63423.7	63423.66	1.967729	0.0000	1.96773	11.8883

9.2.1.4 CALCULO DEL SERPENTIN
 CALCULO DE PERFORMANCE DEL SERPENTIN INSTALADO EN EL INTERIOR DEL TANQUE DE LAVADO
 PRIMER CASO: SERPENTIN INSTALADO EN LA CAPA DE AGUA SALADA DEL TANQUE

Diámetro del tanque de lavado		Altura total del tanque		Sección del tanque		Altura para el proceso de decantación		Factor de cortocircuito		Temperatura media en el tanque de lavado		Temperatura de la corriente al ingreso a tanque de lavado		Flujo total de agua de lavado		Flujo de aceite seco		% de agua en el aceite al ingreso		% de agua en el aceite a la salida	
Dik	Hik	Aik	Hd	F	Tmo	Ti															
pie	pie	pie2	pie			°F															
26	31	530.93	10.33	0.50	170.9	172.9															

CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL PROCESO DE DECONTACION DE LAS GOTAS DE AGUA EN TANQUE DE LAVADO Y TEMPERATURA DE LA CORRIENTE DE ACEITE A LA SALIDA DE ESTE TANQUE CON SERPENTIN

BALANCE DE CALOR

Alta temperatura fluido caliente - agua salada por serpentín		Baja temperatura fluido caliente		Baja Temperatura del fluido caliente calculado		Caudal del fluido caliente - agua salada		Caudal másico en los tubos		Calor específico del fluido caliente		Calor específico del fluido que ingresa al tanque de lavado		Flujo másico del fluido que ingresa al tanque		Temperatura del fluido al ingreso		Temperatura supuesta de la corriente de aceite a la descarga		Temperatura calculada de la corriente de aceite a la descarga		Temperatura media absoluta en el tanque		Diferencia media logaritmica de temperaturas		Longitud de serpentín		Parámetro		Parámetro		Parámetro		Diferencia de temperaturas corregida	
T ₁	T ₂	T ₂	Gw	v	C	c	w	t ₁	t ₂	t ₂	MLDT	Ls	R	S	Fi	Di																			
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	Btu/lb°F	Lb/hr	°F	°F	°F	°F	pie				°F																			
184.980	181.4	181.4126	9060	14954	0.96	0.498622	130479.4	172.93	179.100	178.103	7.1	492	0.577051	0.512856	0.92165	6.5																			

FLUIDO FRIO : EXTERIOR AL TUBO (AGUA SALADA)

Temperatura de la película		Temperatura media del fluido caliente		Viscosidad dinámica a Tf		Densidad a Tf		Densidad a Ta		Peso específico a Tf		Peso específico a Ta		Coeficiente de expansión térmica		Conductividad térmica a Tf		Calor específico a Tf		Diámetro exterior del tubo		Coeficiente de película -lado exterior	
T _f	T _a	U	D _f	D _a	ρ _f	ρ _a	B	K	C _f	Do	h _o												
°F	°F	cp	Lb/pt ³	Lb/pt ³			1/°F	Btu/hr°ft	Btu/lb°F	pulgada	Btu/pt ² °F												
180.48768	183.18	0.69	64.22	64.16	1.03	1.03	0.00038	0.34	0.96	3.6	73												

FLUIDO CALIENTE (AGUA SALADA DE PRODUCCION): TUBOS

176.01535	Ta	°F	Temperatura media del fluido caliente
470588.3	Gt	Lb/(hr·pie ²)	Caudal másico por unidad de sección transversal
6	n		Cantidad de circuitos que conforman el serpentín
0.0513	at	pie ²	Sección transversal del tubo
0.3080	at	pie ²	Área de flujo por los tubos
1.71	u	Lb/(pie·hr)	Viscosidad dinámica
68.67	d	Lb/pie ³	Densidad
1.10	p		Peso específico
0.34	k	Btu/(hr·pie·°F)	Conductividad térmica
0.266	DI	pie	Diámetro interior del tubo
492	Ls	pie	Longitud total de los tubos de serpentín
70206	ReI		Reynolds en los tubos
0.96	C	Btu/(lb·°F)	Calor específico
481	Pr		Número de Prandtl
398.42	h _{tu}	Btu/(pie ² ·°F)	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro

CALCULO DEL CALOR CEDIDO AL MEDIO AMBIENTE DEL TANQUE DE LAVADO CON SERPENTIN.

172.93	Ti	°F	Temperatura del aceite al ingreso
68	Ta	°F	Temperatura media del medio ambiente exterior
0.0300	KI	Btu/(hr·pie·°F)	Conductividad térmica del aislamiento
0.08	EI	pie	Espesor del aislamiento
0.70	e		Emissividad de la pared exterior del tanque
3063	A	pie ²	Área total de transferencia
69.05	Tp	°F	Temperatura supuesta para la pared
69.06	Tp	°F	Temperatura calculada para la pared
90.263	Q	Btu/h	Cantidad de calor disipado al medio ambiente
87.280	Q	Btu/h	Cantidad de calor total disipado
10.0	Ho	pies	Altura de la capa de aceite en el tanque
0.266611	c	Btu/(lb·°F)	Calor específico de la corriente de aceite que ingresa al tanque
1.029	po		Peso específico medio de la corriente de aceite
10253	Mo	bpd	Flujo de la corriente de aceite
170.836	Tms	°F	Temperatura media inicialmente supuesta
172.9302	Tmc	°F	Temperatura media calculada
630.84	Tms	°R	Temperatura media del proceso inicialmente supuesta
172.93	T	°F	Temperatura calculada a la descarga de la corriente de aceite

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

61.901	Uc		Coefficiente global de transferencia calculado
0.916298	a"	pie ²	Sección superficial del tubo
2704.911	A	pie ²	Superficie total
490235	Q	Btu/hr	Calor total cedido por el serpentín
488514.1	Q _{ud}	Btu/hr	Calor total calculado en base a Ud
27.65882	Ud	Btu/(hr·pie ² ·°F)	Coefficiente total de diseño
0.0200	Rd		Factor de obstrucción estimado experimentalment
1.90834	v	pie/seg	Velocidad del fluido en el tubo

**CALCULO DE PERFORMANCE DEL SERPENTIN INSTALADO EN EL INTERIOR DEL TANQUE DE LAVADO
SEGUNDO CASO: SERPENTIN INSTALADO EN LA CAPA DE ACEITE EN EL TANQUE**

Diámetro del tanque de lavado		Altura total del tanque		Sección del tanque		Altura para el proceso de decantación		Factor de cortocircuito		Temperatura media en tanque de lavado		Temperatura de la corriente al ingreso de tanque de lavado		Flujo total de agua de lavado		Flujo de aceite seco		% de agua en el aceite al ingreso		% de agua en el aceite a la salida	
Dik	Hik	Alk	pie2	F	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti
pie	pie	pie2	pie		°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	bpd	bpd	10000.0	%	%	%	%	
28	31	530.93	10.33	0.50	170.9	172.9	200.0	10000.0	0.5	0.3											

**CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL PROCESO DE DECONTACION DE LAS GOTAS DE AGUA EN TANQUE DE LAVADO Y
TEMPERATURA DE LA CORRIENTE DE ACEITE A LA SALIDA DE ESTE TANQUE CON SERPENTIN**

BALANCE DE CALOR

Alta temperatura fluido caliente - agua salada por serpentín		Baja temperatura fluido caliente		Baja Temperatura del fluido caliente calculado		Caudal del fluido caliente - agua salida		Caudal másico en los tubos		Calor específico del fluido caliente		Calor específico del fluido que ingresa al tanque de lavado		Flujo másico del fluido que ingresa al tanque		Temperatura del fluido al ingreso		Temperatura supuesta de la corriente de aceite a la descarga		Temperatura calculada de la corriente de aceite a la descarga		Temperatura media absoluta en el tanque		Diferencia media logarítmica de temperaturas		Longitud de serpentín		Parámetro		Parámetro		Parámetro		Diferencia de temperaturas corregida			
T ₁	T ₂	T ₂	Gw	v	C	C	w	t1	t2	t2	t2	t2	t2	t2	t2	t2	t2	t2	t2	t2	t2	t2	t2	MLDT	Ls	R	S	Fi	Di								
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	Btu/lb°F	Lb/hr	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	pie												
184.960	183.76	183.7617	9080	145083	0.95	0.48666	130481.5	172.93	174.20	174.17	633.5651	10.8	537.92	0.945088	0.105549	0.997817	10.8																				

FLUIDO FRIO : EXTERIOR AL TUBO (ACEITE)

Temperatura de la película		Temperatura media del fluido caliente		Viscosidad dinámica a Tf		Densidad a Tf		Densidad a Ta		Peso específico a Tf		Peso específico a Ta		Coeficiente de expansión térmica		Conductividad térmica a Tf		Calor específico a Tf		Diámetro exterior del tubo		Coeficiente de película -lado exterior	
T _f	T _a	U	D _f	D _a	γ _f	γ _a	B	K	C _f	Do	h _o												
°F	°F	cp	Lb/ft ³	Lb/ft ³			1/°F	Btu/hr·pie	Btu/lb·°F	pulgada	Btu/hr·ft ² ·°F												
179.26257	184.36	34.68	66.68	66.62	0.91	0.91	0.000216	0.07	0.486	3.6	6.50												

FLUIDO CALIENTE (AGUA SALADA DE PRODUCCION): TUBOS

173.56514	47.0069	6	0.0513	0.3080	1.76	68.63	1.10	0.34	0.266	482	68983	0.95	4.92	394.54															
Ta	Gi	n	at	at	u	d	p	k	DI	Ls	Ret	C	Pr	ho															
°F	Lb/hr ² pie		pie ²	pie ²	Lb/pie-hr	Lb/pie ³		Btu/hr ² pie ² °F	pie	pie		Btu/lb°F		Btu/hrpie ² °F															
Temperatura media del fluido caliente		Caudal másico por unidad de sección transversal		Cantidad de circuitos que conforman el serpentín		Sección transversal del tubo		Área de flujo por los tubos		Viscosidad dinámica		Densidad		Peso específico		Conductividad térmica		Diámetro interior del tubo		Longitud del tubo de serpentín		Reynolds en los tubos		Calor específico		Número de Prandtl		Coeficiente de película lado interior corregido por diámetro	

CALCULO DEL CALOR CEDIDO AL MEDIO AMBIENTE DEL TANQUE DE LAVADO CON SERPENTIN.

172.93	88	0.0300	0.08	0.70	3063	70.47	93.49	85.414	20.094	10.0	0.483712	0.918	10253	170.945	170.9455	630.95	168.96																		
Ti	Ta	Ki	Ei	e	A	TP	TP	Q	Q	Ho	c	po	Mo	Tms	Tmc	Tms	T																		
°F	°F	Btu/hr pie.°F	pie		pie ²	°F	°F	Btu/h	Btu/h	pies	Btu/Lb°F		bpd	°F	°F	°R	°F																		
Temperatura del aceite al ingreso		Temperatura media del medio ambiente exterior		Conductividad térmica del aislamiento		Espesor del aislamiento		Emisividad de la pared exterior del tanque		Área total de transferencia		Temperatura supuesta para la pared		Temperatura calculada para la pared		Cantidad de calor disipado al medio ambiente		Cantidad de calor total disipado		Altura de la capa de aceite en el tanque		Calor específico de la corriente de aceite que ingresa al tanque		Peso específico medio de la corriente de aceite		Flujo de la corriente de aceite		Temperatura media inicialmente supuesta		Temperatura media calculada		Temperatura media del proceso inicialmente supuesto		Temperatura calculada a la descarga de la corriente de aceite	

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

6.383733	0.916298	2704.911	165395	165163.1	5.668833	0.0200	1.90834								
Uc	a"	A	Q, Q _i	Q _{uid}	Ud	Rd	v								
Btu/hrpie ² °F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² °F		pie/seg								
Coeficiente global de transferencia calculado		Sección superficial del tubo		Superficie total		Calor total cedido por el serpentín		Calor total calculado en base a Ud		Coeficiente total de diseño		Factor de obstrucción estimado experimentalmente		Velocidad del fluido en el tubo	

CHEQUEO DE LA TEMPERATURA INTERNA DEL TANQUE DE LAVADO (Te)
Serpentín Instalado en la capa de aceite

Flujo másico del agua de recirculación en tanque de lavado	Calor específico del agua recirculada	Temperatura del agua de recirculación antes de ingresar a tanque	Flujo másico de la corriente de aceite a la descarga de separador	Calor específico del aceite descargado por el separador	Temperatura del aceite descargado de separador antes de ingresar a tanque	Flujo másico de aceite recirculado de hidrociclón a tanque	Calor específico del aceite recirculado de hidrociclón	Temperatura del aceite recirculado antes de ingresar a tanque	Calor cedido al medio ambiente	Calor cedido por el serpentín	Flujo másico del agua de expurga	calor específico del agua de expurga	Flujo másico de aceite descargado de tanque a hidrociclón	Calor específico del aceite que ingresa a hidrociclón	Temperatura del agua de expurga inicialmente supuesto	Temperatura del agua de expurga calculado	Temperatura del agua de expurga calculado sin serpentín	Temperatura de la corriente al ingreso
WWR Lb/hr	CWR Btu/Lb°F	TWR °F	Wos Lb/hr	Cos Btu/Lb°F	Tos °F	Wohs Lb/hr	Cohs Btu/Lb°F	Tohs °F	Qma Btu/hora	Qs Btu/hr	We Lb/hr	Ce Btu/Lb°F	Wohl	Cohl	Te °F	Te °F	Te °F	Te °F
208200	0.98000	173.09	16088	0.48300	180.36	144924	0.481	171.65	85414	166395	1453	0.98	160898	0.481	173.296	172.396	171.811	172.93

CHEQUEO DE LA TEMPERATURA INTERNA DEL TANQUE DE LAVADO (Te)
Serpentín Instalado en la capa de agua

Flujo másico del agua de recirculación en tanque de lavado	Calor específico del agua recirculada	Temperatura del agua de recirculación antes de ingresar a tanque	Flujo másico de la corriente de aceite a la descarga de separador	Calor específico del aceite descargado por el separador	Temperatura del aceite antes de ingresar a tanque	Flujo másico de aceite recirculado de hidrociclón a tanque	Calor específico del aceite recirculado de hidrociclón	Temperatura del aceite recirculado antes de ingresar a tanque	Calor cedido al medio ambiente	Calor cedido por el serpentín	Flujo másico del agua de expurga	calor específico del agua de expurga	Flujo másico de aceite descargado de tanque a hidrociclón	Calor específico del aceite que ingresa a hidrociclón	Temperatura del agua de expurga inicialmente supuesto	Temperatura del agua de expurga calculado	Temperatura del agua de expurga calculado sin serpentín	Temperatura de la corriente al ingreso
WWR Lb/hr	CWR Btu/Lb°F	TWR °F	Wos Lb/hr	Cos Btu/Lb°F	Tos °F	Wohs Lb/hr	Cohs Btu/Lb°F	Tohs °F	Qma Btu/hora	Qs Btu/hr	We Lb/hr	Ce Btu/Lb°F	Wohl	Cohl	Te °F	Te °F	Te °F	Te °F
208200	0.98000	173.09	16088	0.48400	180.36	144924	0.481	171.65	90283	490235	1453	0.98	160898	0.482	174.191	173.438	171.706	172.93

NOTA:
AUN CUANDO POR APROVECHAMIENTO DE CALOR EL SERPENTIN DEBERIA SER UBICADO EN LA CAPA DE AGUA DEL TANQUE DE LAVADO, ES DE OBSERVAR QUE LA AYUDA DE DE ESTE ELEMENTO EN ESTE SENTIDO ES ESCASA. DECIDIENDO POR TANTO UTILIZAR ESTE ELEMENTO EN LA CAPA DE ACEITE, MUY CERCA A LA INTERFASE, PARA QUE CON EL MOVIMIENTO TERMICO ESTABLECIDO ALREDEDOR DEL SERPENTIN, SE PROPICIE LA COALESCENCIA DE LAS GOTAS DE AGUA PRESENTES EN EL ACEITE Y POR ENDE SU SEPARACION.

DIAMETRO MINIMO DE LA GOTA DE AGUA SEPARADA EN TANQUE DE LAVADO

Altura de la capa de aceite en el tanque	Tiempo para decantación de las gotas de agua	Temperatura media del proceso	Temperatura absoluta media del proceso	Densidad del agua salada	Densidad del aceite	Viscosidad dinámica del agua	Viscosidad dinámica del aceite	Caudal de aceite seco	Porcentaje de agua en el aceite al ingresar al tanque	Factor de cortocircuito en el tanque	Diámetro mínimo de la gota de agua separada	Velocidad terminal de la gota de agua con diámetro mínimo	Comprobación del número de Reynolds
Ho	Td	Tmr	Tma	dw	do	Uw	Uo	Go	%Woi	f	Dw	Vt	Re
pies	hora	°F	°R	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm.se g poise	gr/cm.se g poise	bpd	%		micron	pie/seg	
10	1.14	171	631	1.101	0.914	0.00736	0.40397	10000	0.6050	0.5	333	0.00244	1.56E-06

DATOS:

- Dtk:** Diámetro del tanque gun-barrel, en pies
- Ho:** Altura de la capa de aceite en el tanque
- Tmr:** Temperatura media real del proceso, en °F, calculado en el paso anterior.
- Tma:** Temperatura media absoluta, en grados Rankine.
- dw:** Densidad del agua salada, en gr/cm³, evaluado con la siguiente expresión:
 $dw = 0.8513692 + 0.703106461 \cdot Tma - 1.2492 \cdot 10^{-6} \cdot Tma^2$
- do:** Densidad del aceite, en gr/cm³, evaluado con la siguiente expresión:
 $do = 1.07538 - (2.5641 \cdot 10^{-4}) \cdot Tma$
- Uw:** Viscosidad dinámica del agua, en poise, evaluado con la siguiente expresión:
 $Uw = 0.02 \cdot e^{(13.3320 - 0.037709159 \cdot Tma + 2.3765 \cdot 10^{-5} \cdot Tma^2)}$
- Uo:** Viscosidad dinámica del aceite, en poise, evaluado con la siguiente expresión:
 $Uo = ((1.07538 - (2.5641 \cdot 10^{-4}) \cdot Tma) / 100) \cdot e^{(53.23858 - 0.134706 \cdot Tma + 8.92825 \cdot 10^{-5} \cdot Tma^2)}$
- Go:** Caudal de aceite seco producido, en bpd
- %Woi:** Porcentaje de agua presente con el aceite al ingreso, medido respecto al aceite seco, evaluado con la siguiente expresión: $\%Woi = 100 \cdot Xi(1 - Xi)$, en donde Xi es la fracción de agua presente en la corriente de ingreso.
- f:** factor de cortocircuito en el tanque, siempre menor que 1.

INCOGNITAS:

- Td:** Tiempo del proceso de decantación, en horas
- Dw:** Diámetro mínimo de la gota de agua separada, durante el proceso de decantación en el gun-barrel en micrones
- Vt:** Velocidad terminal observada durante el proceso de decantación de las gotas de agua dispersas en el aceite, en pie/s
- Td:** Tiempo disponible para efectuar el proceso de decantación de las gotas de agua, en horas

FORMULAS:

$$T_d = 0.14009 * Dtk^2 * Ho / (Go + (Go * Wo / 100) * Go)$$

$$Dw = 68.12967 * (4 * (Go + Go * Wo / 100) * Uo / (1.78 * 10^{-6} * (dw - do) * Dtk^2 * t))^{0.5}$$

$$Vt = 1.78 * 10^{-4} * (dw - do) * (Dw)^2 / Uo$$

**9.2.1.5 CALCULO DEL TRATAMIENTO DEL ACELITE EN DESHIDRATADOR CENTRIFUGO
CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL ACELITE AL INGRESO A DESHIDRATADOR HIDROCICLONICO**

T ₁	T ₂	T ₂	V	V	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	Ft	Di
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F				°F
174.200	173.900	173.612	10.000	132868.9	0.95	68	68	106.0	sin valor	0	1	106.0
Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida

Coefficiente de transferencia (h_o) por convección natural (h_{nc}) y por radiación (h_r) - lado exterior, fluido: aire

T _i	T _p	T _{ma}	u	d _i	d _a	ρ _i	ρ _a	B	k	c _i	Do	h _c	e	h _r	h _o
°F	°F	°F	cp	Lb/pt ³	Lb/pt ³			1/°F	Btu/hr·pt ² ·°F	Btu/lb·°F	pulgada	Btu/hr·pt ² ·°F		Btu/hr·pt ² ·°F	Btu/hr·pt ² ·°F
121.025	174.05	68	0.019	0.0693	0.0755	0.86	0.94	0.001601	0.016	0.25	6.50	1.0566	0.7	0.958056	2.0146
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior

Coefficiente de transferencia (no) lado interior (aceite por el tubo)

Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de aceite	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película - lado interior corregido por diámetro
T _a	G _w	G _t	n	a _t	a _t	u	d	ρ	k	DI	L _t	Ret	C	u ^o C/k	h _{io}
°F	bpd	Lb/(hr ² pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/ple-hr	Lb/ple ³		Btu/hr ² pie ² F	pie	pie		Btu/lb ^o F		Btu/hpie ² F
174.05	20000	1324538	1	0.2006	0.2006	92.80	56.95	0.91	0.07	0.505	213.20	7214	0.95	1275.80	45.59

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Coefficiente total U _c	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a U _c	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
U _c	a ^o	A	Q _c	Q _{ac}	U _d	R _d	U	v
Btu/hrpie ² F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² F		Btu/hrpie ² F	pie/seg
1.929368	1.701696	362.8016	74232.6	74232.58	1.929368	0.0000	1.92937	6.461033

CALCULO DE LA EFICIENCIA ESTIMADA PARA EL HIDROCICLON

Temperatura absoluta del proceso	Presión absoluta del proceso	DENSIDAD DEL GAS	DENSIDAD DEL GAS A T _p	VISCOSIDAD DINAMICA DEL GAS	VISCOSIDAD CINEMATICA DEL GAS	DENSIDAD DEL AGUA SALADA A T	VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA SALADA A T	VISCOSIDAD CINEMATICA DEL AGUA SALADA A T	DENSIDAD DEL ACEITE A T	VISCOSIDAD DINAMICA DEL ACEITE A T	Fración de agua presente en la corriente de aceite	DENSIDAD APARENTE			
°R	PSIA	KG/M ³	KG/M ³	KG/M S	M ² /S	KG/M ³	CP	KG/M S	CG/M ³	CP	KG/M S	KG/M ³			
633.0	75.0	0.70045080	2.929603889	1.18525E-06	4.04675E-06	1100.71	0.719268101	0.000719268	0.653743355	8.53743E-07	913.3950606	38.346	0.038346	0.00448	914.2341934

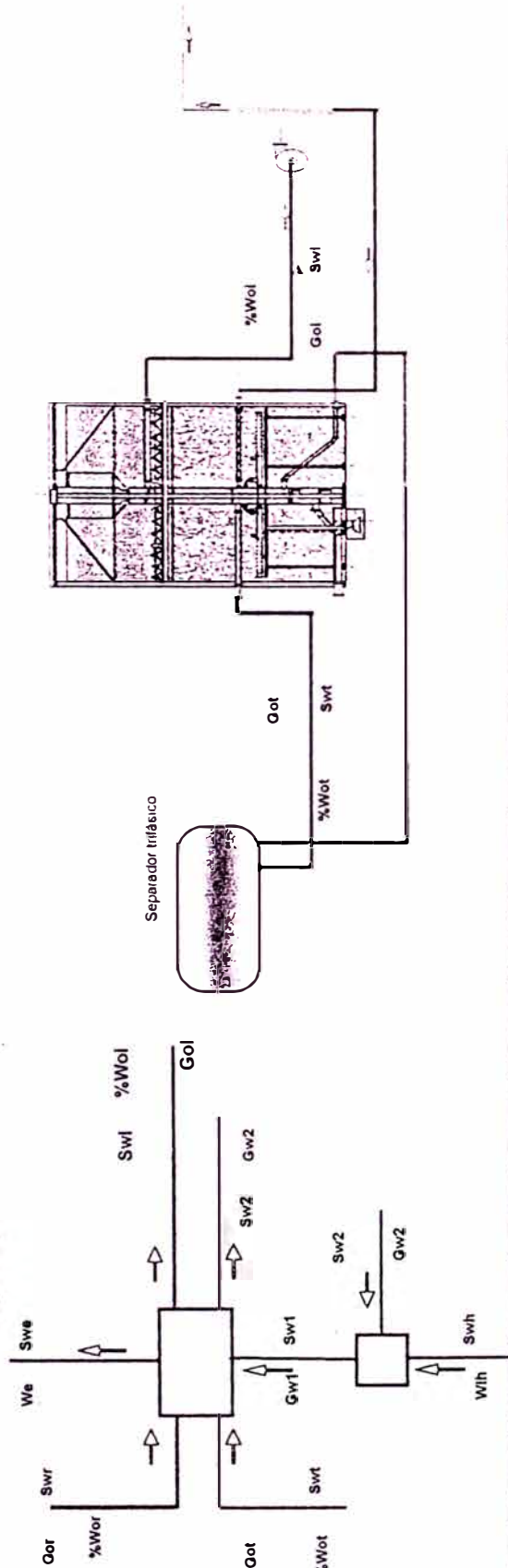
DIAMETRO MINIMO DE PARTICULAS DE AGUA QUE SE SEPARAN DEL ACEITE

SIMBOLO	CAUDAL DE GAS			CAUDAL DE LIQUIDO PARA CADA ELEMENTO		CAUDAL TOTAL	SECCION DE BOQUILLA (S _b)			NUMERO DE BOQUILLAS	LONGITUD EFECTIVA DE CICLON	RADIO AL INGRESO		RADIO MEDIO A LA SALIDA		PERDIDA HIDRAULICA EN DESHIDRATADOR HIDROCICLONICO		
	STD						ALTO	ANCHO	SECCION									
	Q	Q	Q	Q	Q	Q	a	b	S _b	n	l	R ₁	R ₁	R ₂	R ₂	H	H	H
UNIDAD	PIE ³ /DIA	PIE ³ /DIA	m ³ /s	BPD	m ³ /s	m ³ /s	pulgada	pulgada	m ²		m	pulgada	m	pulgada	m	m	metros de agua	psi
	0.0	0.0	0.0000	350.00	0.00064	0.00064	0.390625	0.18	0.000045	2	0.762	0.78125	0.019844	0.101563	0.00258	34.18	31.24	44.36

VELOCIDAD EN LA BOQUILLA	VELOCIDAD RADIAL PROMEDIO	DIAMETRO MINIMO DE LA GOTA DE ACEITE SEPARADA	DIAMETRO MINIMO DE LA GOTA DE AGUA SEPARADA	TIEMPO QUE TOMA UNA PARTICULA PARA DAR UNA VUELTA	TIEMPO QUE TOMA LA PARTICULA EN VIAJAR DE R1 A R2	NUMERO DE VUELTAS	Caudal al ingreso a tratador centrifugo	CANTIDAD DE ELEMENTOS NECESARIOS
u ₂	V _m	D	D	t ₀	t ₁	#		
m/s	m/s	micrón	micrón	segundo	segundo		bpd	
7.08	0.0120	132	132	0.02	1.44	81.79	10045	29

9.2.1.6 CALCULO DE LA PERFORMANCE DEL LAVADO DEL SISTEMA PROYECTADO PARA LA DEMANDA ACTUAL
 9.2.1.6.1 LAVADO EN TANQUE

Figura 9.2 - 15: ESQUEMA PARA EL CALCULO DEL SISTEMA DE LAVADO EN TANQUE

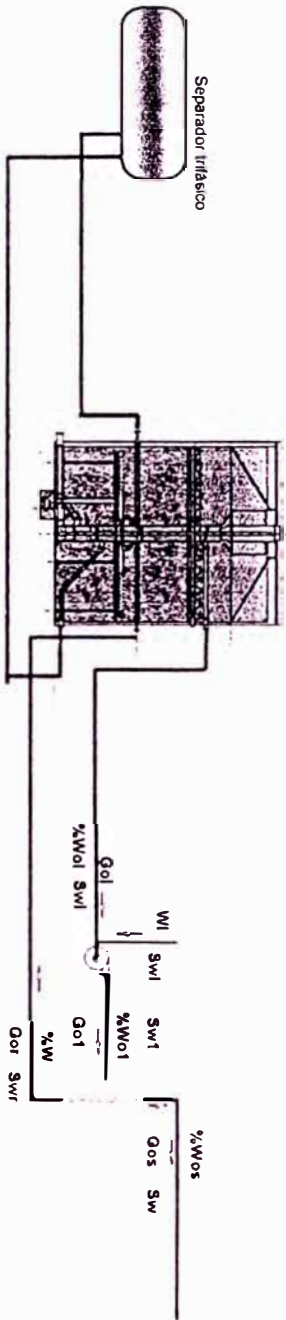


Caudal de aceite seco a la descarga de separador	Got	1,000	bpd
Porcentaje de agua presente en el aceite a la descarga de separador	%Wot	1.00	
Salinidad del agua presente en el aceite a la descarga de separador	Sw1	130.00	gr/l
Caudal de aceite seco reciclado de hidroción	Gor	8,886	bpd
Porcentaje de agua presente en el aceite reciclado de hidroción	%Wor	0.80	
Salinidad del agua presente en el aceite reciclado de hidroción	Swr	6.87	gr/l
Caudal de agua de circulación al ingreso a tanque	Gw1	13,871	bpd
Salinidad del agua de circulación al ingreso a tanque	Sw1	7.75	gr/l
Caudal de agua de expurga	We	161.99	bpd
Salinidad del agua de expurga	Swe	7.76	gr/l
Caudal de aceite seco a la descarga de tanque de lavado	Gol	10000.00	bpd
Porcentaje de agua presente en el aceite a la descarga de tanque de lavado	%wol	0.45	
Salinidad del agua presente en el aceite a la descarga de tanque de lavado-supuesto	Swl	15,5200	gr/l
Salinidad del agua presente en el aceite a la descarga de tanque de lavado-calculado	Swi	15,51999	gr/l
Caudal de agua de circulación a la descarga de tanque	Gw2	13,636	bpd
Salinidad del agua de circulación a la descarga de tanque-supuesto	Sw2	7,76000	gr/l
Salinidad del agua de circulación calculado	Sw2	7,759993	gr/l

Wlt	SWt	N	Ef	PTB
bpd	gr/l			
35.00	5.00	0.10	50.00	24.42
Caudal del agua de lavado en tanque		Salinidad del agua de lavado en tanque		Factor de reyección en hidrociclón
Eficiencia del proceso de mezcla		PTB DE LA CORRIENTE DE ACEITE A LA DESCARGA DE TANQUE		

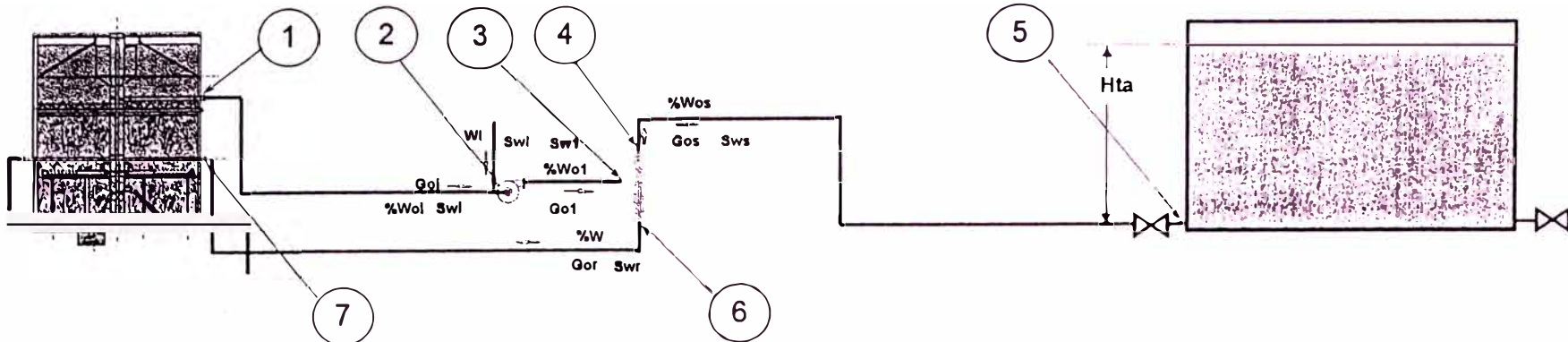
9.2.1.6.2 LAVADO EN DESHIDRATADOR HIDROCICLONICO

Figura 9.2 - 16: ESQUEMA PARA EL LAVADO EN DESHIDRATADOR CENTRIFUGO



Go1	%Wol	Sw1	Sw1	Wl	Swl	Go1	%Wol	Sw1	Gos	%Wos	Sws	PTB	Gor	%Wor	Swr	N	
bpd		gr/litro	gr/litro	bpd	gr/litro	bpd		gr/litro	bpd		gr/litro		bpd		gr/litro		
10,000	0.45	16.62	15.62	30.00	5.00	10,000	0.75	11.31	1,004	0.30	9.53	10.00	8,996	0.80	6.67	0.1000	70.00
Caudal de aceite seco al ingreso a mezclador		Porcentaje de agua presente en el aceite al ingreso a mezclador		Salinidad del agua presente en el aceite al ingreso-supuesto		Salinidad del agua presente en el aceite al ingreso - calculado		Caudal de agua fresca para lavado		Salinidad del agua de lavado		Caudal de aceite seco a la descarga de mezclador		Porcentaje de agua presente en el aceite a la descarga de mezclador		Salinidad del agua presente en el aceite a la descarga de mezclador	
Caudal de aceite seco tratado		Porcentaje de agua presente en el aceite tratado		Salinidad del agua presente en el aceite tratado		PTB del aceite tratado		Caudal de aceite seco recirculado		Porcentaje de agua presente en el aceite recirculado		Salinidad del agua presente en el aceite recirculado		Porcentaje de reyección en hidrociclón		Eficiencia en el proceso de mezcla	

Figura 9,2 - 17: ESQUEMA PARA EL CALCULO DE PERDIDAS HIDRAULICAS PARA TRATAMIENTO EN DESHIDRATADOR CENTRIFUGO



CALCULO HIDRAULICO DE LAS LINEAS DE INTERCONEXION CON DESHIDRATADOR CENTRIFUGO
 Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 1 a 2

Temperatura a media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del aceite	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Presión en el punto 2		
	°F	BPD												m ³ /s	METROS	PIES
174.05	10,045	0.0185	1.00	65	0.154	0.018648	0.989772	4.2E-05	3631	0.0423	1.100171	8.231707	16.51	6.5	21.4	10.2

Cantidad Parcial	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control restringida	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20°	Estrechamiento	Reducción to Ensamblaje mto	Válvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k		pulgada	pulgada			
	1.27	0.68	0.85	2.54	43.18	0.34	0.39	0.68	2.12		0.008	6.065	0.0176	7.53	4.509519
	6	2	0	2	0	1	0	0	1				0.0492	4.5095	4.918696
	7.62	1.35	0.00	5.08	0.00	0.34	0.00	0.00	2.12				0.0413	4.9187	4.850686
													0.0425	4.8507	4.861627
													0.0423	4.8616	4.859858
													0.0423	4.8599	4.860144
													0.0423	4.8601	4.860097
													0.0423	4.8601	4.860105
													0.0423	4.8601	4.860104

Factor de cierre
3.00

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.666667	0.666667

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 2 a 3

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro Interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del aceite	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Carga hidráulica necesaria para llegar al punto 3		
	°F	BPD												m ³ /s	METROS	PIES
174.05	10,076	0.0185	1.00	6	0.255	0.050874	0.363897	4.2E-05	2205	0.0486	1.100171	1	14.48	1.1	3.6	1.7

Cantidad Parcial	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control restringida	Válvula de compuerta	Reducción	Reducción 6/10, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	pulgada	pulgada			
	1.46	0.78	0.97	2.91	49.52	0.39	0.69	1.37	2.43	0.008	10.01743	0.0290	5.87	4.322721
	4	2	0	1	0	1	0	1	1			0.0535	4.3227	4.578808
	5.83	1.55	0.00	2.91	0.00	0.39	0.00	1.37	2.43			0.0477	4.5788	4.530856
												0.0487	4.5309	4.539636
												0.0485	4.5396	4.538022
												0.0486	4.5380	4.538318
												0.0486	4.5383	4.538264
												0.0486	4.5383	4.538274
												0.0486	4.5383	4.538272

Factor de cierre
3.00

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.6	0.6

Cálculo del tramo 4 a 5
Cálculo de la temperatura media en el tramo 4 a 5

T_1	Alta temperatura fluido caliente	T_2	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	T_2	Baja temperatura fluido caliente calculado	V	Caudal del fluido caliente	v	Caudal másico en los tubos	C	Calor específico del fluido en tubos	t_1	Baja temperatura del fluido frío - Tempeartuar del aire	t_2	Alta temperatura del flido frío - Temepatura del aire	$MLDT$	Diferencia media logaritmica de temperaturas	R	Parámetro	S	Parámetro	Ft	Parámetro	DI	Diferencia de temperaturas corregida
$^{\circ}F$		$^{\circ}F$		$^{\circ}F$		$\frac{bpd}{2}$		$\frac{Lb/hr}{pie^2}$		$\frac{Btu/b^{\circ}F}{0.95}$		$^{\circ}F$		$^{\circ}F$		$^{\circ}F$			sin valor	0		1		$^{\circ}F$	
173,900		172,562		172,562		1,008		13401.2		0.95		68		68		105.2									105.2

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

T_f	Temperatura de la película	T_p	Temperatura media de la pared del tubo	T_{ma}	Temperatura media del medio ambiente	μ	Viscosidad dinámica del aire a T_f	d_i	Densidad a T_f	d_a	Densidad a T_a	ρ_f	Peso específico a T_f	ρ_a	Peso específico a T_a	B	Coefficiente de expansión térmica	k	Conductividad térmica a T_f	C_f	Calor específico a T_f	Do	Diámetro exterior del tubo	hc	Coefficiente por convección	e	factor de emisividad	hr	Coefficiente por radiación	ho	Coefficiente total lado exterior
$^{\circ}F$		$^{\circ}F$		$^{\circ}F$		cp		$\frac{Lb/pie^3}$		$\frac{Lb/pie^3}$						$1/^{\circ}F$		$\frac{Btu/hr^{\circ}F \cdot pie^2}{F}$		$\frac{Btu/b^{\circ}F}{0.25}$		$\frac{pulgada}{6.63}$		$\frac{Btu/hr \cdot pie^2}{F}$				$\frac{Btu/hr \cdot pie^2}{F}$		$\frac{Btu/hr \cdot pie^2}{F}$	
120.6155		173.231		68		0.019		0.0694		0.0755		0.86		0.94		0.0016		0.016		0.25		6.63		1.0494		0.7		0.955921		2.0054	

Coefficiente de transferencia (ho) lado interior (acete por el tubo)

T_a	Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	G_w	Caudal de aceite	G_t	Caudal másico por unidad de sección transversal	n	Cantidad de tubos	at_1	Sección transversal del tubo	at_2	Area de flujo por los tubos	μ	Viscosidad dinámica	d	Densidad	ρ	Peso específico	k	Conductividad térmica	DI	Diámetro interior del tubo	Lt	Longitud del tubo	ReI	Reynolds en los tubos	C	Calor específico	$u^{\circ}C/K$	Número de Prandtl	h_{io}	Coefficiente de película - lado interior corregido por diámetro
$^{\circ}F$		$\frac{bpd}{2}$		$\frac{Lb/hr \cdot pie^2}{2}$				pie^2		pie^2		$\frac{Lb/pie \cdot hr}{95.11}$		$\frac{Lb/pie^3}{57.01}$				$\frac{Btu/hr \cdot pie^2}{F}$		$\frac{pie}{0.505}$		$\frac{pie}{557.60}$				$\frac{Btu/b^{\circ}F}{0.95}$				$\frac{Btu/hr \cdot pie^2}{F}$	
173.231		1,008		66796.67		1		0.2006		0.2006		95.11		57.01		0.91		0.07		0.505		557.60				0.95		1305.71		0.18	

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALO R

Coefficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
Uc	a"	A	Q _c	Q _{ac}	Ud	Rd	U	v
Btu/hrpie ² F	pie2/ple	pie2	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² F		Btu/hrpie ² F	pie/seg
0.187419	1.734421	967.1131	17038.1	17038.08	0.167419	0.0000	0.16742	0.325476

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del aceite	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Carga hidráulica necesaria para llegar al punto 5		
	°F	BPD												m ³ /s	METROS	PIES
173.231	1,008	0.0019	1.00	170	0.154	0.018648	0.099273	4.3E-05	356	0.1799	1.100495	9.756098	349.95	10.0	32.9	15.7

Cantidad Parcial	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control restringida	Válvula de compuerta	Reducción	Reducción 8/10, 20°	Ensamblamiento	Válvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	pulgada	pulgada			
	5.40	2.88	3.60	10.79	300.00	1.44	0.69	1.37	9.00		0.008	6.065	0.1799	2.36	3.539601
	4	2	0	1	1	1	0	1	1				0.0798	3.5396	3.19274
	21.59	5.76	0.00	10.79	300.00	1.44	0.00	1.37	9.00				0.0981	3.1927	3.280998
													0.0929	3.2810	3.257677
													0.0942	3.2577	3.263779
													0.0939	3.2638	3.262178
													0.0940	3.2622	3.262598
													0.0939	3.2626	3.262487
													0.0940	3.2625	3.262516

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.6	0.6

Cálculo del tramo 6 a 7

Cálculo de la temperatura media en el tramo 6 a 7

Alta temperatura fluido caliente	T_1	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	T_2	Baja temperatura fluido caliente calculado	T_2	Caudal del fluido caliente	V	Caudal másico en los tubos	v	Calor específico del fluido en tubos	C	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	t_1	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	t_2	Diferencia media logarítmica de temperaturas	MLDT	Parámetro	R	Parámetro	S	Parámetro	Ft	Diferencia de temperaturas corregida	DI
°F	173.900	°F	173.289	°F	173.289	bpd	9.068	Lb/hr	120478.9	Btu/lb·°F	0.95	°F	68	°F	68	°F	105.6	sin valor	0	1	1	105.6			

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Temperatura de la película	T_f	Temperatura media de la pared del tubo	T_p	Temperatura media del medio ambiente	T_{ma}	Viscosidad dinámica del aire a T_f	μ	Densidad a T_f	d_f	Densidad a T_a	d_a	Peso específico a T_f	ρ_f	Peso específico a T_a	ρ_a	Coefficiente de expansión térmica	B	Conductividad térmica a T_f	k	Calor específico a T_f	c_f	Diámetro exterior del tubo	Do	Coefficiente por convección	hc	factor de emisividad	e	Coefficiente por radiación	hr	Coefficiente total lado exterior	ho
°F	120.7923	°F	173.5845	°F	68	cp	0.019	Lb/pt ³	0.0694	Lb/pt ³	0.0755	0.86	0.94	0.0016	1/F	0.016	Btu/hr·pt ² ·°F	0.25	Btu/lb·°F	6.625	pulgada	6.625	Btu/hr·pt ² ·°F	1.0504	0.7	0.956842	2.0072				

Coefficiente de transferencia (hio) lado interior (aceite por el tubo)

Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	T_a	Caudal de aceite	G_w	Caudal másico por unidad de sección transversal	G_t	Cantidad de tubos	n	Sección transversal del tubo	a_t	Area de flujo por los tubos	a_t	Viscosidad dinámica	μ	Densidad	d	Peso específico	ρ	Conductividad térmica	k	Diámetro interior del tubo	DI	Longitud del tubo	Lt	Reynolds en los tubos	Re_t	Calor específico	C	Número de Prandtl	u^*C/k	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro	h_{io}
°F	173.5845	bpd	9.068	Lb/(hr·pie ²)	600512.3	1	0.2006	pie ²	0.2006	pie ²	0.2006	Lb/pt ² ·r	92.80	Lb/pt ³	56.95	0.91	0.07	Btu/hr·pie ² ·°F	0.505	pie	213.20	3271	Btu/lb·°F	0.95	1275.80	23.76					

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALO R

Coefficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
Uc	a"	A	Qc	Quc	Ud	Rd	U	v
Btu/hrple ² F	pie2/ple	pie2	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrple ² F		Btu/hrpl e ² F	pie/seg
1.850829	1.734421	369.7785	72261.5	72261.47	1.850829	0.0000	1.85083	2.929271

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del aceite	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Carga hidráulica necesaria para llegar al punto 5		
	°F	BPD												m ³ /s	METROS	PIES
173.5845	9,068	0.0167	1.00	65	0.154	0.018648	0.893455	4.2E-05	3278	0.0436	1.100355	8.231707	36.38	10.5	34.3	16.3

Cantidad Parcial	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control restringida	Válvula de compuerta	Reducción	Reducción 6/10, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	pulgada	pulgada	0.0195	7.16	4.467831
	1.31	0.70	0.87	2.61	22.00	0.35	0.69	1.37	2.18	0.008	6.065	0.0501	4.4678	4.845779
	6	2	0	1	1	1	0	0	1			0.0426	4.8458	4.781647
	7.84	1.39	0.00	2.61	22.00	0.35	0.00	0.00	2.18			0.0437	4.7816	4.792201
												0.0435	4.7922	4.790455
												0.0436	4.7905	4.790744
												0.0436	4.7907	4.790696
												0.0436	4.7907	4.790704
												0.0436	4.7907	4.790702

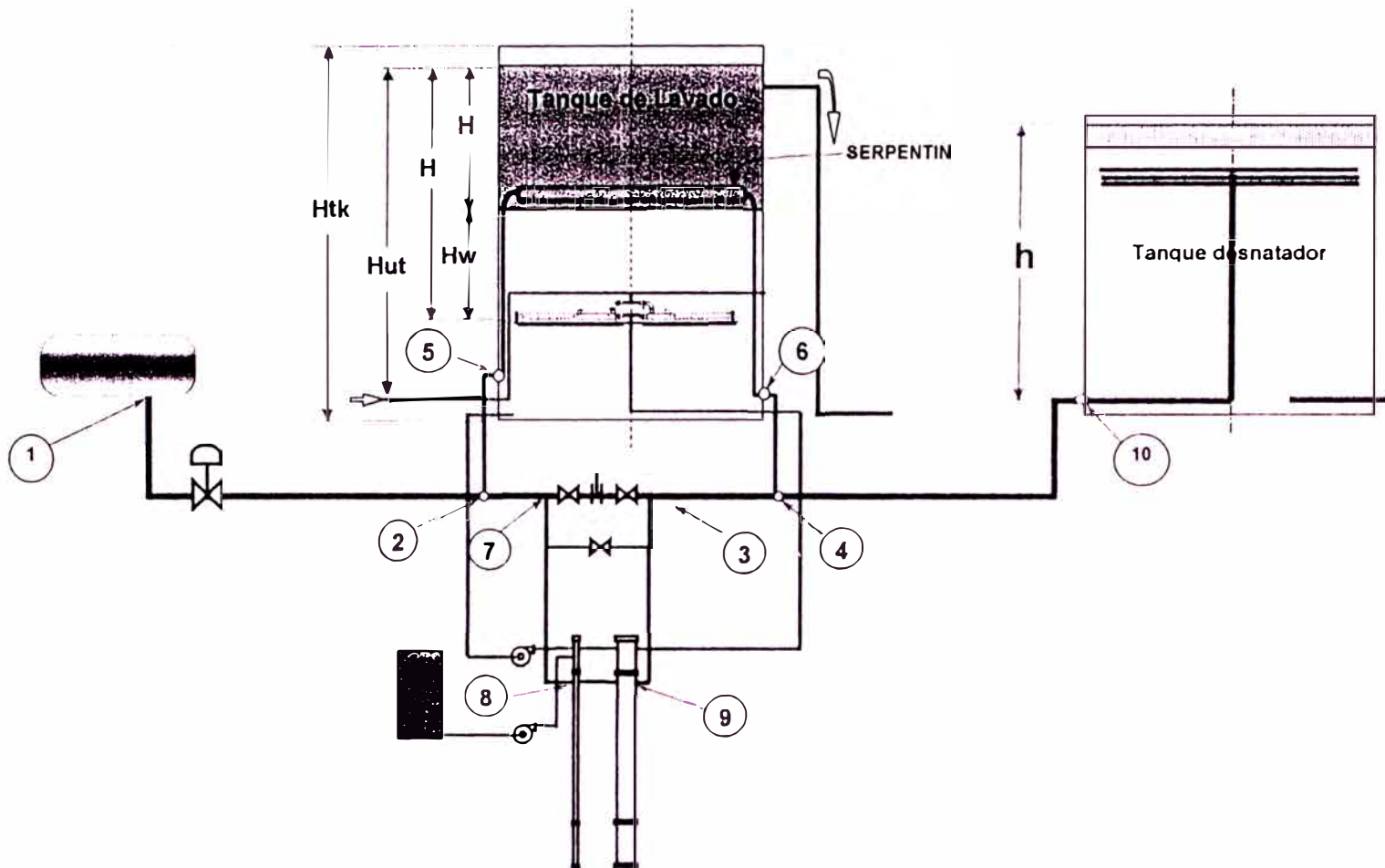
Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.6	0.6

CALCULO DEL INCREMENTO DE PRESION NECESARIO EN BOMBA PARA ALIMENTAR TRATADOR CENTRIFUGO

T		Temperatura al Ingreso a bomba
°F	psig	Presión en la boca de succión de bomba
173.90	10.18	
	psig	Pérdida hidráulica en hidrociclón
		Carga hidráulica para alimentar a tanque de almacenamiento
		Carga hidráulica para recircular aceite al tanque de lavado
		Factor de carga en válvula instalada en la reyección de hidrociclón
		Factor de carga en válvula instalada en líneas de recirculación de aceite
	PSIG	Presión mínima necesaria en bomba
		Relación de presiones en hidrociclón
		Peso específico del aceite
	pie	Altura en pies necesario en bomba
	gpm	Caudal necesario
BOMBA GOULDS CV3196 2X3-13 LTX		
	HP	POTENCIA
		17.32

9.2.2.0 CALCULO DEL PROCESO PARA LA CORRIENTE DE AGUA SALADA DE PRODUCCION

Figura 9.2 - 18: ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA SALADA DE PRODUCCION



DIAMETROS Y LONGITUDES DE LAS LINEAS DE INTERCONEXION

L12	D12	L25	D25	L56	D56	RAMALES PARALELOS TRAMO 5-6	L64	D64	L27	D27	L78	D78	L83	D83	L34	D34	L49	D49
PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE
52.48	0.68	65.80	0.34	82.00	0.34	6	78.72	0.34	78.72	0.68	45.92	0.34	68.88	0.34	1.968	0.68	1.5089	0.68
CAS 7"																		

V_w	V_9	W_9	T_9	V_7	W_7	T_7	V_6	W_6	T_6	P_9	P_3	P_4	P_{10}	h	P_{min}
bpd	bpd	Lb/h	°F	bpd	Lb/h	°F	bpd	Lb/h	°F	psig	psig	psig	psig	pie	psig
19000	9.940	159.123	180.00	19.000	304.158	185.26	9.060	145.035	183.76	14.5	18.3	11.9	13.9	23	15.9
Caudal total de agua salada a la descarga de separador	CAUDAL DE AGUA EN EL PUNTO 9	FLUJO MASICO EN EL PUNTO 9	TEMPERATURA DEL AGUA EN EL PUNTO 9	CAUDAL DE AGUA EN EL PUNTO 7 (por plato orificio)	FLUJO MASICO EN EL PUNTO 7	TEMPERATURA DEL AGUA EN EL PUNTO 7	CAUDAL DE AGUA EN EL PUNTO 6	FLUJO MASICO EN EL PUNTO 6	TEMPERATURA DEL AGUA EN EL PUNTO 6	PRESION EN EL PUNTO 9	PRESION EN EL PUNTO 3	PRESION EN EL PUNTO 4	PRESION EN EL PUNTO 10	NIVEL DE LIQUIDO EN TANQUE DESNATADOR	Presión mínima necesaria en separador

CALCULO DE LA TEMPERATURA DE MEZCLA EN EL PUNTO 3

Datos:

T_9	L_{93}	D	D	V_{93}
°F	pie	pulgada	pulgada	bpd
180.00	68.88	4.50	4.026	99.40
Temperatura en el punto 9	Longitud 9-3	Diámetro exterior de tubo - tramo 9-3	Diámetro interno de tubo - tramo 9-3	Caudal en tramo 9-3

Resultados

T_3
°F
183.42
Temperatura de mezcla en el punto 3

Tramo 9-3

	Alta temperatura fluido caliente		Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto		Baja temperatura fluido caliente calculado		Caudal del fluido caliente		Caudal másico en los tubos		Calor específico del fluido en tubos		Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire		Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire		Diferencia media logarítmica de temperaturas		Parámetro		Parámetro		Parámetro		Diferencia de temperaturas corregida
T ₁	T ₂	T ₂		V		C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	Fl	DI												
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F	°F	sin valor	0	1	°F												
180.000	179.876	179.876	9.940	158802.5	0.95	68	68	111.9					111.9												

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hcn) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

	Temperatura de la película		Temperatura media de la pared del tubo		Temperatura media del medio ambiente		Viscosidad dinámica del aire a Tf		Densidad a Tf		Densidad a Ta		Peso específico a Tf		Peso específico a Ta		Coefficiente de expansión térmica		Conductividad térmica a Tf		Calor específico a Tf		Diámetro exterior del tubo		Coefficiente por convección		factor de emisividad		Coefficiente por radiación		Coefficiente total lado exterior
T _f	T _p	T _{ma}	u	d _f	d _a	p _f	p _a	B	k	c _p	Do	hc	e	hr	ho																
°F	°F	°F	cp	Lb/ft ³	Lb/ft ³			1/°F	Btu/hr°ft ² °F	Btu/lb°F	pulgada	Btu/hr°ft ² °F		Btu/hr°ft ² °F	Btu/hr°ft ² °F																
123.969	179.938	68	0.019	0.0690	0.0755	0.86	0.94	0.001605	0.016	0.25	4.50	1.1745	0.7	0.973519	2.1480																

Coefficiente de transferencia (hio) lado interior

	Temperatura media del fluido caliente (por tubos)		Caudal de agua fresca		Caudal másico por unidad de sección transversal		Cantidad de tubos		Sección transversal del tubo		Area de flujo por los tubos		Viscosidad dinámica		Densidad		Peso específico		Conductividad térmica		Diámetro interior del tubo		Longitud de tubos		Reynolds en los tubos		Calor específico		Número de Prandtl		Coefficiente de película -lado interior corregido por diámetro
T _a	GW	Gt	n	a _t	a _t	u	d	p	k	DI	Lt	Ret	C	u·C/k	h _o																
°F	bpd	Lb/(hr°ft ²)		ft ²	ft ²	Lb/ft·hr	Lb/ft ³		Btu/hr°ft·°F	ft	ft		Btu/lb°F	ft·C/k	Btu/hr°ft ² °F																
179.938	120	21685.89	1	0.0884	0.0884	0.69	68.47	1.10	0.34	0.336	68.88	10580	0.95	1.92	50.44																

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR											
Uc	Coeficiente total Uc		3"	Sección superficial del tubo		A	Superficie total		Qc	Calor total cedido por el fluido caliente	
Btu/hrpie ² °F	1.178097	81.14734	pie ²	18714.3	18714.29	Btu/hr	Quc	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc		Btu/hr	
2.060258	1.178097	81.14734	pie ²	18714.3	18714.29	2.060258	Ud	Coeficiente total de diseño		Btu/hrpie ² °F	
							Rd	Factor de obstrucción			
							U	Coeficiente promedio de transferencia		Btu/hrpie ² °F	
							v	Velocidad del fluido en el tubo		pie/seg	
										0.087977	

CALCULO DE LA TEMPERATURA DE MEZCLA EN EL PUNTO 4

Datos:

Temperatura en el punto 3		Longitud 3-4		Diámetro exterior de tubo - tramo 3-4		Diámetro interno de tubo - tramo 3-4		Caudal en tramo 3-4		Temperatura en el punto 6		Longitud 6-4		Diámetro exterior de tubo - tramo 6-4		Diámetro interno de tubo - tramo 6-4		Caudal en tramo 6-4	
T3	183.42	L34	19.88	D	8.63	D	8.125	V93	28940	T6	183.76	L64	78.72	D	4.50	D	4.026	V64	9060
°F		pie		pulgada		pulgada		bpd		°F		pie		pulgada		pulgada		bpd	

Temperatura de mezcla en el punto 4	
T4	183.47
°F	

Resultados

Tramo 3-4

Alta temperatura fluido caliente		Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto		Baja temperatura fluido caliente calculado		Caudal del fluido caliente		Caudal másico en los tubos		Calor específico del fluido en tubos		Baja temperatura del fluido frio - Temeparatur del aire		Alta temperatura del flido frio - Temepertura del aire		Diferencia media logaritmica de temperaturas		Parámetro		Parámetro		Parámetro		Diferencia de temperaturas corregida	
T1	183.416	T2	183.366	T2	183.366	V	9940	v	156594.8	C	0.95	t1	68	t2	68	MLDT	115.4	R		S	0	FI	1	DR	115.4
°F		°F		°F		bpd		Lb/hr		Btu/lb°F		°F		°F		°F		sin valor						°F	

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Tf	Tp	Tma	u	dl	da	Pv	pa	B	k	ci	Do	hc	e	hr	ho
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
125.693	183.3959	68	0.019	0.0698	0.0755	0.85	0.94	0.001607	0.016	0.25	8.63	1.0060	0.7	0.98267	1.9886

Coefficiente de transferencia (hi) lado interior

Ta	Gw	Gt	n	at	at	u	d	p	k	DI	Li	Ret	C	u·C/k	hno
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de agua fresca	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro
183.3959	120	5317.528	1	0.3601	0.3601	0.67	68.38	1.10	0.34	0.677	19.68	5367	0.95	1.87	15.21

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Uc	a ²	A	Qc	Quc	Ud	Rd	U	v
Coefficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
1.758643	2.25802	44.43783	9017.44	9017.443	1.758643	0.0000	1.75864	0.021601

Tramo 6-4

T ₁	T ₂	T ₂	V	v	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	Fl	DI	
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F	sin valor	0	1	°F	
183.760	183.698	183.698	9.060	144538	0.95	68	68	115.7				115.7	
Alta temperatura fluido caliente		Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto		Baja temperatura fluido caliente calculado		Caudal del fluido caliente		Caudal másico en los tubos		Calor específico del fluido en tubos		Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	
Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire		Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire		Diferencia media logarítmica de temperaturas		Parámetro		Parámetro		Parámetro		Diferencia de temperaturas corregida	

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hnc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

T _i	T _p	T _{ma}	u	d _i	d _e	ρ _i	ρ _{ma}	B	k	c _p	Do	hc	e	hr	ho		
°F	°F	°F	cp	Lb/pe ³	Lb/pe ³			1/F	Btu/hr·pe ² ·°F	Btu/lb·°F	pulgada	Btu/hr·pe ² ·°F		Btu/hr·pe ² ·°F	Btu/hr·pe ² ·°F		
125.8395	183.679	68	0.019	0.0688	0.0755	0.85	0.94	0.001607	0.016	0.25	4.50	1.1844	0.7	0.983451	2.1679		
Temperatura de la película		Temperatura media de la pared del tubo		Temperatura media del medio ambiente		Viscosidad dinámica del aire a Tf		Densidad a Tf		Densidad a Ta		Peso específico a Tf		Peso específico a Ta		Coeficiente de expansión térmica	
Conductividad térmica a Tf		Calor específico a Tf		Diámetro exterior del tubo		Coeficiente por convección		factor de emisividad		Coeficiente por radiación		Coeficiente total lado exterior					

Coefficiente de transferencia (hi) lado interior

Ta	Gw	Gi	n	at	at	u	d	p	k	DI	LI	Rei	C	u·C/k	h _{so}		
°F	bpd	Lb/hr·pie ²		pie ²	pie ²	Lb/pe·hr	Lb/pe ³		Btu/hr·pe ² ·°F	pie	pie		Btu/lb·°F		Btu/hr·pe ² ·°F		
183.679	120	21655.1	1	0.0884	0.0884	0.67	68.37	1.10	0.34	0.336	78.72	10853	0.95	1.86	51.17		
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)		Caudal de agua fresca		Caudal másico por unidad de sección transversal		Cantidad de tubos		Sección transversal del tubo		Area de flujo por los tubos		Viscosidad dinámica		Densidad		Peso específico	
Conductividad térmica		Diámetro interior del tubo		Longitud de tubos		Reynolds en los tubos		Calor específico		Número de Prandtl		Coeficiente de película lado interior corregido por diámetro					

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR					
Coeficiente total U_c					
Sección superficial del tubo	a''				
Superficie total	A				
Calor total cedido por el fluido caliente	Q_c	Btu/hr			
Calor total recepcionado por el aire en base a U_c	Q_{uc}	Btu/hr			
Coeficiente total de diseño	U_d	$Btu/hr \cdot ft^2 \cdot ^\circ F$			
Factor de obstrucción	R_d				
Coeficiente promedio de transferencia	U	$Btu/hr \cdot ft^2 \cdot ^\circ F$			
Velocidad del fluido en el tubo	v	ft/seg			
			2.079754	1.178097	92.73982
			22311.7	22311.7	2.079754
			0.0000		2.07975
					0.087877

CALCULO DE LA TEMPERATURA EN EL PUNTO 10

Datos:

Temperatura en el punto 4				
Longitud 4-10	L	ft		
Diámetro exterior de tubo - tramo 4-10	D_e	in		
Diámetro interno de tubo - tramo 4-10	D_i	in		
Caudal en tramo 4-10	V	gpm		
	T_4	in	1410	
	L	ft	150.88	
	D_e	in	8.63	
	D_i	in	8.125	
	V	gpm	9080	

Resultados

Temperatura en el punto 10			
	T_3	$^\circ F$	182.97

tramo 4-10

Alta temperatura fluido caliente	T_1	$^\circ F$	183.471
Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	T_2	$^\circ F$	182.988
Baja temperatura fluido caliente calculado	T_2	$^\circ F$	182.989
Caudal del fluido caliente	V	gpm	9080
Caudal másico en los tubos	\dot{m}	lb/hr	144563.5
Calor específico del fluido en tubos	C	$Btu/lb \cdot ^\circ F$	0.95
Baja temperatura del fluido frio - Tempeartuar del aire	t_1	$^\circ F$	68
Alta temperatura del fluido frio - Tempepratura del aire	t_2	$^\circ F$	68
Diferencia media logaritmica de temperaturas	$MLDT$	$^\circ F$	115.2
Parámetro	R		sin valor
Parámetro	S		0
Parámetro	F_1		1
Diferencia de temperaturas corregida	Di	$^\circ F$	115.2

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

	Temperatura de la película	T_f	Temperatura media de la pared del tubo	T_p	Temperatura media del medio ambiente	T_{ma}	Viscosidad dinámica del aire a T_f	μ	Densidad a T_f	d_f	Densidad a T_a	d_a	Peso específico a T_f	ρ_f	Peso específico a T_a	ρ_a	Coefficiente de expansión térmica	β	Conductividad térmica a T_f	k	Calor específico a T_f	c_f	Diámetro exterior del tubo	D_o	Coefficiente por convección	h_c	factor de emisividad	e	Coefficiente por radiación	h_r	Coefficiente total lado exterior	h_o
125.6098	183.2197	68	0.019	0.0688	0.0755	0.85	0.94	0.001607	0.016	0.25	8.63	1.0056	0.7	0.982227	1.9878																	

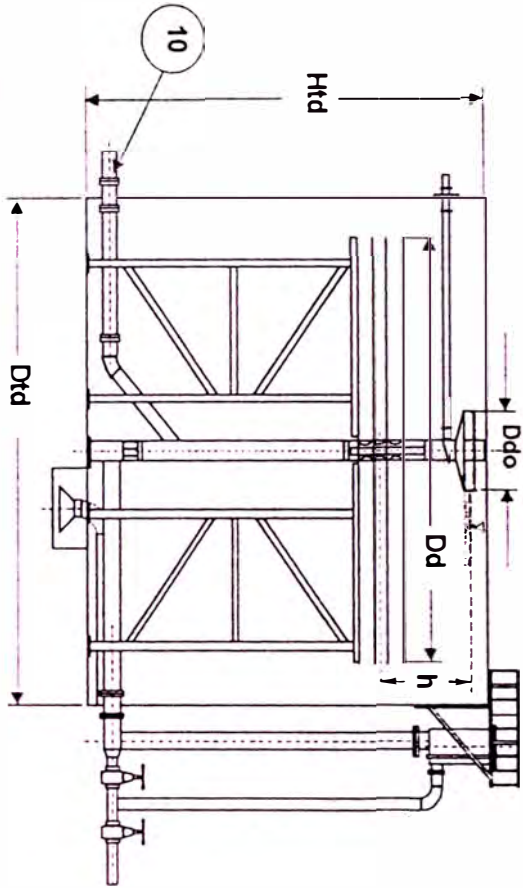
Coefficiente de transferencia (hi) lado Interior

	Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	T_a	Caudal de agua fresca	G_w	Caudal másico por unidad de sección transversal	G_t	Cantidad de tubos	n	Sección transversal del tubo	a_t	Area de flujo por los tubos	a_f	Viscosidad dinámica	μ	Densidad	d	Peso específico	p	Conductividad térmica	k	Diámetro interior del tubo	D_i	Longitud de tubos	L_t	Reynolds en los tubos	Re_t	Calor específico	C	Numero de Prandtl	u^*C/k	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro	$h_{i,c}$
183.2197	120	5317.867	1	0.3601	0.3601	0.67	66.39	1.10	0.34	0.677	150.88	5361	0.95	1.87	15.20																	

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

	Coefficiente total U_c	U_c	Sección superficial del tubo	a''	Superficie total	A	Calor total cedido por el fluido caliente	Q_c	Calor total recepcionado por el aire en base a U_c	$Q_{u,c}$	Coefficiente total de diseño	U_d	Factor de obstrucción	R_d	Coefficiente promedio de transferencia	U	Velocidad del fluido en el tubo	v
1.767878	2.25802	340.69	69004	69003.99	1.757878	0.0000	1.75788	0.021801										

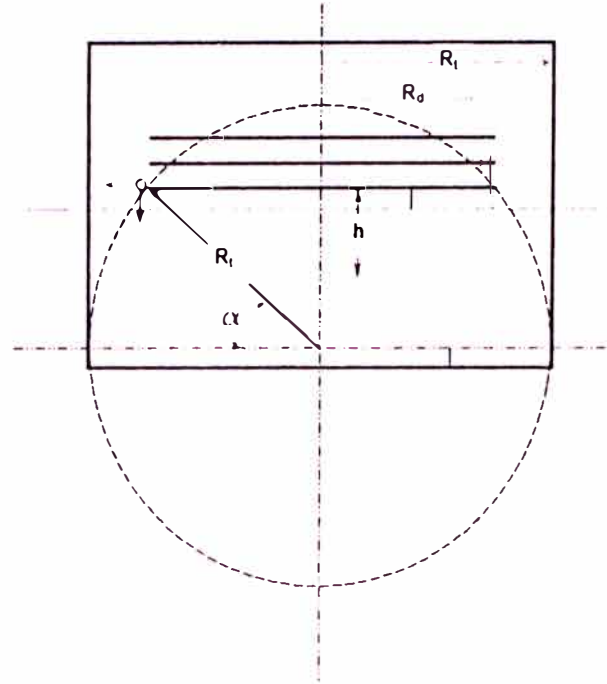
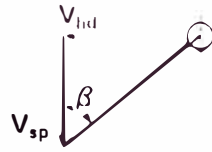
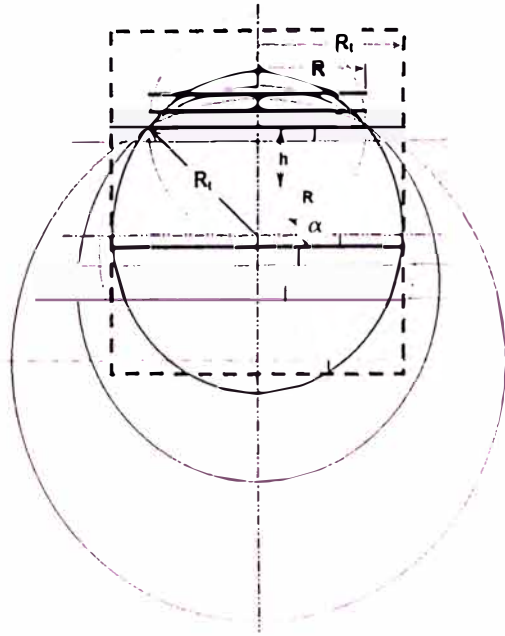
Figura 9.2 - 19: ESQUEMA PARA EL CALCULO DEL DIAMETRO MINIMO DE LA GOTA DE ACEITE SEPARADO EN TANQUE DESNATADOR



DIÁMETRO DEL TANQUE DESNATADOR	Dtd	pies	29.75
ALTURA DEL TANQUE DESNATADOR	Htd	pies	24
DIÁMETRO DEL DIFUSOR	Dd	pies	19.88
DIÁMETRO COLECTOR DE ACEITE	Ddo	pies	3.28
Distancia vertical media entre colector y difusor	h	pies	4.92

Temperatura del agua al ingreso	Ti	°F	182.97
Temperatura media del medio ambiente exterior	Ta	°F	68
Conductividad térmica del aislamiento	Kl	Btu/hr pie °F	0.0300
Espesor del aislamiento	El	pie	0.00
Emisividad de la pared exterior del tanque	e		0.70
Area total de transferencia	A	pie ²	2938
Temperatura supuesta para la pared	Tp	°F	175.14
Temperatura calculada para la pared	Tp	°F	174.50
Cantidad de calor disipado al medio ambiente	Q	Btu/h	602.712
Altura de la capa de aceite en el tanque	Ho	pies	10.0
Calor específico de la corriente de agua que ingresa al tanque	c	Btu/lb °F	0.98
Peso específico medio de la corriente de agua	po		1.100
Flujo de la corriente de agua	Mo	bpd	38000
Temperatura media inicialmente supuesta	Tms	°F	174.600
Temperatura media calculada	Tmc	°F	174.6202
Temperatura media del proceso inicialmente supuesto	Tms	°R	634.50
Temperatura calculada a la descarga de la comente de agua	T	°F	166.27

CALCULO DEL DIAMETRO MINIMO DE LA GOTA DE ACEITE A SEPARAR EN TANQUE DESNATADOR CON DIFUSOR CENTRAL.



TEMPERATURA DE PROCESO EN TANQUE DESNATADOR		VISCOSIDAD DEL AGUA SALADA A T	PESO ESPECIFICO DEL AGUA SALADA A T	VISCOSIDAD DEL ACEITE A T	PESO ESPECIFICO DEL ACEITE A T
T	T	Uw	γ_w	Uo	γ_o
°F	°R	cp		cp	
174.5	634.5	0.71601	1.0999991	37.433	0.913

ALTURA PROMEDIO DE UBICACIÓN DE DIFUSOR
H _a
H
6.097561

CALCULO DE DIAMETRO DE GOTA - CASO DE OPERAR CON UN SOLO TANQUE.

RADIO DEL TANQUE		RADIO DEL DIFUSOR		AREA LIBRE DE PASO		RADIO MAXIMO DE ZONA ESFERICA		ALTURA DE ZONA ESFERICA		SUPERFICIE DE ZONA ESFERICA		SECCION TOTAL DEL TANQUE		ANGULO DE INGRESO EN BORDE DE DIFUSOR		VELOCIDA EN ZONA ESFERICA		VELOCIDA VERTICAL EN ZONA ESFERICA		VELOCIDAD MEDIA EN LA SECCION DEL TANQUE		VELOCIDAD DE ASCENSO DE PARTICULA (Dd)		VELOCIDAD EN SECCION DE PASO		VELOCIDAD HORIZONTAL A LA SALIDA DE DIFUSOR		DIAMETRO DE TANQUE DESNATADOR		ALTURA DE ESPEJO EN TANQUE		CAUDAL DE INGRESO	
Rt	Rd	Sp	R	h	Se	St	α	Ve	Ve _v	V _{msl}	V _t	V _{sp}	V _{hd}	D	H	Q	Q																
m	m	m ²	m	m	m ²	m ²		cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	m	m	BPD	m ³ /s																
4.535061	3	36.3381	6.395	1.13888	45.760861	64.612441	1.082499	0.07629	0.067377	0.05403371	0.041304	0.096077	0.22	9.07	8.01	19.000	0.0349																

DIAMETRO DE DIFUSOR		DISTANCIA ENTRE PLACAS PARALELAS		NUMERO DE CANALES EN DIFUSOR		DIAMETRO DE COLECTOR DE ACEITE		DISTANCIA VERTICAL ENTRE DIFUSOR Y COLECTOR DE ACEITE		ALTURA DE UBICACIÓN DE DIFUSOR RESPECTO A LA TOMA DE AGUA		TIEMPO EN DIFUSOR		TIEMPO TOTAL FUERA DE DIFUSOR		TIEMPO EFECTIVO FUERA DE DIFUSOR		TIEMPO MEDIO DE RESIDENCIA		VELOCIDAD DE ASCENSO DE PARTICULA (Dd) DENTRO DE DIFUSOR		VELOCIDAD DE ASCENSO DE PARTICULA (Dt) FUERA DE DIFUSOR		DIAMETRO MINIMO DE GOTA DE ACEITE SEPARADO EN DIFUSOR		DIAMETRO MINIMO DE GOTA DE ACEITE SEPARADO EN TANQUE		ANGULO DE RECEPCION		ANGULO DE INCIDENCIA	
D _d	a	n	D _{co}	h	H _d	t _d	t _t	t _{ed}	t _r	V _{ad}	V _{at}	D _d	D _t	α	β																
m	m		m	m	m	s	s	s	minuto	cm/s	cm/s	micrón	micrón	radian	radian																
6	0.2794	3	1	1	5.65	676.4	9981	4286.03	175.96	0.0413	0.0172	64	54	0.489297	1.160657																

CALCULO DE DIAMETRO DE GOTA - CASO DE OPERAR CON LOS DOS TANQUES EN PARALELO.

TEMPERATURA DE PROCESO EN TANQUE DESNATADOR		VISCOSIDAD DEL AGUA SALADA A T		PESO ESPECIFICO DEL AGUA SALADA A T		VISCOSIDAD DEL ACEITE A T		PESO ESPECIFICO DEL ACEITE A T	
T	T	U _w	γ_w	U _o	γ_o				
°F	°R	cp		cp					
174.5	634.5	0.71601	1.0898981	37.433	0.913				

ALTURA PROMEDIO DE UBICACIÓN DE DIFUSOR	
H _d	m
6.097561	

Rt	Rd	Sp	R	h	Se	St	α	Ve	Vel	Vmst	Vt	Vsp	Vhd	D	H	Q	Q																
m	m	m ²	m	m	m ²	m ²		cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	m	m	BPD	m ³ /s																
4.535061	3	36.3381	6.395	1.13888	45.76086	64.61244	1.082499	0.03815	0.033889	0.02701686	0.020852	0.048038	0.11	9.07	8.01	9.500	0.0175																
RADIO DEL TANQUE		RADIO DEL DIFUSOR		AREA LIBRE DE PASO		RADIO MAXIMO DE ZONA ESFERICA		ALTURA DE ZONA ESFERICA		SUPERFICIE DE ZONA ESFERICA		SECCION TOTAL DEL TANQUE		ANGULO DE INGRESO EN BORDE DE DIFUSOR		VELOCIDAD EN ZONA ESFERICA		VELOCIDAD VERTICAL EN ZONA ESFERICA		VELOCIDAD MEDIA EN LA SECCION DEL TANQUE		VELOCIDAD DE ASCENSO DE PARTICULA (Dd)		VELOCIDAD EN SECCION DE PASO		VELOCIDAD HORIZONTAL A LA SALIDA DE DIFUSOR		DIAMETRO DE TANQUE DESNATADOR		ALTURA DE ESPEJO EN TANQUE		CAUDAL DE INGRESO	

Dd	a	n	Dco	h	Hd	t _d	t _t	t _{td}	t _r	V _{ad}	V _{at}	D _d	D _t	α	β																
m	m		m	m	m	s	s	s	minuto	cm/s	cm/s	micrón	micrón	radian	radian																
8	0.2794	3	1	1	5.65	1352.888	19752.76	8572.07	351.9275	0.0207	0.0086	38	38	0.488287	1.160657																
DIAMETRO DE DIFUSOR		DISTANCIA ENTRE PLACAS PARALELAS		NUMERO DE CANALES EN DIFUSOR		DIAMETRO DE COLECTOR DE ACEITE		DISTANCIA VERTICAL ENTRE DIFUSOR Y COLECTOR DE ACEITE		ALTURA DE UBICACIÓN DE DIFUSOR RESPECTO A LA TOMA DE AGUA		TIEMPO EN DIFUSOR		TIEMPO TOTAL FUERA DE DIFUSOR		TIEMPO EFECTIVO FUERA DE DIFUSOR		TIEMPO MEDIO DE RESIDENCIA		VELOCIDAD DE ASCENSO DE PARTICULA (Dd) DENTRO DE DIFUSOR		VELOCIDAD DE ASCENSO DE PARTICULA (Dt) FUERA DE DIFUSOR		DIAMETRO MINIMO DE GOTA DE ACEITE SEPARADO EN DIFUSOR		DIAMETRO MINIMO DE GOTA DE ACEITE SEPARADO EN TANQUE		ANGULO DE RECEPCION		ANGULO DE INCIDENCIA	

t_s : tiempo total de residencia en tanque fuera de difusor en segundos

Dcc: Diámetro exterior de columna central en metros

Vst: Velocidad terminal en tanque en cm/s

FORMULAS:

$$t_s = (2 \pi / Q) * (Hd * Rd^2 / 2 - 1/3 * (Rd^2 + Hd^2 - Rt^2)^{3/2} + 1/3 * Hd^3)$$

$$t_{e,fd} = (2 \pi / Q) * (Hd * Rd^2 / 2 - 1/3 * (Rd^2 + Hd^2 - Rt^2)^{3/2} + 1/3 * Hd^3 - Rt^3 / 3) \text{ para } Hd > Rt$$

$$t_{e,fd} = (2 \pi / Q) * (Hd * Rd^2 / 2 - 1/3 * (Rd^2 + Hd^2 - Rt^2)^{3/2}) \text{ para } Hd \leq Rt$$

$$t_d = (2 \pi * a / (Q/n)) * ((Dd/2)^2 / 2 - (Dcc/2)^2 / 2)$$

$$Vst = (2/\pi) * (Q / (2 \pi * Hd^2)) * 100 \text{ para } Hd \leq Rt$$

$$Vst = (2/\pi) * (Q / (2 \pi * Rt^2)) * 100 \text{ para } Hd > Rt$$

$$Dd = (18 * Vsd * \mu_w * 10^{-2} / (981 * (\gamma_w - \gamma_o)))^{0.5} * 10000$$

$$Vsd = (a / t_d) * 100$$

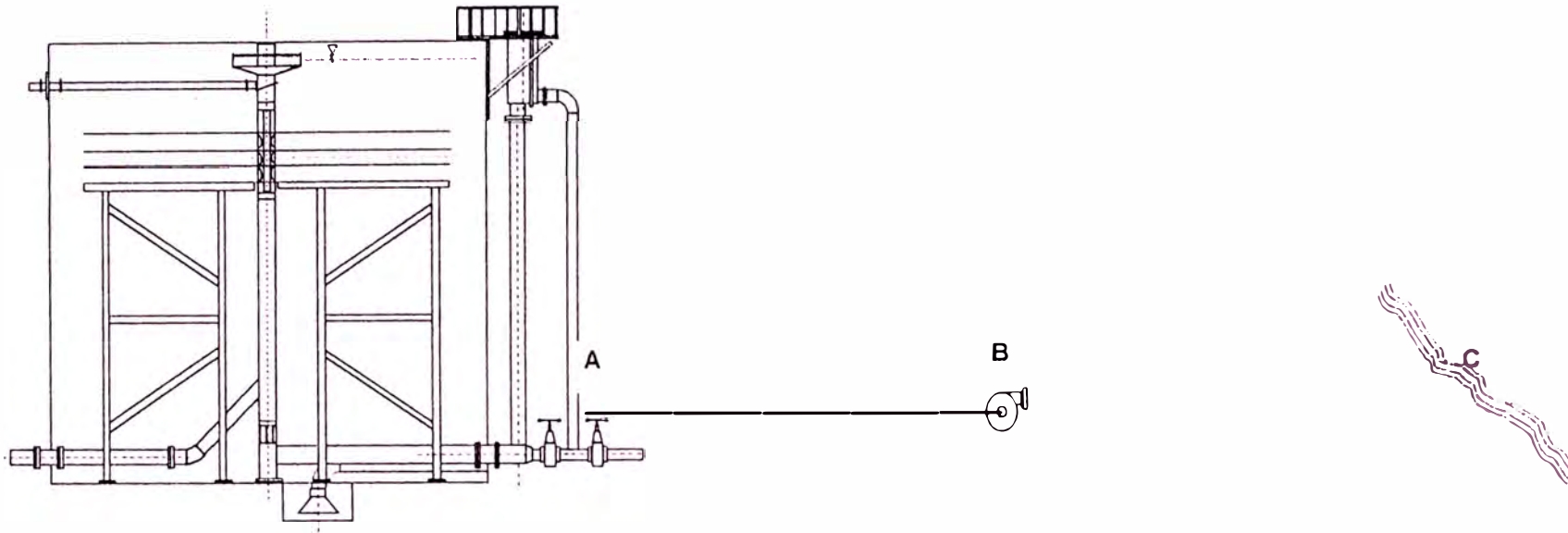
$$Vsd = 4Q / (\pi * n * (Dd^2 - Do^2))$$

$$Dd = (18 * Vsd * u_w / 981 * (g_w - g_o))^{0.5} * 10000$$

$$Dt = (18 * Vsd * u_w / 981 * (g_w - g_o))^{0.5} * 10000$$

SELECCION DE BOMBA PARA TRANSFERIR EL AGUA DE PRODUCCION

Figura 9.2 - 20: ESQUEMA PARA SELECCIONAR LA BOMBA NECESARIA PARA TRASFERIR EL AGUA SALADA DE PRODUCCION



TRAMO A-B

CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA

Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido fno. - Temperatura del aire	Alta temperatura del fluido fno. - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T ₁	T ₂	T ₂	V	v	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	Ft	Dt
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F				°F
166.272	166.921	165.977	19,000	253003.9	0.95	68	68	98.1	sin valor	0	1	98.1

Coefficiente de transferencia (h_o) por convección natural (h_c) y por radiación (h_r) - lado exterior, fluido: aire

	T _f	T _p	T _{ma}	u	d _i	d _e	ρ _r	ρ _a	B	k	c _i	Do	h _c	e	h _r	h _o
	°F	°F	°F	cp	Lb/pt ³	Lb/pt ³			1/°F	Btu/hr ² pie ² °F	Btu/lb ² °F	pulgada	Btu/hr ² pie ² °F		Btu/hr ² pie ² °F	Btu/hr ² pie ² °F
117.0483	166.0967	68	0.019	0.0698	0.0755	0.87	0.94	0.001595	0.016	0.25	8.920	0.9568	0.7	0.937491	1.8943	

Coefficiente de transferencia (h_i) lado interior (aceite por el tubo)

	T _a	Gw	Gt	n	a _t	a _t	u	d	p	k	DI	Lt	Ret	C	u ² /k	h _o
	°F	bpd	Lb/hr ² pie ²		pie ²	pie ²	Lb/pt ³ hr	Lb/pt ³		Btu/hr ² pie ² °F	pie	pie		Btu/lb ² °F		Btu/hr ² pie ² °F
166.0967	19.000	654298.1	1	0.3867	0.3867	110.72	57.07	0.92	0.07	0.702	328.00	4147	0.95	1517.74	1.89	

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

	Uc	a ²	A	Q _c	Q _{re}	Ud	Rd	U	V
	Btu/hr ² pie ²	pie ² /pie ²	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr ² pie ²		Btu/hr ² pie ² °F	pie/seg
0.945898	2.335251	765.9622	71073.1	7107.13	0.945898	0.0000	0.9459	3.18488	

Temperatura media		CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del aceite	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Presión disponible en el punto B		
°F	BPD	m ³ /s			m	m	m ²	m/s	m ² /s				m		METROS	PIES	PSI
166.09669	19.000	0.0349	1.00	100	0.214	0.035942	0.971351	0.00005	4156	0.0404	1.103252	6.707317	37.60	4.0	13.1	6.3	

Cantidad Parcial	Codo 90°		Codo 45°		Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control restringida	Válvula de compuerta	Reducción	Reducción 6/10, 20° Ensamblamiento	Válvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	pulgada	pulgada	0.0154	8.06	4.580952
1.21	0.65	0.81	2.43	24.26	0.32	0.69	1.37	2.02	0.0477	4.5810	5.039174	0.008	8.42	0.0477	4.5810	5.039174
6	2	0	1	1	1	0	0	1	0.0394	5.0392	4.963084			0.0406	4.9631	4.975267
7.28	1.29	0.00	2.43	24.26	0.32	0.00	0.00	202	0.0404	4.9753	4.973305			0.0404	4.9733	4.97362
									0.0404	4.9736	4.97357			0.0404	4.9736	4.973578
									0.0404	4.9736	4.973577			0.0404	4.9736	4.973577

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.6	0.6

0.0404	4.9733	4.97362
0.0404	4.9736	4.97357
0.0404	4.9736	4.973578
0.0404	4.9736	4.973577

CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA EN EL DUCTO

Alta temperatura fluido caliente - descarga de separador	T ₁	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	T ₂	Baja temperatura fluido caliente calculado	T ₂	Caudal promedio - fluido caliente	V	Caudal másico en los tubos	v	Calor específico del fluido en tubos	C	Baja temperatura del fluido frio - Temperatura del medio circundante	t ₁	Alta temperatura del fluido frio - Temperatura del medio circundante	t ₂	Diferencia media logaritmica de temperaturas	M.L.D.T	Parámetro	R	Parámetro	S	Parámetro	F _i	Diferencia de temperaturas corregida	D _r
167.0	°F	99.620	°F	99.61	°F	19.000	bpd	308109.2	Lb/hr	1	Btu/lb°F	86	°F	86	°F	37.8	°F	sin valor		0		1	37.8	°F	

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior equivalente	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total
T _f	T _p	T _{ma}	u	d _s	ρ _r	ρ _a	B	k	c _p	Do	hc	e	hr	ho
°F	°F	°F	cp	Lb/pt ³	Lb/pt ³	Lb/pt ³	1/°F	Btu/hr·pie ^{**} _F	Btu/lb·°F	pulgada	Btu/hr·pie ^{2*} _F		Btu/hr·pie ^{2*} _F	Btu/hr·pie ^{2*} _F
109.655	133.31	86	0.019	0.0707	0.0734	0.91	0.001607	0.016	0.25	8.92	0.7556	0.7	0.896991	1.6526

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: agua

Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del agua circundante	Viscosidad dinámica del agua a Tf	Densidad a Tf	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior equivalente	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total
T _f	T _p	T _{ma}	u	d _s	ρ _r	ρ _a	B	k	c _p	Do	hc	e	hr	ho
°F	°F	°F	cp	Lb/pt ³	Lb/pt ³	Lb/pt ³	1/°F	Btu/hr·pie ^{**} _F	Btu/lb·°F	pulgada	Btu/hr·pie ^{2*} _F		Btu/hr·pie ^{2*} _F	Btu/hr·pie ^{2*} _F
109.655	133.31	86	0.646	61.8526	62.1235	1.00	0.000185	0.368	1	8.92	30.2426	0.7	0.896991	31.1395

Coefficiente de transferencia (hio) lado interior, fluyendo agua salada

Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de producción	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubo	Calor específico	Numero de Prandtl	Coefficiente de película - lado interior corregido por diámetro
T _a	Gw	Gt	n	a _t	a _f	u	d	p	k	DI	Lt	C	u·C/k	h _{io}
°F	bpd	Lb/(hr·pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/pt ³ ·hr	Lb/pt ³	Lb/pt ³	Btu/hr·pie ^{**} _F	pie	pie	Btu/lb·°F		Btu/hr·pie ^{2*} _F
133.31	19.000	766.807	1	0.3867	0.3867	2.4631	69.5006	1.1143	0.3222	0.702	63130	1	7.65	444.14

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor

Coefficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Fración de la sección superficial expuesta	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
Uc	a"	f	A	Qc	Quc	Ud	Rd	U	v
Btu/hrple °F	ple2/ple		ple2	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrple °F		Btu/hrple °F	ple/seg
15.81233	2.335251	0.28	34744	20762417	20762417	15.81233	0.0000	15.81233	3.18465063

RUGOSIDAD ABSOLUTA NUEVO	DIAMETRO INTERIOR ORIGINAL	ESPESOR MEDIO DE CAPA DE SOLIDOS ADHERIDOS	DIAMETRO INTERNO OBSERVADO	TEMPERATURA ABSOLUTA MEDIA
PULGADAS	PULGADA	PULGADA	PULGADA	*F
0.000006	8.22	0	8.22	593.31

CAUDAL			L	D	SECCION	V	VISCOSIDAD CINEMATICA	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	PESO ESPECIFICO	PERDIDA POR FRICCION			CALCULO DEL FACTOR DE FRICCION		
BPD	GPM	M3/SEG	METROS	SP8-500 METROS	M2	M/SEG	M2/SEG				METROS	PIES	PSI			
19,000	554.17	0.0349	16200	0.209	0.0342	1.02	0.0000009	2.33E+05	0.0152	1.114290939	62.4	204.8	98.8	0.00027	6.04E+01	6.3742823
														0.02461	6.37E+00	8.3250505
														0.01443	8.33E+00	8.0936259
														0.01527	8.09E+00	8.118068
														0.01517	8.12E+00	8.1154538
														0.01518	8.12E+00	8.115733
														0.01518	8.12E+00	8.1157032
														0.01518	8.12E+00	8.1157063
														0.01518	8.12E+00	8.115706

PRESION EN BOCA DE SUCCION DE BOMBA	INCREMENTO DE PRESION NECESARIO EN BOMBA	INCREMENTO DE PRESION EN PIES DE FLUIDO EQUIVALENTE	CAUDAL NECESARIO
psig	psig	ple	GPM
6.3	82.5	191.8	554.17

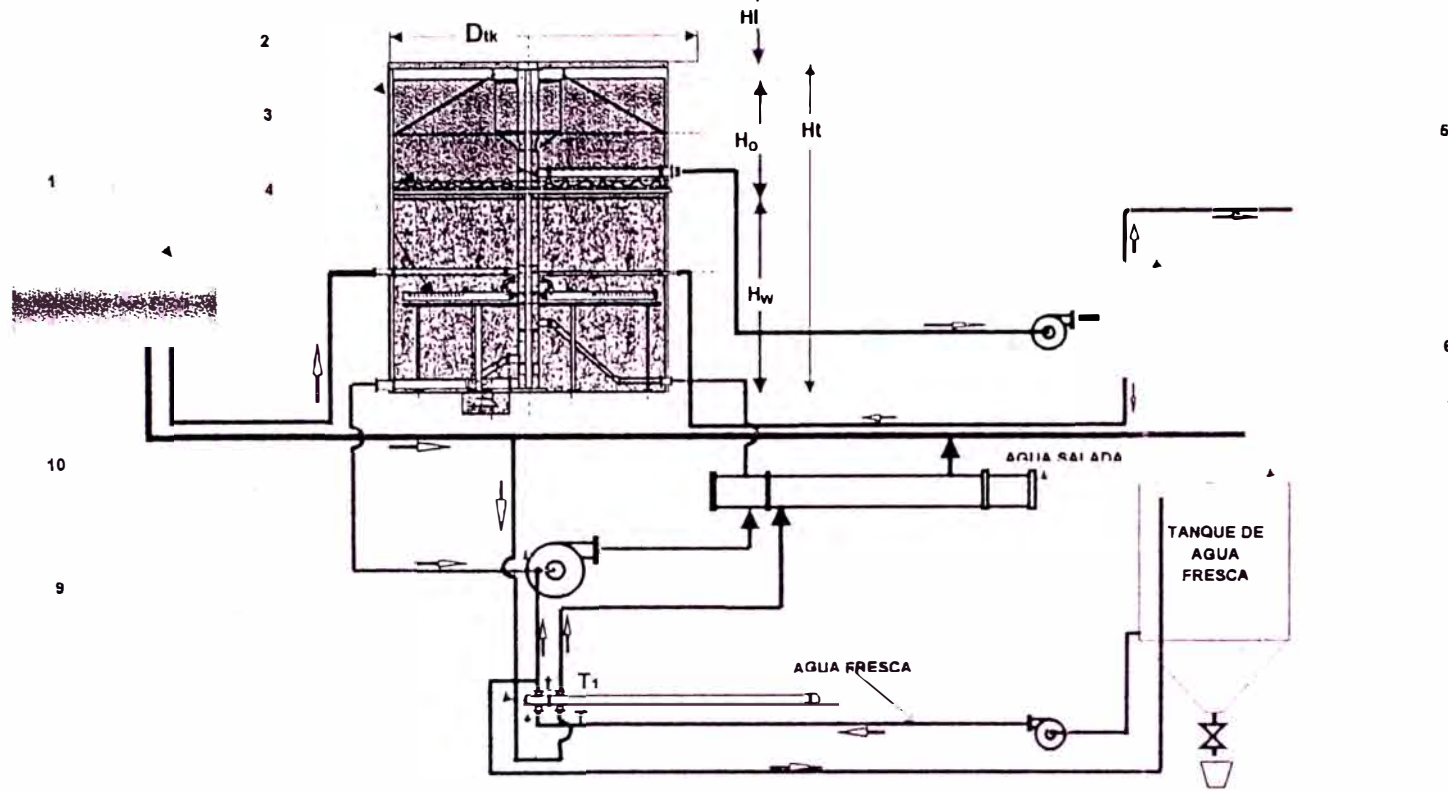
9.2.3.2 TRATAMIENTO DEL AGUA SALADA DE PRODUCCION

PERFORMANCE DE SEPARADOR			PERFORMANCE TANQUE DESNATADOR (UN SOLO TANQUE)			PERFORMANCE TANQUE DESNATADOR (DOS TANQUES EN PARALELO)		
micrones	ppm	°F	micrones	ppm	°F	micrones	ppm	°F
92	400	185.43	54	12.00	174.62	38	10.00	174.62
Diámetro mínimo de gota de aceite separado del agua			Diámetro mínimo de gota de aceite separado del agua			Diámetro mínimo de gota de aceite separado del agua		
ppm de aceite en el agua			ppm de aceite en el agua			ppm de aceite en el agua		
Temperatura media del proceso			Temperatura media del proceso			Temperatura media del proceso		

9.3.0.0 CALCULO DEL PROCESO PROYECTADO PARA DEMANDA FUTURA

9.3.1.0 CALCULO DEL PROCESO PARA LA CORRIENTE DE ACEITE

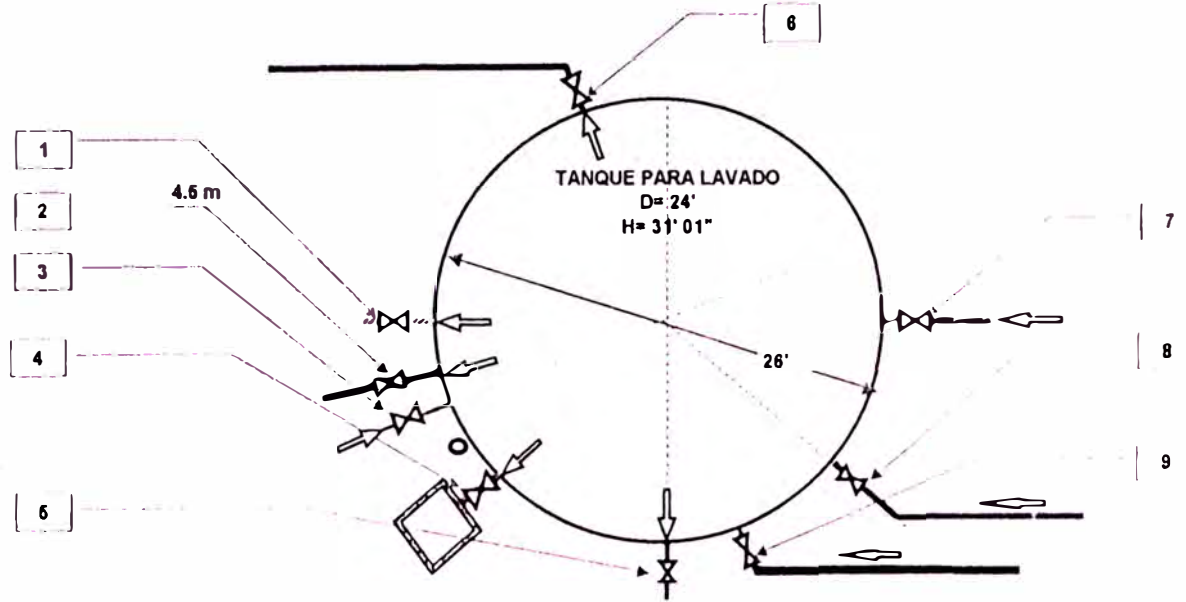
Figura 9.3 - 1: ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROYECTADO PARA EL ACEITE



LEYENDA:

ITEM	DESCRIPCION	ITEM	DESCRIPCION
1	SEPARADOR TRIFASICO	7	TANQUE PARA AGUA FRESCA
2	TANQUE DE LAVADO	8	BOMBA PARA ALIMENTAR AGUA FRESCA PARA LAVADO
3	SERPENTIN	9	INTERCAMBIADOR DE CALOR AGUA FRESCA PARA LAVADO
4	MEZCLADOR	10	BOMBA PARA RECIRCULAR AGUA DE TANQUE DE LAVADO POR
5	SEPARADOR HIDROCICLONICO		INTERCAMBIADOR ESPECIFICADO EN ITEM 6
6	INTERCAMBIADOR AGUA SALADA DE TANQUE DE LAVADO		
	- AGUA SALADA DE PRODUCCION		

Figura 9.3 - 2: ESQUEMA DE CONEXIONADO PARA TANQUE DE LAVADO



ITEM	DESCRIPCION	ITEM	DESCRIPCION
1	SALIDA DE AGUA DE TANQUE DE LAVADO A INTERCAMBIADOR		
2	EXPURGA DE AGUA A TANQUE DESNATADOR		
3	INGRESO DE ACEITE DE SEPARADOR HIDROCICLONICO		
4	DRENAJE DE TANQUE		
5	SALIDA DE ACEITE A SEPARADOR HIDROCICLONICO		
6	SALIDA DE AGUA SALADA DE SERPENTIN		
7	INGRESO DE AGUA CALENTADA EN INTERCAMBIADOR		
8	INGRESO DE ACEITE DE SEPARADOR TRIFASICO		
9	INGRESO DE AGUA SALADA CALIENTE A SERPENTIN		

9.3.1.1 CALCULO DE LA PERFORMANCE DEL TRATAMIENTO EN LOS SEPARADORES PRIMARIOS

El cálculo se efectuará en función al sistema propuesto para lograr las especificaciones exigidas para el aceite, para este fin es necesario estimar, los siguientes parámetros:

- Temperatura representativa del proceso.
- Gota de agua separada del aceite.
- Grado de salinidad del agua presente con el aceite.
- Cantidad de agua de lavado utilizado para el proceso.
- Costo al final del proceso.

Temperatura representativa al ingreso a separador trifásico propuesto

Nota:

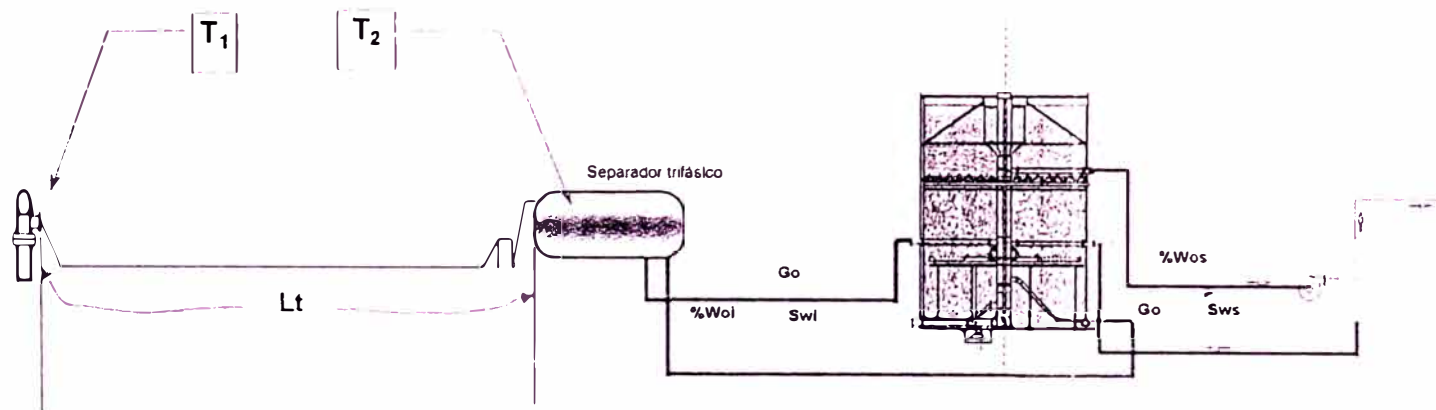
Por no proyectarse modificaciones en la red colectora de la producción de los pozos a la batería, las temperaturas alcanzadas serán las mismas que se calcularon cuando se evaluó el sistema actual y que coinciden con los registros tomados en Campo.

Como antes, " T_2 " es la obtenida como resultado del enfriamiento del fluido de producción transportado desde el pozo a la batería, por medio de la línea de producción, expuesto al medio ambiente.

La temperatura " T_1 " es la que se registra en el fluido de producción en el cabezal del pozo.

En base a observaciones efectuadas en Campo, se selecciona una temperatura de 20°C para el medio ambiente exterior.

Figura 9.3 - 3: ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA LINEA DE PRODUCCION



Cálculo del coeficiente de transferencia de calor

Coeficiente total U_c	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recibido por el aire en base a U_c	Coeficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coeficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
U_c	a"	A	Q_c	Q_{uc}	U_d	Rd	U	v
Btu/hrpie ² _{°F}	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² _{°F}		Btu/hrpie ² _{°F}	pie/seg
2.223701	1.178097	5409.823	1529302	1529302	2.223701	0.0000	2.2237	9.506664

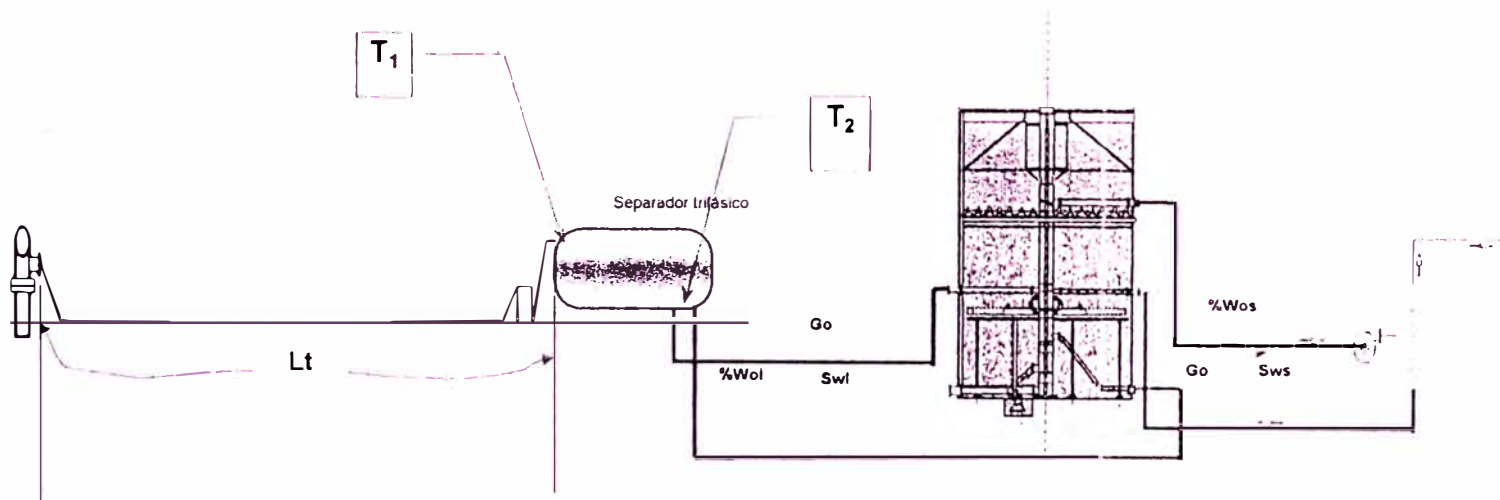
Cálculo de la temperatura a la descarga de separador.

La temperatura indicada en el esquema como " T_2 " es la obtenida como resultado del enfriamiento del fluido de producción dentro del nuevo separador propuesto, expuesto al medio ambiente.

La temperatura indicada en el esquema como " T_1 " es la que se registra en el fluido de producción al ingreso al separador.

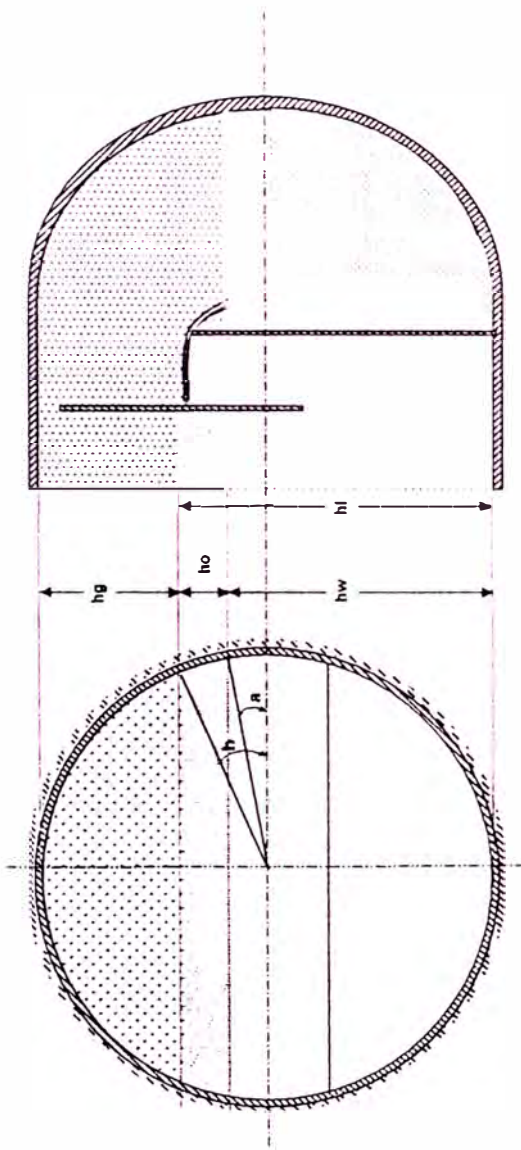
En base a observaciones efectuadas en Campo, se selecciona una temperatura de 20°C para el medio ambiente exterior.

Figura 9.3 - 4: ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA CALCULAR TEMPERATURA A LA DESCARGA DE SEPARADOR



CALCULO DE TEMPERATURAS EN EL SEPARADOR TRIFASICO PARA DEMANDA FUTURA

Figura 9.3 - 5: ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA LA COMPOSICION DE PRODUCTOS EN NUEVO SEPARADOR



Presión esperada para el separador	P	psiq	31
Temperatura al ingreso a separador	T	°F	166

Díametro interior del separador trifásico	Di	pie	9.02
Díametro exterior del separador	Do	pie	9.10
Espesor del casco	Es	pulgada	0.500
Espesor del aislamiento	Do	pulgada	1.000
Longitud total del separador	L	pie	52.48
Flujo total de líquidos	VI	bpd	40000
Flujo total de aceite	Vo	bpd	2000
Flujo total de agua	Vw	bpd	38000
Flujo de gas a condiciones Std	Ggs	pie3/día	140000
Flujo de gas a P, T	Ggs	pie3/día	55922
Factor de nivel de líquidos respecto al diámetro de separador	Fnl		0.75
Espesor seleccionado para la capa de aceite	ho	pie	0.67
Altura de nivel de líquidos	hl	pie	6.77
Angulo b	b	radian	0.5236
Sección total de gas	Ag	pie2	12.49
Sección total de líquidos	Sl	pie2	51.41
Angulo a	a	radian	0.440

CALCULO DE PARAMETROS PRINCIPALES

Velocidad media de líquidos v_l	Velocidad media del aceite v_o	Velocidad media del agua v_w	Velocidad media del gas	Sección del flujo de gas	Sección del flujo de aceite	Sección del flujo de agua	Area exterior gas- ambiente	Area exterior aceite- ambiente	Area exterior agua- ambiente	Altura máxima de la capa de aceite	Altura máxima de la capa de gas	Altura máxima de la capa de agua
VI pies/seg 0.0505	Vo pies/seg 0.0487	Vw pies/seg 0.0508	Vg pies/seg 0.05181	Ag pie ² 12.493	Ao pie ² 2.864	Aw pie ² 48.744	Aga pie ² 134.899	Aoa pie ² 7.042	Awa pie ² 204.8	ho pie 0.687	hg pie 2.255	hw pie 6.098

CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL GAS A LA DESCARGA DE SEPARADOR (SOLO EL GAS FLUYE POR TODA LA SECCION DEL

Presión absoluta en el separador	Temperatura
gas	gas
P	T
psia	°R
46	631.244

Alta temperatura fluido caliente computada al ingreso al separador	Baja temperatura supuesta para el fluido caliente a la salida del separador	Baja temperatura fluido caliente a la salida del separador calculado	Caudal real de gas	Densidad real del gas a P, Tm	Caudal másico real de gas	Longitud del separador	Calor específico del fluido caliente -gas	Calor específico del fluido frio lado exterior - agua de lluvia	Baja temperatura del fluido frio	Alta temperatura del fluido frio	Diferencia media logaritmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida	Conductividad térmica del aislamiento
T ₁	T ₂	T _{2c}	Vg	dg	Wg	Las	C	c	t1	t2	MLDT	R	S	Fi	Di	Ka
°F	°F	°F	pie ³ /hr	Lb/pie ³	Lb/hr	pie	Btu/lb°F	Btu/lb°F	°F	°F	°F				°F	Btu/hr°ft ² pie
186.738	166.760	166.760	2.330	0.136448	317.9353	62.48	0.637778	1	88	68	102.6	sin valor	0	1	102.6	0.033
186.738	166.713	166.713	2.330	0.136195	317.3443	62.48	0.638198	1	88	68	103.6	sin valor	0	1	103.6	0.033

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA LADO EXTERIOR

T_i	Temperatura media de la película	T_p	Temperatura media de la pared del tubo	T_{ma}	Temperatura media del medio ambiente	u	Viscosidad dinámica del aire a T_f	d_p	Densidad a T_f	d_s	Densidad a T_a	ρ_r	Peso específico a T_f	ρ_a	Peso específico a T_a	B	Coefficiente de expansión térmica	k	Conductividad térmica a T_f	c_r	Calor específico a T_f	Diámetro exterior del separador sin aislamiento	Do	Diámetro exterior del separador + aislamiento	hc	Coefficiente por convección	e	factor de emisividad	hr	Coefficiente por radiación	ho	Coefficiente total lado exterior
$^{\circ}F$	$^{\circ}F$	$^{\circ}F$	$^{\circ}F$	$^{\circ}F$	Lb/ft^3	Lb/ft^3	Lb/ft^3	Lb/ft^3	Lb/ft^3	Lb/ft^3	Lb/ft^3	Lb/ft^3	Lb/ft^3	Lb/ft^3	Lb/ft^3	$1/^{\circ}F$	$Btu/hr^{\circ}F$	$Btu/hr^{\circ}F$	$Btu/lb^{\circ}F$	$Btu/lb^{\circ}F$	piegada	piegada	piegada	$Btu/hpie^2$	$Btu/hpie^2$			$Btu/hpie^2$	$Btu/hpie^2$	$Btu/hpie^2$	$Btu/hpie^2$	
119.622	171.244	68	0.019	0.0695	0.0755	0.0755	0.86	0.94	0.0016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.25	9.103333	9.103333	9.103333	9.103333	9.103333	0.9630	0.7	0.950758	0.953305	1.9137	2.3906		
120.11275	172.2255	68	0.019	0.0695	0.0755	0.0755	0.86	0.94	0.0016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	1.25	9.103333	9.103333	9.103333	9.103333	9.103333	1.4373	0.7	0.953305	0.953305	2.3906	2.3906		

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA LADO INTERIOR

T_a	Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Gga	Caudal aparente de gas	Gt	unidad de sección transversal	u	Cantidad de cuerpos	a't	Sección transversal del separador	at	Area de flujo total	u	Viscosidad dinámica	d	Densidad	p	Peso específico	k	Conductividad térmica	Diámetro interior del separador	Di	Longitud del separador	Ret	Reynolds en los tubos	C	Calor específico	u°C/k	Numero de Prandtl	h _o	Coefficiente de película lado interior sin corregir por diámetro	l	Espesor del casco
$^{\circ}F$	$^{\circ}F$	pie^3/hr	Lb/hr	Lb/hr^2	Lb/hr	Lb/ft^2		pie^2	pie^2	pie^2	Lb/ft^2	Lb/ft^2	Lb/ft^3	Lb/ft^3	Lb/ft^3	Lb/ft^3	Lb/ft^3	$Btu/hr^{\circ}F$	$Btu/hr^{\circ}F$	pie	pie			$Btu/lb^{\circ}F$	$Btu/lb^{\circ}F$			$Btu/hpie^2$	$Btu/hpie^2$	piegada	piegada	
171.244	119.19	25.44993	1	63.9003	63.9003	63.9003	0.0286	0.1384	1.7860	0.0218	0.0218	0.0218	0.0218	0.0218	0.0218	0.0218	0.0218	0.0218	0.0218	9.020	9.020	9.020	8034	0.637779	0.703617	0.08	0.08	0.600	0.600	0.600	0.600	
172.2255	119.19	25.40262	1	63.9003	63.9003	63.9003	0.0286	0.1382	1.7827	0.0219	0.0219	0.0219	0.0219	0.0219	0.0219	0.0219	0.0219	0.0219	0.0219	9.020	9.020	9.020	8007	0.638196	0.704178	0.08	0.08	0.600	0.600	0.600	0.600	

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (GAS - MEDIO AMBIENTE)

Resistencia total	Uga	a"	Superficie unitaria exterior del separador	Superficie exterior cilindrica gas ambiente	Calor total calculado en base a Uga	Coefficiente total de diseño con el valor supuesto para Rd	Factor de obstrucción seleccionado o supuesto	Velocidad del fluido en el tubo
	$Btu/hpie^2$	pie^2/ple	pie^2	pie^2	Btu/hr	$Btu/hpie^2$	Rd	pie/seg
13.57059477	0.073689	28.59897	1564.774	655.9131	4957.18	0.073675	0.0026	0.05181
16.26630928	0.081477	29.12256	1592.252	670.8231	4274.07	0.061487	0.0026	0.05181

Esesor del aislamiento	Ea	piegada
	0	
	1.000	

Coefficiente de película lado interior sin corregir por diámetro	h _w	$Btu/hpie^2$
	F	
	0.076992	
	0.076918	

CALCULO DE LA TEMPERATURA DE ACEITE A LA DESCARGA DE SEPARADOR (SOLO EL ACEITE FLUYE POR TODA LA SECCION DEL SEPARADOR A LA MISMA VELOCIDAD MEDIA)

T_1	T_2	T_{xc}	Vg	do	Wg	Las	C	c	$t1$	$t2$	$MLDT$	R	S	$F1$	Dt	Ka
Alta temperatura fluido caliente computada al ingreso al separador	Baja temperatura supuesta para el fluido caliente a la salida del separador	Baja temperatura fluido caliente a la salida del separador calculado	Caudal real de aceite	Peso especifico del aceite	Caudal másico real de aceite	Longitud del separador	Calor especifico del fluido caliente - gas	Calor especifico del fluido frio lado exterior - agua de lluvia	Baja temperatura del fluido frio	Alta temperatura del fluido frio	Diferencia media logaritmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida	Conductividad térmica del aislamiento
186,738 °F	186,644 °F	186,644 °F	2,000 bpd	0,91 Lb/lpie ³	26,486,46 Lb/hr	62,48 pie	0,488 Btu/lb°F	1 Btu/lb°F	68 °F	68 °F	117,6 °F	sin valor	0	1	117,6 °F	0,033 Btu/hr°pie ^{**} F
186,738	186,660	186,660	2,000	0,91	26,486,46	62,48	0,488	1	68	68	117,7	sin valor	0	1	117,7	0,033

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA LADO EXTERIOR

hos	T_i	T_p	T_{ma}	u	d_i	d_a	ρ_i	ρ_a	B	k	C_i	Do_i	Do	h_c	e	h_r
Coefficiente exterior supuesto	Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a T_f	Densidad a T_f	Densidad a T_a	Peso específico a T_f	Peso específico a T_a	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a T_f	Calor específico a T_f	Diámetro exterior del separador sin aislamiento	Diámetro exterior del separador + aislamiento	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación
Btu/hpie ² °F	°F	°F	°F	cp	Lb/lpie ³	Lb/lpie ³			1/°F	Btu/hr°pie ^{**} F	Btu/lb°F	PIE	PIE	Btu/hpie ^{**} F		Btu/hpie ^{**} F
1,6	126,947	185,641	68	0,019	0,0667	0,0755	0,85	0,94	0,001609	0,016	0,25	9,0825	9,249167	1,4858	0,7	0,988693
1,6	126,947	185,694	68	0,019	0,0667	0,0755	0,85	0,94	0,001609	0,016	1,25	9,0825	9,249167	1,4858	0,7	0,988835

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA LADO INTERIOR

Ta	°F	GW	Lb/(hr ² pie ²)	n	a1	a2	u	d	p	k	Di	L1	Ret	C	u ² /C/k	ho	t
185.641	11207	11207	9954.573	1	63.9003	63.9003	72.6726	66.7684	0.9100	0.0689	9.020	62.48	1236	0.488	514.7203	0.679	0.376
185.694	11207	11207	9954.573	1	63.9003	63.9003	72.6726	66.7684	0.9100	0.0689	9.020	62.48	1236	0.488	514.7203	0.679	0.376

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (ACEITE - MEDIO AMBIENTE)

Resistividad total		Coeficiente total Uoa		Superficie unitaria exterior del separador		Superficie exterior cilíndrica del separador		Calor total cedido por el fluido caliente		Area de transferencia de calor aceite - ambiente		Calor total calculado en base a Uoa		Coeficiente total de diseño con el valor supuesto para Rd		Factor de obstrucción seleccionado o supuesto		Velocidad del fluido en el tubo	
	Uoa	a ²	Acs	Qc	Aoa	Qoa	UD	Rd	V										
1.985613698	0.603623	28.53352	1562.228	2507.526	42.4319	251.3.95	0.502989	0.0026	0.048718										
4.461852768	0.224122	29.05711	1582.106	1137.435	43.1818	1138.51	0.223997	0.0026	0.048718										

Espesor del aislamiento	
Ea	pulgada
0	1.000

Coeficiente total lado exterior	
ho	Bi/hpie ² _F
1.9867	2.4746

Coeficiente de película -lado interior corregido por diámetro.	
ho	Bi/hpie ² _F
0.676973	0.676973

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (AGUA SALADA - AMBIENTE)

Resistividad total	Coefficiente total Uoa	Superficie unitaria exterior del separador	Superficie exterior cilíndrica del separador	Calor total cedido por el fluido caliente	Area de transferencia de calor agua - ambiente	Calor total calculado en base a Uoa	Coefficiente total de diseño con el valor supuesto para Rd	Factor de obstrucción seleccionado o supuesto	Velocidad del fluido en el tubo
	Uoa	a"	Acs	Qc	Awa	Qoa	Ud	Rd	v
	Btu/hrpie ² F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	pie ²	Btu/hr	Btu/hrpie ² F		pie/seg
1.185581799	0.843468	28.53352	1562.228	104946.9	1057.4	104847	0.841693	0.0026	0.060491
3.64703445	0.274196	29.05711	1592.106	34882.15	1083.4	34959	0.274008	0.0026	0.060491

Espesor del aislamiento
Eu
pulgada
0
1.000

Coefficiente total lado exterior
ho
Btu/hpie ² F
1.9863
2.4745

Coefficiente de película - lado interior corregido por diametro.
hi
Btu/hpie ² F
1.47105
1.47109

**CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA A LA DESCARGA DEL SEPARADOR:
BALANCE GENERAL DE CALOR**

Temperatura del fluido de producción al ingreso a separador	CALOR TOTAL CEDIDO AL MEDIO EXTERIOR	FLUJO MASICO POR HORA	Calor específico medio	Temperatura a la descarga de separador	Temperatura media en el separador
°F	Btu/hr	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F
T _{1s}	Qtc	G	Cm	T _{2s}	Tm
185.738	112411	632594	0.488	185.4	185.56
185.738	40635	632566	0.488	185.8	185.67

SIN AISLAMIENTO
CON AISLAMIENTO

CALCULO DE LA PERFORMANCE DEL PROCESO DE SEPARACION EN SEPARADOR TRIFASICO

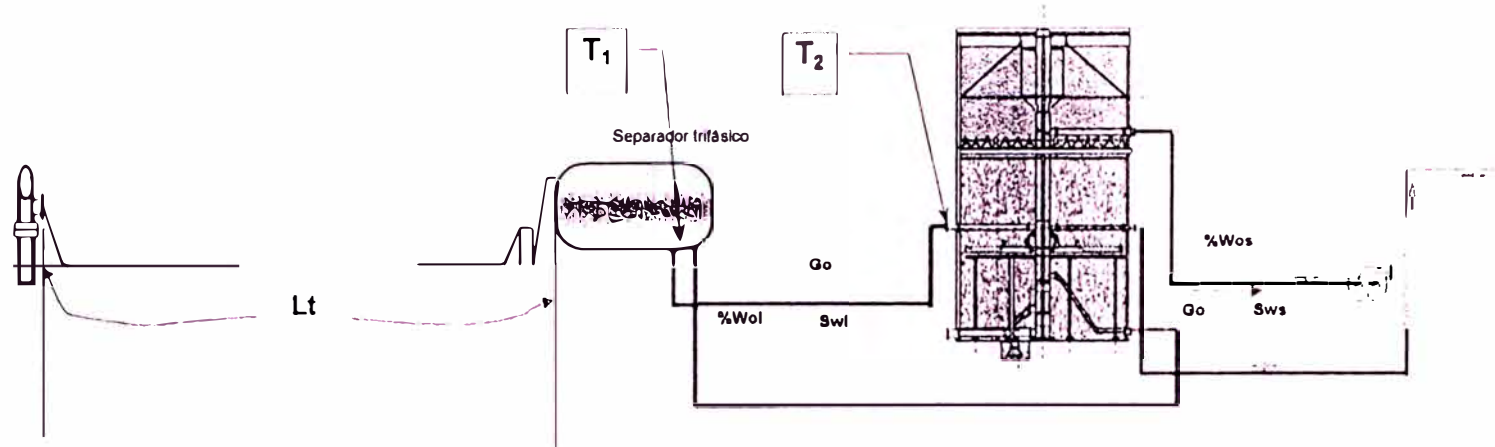
PRESION	TEMPERATURA	VISCOSIDAD DEL GAS	VISCOSIDAD DEL ACEITE	VISCOSIDAD DEL AGUA	DENSIDAD DEL AGUA	DENSIDAD DEL ACEITE	DENSIDAD DEL GAS	CAUDAL GAS			CAUDAL ACEITE		CAUDAL DE AGUA		CAUDAL TOTAL EQUIVALENTE	
								Qg	Qg	Qg	Qo	Qo	Qw	Qw	Q	Q
P	T	Ug	Uo	Uw	Gw	Go	Gg	NCFD	CFD	cm ³ /s	BPD	cm ³ /s	BPD	cm ³ /s	BPD	
31	85.31	0.00012	0.91000	0.00661	1.0954	0.91	0.002188	140,000.0	56,140.9	18,399.7	2,000	3.675.0	38,000	69,825.0	91,899.7	50,013

Rg	cm/s	1 579	Ro	cm/s	1 485	Rw	cm/s	1 542	Sg	cm ²	11,651 4	So	cm ²	2 474,9	Sw	cm ²	45 284,5	S _T	m ²	59 410,8	D	cm	275,0	L _t	cm	1 599,6	L _e = (2/3)L _t	cm	1 066,4	H _g	cm	68,7	H _o	cm	20,3	H _w	cm	185,9	

Dg	MICRON	892	Dw	MICRON	606	Dow	MICRON	133	Dog	MICRON	5	Dwg	MICRON	5	Dwo	MICRON	606	Dgo	MICRON	228	Dgw	MICRON	55
DIAMETRO PARTICULA GAS QUE ATRAVIEZA AGUA Y PETROLEO			DIAMETRO PARTICULA AGUA QUE ATRAVIEZA GAS Y PETROLEO			DIAMETRO PARTICULA ACEITE QUE ATRAVIEZA EL AGUA			DIAMETRO PARTICULA ACEITE QUE ATRAVIEZA EL GAS			DIAMETRO DE PARTICULA DE AGUA QUE ATRAVIEZA EL GAS Y SE VA CON EL ACEITE			DIAMETRO DE PARTICULA DE AGUA QUE ATRAVIEZA EL ACEITE			DIAMETRO DE PARTICULA DE GAS QUE ATRAVIEZA EL ACEITE			DIAMETRO DE PARTICULA DE GAS QUE ATRAVIEZA EL AGUA Y SE VA CON EL ACEITE		

9.3.1.2 CALCULO DE LA PERFORMANCE DEL TRATAMIENTO DE LA CORRIENTE DE ACEITE EN EL TANQUE DE LAVADO

Figura 9,3 - 6: ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA EL CALCULO DE LA TEMPERATURA DE LA CORRIENTE DE ACEITE AL INGRESO A TANQUE DE LAVADO



BALANCE DE CALOR

Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Fración mejorada de tiempo empleado en la descarga	% de agua presente en la corriente de aceite	Caudal de aceite seco	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico medio del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T ₁	T ₂	T ₂	x	%W _o	V	v	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	Ft	Dt	
°F	°F	°F		%	bpd	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F				°F
185.4	182.846	182.846	0.750	1.000	2000	2,020	32223.79	0.49163	68	68	116.1	sin valor	0	1	116.1

Coefficiente de transferencia (h_o) por convección natural (h_c) y por radiación (h_r) - lado exterior, fluido: aire

T _i	T _p	T _{ma}	u	ρ _i	ρ _a	ρ _i	ρ _u	ρ _m	ρ _u	B	k	c _p	Do	h _c	e	h _r	h _o
°F	°F	°F	cp	Lb/ptg ³	Lb/ptg ³					1/F	Btu/hr ² pie ² °F	Btu/lb°F	pulgada	Btu/ptg ² °F		Btu/ptg ² °F	Btu/ptg ² °F
126.0547	184.1094	68	0.019	0.0688	0.0755	0.85	0.94	0.001608	0.016	0.25	4.5	1.1855	0.7	0.984599	2.1701		

Coefficiente de transferencia (h_i) lado Interior, corriente de aceite (se considera características del aceite)

T _a	Gw	Gt	n	a _t	a _t	u	d	p	k	DI	Li	Ret	C	u ² /Ck	h _o
°F	bpd	Lb/hr ² pie ²		pie ²	pie ²	Lb/ptg ³	Lb/ptg ³		Btu/hr ² pie ² °F	pie	pie		Btu/lb°F		Btu/ptg ² °F
184.1094/14	2.694	409220.2	1	0.0873	0.0873	30.8740	56.8208	0.9110	0.0688	0.333	1.4432	4404	1	449.55	31.25

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Uc	a ²	A	Q _c	Q _u	UD	R _D	U	v
Btu/hrpie ² °F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² °F		Btu/hrpie ² °F	pie/seg
2.028227	1.178097	170.023	40057.94	40057.94	2.029227	0.0000	2.02923	2.00064

Figura 9.3 - 7: ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL TRATAMIENTO TOTAL DE LA CORRIENTE DE ACEITE

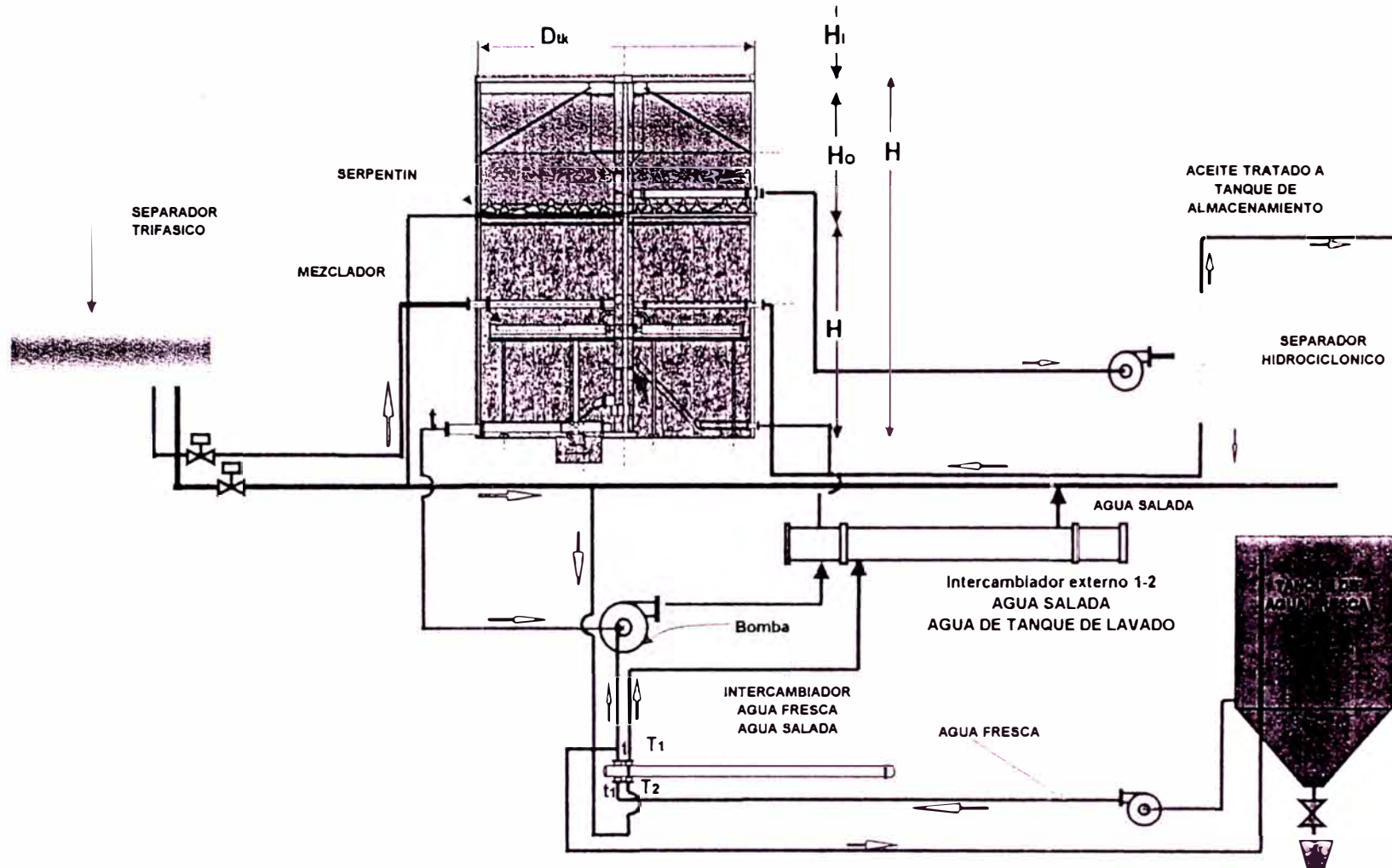
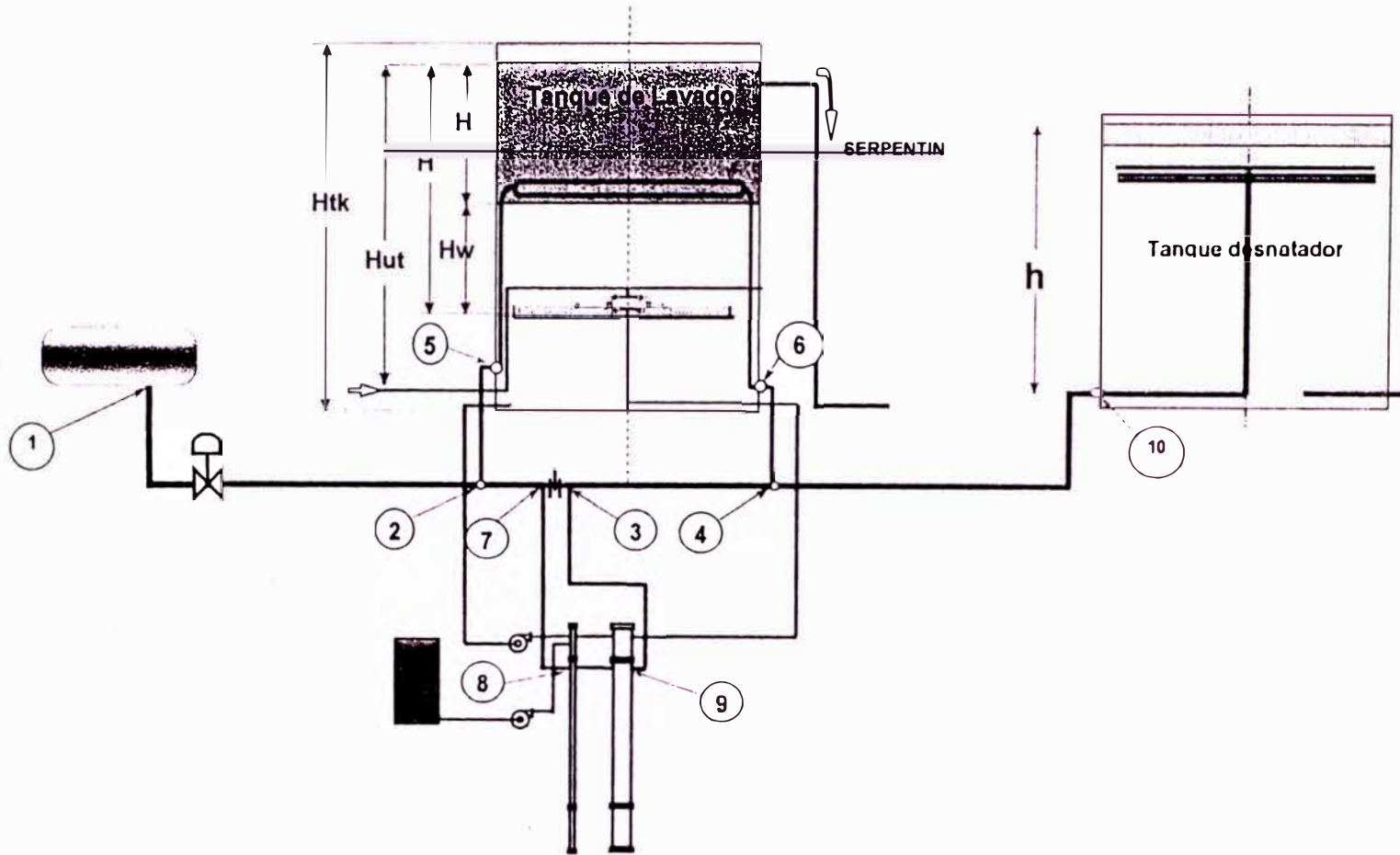


Figura 9.3 - 8: ESQUEMA DE LA INTERCONEXION DE LINEAS DE AGUA SALADA PARA EL TRATAMIENTO DE LA CORRIENTE DE ACEITE



DIAMETROS Y LONGITUDES DE LAS LINEAS DE INTERCONEXION

LONGITUD TRAMO 1-2	DIAMETRO TRAMO 1-2	LONGITUD TRAMO 2-6	DIAMETRO TRAMO 2-6	LONGITUD TRAMO 2-6	DIAMETRO TRAMO 2-6	LONGITUD TRAMO 5-6	DIAMETRO TRAMO 5-6	RAMALES PARA LOS TRAMOS 6-6	LONGITUD TRAMO 6-4	DIAMETRO TRAMO 6-4	LONGITUD TRAMO 2-7	DIAMETRO TRAMO 2-7	LONGITUD TRAMO 7-8	DIAMETRO TRAMO 7-8	LONGITUD TRAMO 9-3	DIAMETRO TRAMO 9-3	LONGITUD TRAMO 3-4	DIAMETRO TRAMO 3-4	LONGITUD TRAMO 4-10	DIAMETRO TRAMO 4-10
L12	D12	L26	D26	L66	D66	L96	D66	6	L64	D64	L27	D27	L78	D78	L83	D83	L34	D34	L49	D49
PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE	PIE
62.48	0.68	66.60	0.34	82.00	0.34	8	0.34	6	78.72	0.34	78.72	0.68	45.92	0.34	68.68	0.34	19.68	0.68	150.88	0.68
	CAS 7"																			

DESNIVEL TANQUE	
h	
PIE	
	23.00

**CALCULO DEL FLUJO DE AGUA SALADA INGRESANTE A SERPENTIN
SE DESPRECIA EL CONTENIDO DE ACEITE EN EL AGUA
Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 1 a 2**

Temperatura media	CAUDAL MEDIO		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salida	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	BPD	m ³ /s												METROS	PIES	PSI
165	38,000	0.0698	0.98	16	0.206	0.033468	2.128911	6.1E-07	726078	0.020	1.09567	-2.5	12.94	0.8	2.8	1.3

	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20°	Reducción 4/6, 20°	Ensayo de ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
0.60	0.32	0.40	1.20	6.79	0.18	0.39	0.68	1.00		
5	2	3	0	1	2	0	0	1		
3.00	0.64	1.20	0.00	6.79	0.32	0.00	0.00	1.00		

Cantidad Parcial

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.666667	0.666667

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 2 a 5 y de 6 a 4

RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION	
		0.0001	0.0002
0.008	8.125	106.513	6.396367
		0.0244	7.082704
		0.0199	7.075565
		0.0200	7.075639
		0.0200	7.075639
		0.0200	7.075639
		0.0200	7.075639
		0.0200	7.075639
		0.0200	7.075639

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salida	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	BPD	m³/s												METROS	PIES	PSI
185	10.840	0.0199	0.98	44	0.102	0.008217	2.473445	6.1E-07	418002	0.0238	1.09567	0	7.69	5.6	18.3	8.7

Cantidad Parcial	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20°	Reducción 4/6, 20°	Ensayo de ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION	
													0.0002	0.0001
0.71	0.38	0.48	1.43	8.09	0.19	0.39	0.68	1.19			0.008	4.026	80.8164	5.982047
2	2	0	2	0	2	1	1	1					0.0279	5.9820
													0.0238	6.4859
													0.0238	6.4813
													0.0238	6.481368
													0.0238	6.481368
													0.0238	6.481368
													0.0238	6.481368
													0.0238	6.481368

Cantidad Parcial

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.666667	0.666667

**Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 4 a 5 (serpentin)
Tubbing de 3 1/2"**

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	°F	BPD												m ³ /s	≡	≡
185	1,807	0.0033	0.98	25	0.078	0.004769	0.71	6.1E-07	91444	0.0287	1.09567	0	8.37	0.4355	1.4	0.7

	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 3.5/4, 16° Estrechamiento	Reducción 3.5/4, 16° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k			pulgada	pulgada			
	0.80	0.43	0.53	1.60	9.08	0.21	0.15	0.21	0.00			0.008	3.068	0.0007	37.7997	5.518708
Cantidad	10	0	0	0	0	0	1	1	1					0.0266	6.1368	6.119674
Parcial	8.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.21	0.00					0.0267	6.1197	6.120141
														0.0267	6.1201	6.120128
														0.0267	6.1201	6.120129
														0.0267	6.1201	6.120129
														0.0267	6.1201	6.120129
														0.0267	6.1201	6.120129

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.75	0.75

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 2 a 7

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	°F	BPD												m ³ /s	m	m
185	27,160	0.0499	0.98	24	0.206	0.033468	1.521611	6.1E-07	518955	0.0201	1.09567	0	5.48	0.9	3.0	1.4

Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control restringida	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20° Estrechamiento	Reducción 4/6, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
													k	k	k
0.60	0.32	0.40	1.21	20.54	0.16	0.39	0.68	1.01			0.008	8.125	0.0251	6.3087	7.057687
6	2	0	1	0	0	0	0	0					0.0201	7.0577	7.047118
3.62	0.64	0.00	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					0.0201	7.0471	7.047266
													0.0201	7.0473	7.047264
													0.0201	7.0473	7.047264
													0.0201	7.0473	7.047264
													0.0201	7.0473	7.047264
													0.0201	7.0473	7.047264

Factor de cierre	Angulo °S	Angulo °S
3.00	20	20
	Relación	Relación
	0.666667	0.666667

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 7 a 8 y de 9 a 3

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	°F	BPD												m³/s	METROS	PIES
185	10,000	0.0184	0.98	35	0.102287	0.008217	2.281776	6.1E-07	385611	0.0216	1.09567	0.00	6.21	36	118	56

Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20° Estrechamiento	Reducción 4/6, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
													k	k	k
0.65	0.34	0.43	1.29	7.33	0.17	0.39	0.68	1.08			0.008	6.184	0.0266	6.1371	6.820898
4	2	0	1	0	1	1	0	1					0.0215	6.8209	6.811007
2.59	0.69	0.00	1.29	0.00	0.17	0.39	0.00	1.08					0.0216	6.8110	6.81115
													0.0216	6.8111	6.811147
													0.0216	6.8111	6.811147
													0.0216	6.8111	6.811147
													0.0216	6.8111	6.811147
													0.0216	6.8111	6.811147

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.666667	0.666667

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo de 3 a 4

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	°F	BPD												m³/s	METROS	PIES
185	27,160	0.0499	0.98	6	0.206428	0.033468	1.521611	6.1E-07	518955	0.0214	1.09567	0.00	6.42	0.8	2.7	1.3

Cantidad Parcial	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20° Estrechamiento	Reducción 4/6, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	pulgada	pulgada	0.0001	90.05	6.211117
	0.64	0.34	0.43	1.28	7.27	0.17	0.39	0.68	1.07	0.008	6.184	0.0259	6.2111	6.843325
	5	2	0	1	0	1	0	0	1			0.0214	6.8433	6.836341
	3.21	0.68	0.00	1.28	0.00	0.17	0.00	0.00	1.07			0.0214	6.8363	6.836418
												0.0214	6.8364	6.836417
												0.0214	6.8364	6.836417
												0.0214	6.8364	6.836417
												0.0214	6.8364	6.836417

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.666667	0.666667

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo de 4 a 10 y presión necesaria por desnivel en tanque

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	CARGA HIDRAULICA		
	°F	BPD												m³/s	METROS	PIES
185	38,000	0.0698	0.98	46	0.206428	0.033468	2.128911	6.1E-07	726078	0.0213	1.09567	7.01	6.38	9.6	31.4	14.9

Cantidad
Parcial

Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20° Estrechamiento	Reducción 4/6, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
k	k	k	k	k	k	k	k	k			pulgada	pulgada	0.0001	106.51	6.289079
0.64	0.34	0.43	1.28	7.23	0.17	0.39	0.68	1.06			0.008	6.184	0.0253	6.2891	6.862572
5	2	0	1	0	1	0	0	1					0.0212	6.8626	6.857936
3.19	0.68	0.00	1.28	0.00	0.17	0.00	0.00	1.06					0.0213	6.8579	6.857973
													0.0213	6.8580	6.857973
													0.0213	6.8580	6.857973
													0.0213	6.8580	6.857973
													0.0213	6.8580	6.857973

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.666667	0.666667

CALCULO DE LOS CAUDALES QUE INGRESAN AL SERPENTIN Y A LOS INTERCAMBIADORES

Caudal total de agua salada	Caudal medio por serpentín	Caudal medio por troncal, tramo 3 - 4	Pérdida hidráulica por serpentín- TRAMO 2 - 5 - 6 - 4	Pérdida hidráulica por troncal- TRAMO 3 - 4 incluye plato de	Caudal de agua salada por intercambiadores	Pérdida hidráulica por intercambiadores	Pérdida hidráulica por tramo 7 - 8 - 9 - 3	Pérdida hidráulica por tramo 7 - 8 - 9 - 3 - 4	Caudal por plato de orificio	Pérdida hidráulica necesaria en plato de orificio 7-3	Pérdida hidráulica total TRAMO 1-2-5-6-4-10	Fracción de apertura	Relación de apertura en plato de orificio	Pérdida calculada en plato de orificio	Diámetro del agujero en plato de orificio
Vw	Vws	Vwt	P ₂₄₅₃	P ₂₃	Vwi	P ₈₈	P _{78,93}	P ₇₈₉₃	Vpo	P ₇₃	P ₁₂₅₆₄₁₀		m	Ppo	Do
bpd	bpd	bpd	psig	psig	bpd	psig	psig		bpd	psig	psig			psig	pulgada
38000	10840	27160			10000	1.02	6.61		17160	6.62	26.60	0.98	0.1461	6.61	3.095767

0.03

CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA AL INGRESO A INTERCAMBIADOR AGUA FRESCA - AGUA SALADA TRAMO 1-2

Alta temperatura fluido caliente-descarga de separador	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal promedio por pozo - fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T ₁	T ₂	T ₂	V	v	C	t1	t2	MLDT	R	S	Ft	Dt
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F				°F
186.4	186.360	186.360	38,000	605834.7	1	68	68	117.4	sin valor	0	1	117.4

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) v por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Temperatura de la película	T_1	°F	126.6835	Temperatura media de la pared del tubo	T_p	°F	185.3669	Temperatura ambiente media del medio	T_{ma}	°F	68	Viscosidad dinámica del aire a Tt	μ	cp	0.019	Densidad a Tt	ρ_a	lb/ft ³	0.0687	Densidad a Ta	ρ_a	lb/ft ³	0.0755	Peso específico a Tt	ρ_r	lb/ft ³	0.85	Peso específico a Ta	ρ_a	lb/ft ³	0.94	Coeficiente de expansión térmica	B	1/F	0.001609	Conductividad térmica a Tt	k	Btu/hr·pie·°F	0.016	Capacidad térmica a Tt	c_p	Btu/lb·°F	0.25	Diámetro exterior del tubo	Do	pulgada	8.625	Coefficiente por convección	hc	Btu/hr·pie ² ·°F	1.0104	Factor de emisividad	e	0.7	Coefficiente por radiación	hr	Btu/hr·pie ² ·°F	0.98796	Coefficiente total lado exterior	ho	Btu/hr·pie ² ·°F	1.9983
----------------------------	-------	----	----------	--	-------	----	----------	--------------------------------------	----------	----	----	-----------------------------------	-------	----	-------	---------------	----------	--------------------	--------	---------------	----------	--------------------	--------	----------------------	----------	--------------------	------	----------------------	----------	--------------------	------	----------------------------------	---	-----	----------	----------------------------	---	---------------	-------	------------------------	-------	-----------	------	----------------------------	----	---------	-------	-----------------------------	----	-----------------------------	--------	----------------------	---	-----	----------------------------	----	-----------------------------	---------	----------------------------------	----	-----------------------------	--------

Coefficiente de transferencia (hio) lado Interior, fluyendo agua salada

Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Ta	°F	185.3669	Caudal de producción	Gw	bpd	38,000	Caudal másico por unidad de sección transversal	Gt	Lb/(hr·pie ²)	1682597	Cantidad de tubos	n	1	Sección transversal del tubo	a1	pie ²	0.3601	Area de flujo por los tubos	at	pie ²	0.3601	Viscosidad dinámica	μ	Lb/ft ² ·hr	1.6013	Densidad	d	lb/ft ³	68.3283	Peso específico	p	lb/ft ³	1.0966	Conductividad térmica	k	Btu/hr·pie·°F	0.3426	Diámetro interior del tubo	Di	pie	0.677	Longitud de tubo	Lt	pie	18	Reynolds en los tubos	Ret		711470	Calor específico	C	Btu/lb·°F	1	Numero de Prandtl	u·C/k		4.67	Coefficiente de película - lado interior corregido por diámetro	hio	Btu/hr·pie ² ·°F	1033.91
---	----	----	----------	----------------------	----	-----	--------	---	----	---------------------------	---------	-------------------	---	---	------------------------------	----	------------------	--------	-----------------------------	----	------------------	--------	---------------------	-------	------------------------	--------	----------	---	--------------------	---------	-----------------	---	--------------------	--------	-----------------------	---	---------------	--------	----------------------------	----	-----	-------	------------------	----	-----	----	-----------------------	-----	--	--------	------------------	---	-----------	---	-------------------	-------	--	------	---	-----	-----------------------------	---------

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor

Coefficiente total Uc	Uc	Btu/hr·pie ² ·°F	1.994479	Sección superficial del tubo	a''	pie ² /pie	2.25802	Superficie total	A	pie ²	36.12832	Calor total cedido por el fluido caliente	Qc	Btu/hr	8457.128	Calor total recibido por el aire en base a Uc	Quc	Btu/hr	8457.128	Coefficiente total de diseño	Ud	Btu/hr·pie ² ·°F	1.994479	Factor de obstrucción	Rd		0.0000	Coefficiente promedio de transferencia	U	Btu/hr·pie ² ·°F	1.99448	Velocidad del fluido en el tubo	v	pie/seg	6.840226
-----------------------	----	-----------------------------	----------	------------------------------	-----	-----------------------	---------	------------------	---	------------------	----------	---	----	--------	----------	---	-----	--------	----------	------------------------------	----	-----------------------------	----------	-----------------------	----	--	--------	--	---	-----------------------------	---------	---------------------------------	---	---------	----------

**CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA AL INGRESO A INTERCAMBIADOR AGUA FRESCA - AGUA SALADA
TRAMO 2-7**

Alta temperatura fluido caliente-descarga de separador	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal promedio - fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T ₁	T ₂	T ₂	v	v	C	t1	t2	MLDT	R	S	Ft	Dt
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F				°F
186.4	186.264	186.264	27,160	433021.6	1	68	68	117.3	sin valor	0	1	117.3

Coefficiente de transferencia (hc) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a T _f	Densidad a T _f	Densidad a T _a	Peso específico a T _f	Peso específico a T _a	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a T _f	Calor específico a T _f	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
T _f	T _p	T _{ma}	u	d _f	d _a	p _f	p _a	B	k	c _f	Do	hc	e	hr	ho
°F	°F	°F	cp	Lb/pe ³	Lb/pe ³			1/°F	Btu/hr*pe** F	Btu/lb*F	pulgada	Btu/hpe ^{2a} F		Btu/hpe ^{2a} F	Btu/hpe ^{2a} F
126.656	185.312	68	0.019	0.0687	0.0755	0.85	0.94	0.001609	0.016	0.25	8.625	1.0103	0.7	0.987813	1.9981

Coefficiente de transferencia (hio) lado interior, fluyendo agua salada

Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de producción	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubo	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película - lado interior corregido por diámetro
T _a	Gw	Gt	n	a _t	at	u	d	p	k	Di	Lt	Ret	C	u ^o C/k	h _{io}
°F	bpd	Lb/(hr*pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/pe-hr	Lb/pe ³		Btu/hr*pe** F	pie	pie		Btu/lb*F		Btu/hpe ^{2a} F
185.312	27,160	1202640	1	0.3601	0.3601	1.6019	68.3308	1.0865	0.3426	0.677	78.72	508328	1	4.68	790.18

Calculo del coeficiente de transferencia de calor

Uc	Coeficiente total Uc	a"	Sección superficial del tubo	A	Superficie total	Qc	Calor total cedido por el fluido caliente	Qac	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc	Ud	Coeficiente total de diseño	Rd	Factor de obstrucción	U	Coeficiente promedio de transferencia	V	Velocidad del fluido en el tubo
1.983026		2.25802		177.7513		41559.29		41559.29		1.983026		0.0000		1.98303		4.8889862	

CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA AL INGRESO A INTERCAMBIADOR AGUA FRESCA - AGUA SALADA

TRAMO 7 - 8

T1	Alta temperatura fluido caliente- descarga de separador	T2	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	T2	Baja temperatura fluido caliente calculado	V	Caudal promedio - fluido caliente	v	Caudal másico en los tubos	C	Calor específico del fluido en tubos	i1	Baja temperatura del fluido frio - Temepartuar del aire	i2	Alta temperatura del flido frio - Temepratura del aire	MLDT	Diferencia media logaritmica de temperaturas	R	Parámetro	S	Parámetro	F1	Parámetro	Di	Diferencia de temperaturas corregida
186.5		186.180		186.180		10.000		159.439.2		1		68		66		117.2		sin valor		0		1		117.2	

Coeficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Tf	Temperatura de la película	Tp	Temperatura media de la pared del tubo	Tma	Temperatura media del medio ambiente	u	Viscosidad dinámica del aire a Tf	d1	Densidad a Tf	d2	Densidad a Ta	h	Peso específico a Tf	pa	Peso específico a Ta	B	Coeficiente de expansión térmica	k	Conductividad térmica a Tf	ci	Calor específico a Tf	Do	Diámetro exterior del tubo	hc	Coeficiente por convección	e	factor de emisividad	hr	Coeficiente por radiación	ho	Coeficiente total lado exterior
126.611		165.222		68		0.019		0.0867		0.0755		0.85		0.94		0.001608		0.016		0.25		4.5		1.1885		0.7		0.987572		2.1760	

Coeficiente de transferencia (hio) lado Interior, fluyendo agua salada

Ta	Gw	Gt	n	a't	at	u	d	p	k	DI	L1	Rel	C	u'C/k	h _o
°F	bpd	Lb/(hr ² pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/pie-hr	Lb/pie ³		Btu/hr ² pie ² °F	pie	pie		Btu/lb ² °F		Btu/hrpie ² °F
185.222	10.000	1803516	1	0.0884	0.0884	1.8029	68.3332	1.0906	0.3426	0.336	46.92	377489	1	4.68	1193.92

Calculo del coeficiente de transferencia de calor

Uc	a''	A	Qc	Q _{ac}	Ud	Rd	U	v
Btu/hrpie ² °F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² °F		Btu/hrpie ² °F	pie/seg
2.172084	1.178097	54.09823	13774.15	13774.15	2.172064	0.0000	2.17206	7.331386

TRAMO 2-5
CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA AL INGRESO A SERPENTIN

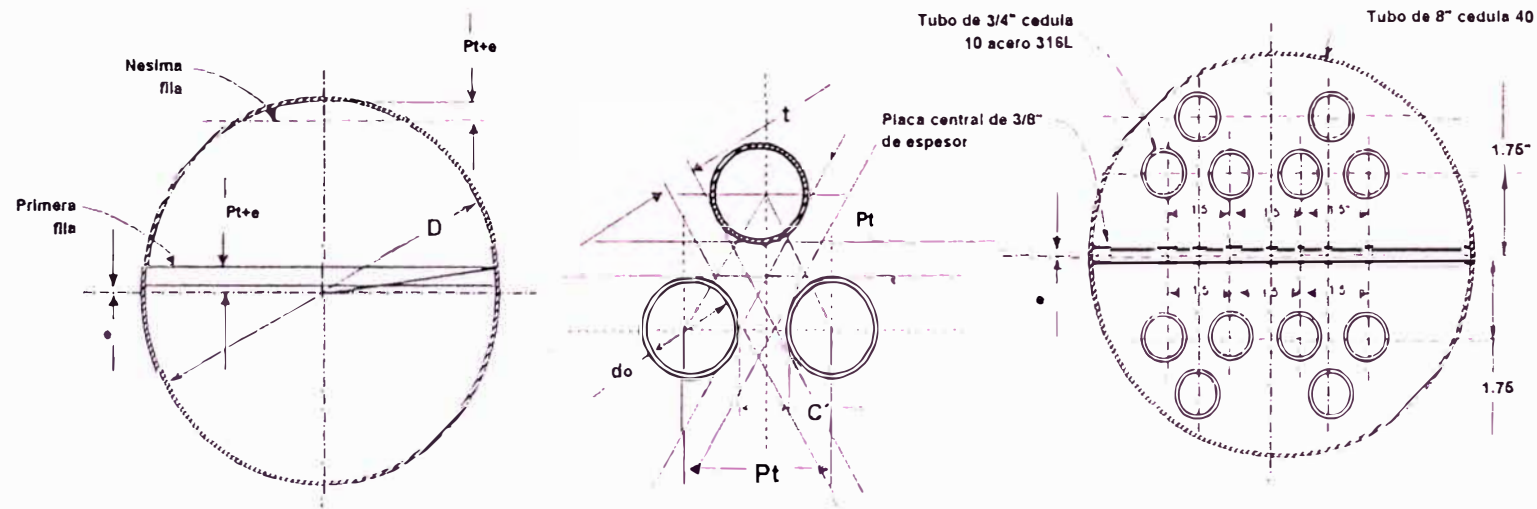
T ₁	T ₂	T ₂	V	v	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	F1	DI
Alta temperatura fluido caliente-descarga de separador	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal promedio - fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido fno - Temeparatur del aire	Alta temperatura del fluido frio - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb ² °F	°F	°F	°F				°F
186.4	186.260		10.840	172826.5	1	68	68	117.3	sin valor	0	1	117.3

9.3.1.3 CALCULO DE INTERCAMBIADORES PROYECTADOS

PARAMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR DEL INTERCAMBIADOR AGUA FRESCA - AGUA SALADA

Temperatura del agua salada al ingreso	Temperatura del agua fresca al ingreso	Caudal de agua salada de producción	Caudal másico de agua salada de producción	Peso específico del agua salada de producción	Caudal de agua fresca	Caudal másico de agua fresca	Peso específico del agua fresca	Cantidad de pasos en los tubos	Cantidad de pasos en la coraza
T1	t1	Vws	Mws	P	Vwf	Mwf	p		
°F	°F	bpd	Lb/hr		bpd	Lb/hr			
186.18	68	10000	169441.8	1.095594	200	2908.222	0.9986	4	2

Figura 9.3 - 9: ARREGLO DEL INTERCAMBIADOR AGUA FRESCA - AGUA SALADA



FLUIDO CALIENTE : AGUA SALADA DE PRODUCCION POR CORAZA - CALCULO CON PLACAS DEFLECTORAS

184.247	0.058698	2716310	1.613987	68.35894	1.095989	0.341501	0.109403	184124	0.95	4.48985288	1458.428	0.001211	20	35	0.670833	33.8																	
Ta	as	Gs	u	d	p	k	De	Res	C	u/Ck	ho	f	L	N+1	Ds	Dp																	
°F	pie2	Lb/(hr ² pie2)	Lb/ft ² -hr	Lb/ft ³	Lb/ft ³	Btu/ft ² -pie ² -°F	pie	Res	u/b ² -F	Btu/ft ² -F	ft ² -pie ² -F	pie ² /pie ²	pie		pie	psig																	
Temperatura media del fluido caliente		Sección transversal en la coraza con placas deflectoras		Caudal másico por unidad de sección transversal		Viscosidad dinámica		Densidad		Peso específico		Conductividad térmica		Diámetro equivalente con placas deflectoras		Reynolds en la coraza con placas deflectoras		Calor específico		Número de Prandtl		Coeficiente de película -lado coraza		Factor de fricción dimensional con placas deflectoras		Longitud del separador		Número de cruces		Diámetro de carcasa		Caida de presión con placas deflectoras	
CAIDA DE PRESION MUY ALTA																																	

CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION	
0.002	-29.5469
	0.001145
	-28.6427
	0.001219
	-28.7435
	0.00121
	-28.7321
	0.001211
	-28.7334
	0.001211
	-28.7333
	0.001211
0.174418	

FLUIDO CALIENTE : AGUA SALADA DE PRODUCCION POR CORAZA - CALCULO SIN PLACAS DEFLECTORAS

184.247	0.2812844	0.670833	566834.8	1.613987	68.35894	1.095989	0.341501	0.2081215	73092.612	0.95	4.489853	20	568.7845	0.005	0.000178	20	0.192																		
Ta	as	Ds	Gs	u	d	p	k	De	Res	C	u/Ck	Lt	ho	f	L	Dp																			
°F	pie2	pie	Lb/(hr ² pie2)	Lb/ft ² -hr	Lb/ft ³	Lb/ft ³	Btu/ft ² -pie ² -°F	pie	Res	Btu/b ² -F		pie	ft ² -pie ² -°F	pie ² /pie ²	pie	psig																			
Temperatura media del fluido caliente		Sección transversal en la coraza sin placas deflectoras		Diámetro interno de carcasa		Caudal másico por unidad de sección transversal		Viscosidad dinámica		Densidad		Peso específico		Conductividad térmica		Diámetro equivalente sin placas deflectoras		Reynolds en la coraza sin placas deflectoras		Calor específico		Número de Prandtl		Longitud de los tubos		Coeficiente de película -lado coraza		Rugosidad aparente		Factor de fricción dimensional con placas deflectoras		Longitud del separador		Caida de presión sin placas deflectoras	
CAIDA DE PRESION CONFORME																																			

CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION	
0.0009	33.795
0.0326	5.5390
0.0254	6.2735
0.0256	6.2440
0.0256	6.245197
0.0256	6.2452
0.0256	6.245151
0.0256	6.245153

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PELICULA - LADO INTERIOR CON PLACAS DEFLECTORAS

Temperatura media del fluido caliente	Número de tubos	Cantidad de pasos por los tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Caudal másico por unidad de sección transversal	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interno del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película - lado coraza corregido por diámetro	Rugosidad interna del tubo	Factor de fricción dimensional	Caída de presión
Ta	Nt	n	a't	at	Gt	u	d	p	k	Di		Ret	C	u'C/k	h _b	r	f	Dp
°F			pie ²	pie ²	Lb/(hr*pie ²)	Lb/pie-hr	Lb/pie ³		Btu/hr*pie ^{**F}	pie	pie		Btu/lb*F		Btu/hpie ^{2*} F	pulgada	pie ² /pulg ²	psig
116.6271139	12	2	0.004616	0.027698	104923.9	2.179261	65.46361	1.04957	0.314908	0.0767	20	3691.236	0.95	6.574298	129.985	0.005	0.000319	0.03342

CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION	0.0173	7.594	4.357099
	0.0527	4.3571	4.707648
	0.0451	4.7076	4.662101
	0.0460	4.6621	4.667866
	0.0459	4.6679	4.667149
	0.0459	4.6671	4.667243

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PELICULA - LADO INTERIOR SIN PLACAS DEFLECTORAS

Temperatura media del fluido caliente	Número de tubos	Cantidad de pasos por los tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Caudal másico por unidad de sección transversal	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interno del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película - lado coraza corregido por diámetro	Rugosidad interna del tubo	Factor de fricción dimensional	Caída de presión
Ta	Nt	n	a't	at	Gt	u	d	p	k	Di		Ret	C	u'C/k	h _b	r	f	Dp
°F			pie ²	pie ²	Lb/(hr*pie ²)	Lb/pie-hr	Lb/pie ³		Btu/hr*pie ^{**F}	pie	pie		Btu/lb*F		Btu/hpie ^{2*} F	pulgada	pie ² /pulg ²	psig
115.1677792	12	2	0.004616	0.027698	104923.9	2.212384	65.48517	1.04991	0.314325	0.0767	20.0000	3635.973	0.95	6.686594	128.9139	0.005	0.00032	0.03353

CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION	0.0176	7.537	4.351991
	0.0528	4.3520	4.699543
	0.0453	4.6995	4.654122
	0.0462	4.6541	4.659925
	0.0461	4.6599	4.659182
	0.0461	4.6592	4.659277

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR R CON PLACAS DEFLECTORAS

Coeficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total en base a Uc	Calor total en base a Ud	Coeficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coeficiente promedio de transferencia
Uc	a" pie ² /pie	A pie ²	Qc Btu/hr	Qd Btu/hr	Ud	Rd	U
118.3478	0.274889	65.97345	426659.9	314172.4	87.88222	0.003	103.615

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR SIN PLACAS DEFLECTORAS

Coeficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total en base a Uc	Calor total en base a Ud	Coeficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coeficiente promedio de transferencia
Uc	a" pie ² /pie	A pie ²	Q Btu/hr	Q Btu/hr	Ud Btu/hrpie ² F	Rd	U
108.0944	0.274889	65.97345	375704.8	300501.3	79.90251	0.003	92.4985

CALCULO DE LA PERDIDA POR FRICCIÓN EN EL DUCTO DE SUCCION DE TANQUE PARA AGUA FRESCA A BOMBA

La temperatura es la media entre la del medio ambiente y el registrado a descarga del intercambiador.

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	Capacidad útil del tanque para agua fresca	Presión absoluta del vapor del agua	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	NPSHD		
	BPD	m ³ /s														METRO	PIES	PSIA
118.17	200	0.0004	1.00	5	0.051	0.002027	0.18	1.1E-06	25	1.05075804	8460	0.0375	0.990485	2.245995	7.36	20.3	8.7	

ACCESORIOS	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k			pulgada	pulgada	0.0076	11.4976	4.695662
	1.12	0.60	0.75	2.25	12.74	0.30	0.31	0.54	1.87			0.008	2	0.0454	4.6957	5.214169
Cantidad	4	2	1	0	0	2	1	0	0					0.0368	5.2142	5.181718
Parcial	4.50	1.20	0.75	0.00	0.00	0.60	0.31	0.00	0.00					0.0375	5.1617	5.166882
														0.0375	5.1669	5.166372
														0.0375	5.1664	5.166423
														0.0375	5.1664	5.166418
														0.0375	5.1664	5.166418
														0.0375	5.1664	5.166418

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.666667	0.66667

CALCULO DEL INCREMENTO DE PRESION NECESARIO EN BOMBA - CASO DE RETORNO A TANQUE DE AGUA FRESCA
 La temperatura es la media entre la del medio ambiente y el registrado a la descarga del intercambiador.

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	Peso específico del agua	Pérdida en intercambiador de calor	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Incremento de presión necesaria en la bomba caso de retorno atankue de agua fresca		
	°F	BPD														m³/s	METRO	PIES
116.17	200	0.0004	1.00	26	0.051	0.002027	0.16	1.1E-06	1.049914	0.07744766	8460	0.0375	1.049914	2.245995	40.62	0.21	0.7	0.3

ACCESORIOS	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	Filtro		RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k		pulgada	pulgada	0.0076	11.4976	4.695662
	1.12	0.60	0.75	2.25	12.74	0.30	0.04	0.03	1.87	5.96		0.008	2	0.0454	4.6957	5.214169
Cantidad	10	4	1	1	1	5	1	0	2	1				0.0368	5.2142	5.161718
Parcial	11.24	2.40	0.75	2.25	12.74	1.50	0.04	0.00	3.75	5.96				0.0375	5.1617	5.166882
														0.0375	5.1669	5.166372
														0.0375	5.1664	5.166423
														0.0375	5.1664	5.166418
														0.0375	5.1664	5.166418
														0.0375	5.1664	5.166418

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.875	0.875

CALCULO DEL INCREMENTO DE PRESION NECESARIO EN BOMBA - CASO DE ALIMENTACION A LINEA DE SUCCIÓN DE BOMBAS AGUA SALADA
 La temperatura es la media entre la del medio ambiente y el registrado a la descarga del Intercambiador.

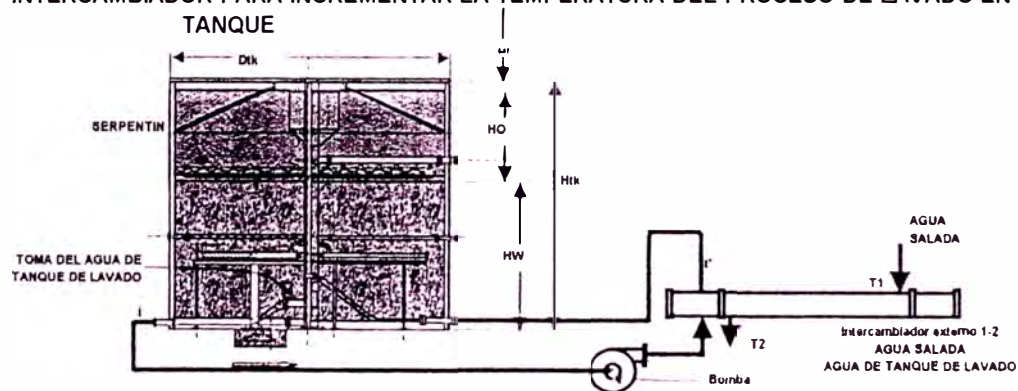
Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	Peso específico del agua	Pérdida en Intercambiador de calor	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Incremento de presión necesaria en la bomba caso de alimentación para proceso desalado		
	°F	BPD														m ³ /s	METRO	PIES
116.17	200	0.0004	1.00	26	0.051	0.002027	0.18	1.1E-06	1.049914	0.07744766	8460	0.0375	1.049914	2.245995	40.62	18.12	59.4	27.0

ACCESORIOS	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	Filtro	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	pulgada			pulgada	0.0076	11.4976
	1.12	0.60	0.75	2.25	12.74	0.30	0.04	0.03	1.87	5.96	0.008	2	0.0454	4.6957	5.214169
Cantidad	10	4	1	1	1	5	1	0	2	1			0.0368	5.2142	5.161718
Parcial	11.24	2.40	0.75	2.25	12.74	1.50	0.04	0.00	3.75	5.96			0.0375	5.1617	5.166882
													0.0375	5.1669	5.166372
													0.0375	5.1664	5.166423
													0.0375	5.1664	5.166418
													0.0375	5.1664	5.166418
													0.0375	5.1664	5.166418

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.875	0.875

Figura 9.3 - 10: ESQUEMA PARA EL CALCULAR EL INTERCAMBIADOR PARA INCREMENTAR LA TEMPERATURA DEL PROCESO DE LAVADO EN TANQUE

- Htk: Altura total del tanque
- Ho: Altura de la capa de aceite en el tanque
- Hw: Altura de la capa de agua en el tanque de lavado
- Hi: Altura libre del tanque
- Hw: Altura de la capa de agua en el tanque de lavado
- Dtk: Diámetro del tanque de lavado
- t: Temperatura del agua a la salida del tanque de lavado
- t': Temperatura del agua a la salida del Intercambiador
- T1: Temperatura del agua salada al Ingreso a Intercambiador
- T2: Temperatura del agua salada a la salida del Intercambiador



PARAMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR DEL INTERCAMBIADOR

Altura del agua en el tanque de lavado	Diámetro del tanque de lavado	Volumen de agua	Masa total de agua en el tanque de lavado	Número de recirculaciones por día	Caudal de agua salada
Hw pies 18	Dik pies 26	Vw barril 1704.562	M libra 696365.9	Nr 8	Vw bpd 10000

CALCULO DEL TIEMPO PARA CALENTAMIENTO CON FACTOR DE OBSTRUCCION

Alta temperatura del fluido caliente	Temperatura inicial del fluido frio	Temperatura final alcanzada en el tanque	Caudal másico de recirculación	Caudal másico del agua salada	Calor específico del agua del tanque	Calor específico del agua salada	Peso específico del agua del tanque	Peso específico del agua salada de producción	Coefficiente total de transferencia inicialmente supuesto	Area total de transferencia de calor	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Tiempo para calentar el agua del tanque con intercambiador	Temperatura inicial a la descarga de intercambiador
T1 °F 183.37	t1 °F 68	t2 °F 168	v Lb/hr 208457.7	w Lb/hr 159653.1	c Btu/Lb°F 0.98	C Btu/Lb°F 0.95	p 1.050419	P 1.09635908	Ud 166.000	A pie2 318.87	R 1.347767	K 1.504779	S 0.187347	Θ hr 23.09	T2 °F 161.8	

CALCULO DEL TIEMPO PARA CALENTAMIENTO SIN FACTOR DE OBSTRUCCION

Alta temperatura del fluido caliente	Temperatura inicial del fluido frio	Temperatura final alcanzada en el tanque	Caudal másico de recirculación	Caudal másico del agua salada	Calor específico del agua del tanque	Calor específico del agua salada	Peso específico del agua del tanque	Peso específico del agua salada de producción	Coefficiente total de transferencia inicialmente supuesto	Area total de transferencia de calor	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Tiempo para calentar el agua del tanque con intercambiador	Temperatura inicial a la descarga de intercambiador
T1 °F 183.37	t1 °F 68	t2 °F 168	v Lb/hr 208457.7	w Lb/hr 159653.1	c Btu/Lb°F 0.98	C Btu/Lb°F 0.95	p 1.050419	P 1.09635908	Ud 353.084	A pie2 318.87	R 1.347767	K 2.521517	S 0.320924	Θ hr 13.48	T2 °F 146.3	

$$T_2 = T_1 \cdot S^{\Theta} (T_1 - t_1)$$

$$R = (T_1 - T_2) / (t_1 - t_2) = c / (W \cdot C)$$

$$S = (t_1 - t_2) / (T_1 - t_1)$$

$$\ln(K) = \ln\left(\frac{2 \cdot S \cdot (R+1) \cdot (R^2+1)^{1/2}}{2 \cdot S \cdot (R+1) \cdot (R^2+1)^{1/2}}\right) = (U \cdot A \cdot W \cdot c) \cdot (R^2+1)^{1/2}$$

$$S = 2^{\Theta} \cdot (K-1) / (K \cdot 7^{\Theta} \cdot (R+1) \cdot (R^2+1)^{1/2} \cdot (R+1) \cdot (R^2+1)^{1/2})$$

$$\Theta = (M / (S \cdot w)) \cdot \ln\left(\frac{T_1 - t_1}{T_1 - t_2}\right)$$

BALANCE DE CALOR SIN FACTOR DE OBSTRUCCION

T1	Alta temperatura fluido caliente	T2	Baja temperatura fluido caliente	T2	Baja temperatura fluido caliente calculado	W	Caudal másico en la coraza	v	Caudal másico en los tubos	C	Calor específico del fluido de coraza	c	Calor específico del fluido en tubos	t1	Baja temperatura del fluido frío al final del proceso	t2	Alta temperatura del fluido frío al final del proceso	B	Distancia entre placas deflectoras	C'	Espaciado radial entre tubos	ho	Longitud de tubos		Número de pasos		Diferencia media logarítmica de temperaturas	R	Parámetro	S	Parámetro	Fr	Parámetro	DI	Diferencia de temperaturas corregida
183.37		172.333		172.334		159.553		211.363	9	0.95		0.98		168		166.0765		14		0.45		20		2		15.76695	1.366557	0.318348	0.936954	14.77291					
°F		°F		°F		Lb/hr		Lb/hr		Btu/lb*°F		Btu/lb*°F		°F		°F		pulgada		pulgada		pie				°F									

FLUIDO CALIENTE : AGUA SALADA DE PRODUCCION POR CORAZA CON FACTOR DE OBSTRUCCION

Ta	Temperatura media del fluido caliente	as	Sección transversal en la coraza	Gs	Caudal másico por unidad de sección transversal	u	Viscosidad dinámica	d	Densidad	p	Peso específico	k	Conductividad térmica	De	Diámetro equivalente	Res	Reynolds en la coraza	C	Calor específico	u/C/k	Número de Prandtl	ho	Coefficiente de película - lado coraza	f	Factor de fricción dimensional	L	Longitud del separador	N+1	Número de cruces	Ds	Diámetro de carcasa	Dp	Caida de presión
182.185		0.444792		356714.3		1.637815		68.41298		1.086858		0.340701		0.1094		23980.03		0.95		4.567104		478.6997		0.001748		20		18		1.270633		0.821	
°F		pie ²		Lb/(hr*pie ²)		Lb/ple-hr		Lb/ple ³				Btu/hr*pie ^{°F}		pie				Btu/lb*°F				Btu/hpie ² *°F		pie ² /pulg ²		pie			pie		psig		

CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION

0.002	-24.148	0.001715
	-23.8652	0.001753
	-23.9226	0.001747
	-23.9173	0.001748
	-23.918	0.001748
	-23.9179	0.001748
	-23.9179	0.001748

0.251719

Temperatura media del fluido caliente	Sección transversal en la coraza	Caudal másico por unidad de sección transversal	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro equivalente	Reynolds en la coraza	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película - lado coraza	Factor de fricción dimensional	Longitud del separador	Número de cruces	Diámetro de carcasa	Caída de presión
Ta	as	Gs	u	d	p	k	De	Res	C	u°C/k	ho	f	L	N+1	Ds	Dp
°F	pie ²	Lb/(hr*pie ²)	Lb/pie-hr	Lb/pie ³		Btu/hr*pie ² *°F	pie		Btu/lb*°F		Btu/hpie ² *°F	pie ² /pulg ²	pie		pie	psig
177.8515	0.444792	358714.3	1.690478	68.5244	1.098642	0.33902	0.1094	23215.03	0.95	4.737053	471.889	0.001758	20	18	1.270833	0.825

CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN	0.002	-24.067	0.001726
		-23.8154	0.001763
		-23.8514	0.001758
		-23.8462	0.001759
		-23.8469	0.001758
		-23.8468	0.001758
	-23.8469	0.001758	0.253221

FLUIDO FRIO: AGUA DEL TANQUE DE LAVADO CON FACTOR DE OBSTRUCCION

Temperatura media del fluido frío	Número de tubos	Cantidad de pesos por los tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Caudal másico por unidad de sección transversal	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro inelntor del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Numero de Prandtl	Coefficiente de película -lado coraza corregido por diámetro	Rugosidad interna del tubo	Factor de fricción dimensional	Caída de presión en el intercambiador
Ta	Nt	n	a't	at	Gt	u	d	p	k	Di		Ret	C	u°C/k	ho	r	f	Dp
°F			pie ²	pie ²	Lb/(hr*pie ²)	Lb/pie-hr	Lb/pie ³		Btu/hr*pie ² *°F	pie	pie		Btu/lb*°F		Btu/hpie ² *°F	pulgada	pie ² /pulg ²	psig
174.8871425	58	2	0.004616	0.133875	1578809	1.296413	64.34991	1.03171	0.33786	0.0767	20	93366.88	0.95	3.64528	1518.762	0.005	0.000223	5.37879
															0.0007	38.195	5.207007	
															0.0369	5.2070	5.589114	
															0.0320	5.5891	5.583572	
															0.0321	5.5838	5.583652	
															0.0321	5.5837	5.583651	
															0.0321	5.5837	5.583651	

FLUIDO FRIO: AGUA DEL TANQUE DE LAVADO SIN FACTOR DE OBSTRUCCION

Ta	Ni	n	at	at	Gt	u	d	p	k	Di	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	C	u ² /k	h _{fo}	r	f	Dp
*F			pie ²	pie ²	Lb/(hr*pie ²)	Lb/pie-hr	Lb/pie ³		Btu/hr*pie ² *F	pie	pie		Btu/lb*F		Btu/hr*pie ²	pulgada	pie ² /pulg ²	psig
162.0382496	58	2	0.004616	0.133675	1578809	1.433565	64.63769	1.03633	0.332855	0.0767	20.0	84434.28	0.95	4.091535	1.434.788	0.005	0.000223	5.37092

0.0008	36.322	5.186743
0.0371	5.1887	5.581427
0.0321	5.5814	5.575187
0.0322	5.5752	5.575286
0.0322	5.5753	5.575284
0.0322	5.5753	5.575284

DE FRICCION
DEL FACTOR
ITERACTIVO
CALCULO

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR CON FACTOR DE OBSTRUCCION

Ucr	a'	A	Qd	Q	Ud	Rdc	Rds	de tanque para calentar el agua sucio al limite
Btu/hrpie	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie		horas	
382.82	0.274689	318.8717	359233.9	359233.9	156.0668	0.003861	0.016	23.09

Factor de obstrucción	Factor de obstrucción calculado	Factor de obstrucción seleccionado - una limpieza cada dos años	Tiempo para calentar el agua sucio al limite
0.003861	0.003861	0.016	23.09

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR SIN FACTOR DE OBSTRUCCION

Coefficiente total Uc sin factor de obstrucción	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total en base a Uc	Calor cedido por el fluido caliente	Coefficiente de diseño	Tiempo para calentar el agua de tanque con intercambiador limpio
Uc	a ²	A	Qc	Q	Ud	
Btu/hrpie 2°F	pie2/pie	pie2	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie 2°F	horas
355.0998	0.274889	318.8717	1672755	1672939	366.1388	13.48

CALCULO DEL NPSHD PARA BOMBA

La temperatura es la media esperada de acuerdo a la performance del Intercambiador de calor agua de tanque lavador - agua salada de producción.

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	Peso específico del agua	Presión absoluta del vapor del agua	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	NPSHD		
	°F	BPD														m ³ /s	METRO	PIES
168.00	13,836	0.0251	1.00	49.5	0.152	0.018242	1.37	7.4E-07	1.0377	3.25654149	283699	0.0219	1.0377	9.174784	5.52	14.96	49.1	22.0

ACCESORIOS	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensamblamiento	Válvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	pulgada			pulgada		
	0.66	0.35	0.44	1.31	7.45	0.18	0.04	0.03	0.00	0.008	6	0.0002	66.5792	6.045977
Cantidad	5	4	1	0	0	2	1	0	0			0.0274	6.0460	6.768352
Parcial	3.29	1.40	0.44	0.00	0.00	0.35	0.04	0.00	0.00			0.0218	6.7684	6.755009
												0.0219	6.7550	6.755254
												0.0219	6.7553	6.755249
												0.0219	6.7552	6.75525
												0.0219	6.7552	6.75525
												0.0219	6.7552	6.75525
												0.0219	6.7552	6.75525

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.875	0.875

CALCULO DEL INCREMENTO DE PRESION NECESARIO EN BOMBA

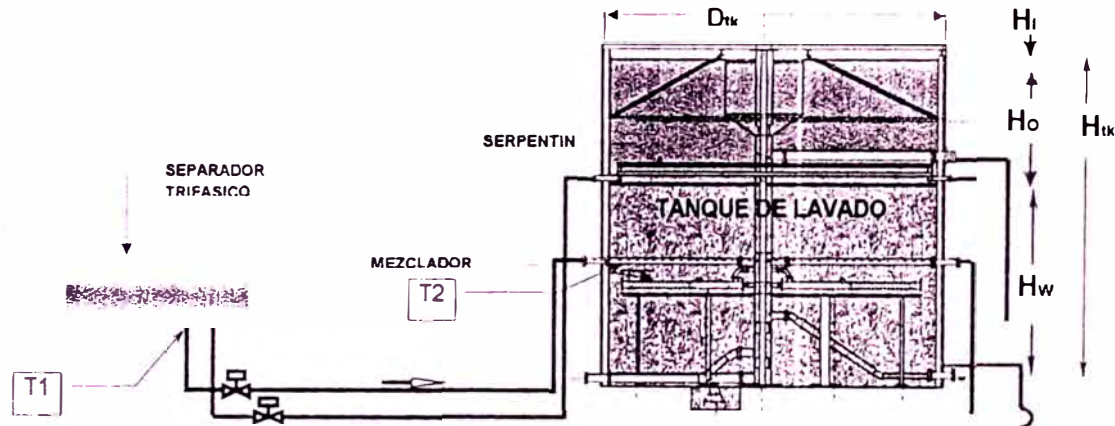
La temperatura es la media esperada de acuerdo a la performance del Intercambiador de calor agua de tanque lavador - agua salada de producción

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	Peso específico del agua	Pérdida en Intercambiador de calor	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Incremento de presión necesaria en la bomba		
	°F	BPD														m³/s	METRO	PIES
175.73	13.638	0.0251	1.00	55.2	0.152	0.018242	1.37	6.5E-07	1.031387	3.67167013	324460	0.0218	1.031387	9.118973	8.81	9.79	32.1	14.3

ACCESORIOS	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN		
														k	k	k
	0.65	0.35	0.44	1.31	7.42	0.17	0.04	0.03	1.09			0.008	6	0.0002	71.2018	6.081726
														0.0270	6.0817	6.782014
Cantidad	10	4	1	0	0	2	2	0	0					0.0217	6.7820	6.770513
Parcial	6.54	1.40	0.44	0.00	0.00	0.35	0.09	0.00	0.00					0.0218	6.7705	6.770701
														0.0218	6.7707	6.770698
														0.0218	6.7707	6.770698
														0.0218	6.7707	6.770698
														0.0218	6.7707	6.770698
														0.0218	6.7707	6.770698

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.875	0.875

Figura 9,3 - 12: ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA ACALCULAR LA TEMPERATURA DE LA CORRIENTE DE ACEITE AL INGRESO A TANQUE DE LAVADO



Primer caso: el aceite prodcede del separador trifásico al tanque de lavado

	Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Fracción de tiempo empleado en la descarga	% de agua presente en la corriente de aceite	Caudal de aceite seco	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico medio del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frio - Temepartuar del aire	Alta temperatura del flido frio - Temepatura del aire	Diferencia media logaritmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T_1	T_2	T_2	x	%Ww		V	v	C	t1	t2	MLDT	R	S	Fi	Di	
°F	°F	°F		%	bpd	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F	°F	sin valor	0	1	116.1
184.4	182.837	182.837	0.750	0.800	2000	2.016	32158.88	0.4907	68	68	116.1					116.1

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hnc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

	Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
T_f	T_p	T_m	u	d1	d2	ρr	ρa	B	k	ci	Do	hnc	e	hr	ho	
°F	°F	°F	cp	Lb/ft ³	Lb/ft ³			1/°F	Btu/hr·ft ² ·°F	Btu/lb·°F	pulgada	Btu/hr·ft ² ·°F		Btu/hr·ft ² ·°F	Btu/hr·ft ² ·°F	
126.0527	184.1054	68	0.019	0.0688	0.0755	0.85	0.94	0.001608	0.016	0.25	4.5	1.1855	0.7	0.984589	2.1701	

Coefficiente de transferencia (hio) lado interior, corriente de aceite (se considera características del aceite)

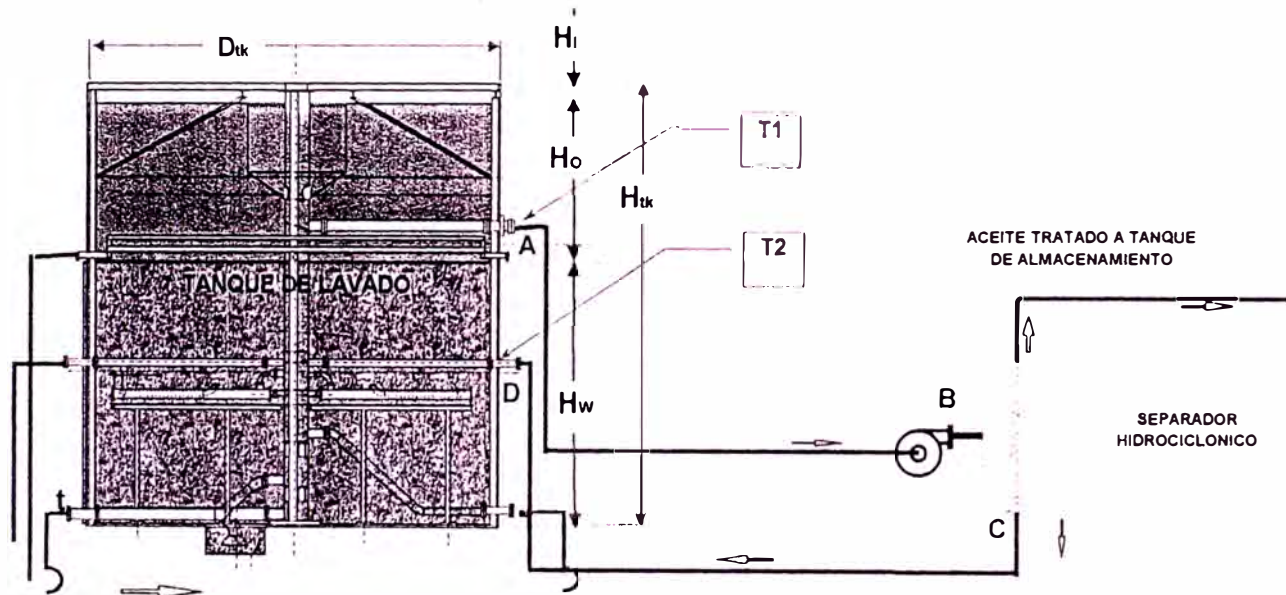
	Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de producción	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película -lado intenor corregido por diámetro
T_a	G_w	G_t	n	a1	a2	u	d	p	k	Di	L1	Ret	C	U·C/k	h_{so}	
°F	bpd	Lb/hr·pie ²		pie ²	pie ²	Lb/ft ² ·hr	Lb/ft ³		Btu/hr·ft ² ·°F	pie	pie		Btu/lb·°F		Btu/hr·ft ² ·°F	
184.1054414	2.688	403137.3	1	0.0684	0.0684	30.9740	66.8208	0.9110	0.0689	0.336	144.32	4367	1	449.55	31.04	

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALO R

Coefficiente total U_c	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a U_c	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
U_c	a"	A	Q_c	Q_k	U_d	R_d	U	v
Btu/hrple $^2\text{°F}$	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrple $^2\text{°F}$		Btu/hrple $^2\text{°F}$	pie/seg
2.02831	1.178097	170.023	40038.45	40038.45	2.02831	0.0000	2.02831	1.970803

Figura 9.3 - 13: ESQUEMA PARA EL CALCULO DE LA TEMPERATURA DE LA CORRIENTE DE ACEITE AL INGRESO A TANQUE DE LAVADO CON SERPENTIN INSTALADO EN LA CAPA DE ACEITE

Segundo caso: aceite de tratador hidrociclónico a tanque de lavado, Inicialmente se estima la temperatura T1



TRAMO A-B
Serpentín instalado en la capa de aceite

T ₁	T ₁	T _a	T _a	x	%W _o	bpd	V	v	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	Fi	DI
Alta temperatura fluido caliente	Alta temperatura del fluido caliente calculado	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Fración de tiempo empleado en la descarga	% de agua presente en la corriente de aceite	Caudal de aceite seco	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico medio del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
172.3	173.3	171.801	171.901	1.000	0.450	20000	20.080	321888	0.483111	68	66	104.1	sin valor	0	1	104.1

Coefficiente de transferencia (h_o) por convección natural (h_c) y por radiación (h_r) - lado exterior, fluido: aire

T _f	T _p	T _{ma}	u	d _f	d _a	h _f	h _a	B	k	c _f	Do	h _c	e	h _r	h _o
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a T _f	Densidad a T _f	Densidad a T _a	Peso específico a T _f	Peso específico a T _a	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a T _f	Calor específico a T _f	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
120.0503	172.1005	68	0.019	0.0695	0.0755	0.86	0.94	0.001599	0.016	0.25	6.625	1.0465	0.7	0.95298	1.9995

Coefficiente de transferencia (h_i) lado Interior, corriente de aceite (se considera características del aceite)

T _a	G _w	G _t	n	a ₁	a ₂	u	d	p	k	DI	LI	Ret	C	u°/C/k	h _o
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de producción	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película - lado interior corregido por diámetro
172.1005	20.090	1331882	1	0.2006	0.2008	40.2180	67.0079	0.8140	0.0682	0.505	177.12	16740	1	581.16	67.59

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Uc	a"	A	Qc	Qac	Ud	Rd	U	v
Btu/hrpie ² °F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² °F		Btu/hrpie ² °F	pie ² /seg
1.942077	1.734421	307.2006	62107.05	62107.05	1.942077	0.0000	1.94208	8.48024

TRAMO C-D

Tc	T2	T2	x	%Wo	dpp	V	v	C	t1	t2	MLDT	R	S	Ft	Dt
°F	°F	°F		%	dpp	dpp	Lb/hr	Btu/b°F	°F	°F	°F				°F
171.9	171.481	171.481	1.000	0.600	18000	18.090	269888.3	0.48335	68	68	103.7	sin valor	0	1	103.7

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

T1	Tp	Tma	u	d1	d2	h	pu	B	k	ci	Do	hc	e	hr	ho
°F	°F	°F	cp	Lb/pie ³	Lb/pie ³			1/°F	Btu/b ² pie ² °F	Btu/b ² °F	pulgada	Btu/hrpie ² °F		Btu/hrpie ² °F	Btu/hrpie ² °F
119.8405	171.881	68	0.019	0.0695	0.0755	0.86	0.94	0.001599	0.016	0.25	6.625	1.0455	0.7	0.951891	1.9974

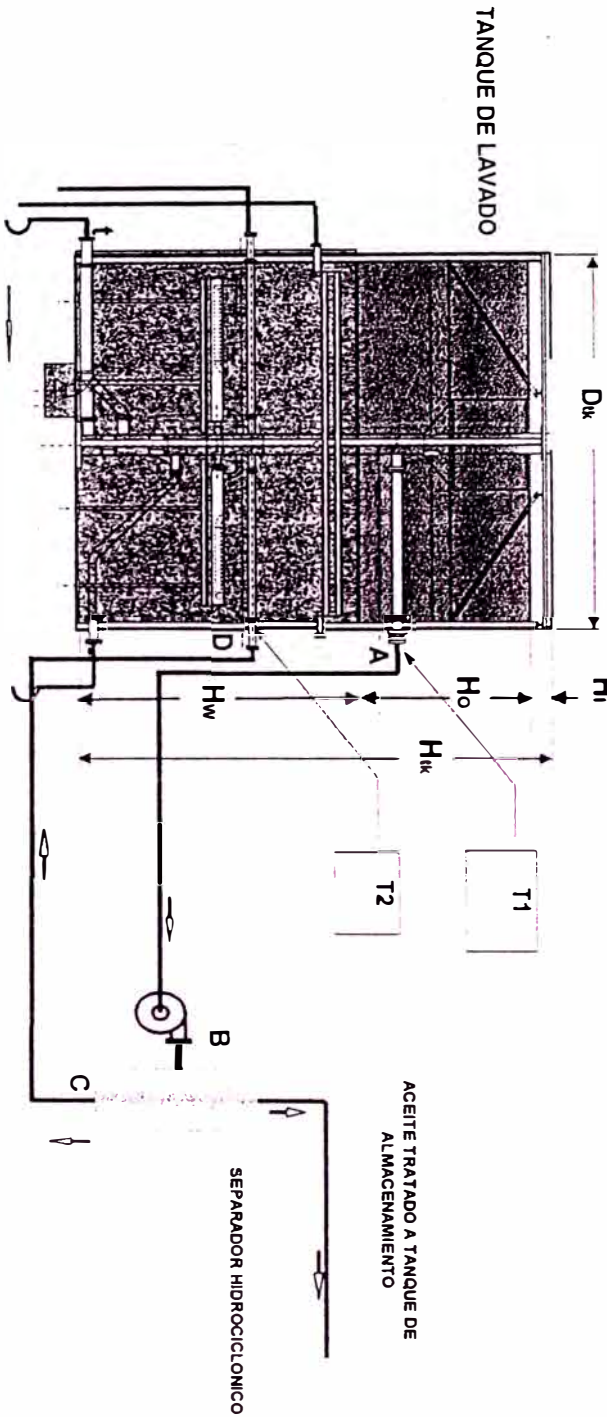
Coefficiente de transferencia (hio) lado interior, corriente de aceite (se considera características del aceite)

Ta	GW	Gt	n	at	at	u	d	p	k	DI	LI	Rel	C	u° C/K	h _o
°F	gpd	Lb/(hr ² pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/ft ³ -hr	Lb/ft ³		Btu/lb ³ °F	pie	pie		Btu/lb ³ °F		Btu/hpie ² °F
171.681	18.090	1199388	1	0.2006	0.2006	40.2160	67.0079	0.9140	0.0662	0.505	177.12	15073	1	581.18	82.15

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALO R

Uc	a"	A	Q _c	Q _{ac}	UD	Rd	U	v
Btu/hrpie ² °F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² °F		Btu/hrpie ² °F	pie/seg
1.836187	1.734421	307.2008	61636.65	61636.65	1.935167	0.0000	1.93517	6.844161

Figura 9.3 - 14: ESQUEMA PARA EL CALCULO DE LA TEMPERATURA DE ACEITE AL INGRESO A TANQUE DE LAVADO CON SERPENTIN INSTALADO EN LA CAPA DE AGUA



T_1	Alta temperatura fluido caliente	T_1	Alta temperatura del fluido caliente calculado	T_b	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	T_b	Baja temperatura fluido caliente calculado	x	Fracción de tiempo empleado en la descarga	$\%W_o$	% de agua presente en la corriente de aceite	v	Caudal de aceite seco	V	Caudal del fluido caliente	v	Caudal másico en los tubos	C	Calor específico medio del fluido en tubos	t_1	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	t_2	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	$MLDT$	Diferencia media logarítmica de temperaturas	R	Parámetro	S	Parámetro	FI	Parámetro	DI	Diferencia de temperaturas corregida
173.6	$^{\circ}F$	174.2	$^{\circ}F$	173.086	$^{\circ}F$	173.086	$^{\circ}F$	0.260		0.400	$\%$	20000	bpd	$20,060$	bpd	321589	Lb/hr	0.482876	$Btu/lb^{\circ}F$	68	$^{\circ}F$	68	$^{\circ}F$	105.3	$^{\circ}F$	sin valor	0		1		105.3	$^{\circ}F$	

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Temperatura de la película	T_f	Temperatura media de la pared del tubo	T_p	Temperatura media del medio ambiente	T_{ma}	Viscosidad dinámica del aire a T_f	μ	Densidad a T_f	d_f	Densidad a T_a	d_a	Peso específico a T_f	ρ_f	Peso específico a T_a	ρ_a	Coefficiente de expansión térmica	β	Conductividad térmica a T_f	k	Calor específico a T_f	c_f	Diámetro exterior del tubo	Do	Coefficiente por convección	hc	factor de emisividad	e	Coefficiente por radiación	hr	Coefficiente total lado exterior	ho
$^{\circ}F$	$^{\circ}F$	$^{\circ}F$	$^{\circ}F$	$^{\circ}F$	cp	Lb/pt^3	Lb/pt^3	Lb/pt^3	Lb/pt^3	Lb/pt^3	Lb/pt^3	Lb/pt^3	$1/^{\circ}F$	$1/^{\circ}F$	$1/^{\circ}F$	$1/^{\circ}F$	$1/^{\circ}F$	$1/^{\circ}F$	$1/^{\circ}F$	$1/^{\circ}F$	$1/^{\circ}F$	pulgada	$1/^{\circ}F$	$1/^{\circ}F$	$1/^{\circ}F$	$1/^{\circ}F$	$1/^{\circ}F$	$1/^{\circ}F$	$1/^{\circ}F$	$1/^{\circ}F$	
120.6465	173.293	68	0.019	0.0694	0.0755	0.86	0.94	0.0016	0.016	0.25	6.625	1.0496	0.7	0.956082	2.0057																

Coefficiente de transferencia (hi) lado interior, corriente de aceite (se considera características del aceite)

Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	T_a	Caudal de producción	Gw	Caudal másico por unidad de sección transversal	G	Cantidad de tubos	n	Sección transversal del tubo	at	Area de flujo por los tubos	at	Viscosidad dinámica	μ	Densidad	d	Peso específico	p	Conductividad térmica	k	Diámetro interior del tubo	Di	Longitud de tubos	Lt	Reynolds en los tubos	Ret	Calor específico	C	Número de Prandtl	$u^{\circ}C/k$	Coefficiente de película - lado interior corregido por diámetro	ho
$^{\circ}F$	ppd	Lb/hr^2	Lb/hr^2	2	1	pie^2	pie^2	Lb/pt^3	Lb/pt^3	Lb/pt^3	Lb/pt^3	Lb/pt^3	Lb/pt^3	Lb/pt^3	Lb/pt^3	Lb/pt^3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
173.293	80.321	5319428	1	0.2006	0.2006	38.3460	66.9466	0.9150	0.0692	0.505	177.12	70112	1	554.13	209.24																

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Coefficiente total Uc	Uc	Sección superficial del tubo	a''	Superficie total	A	Calor total cedido por el fluido caliente	Q_c	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc	Q_{ac}	Coefficiente total de diseño	Ud	Factor de obstrucción	Rd	Coefficiente promedio de transferencia	U	Velocidad del fluido en el tubo	v
$Btu/hr/pt^2$	pt^2/pt^2	pt^2	pt^2	Btu/hr	Btu/hr	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1.98666	1.734421	307.2006	64280.25	64280.25	1.98665	0.0000	1.98665	26.94793									

TRAMO C-D

Tc	T2	T2	x	%Wo	dpd	V	v	C	t1	t2	MLDT	R	S	F1	DI
Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Fracción de tiempo empleado en la descarga	% de agua presente en la corriente de aceite	Caudal de aceite seco	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico medio del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frio - Temepartuar del aire	Alta temperatura del flido frio - Temepertura del aire	Diferencia media logaritmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
°F	°F	°F		%	dpd	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F	sin valor			°F
173.1	172.630	172.630	0.260	0.600	18000	18,090	289766.5	0.48335	68	68	104.9		0	1	104.9

Coefficiente de transferencia (hco) por convección natural (hnc) y por radiación (hrr) - lado exterior, fluido: aire

Tf	Tp	Tma	u	d1	d2	pr	pu	B	k	ci	Do	hc	e	hr	ho
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
°F	°F	°F	cp	Lb/pt ³	Lb/pt ³			1/°F	Btu/hr°pie ²	Btu/lb°F	puigada	Btu/pt ² °F		Btu/pt ² °F	Btu/pt ² °F
120.429	172.858	68	0.019	0.0694	0.0755	0.86	0.94	0.0016	0.016	0.25	6.625	1.0465	0.7	0.95495	2.0034

Coefficiente de transferencia (hio) lado interior, corriente de aceite (se considera características del aceite)

Ta	GW	GI	n	at1	at2	at	u	d	p	k	DI	L1	Ret	C	v°c/k	hgo
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de producción	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro	
°F	bpd	Lb/(hr°pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/pt ² ·hr	Lb/pt ³		Btu/hr°pie ² ·°F	pie	pie		Ret	Btu/lb°F	v°c/k	Btu/pt ² °F
172.858	72.362	4797546	1	0.2006	0.2006	39.3020	67.0079	0.9140	0.0692	0.505	177.12	61696	1	567.95	190.45	

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Uc	a"	A	Q _c	Q _{ac}	Ud	Rd	U	V
Btu/hr/ft ² /°F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr/ft ² /°F		Btu/hr/ft ² /°F	pie ³ /seg
1.98259	1.734421	307.2006	63863.97	63863.97	1.98259	0.0000	1.98259	23.3786

9.3.1.4

CALCULO DEL SERPENTIN

CALCULO DE PERFORMANCE DEL SERPENTIN INSTALADO EN EL INTERIOR DEL TANQUE DE LAVADO

PRIMER CASO: SERPENTIN INSTALADO EN LA CAPA DE AGUA SALADA DEL TANQUE

Dk	Hk	Atk	Hd	F	Tmo	Tl	Fl	Fl	%	%
pie	pie	pie ²	pie			°F	bpd		%	%
26	31	630.93	10.33	0.60	170.9	174.4	200.0	20000.0	0.630	0.26

CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL PROCESO DE DECANTACION DE LAS GOTAS DE AGUA EN TANQUE DE LAVADO Y

BALANCE DE CALOR

T ₁	T ₂	T ₂	Gw	V	C	c	w	t ₁	t ₂	t ₂	R	MLDT	Ls	R	S	Fl	DI
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	Btu/lb°F	Lb/hr	°F	°F	°F	°R	°F	pie				°F
186.260	181.96	181.9829	108.40	173421.7	0.96	0.481347	268137.6	174.38	178.000	177.968	636.1918	7.4	492	0.912502	0.332808	0.962627	7.1

FLUIDO FRIO : EXTERIOR AL TUBO (AGUA SALADA)

180.7208926	183.6	0.68	64.21	64.14	1.03	1.03	0.000381	0.34	0.96	3.6	75
T _f	T _a	U	D _i	D _e	γ _f	ρ _u	B	K	C _i	Do	h _o
Temperatura de la película	Temperatura media del fluido caliente	Viscosidad dinámica a T _f	Densidad a T _f	Densidad a T _a	Peso específico a T _f	Peso específico a T _a	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a T _f	Calor específico a T _f	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente de película -lado exterior
°F	°F	cp	Lb/pie ³	Lb/pie ³			1/°F	Btu/hr·pie·°F	Btu/lb·°F	pulgada	Btu/ft ² ·°F

FLUIDO CALIENTE (AGUA SALADA DE PRODUCCION): TUBOS

176.1917851	563007.4	6	0.0513	0.3080	1.71	68.57	1.10	0.34	0.266	492	84105	0.96	4.80	460.22
T _a	Gt	n	at	at	u	d	p	k	Di	Ls	ReI	C	Pr	h _o
Temperatura media del fluido caliente	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de circuitos que conforman el serpentín	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud total de los tubos de serpentín	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película -lado interior corregido por diámetro
°F	Lb/hr·pie ²		pie ²	pie ²	Lb/ft ² ·hr	Lb/ft ³		Btu/hr·pie·°F	pie	pie		Btu/lb·°F		Btu/ft ² ·°F

CALCULO DEL CALOR CEDIDO AL MEDIO AMBIENTE DEL TANQUE DE LAVADO CON SERPENTIN.

174.38	68	0.0300	0.08	0.70	3063	89.05	89.06	90.283	117.995	10.0	0.248208	1.031	20306	170.936	174.3833	630.94	174.38
T _i	T _a	KI	EI	e	A	T _p	T _p	Q	Q	H _o	c	po	Mo	T _{ms}	T _{mc}	T _{ms}	T
Temperatura del aceite al ingreso	Temperatura media del medio ambiente exterior	Conductividad térmica del aislamiento	Espesor del aislamiento	Emisividad de la pared exterior del tanque	Area total de transferencia	Temperatura supuesta para la pared	Temperatura calculada para la pared	Cantidad de calor disipado al medio ambiente	Cantidad de calor total disipado	Altura de la capa de aceite en el tanque	Calor específico de la corriente de aceite que ingresa al tanque	Peso específico medio de la corriente de aceite	Flujo de la corriente de aceite	Temperatura media inicialmente supuesta	Temperatura media calculada	Temperatura media del proceso inicialmente supuesta	Temperatura calculada a la decarga de la corriente de aceite
°F	°F	Btu/hr·pie·°F	pie		pie ²	°F	°F	Btu/h	Btu/h	pies	Btu/lb·°F		bpd	°F	°F	°R	°F

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR						
	Coefficiente global de transferencia calculado					
Uc	a"	A	Q _t	Q _{ca}	Ud	Rd
Btu/hrpie ²	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ²	pie/seg
64.49012	0.916298	2704.911	543677.1	543192.6	28.16405	0.0200
						2.28087

CALCULO DE PERFORMANCE DEL SERPENTIN INSTALADO EN EL INTERIOR DEL TANQUE DE LAVADO
SEGUNDO CASO: SERPENTIN INSTALADO EN LA CAPA DE ACEITE EN EL TANQUE

Diámetro del tanque de lavado	Altura total del tanque	Sección del tanque	Altura para el proceso de decantación	Factor de cortocircuito	Temperatura media en tanque de lavado	Temperatura de la corriente al ingreso de tanque de lavado	Flujo total de agua de lavado	Flujo de aceite seco	% de agua en el aceite al ingreso	% de agua en el aceite a la salida
Dik	Hik	Aik		F	Ti	Ti	bpd		%	%
pie	pie	pie ²	pie		°F	°F				
26	31	630.93	10.33	0.50	189.2	174.4	200.0	20000.0	0.6	0.3

CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL PROCESO DE DECANACION DE LAS GOTAS DE AGUA EN TANQUE DE LAVADO Y
BALANCE DE CALOR

Alta temperatura fluido caliente - agua salada por serpentín	Baja temperatura fluido caliente	Baja Temperatura del fluido caliente calculado	Caudal del fluido caliente agua salada	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido caliente	Calor específico del fluido que ingresa al tanque de lavado	Flujo másico del fluido que ingresa al tanque	Temperatura del fluido al ingreso	Temperatura supuesta de la corriente de aceite a la descarga	Temperatura calculada de la corriente de aceite a la descarga	Temperatura media absoluta en el tanque	Diferencia media logaritmica de temperaturas	Longitud de serpentín	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T ₁	T ₂	T ₂	Q _w	W	C	C	w	t ₁	t ₂	t ₂	R	MLDT	Ls	R	S	Ft	DT
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	Btu/lb°F	Lb/hr	°F	°F	°F	°R	°F	pie				°F
186.260	184.3	184.3073	10840	17351.66	0.96	0.460368	2581.399	174.38	176.00	174.96	634.6918	10.1	637.92	1.541133	0.056728	0.999039	10.1

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR	
Uc	Coefficiente global de transferencia calculado
a"	Sección superficial del tubo
A	Superficie total
Q ₁	Calor total cedido por el serpentín
Q ₂	Calor total calculado en base a Ud
Ud	Coefficiente total de diseño
Rd	Factor de obstrucción estimado experimentalmente
v	Velocidad del fluido en el tubo

6.437899	0.916296	2704.911	156598.7	155395.4	5.703524	0.0200	2.28087
----------	----------	----------	----------	----------	----------	--------	---------

CHEQUEO DE LA TEMPERATURA INTERNA DEL TANQUE DE LAVADO (Te)

Serpentín instalado en la capa de aceite

Wwr	Flujo másico del agua de recirculación en tanque de lavado	Cwr	Calor específico del agua recirculada	Twr	Temperatura del agua de recirculación antes de ingresar a tanque	Wos	Flujo másico de la corriente de aceite a la descarga de separador	Cos	Calor específico del aceite descargado por el separador	Tos	Temperatura del aceite descargado de separador antes de ingresar a tanque	Wohs	Flujo másico de aceite recirculado de hidrociclón a tanque	Cohs	Calor específico del aceite recirculado de hidrociclón	Tohs	Temperatura del aceite recirculado antes de ingresar a tanque	Qma	Calor cedido al medio ambiente	Qs	Calor cedido por el serpentín	We	Flujo másico del agua de expurga	Ce	calor específico del agua de expurga	Wohl	Flujo másico de aceite descargado de tanque a hidrociclón	Cohl	Calor específico del aceite que ingresa a hidrociclón	Te	Temperatura del agua de expurga inicialmente supuesto	Te	Temperatura del agua de expurga calculado	Te	Temperatura del agua de expurga calculado sin serpentín	Te	Temperatura de la corriente al ingreso
Lb/hr		Btu/Lb°F		°F		Lb/hr		Btu/Lb°F		°F		Lb/hr		Btu/Lb°F		°F		Btu/hora		Btu/hr		Lb/hr		Btu/Lb°F		Lb/hr		Cohl		°F	°F	°F	°F				
208468		0.98000		176.73		32169		0.48400		182.84		289888		0.481		171.48		84000		166699		2906		0.98		321888		0.481		173.295	173.295	172.863	174.38				

CHEQUEO DE LA TEMPERATURA INTERNA DEL TANQUE DE LAVADO (Te)

Serpentín instalado en la capa de agua

Wwr	Flujo másico del agua de recirculación en tanque de lavado	Cwr	Calor específico del agua recirculada	Twr	Temperatura del agua de recirculación antes de ingresar a tanque	Wos	Flujo másico de la corriente de aceite a la descarga de separador	Cos	Calor específico del aceite descargado por el separador	Tos	Temperatura del aceite antes de ingresar a tanque	Wohs	Flujo másico de aceite recirculado de hidrociclón a tanque	Cohs	Calor específico del aceite recirculado de hidrociclón	Tohs	Temperatura del aceite recirculado antes de ingresar a tanque	Qma	Calor cedido al medio ambiente	Qs	Calor cedido por el serpentín	We	Flujo másico del agua de expurga	Ce	calor específico del agua de expurga	Wohl	Flujo másico de aceite descargado de tanque a hidrociclón	Cohl	Calor específico del aceite que ingresa a hidrociclón	Te	Temperatura del agua de expurga inicialmente supuesto	Te	Temperatura del agua de expurga calculado	Te	Temperatura del agua de expurga calculado sin serpentín	Te	Temperatura de la corriente al ingreso
Lb/hr		Btu/Lb°F		°F		Lb/hr		Btu/Lb°F		°F		Lb/hr		Btu/Lb°F		°F		Btu/hora		Btu/hr		Lb/hr		Btu/Lb°F		Lb/hr		Cohl		°F	°F	°F	°F	°F	°F		
208468		0.98000		176.73		32169		0.48400		182.84		289888		0.481		171.48		80283		643677		2906		0.98		321888		0.482		174.191	174.192	172.692	174.38				

NOTA:
AUN CUANDO POR APROVÉCHAMIENTO DE CALOR EL SERPENTIN DEBERIA SER UBICADO EN LA CAPA DE AGUA DEL TANQUE DE LAVADO, ES DE OBSERVAR QUE LA AYUDA DE DE ESTE ELEMENTO EN ESTE SENTIDO ES ESCASA , DECIDIENDO POR TANTO UTILIZAR ESTE ELEMENTO EN LA CAPA DE ACEITE, MUY CERCA A LA INTERFASE, PARA QUE CON EL MOVIMIENTO TERMICO ESTABLECIDO ALREDEDOR DEL SERPENTIN, SE PROPICIE LA COALESCENCIA DE LAS GOTAS DE AGUA PRESENTES EN EL ACEITE Y POR ENDE SU SEPARACION.

DIAMETRO MINIMO DE LA GOTTA DE AGUA SEPARADA EN TANQUE DE LAVADO

Altura de la capa de aceite en el tanque	Tiempo para decantación de las gotas de agua	Temperatura media del proceso	Temperatura absoluta media del proceso	Densidad del agua salada	Densidad del aceite	Viscosidad dinámica del agua	Viscosidad dinámica del aceite	Caudal de aceite seco	Porcentaje de agua en el aceite al ingresar al tanque	Factor de cortocircuito en el tanque	Diámetro mínimo de la gota de agua separada	Velocidad terminal de la gota de agua con diámetro mínimo	Comprobación del número de Reynolds
Ho	Td	Tmr	Tma	dw	do	Uw	Uo	Go	%Woi	f	Dw	Vt	Re
pies	hora	°F	°R	gr/cm3	gr/cm3	gr/cm.seg	gr/cm.seg	bpd	%		micron	pie/seg	
10	0.57	169	629	1.102	0.916	0.00746	0.42001	20000	0.6060	0.5	480	0.00489	4.32E-06

DATOS:

- Dtk: Diámetro del tanque gun-barrel, en pies
- Ho: Altura de la capa de aceite en el tanque.
- Tmr: Temperatura media real del proceso, en °F, calculado en el paso anterior.
- Tma: Temperatura media absoluta, en grados Rankine.
- dw: Densidad del agua salada, en gr/cm3, evaluado con la siguiente expresión:
 $dw = 0.8513692 + 0.703106461 \cdot Tma - 1.2492 \cdot 10^{-6} \cdot Tma^2$
- do: Densidad del aceite, en gr/cm3, evaluado con la siguiente expresión:
 $do = 1.07538 - (2.5641 \cdot 10^{-4}) \cdot Tma$
- Uw: Viscosidad dinámica del agua, en poise, evaluado con la siguiente expresión:
 $Uw = 0.02 \cdot e^{(13.3320 - 0.037709159 \cdot Tma + 2.3765 \cdot 10^{-5} \cdot Tma^2)}$
- Uo: Viscosidad dinámica del aceite, en poise, evaluado con la siguiente expresión:
 $Uo = ((1.07538 - (2.5641 \cdot 10^{-4}) \cdot Tma) / 100) \cdot e^{(53.23858 - 0.134706 \cdot Tma + 8.92825 \cdot 10^{-5} \cdot Tma^2)}$
- Go: Caudal de aceite seco producido, en bpd
- %Woi: Porcentaje de agua presente con el aceite al ingreso, medido respecto al aceite seco, evaluado con la siguiente expresión: $\%Woi = 100 \cdot Xi(1 - Xi)$, en donde Xi es la fracción de agua presente en la corriente de ingreso.
- f: factor de cortocircuito en el tanque, siempre menor que 1.

INCOGNITAS:

- Td: Tiempo del proceso de decantación, en horas
- Dw: Diámetro mínimo de la gota de agua separada, durante el proceso de decantación en el gun-barrel en micrones.
- Vt: Velocidad terminal observada durante el proceso de decantación de las gotas de agua dispersas en el aceite, en pie/s.
- Td: Tiempo disponible para efectuar el proceso de decantación de las gotas de agua, en horas

FORMULAS:

$$T_d = 0.14009 \cdot D_{tk}^2 \cdot H_o / (G_o + (\%W_{oi}/100) \cdot G_o)$$

$$D_w = 68.12967 \cdot (4 \cdot (G_o + \%W_{oi} \cdot G_o / 100) \cdot U_o / (1.78 \cdot 10^{-6} \cdot (d_w - d_o) \cdot D_{tk}^2 \cdot f))^{0.5}$$

$$V_t = 1.78 \cdot 10^{-4} \cdot (d_w - d_o) \cdot (D_w)^2 / U_o$$

9.3.1.5 **CALCULO DEL TRATAMIENTO DEL ACEITE EN DESHIDRATADOR CENTRIFUGO**
CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL ACEITE AL INGRESO A DESHIDRATADOR HIDROCICLONICO

Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T ₁	T ₂	T ₂	V	v	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	Ft	Dt
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb*F	°F	°F	°F				°F
178.000	174.703	174.703	20,000	265737.8	0.95	68	68	106.9	sin valor	0	1	106.9

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

T _l	T _p	T _{ma}	u	d _t	d _a	ρ _t	ρ _a	B	k	c _t	Do	hc	e	hr	ho
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
121.4258	174.8515	68	0.019	0.0693	0.0755	0.86	0.94	1/7F	Btu/hr ² pie ² F	Btu/lb ² F	6.50	1.0586	0.7	Btu/ft ² F	Btu/ft ² F

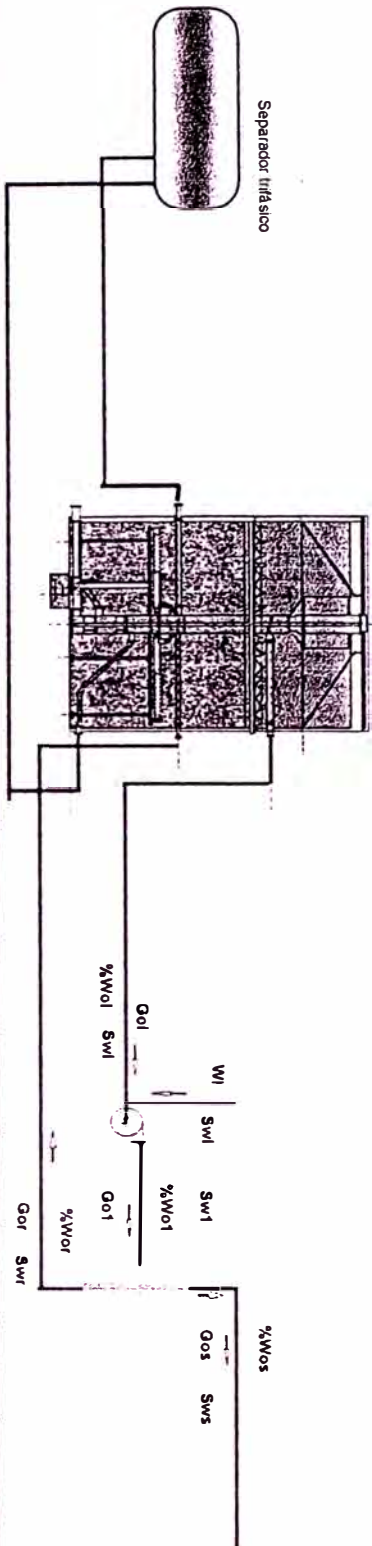
Coefficiente de transferencia (hlo) lado Interior (aceite por el tubo)

Ta	Gw	Gt	n	at	at	u	d	p	k	Di	Li	Rel	C	u ² /Ck	h _{so}
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de aceite	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película - lado interior corregido por diámetro
174.8515	20000	1324538	1	0.2006	0.2006	90.59	56.95	0.91	0.07	0.505	213.20	7390	0.95	1245.42	46.11

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

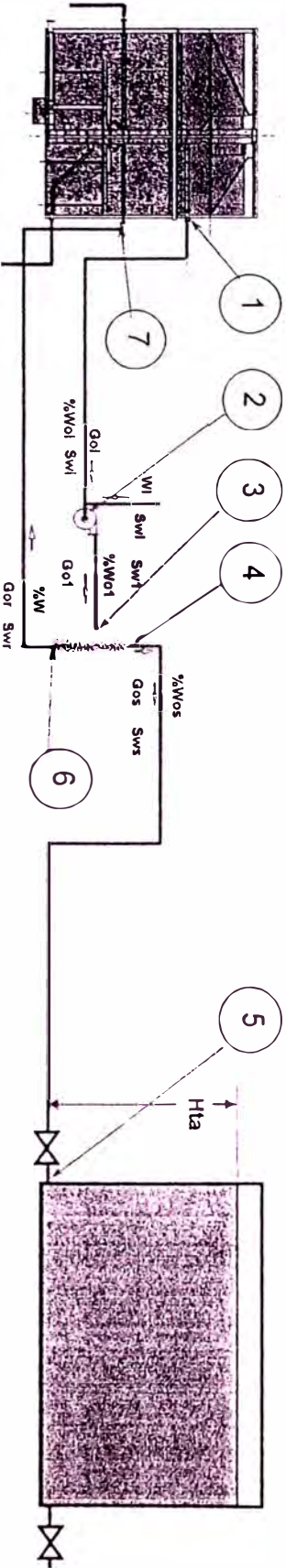
Uc	a ²	A	Q _c	Q _{re}	Ud	Rd	U	v
Coefficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
1.934078	1.701696	362.8016	74976.22	74976.22	1.934078	0.0000	1.93408	6.481033

Figura 9.3 - 16: ESQUEMA PARA EL LAVADO EN DESHIDRATADOR CENTRIFUGO



Go1	%Wo1	Salinidad del agua presente en el aceite al ingreso - supuesto	Salinidad del agua presente en el aceite al ingreso - calculado	Go1	%Wo1	Salinidad del agua presente en el aceite a la descarga de mezclador	Salinidad del agua presente en el aceite a la descarga de mezclador	Go1	%Wos	Salinidad del agua presente en el aceite tratado	Salinidad del agua presente en el aceite tratado	PTB	PTB del aceite tratado	Go1	%Wor	Salinidad del agua presente en el aceite recirculado	Salinidad del agua presente en el aceite recirculado	N	Porcentaje de reyectividad en hidrociclón		Eficiencia en el proceso de mezcla
bpd		gr/litro	gr/litro	bpd		gr/litro	gr/litro	bpd		gr/litro	gr/litro			bpd		gr/litro	gr/litro				
18,916	0.46	16.40	16.40	80.00	6.00	19,916	11.23	2,000	0.30	9.46	9.46	9.91	17,916	0.80	6.61	6.61	0.1000			70.00	

Figura 9.3 - 17: ESQUEMA PARA EL CALCULO DE PERDIDAS HIDRAULICAS PARA TRATAMIENTO EN DESHIDRATADOR CENTRIFUGO



CALCULO HIDRAULICO DE LAS LINEAS DE INTERCONEXION CON DESHIDRATADOR CENTRIFUGO

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 1 a 2

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del aceite	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Presión en el punto 2		
	°F	BPD												m³/s	m	m
174.8515	20,006	0.0368	1.00	65	0.154	0.018648	1.97113	4.1E-05	7408	0.0352	1.099851	8.231707	13.73	2.6	8.4	4.0

Cantidad Parcial	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control restringida	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20° Estrechamiento	Reducción 4/6, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	pulgada	pulgada	0.0086	10.76	4.795704
	1.06	0.56	0.70	2.11	35.90	0.28	0.39	0.68	1.76	0.008	6.065	0.0435	4.7957	5.40649
	6	2	0	2	0	1	0	0	1			0.0342	5.4065	5.320162
	6.33	1.13	0.00	4.22	0.00	0.28	0.00	0.00	1.76			0.0353	5.3202	5.331855
												0.0352	5.3319	5.330262
												0.0352	5.3303	5.330479
												0.0352	5.3305	5.330449
												0.0352	5.3304	5.330453
												0.0352	5.3305	5.330453

Factor de cierre	Angulo °S	Angulo °S
3.00	20	20
	Relación	Relación
	0.666667	0.666667

Cálculo de la pérdida por fricción en el tramo 2 a 3

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del aceite	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Carga hidráulica necesaria para llegar al punto 3		
	°F	BPD												m³/s	m	m
174.8515	20,066	0.0369	1.00	6	0.255	0.050874	0.72471	4.1E-05	4499	0.0394	1.099851	1	12.01	1.3	4.4	2.1

Cantidad
Parcial

Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control restringida	Válvula de compuerta	Reducción	Reducción 6/10, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc
k	k	k	k	k	k	k	k	k
1.18	0.63	0.79	2.36	40.18	0.32	0.69	1.37	1.97
4	2	0	1	0	1	0	1	1
4.73	1.26	0.00	2.36	0.00	0.32	0.00	1.37	1.97

Factor de cierre
3.00

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.6	0.6

RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO
pulgada	pulgada
0.008	10.01743

CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION	
0.0142	8.38
0.0468	4.6208
0.0383	5.1077
0.0396	5.0271
0.0394	5.0395
0.0394	5.0400
0.0394	5.0379
0.0394	5.0382
0.0394	5.0382
0.0394	5.0382

Cálculo del tramo 4 a 5
Cálculo de la temperatura media en el tramo 4 a 5

Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Tempeartuar del aire	Alta temperatura del flido frío - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
T ₁	T ₂	T ₂	V	v	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	Ft	Di
°F	°F	°F	bdp	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F	sin valor	0	1	°F
174.703	173.867	173.867	2.008	26659.63	0.95	68	68	106.3				106.3

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
T _f	T _p	T _{ma}	u	d _f	d _a	ρ _f	ρ _a	β	k	c _p	Do	hc	e	hr	ho
°F	°F	°F	cp	Lb/ptie ³	Lb/ptie ³			1/F	Btu/hr°ft ² °F	Btu/lb°F	pulgada	Btu/hr°ft ² °F		Btu/hr°ft ² °F	Btu/hr°ft ² °F
121.1425	174.285	68	0.019	0.0693	0.0755	0.86	0.94	0.001601	0.016	0.25	6.63	1.0521	0.7	0.958669	2.0108

Coefficiente de transferencia (hio) lado interior (aceite por el tubo)

Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Ta °F	Caudal de aceite	Gw bpd	Caudal máximo por unidad de sección transversal	Gt Lb/hr pie ²	Cantidad de tubos	n	Sección transversal del tubo	at pie ²	Area de flujo por los tubos	at pie ²	Viscosidad dinámica	u Lb/pie-hr	Densidad	d Lb/pie ³	Peso específico	P	Conductividad térmica	k Btu/hr pie ² °F	DI pie	Longitud del tubo	LI pie	Reynolds en los tubos	C	Calor específico	C Btu/lb °F	u ² C/k	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro	h _{io} Btu/hr pie ² °F
174.285	2,006	132881.7	1	0.2006	0.2006	92.80	56.95	0.91	0.07	0.505	557.60	724	0.95	1275.80	0.23															

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Coefficiente total Uc	Uc Btu/hr pie ² °F	Sección superficial del tubo	a" pie ² /pie	A pie ²	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Qc Btu/hr	Calor total recibido por el aire en base a Uc	Quc Btu/hr	Coefficiente total de diseño	Ud Btu/hr pie ² °F	Rd	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	U Btu/hr pie ² °F	Velocidad del fluido en el tubo	v pie/seg
0.208006	1.734421	967.1131	21175.02	21175.02	21175.02	0.206005	0.0000	0.206	0.648191								

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del aceite	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Carga hidráulica necesaria para llegar al punto 6		
	BPD	m ³ /s												METROS	PIES	PSI
174.285	2,006	0.0037	1.00	170	0.154	0.016648	0.197704	4.2E-05	725	0.0882	1.100077	9.756098	325.20	10.6	34.8	16.6

Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control restringida	Válvula de compuerta	Reducción	Reducción 6/10, 20°	Ensamblamiento	Válvula Check - Swin disc
k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
2.65	1.41	1.76	5.29	300.00	0.71	0.69	1.37	4.41	4.41
4	2	0	1	1	1	0	1	1	1
10.59	2.82	0.00	5.29	300.00	0.71	0.00	1.37	4.41	4.41

Cantidad Parcial

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.6	0.6

RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION			
		0.008	6.065	0.0882	3.37
0.008	6.065	0.0678	3.8413	3.8413	3.841263
		0.0719	3.7299	3.7299	3.729862
		0.0709	3.7547	3.7547	3.754749
		0.0711	3.7491	3.7491	3.749127
		0.0711	3.7504	3.7504	3.750394
		0.0711	3.7501	3.7501	3.750108
		0.0711	3.7501	3.7501	3.750173
		0.0711	3.7502	3.7502	3.750158
		0.0711	3.7502	3.7502	3.750161

Cálculo del tramo 6 a 7
Cálculo de la temperatura media en el tramo 6 a 7

T ₁	T ₂	T ₂	T ₂	T ₂	V	V	C	T ₁	t ₂	R	S	F ₁	D ₁
Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida	Parámetro
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F	°F	sin valor	0	1	°F
174.703	174.371	174.371	18,068	239936.7	0.95	68	68	106.5	68	106.5	0	1	106.5

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

T ₁	T _p	T _{ma}	u	d _i	d _e	Pr	pa	B	k	c _r	Do	hc	e	hr	ho
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a T _f	Densidad a T _f	Densidad a T _a	Peso específico a T _f	Peso específico a T _a	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a T _f	Calor específico a T _f	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
°F	°F	°F	cp	Lb/ft ³	Lb/ft ³	lb/ft ³	lb/ft ³	1/°F	Btu/hr·ft ² ·°F	Btu/lb·°F	puigada	Btu/hr·ft ² ·°F		Btu/hr ² ·°F	Btu/hr ² ·°F
121.2685	174.537	68	0.019	0.0693	0.0755	0.86	0.94	0.001601	0.016	0.25	6.625	1.0528	0.7	0.959327	2.0121

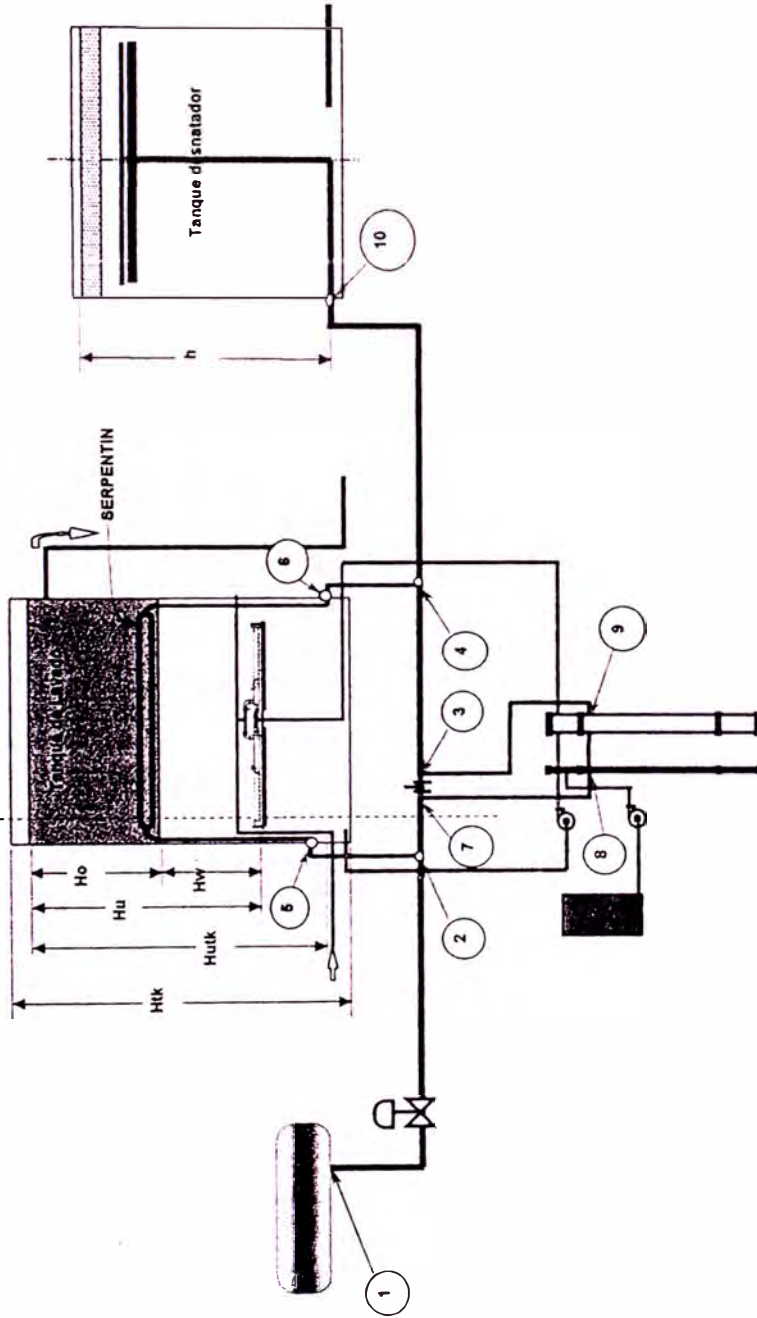
		Coeficiente de transferencia (h _{ic}) lado Interior (aceite por el tubo)																																																												
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	T _a	°F	174.537	Caudal de aceite	Q _w	bpd	18.058	Caudal másico por unidad de sección transversal	G _t	Lb/(hr·pie ²)	1195935	Cantidad de tubos	n	1	Sección transversal del tubo	a _t	pie ²	0.2006	Area de flujo por los tubos	a _t	pie ²	0.2006	Viscosidad dinámica	U	Lb/ft ² ·hr	90.59	Densidad	D	Lb/ft ³	56.95	Peso específico	P		0.91	Conductividad térmica	k _F	Btu/(hr·pie·°F)	0.07	Diámetro interior del tubo	D _i	pie	0.505	Longitud del tubo	L _t	pie	213.20	Reynolds en los tubos	Ret		6672	Calor específico	C	Btu/lb·°F	0.95	Número de Prandtl	u·C/k		1245.42	Coeficiente de película - lado interior corregido por diámetro	h _{ic} _F	Btu/(pie ² ·°F)	41.69

Coefficiente total U _c	U _c		1.918468	Sección superficial del tubo	a ²	pie ² /pie	1.734421	Superficie total	A	pie ²	369.7785	Calor total cedido por el fluido caliente	Q _c	Btu/hr	75617.56	Calor total recibido por el aire en base a U _c	Q _{ac}	Btu/hr	75617.56	Coefficiente total de diseño	U _d	Btu/(hr·pie ² ·°F)	1.919468	Factor de obstrucción	R _d		0.0000	Coefficiente promedio de transferencia	U	Btu/(hr·pie ² ·°F)	1.91947	Velocidad del fluido en el tubo	V	pie/seg	6.833717
-----------------------------------	----------------	--	----------	------------------------------	----------------	-----------------------	----------	------------------	---	------------------	----------	---	----------------	--------	----------	---	-----------------	--------	----------	------------------------------	----------------	-------------------------------	----------	-----------------------	----------------	--	--------	--	---	-------------------------------	---------	---------------------------------	---	---------	----------

Temperatura media		CAUDAL		Fracción de descarga		Longitud		Diámetro interno del tubo		Sección del tubo		Velocidad		Viscosidad cinemática del aceite		REYNOLDS		FACTOR DE FRICCIÓN		Peso específico		Desnivel en el tramo		Total de factores de carga		Carga hidráulica necesaria para llegar al punto 6						
°F	174.537	BPD	18.058	m ³ /s	0.0332		1.00	m	65	m	0.154	m ²	0.018648	m/s	1.779338	m ² /s	4.1E-05		6687		0.0361		1.099977	8.231707	ft	33.91	METROS	16.2	PIES	53.0	PSI	25.2

9.3.2.0 CALCULO DEL PROCESO PARA LA CORRIENTE DE AGUA SALADA DE PRODUCCION

Figura 9.3 - 18: ESQUEMA SIMPLIFICADO PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA SALADA DE PRODUCCION



DIAMETROS Y LONGITUDES DE LAS LINEAS DE INTERCONEXION

LONGITUD TRAMO 1-	2	L12	62.48	PIE	0.88	DIAMETRO TRAMO 1-	2	D12	0.88
LONGITUD TRAMO 2-	5	L26	66.80	PIE	0.34	DIAMETRO TRAMO 2-	5	D26	0.34
LONGITUD TRAMO 5-	6	L56	82.00	PIE	0.34	DIAMETRO TRAMO 5-	6	D56	0.34
DIAMETRO TRAMO 5-	6	D56	0.34	PIE	0.34	RAMALES	5-6	r ₅₆	6
LONGITUD TRAMO 6-	4	L64	78.72	PIE	0.34	DIAMETRO TRAMO 6-	4	D64	0.34
LONGITUD TRAMO 2-	7	L27	78.72	PIE	0.68	DIAMETRO TRAMO 2-	7	D27	0.68
LONGITUD TRAMO 7-	8	L78	45.92	PIE	0.34	DIAMETRO TRAMO 7-	8	D78	0.34
LONGITUD TRAMO 9-	3	L83	68.88	PIE	0.34	DIAMETRO TRAMO 9-	3	D83	0.34
LONGITUD TRAMO 3-	4	L34	19.68	PIE	0.68	DIAMETRO TRAMO 3-	4	D34	0.68
LONGITUD TRAMO 4-	10	L48	150.88	PIE	0.68	LONGITUD TRAMO 4-	10	L48	150.88
DIAMETRO TRAMO 4-	10	D49	0.68	PIE	0.68	DIAMETRO TRAMO 4-	10	D49	0.68

38000	bpd	10.000	180.083	181.00	17.160	274.702	185.28	10.840	173.530	184.3	19.0	18.2	14.9	7.7	23	25.6
V_w	V_9	W_9	T_9	V_7	W_7	T_7	V_6	W_6	T_6	P_9	P_3	P_4	P_{10}	h	P_{min}	
Caudal total de agua salada a la descarga de separador	CAUDAL DE AGUA EN EL PUNTO 9	FLUJO MASICO EN EL PUNTO 9	TEMPERATURA DEL AGUA EN EL PUNTO 9	CAUDAL DE AGUA EN EL PUNTO 7 (por plato orificio)	FLUJO MASICO EN EL PUNTO 7	TEMPERATURA DEL AGUA EN EL PUNTO 7	CAUDAL DE AGUA EN EL PUNTO 6	FLUJO MASICO EN EL PUNTO 6	TEMPERATURA DEL AGUA EN EL PUNTO 6	PRESION EN EL PUNTO 9	PRESION EN EL PUNTO 3	PRESION EN EL PUNTO 4	PRESION EN EL PUNTO 10	NIVEL DE LIQUIDO EN TANQUE DESNATADOR	Presión mínima necesaria en separador	

CAS 7"

CALCULO DE LA TEMPERATURA DE MEZCLA EN EL PUNTO 3

Datos:

Temperatura en el punto 9	T_9	181.00
Longitud 9-3	L_{93}	68.88
Diámetro exterior de tubo - tramo 9-3	D	4.50
Diámetro interno de tubo - tramo 9-3	D	4.026
Caudal en tramo 9-3	V_{93}	10000

Resultados

Temperatura de mezcla en el punto 3	T_3	183.65
-------------------------------------	-------	--------

tramo 9-3

Alta temperatura fluido caliente	T_1	181.000
Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	T_2	180.876
Baja temperatura fluido caliente calculado	T_2	180.876
Caudal del fluido caliente	V	10.000
Caudal másico en los tubos	w	158700.9
Calor específico del fluido en tubos	C	0.95
Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	t_1	68
Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	t_2	68
Diferencia media logarítmica de temperaturas	MLDT	112.9
Parámetro	R	sin valor
Parámetro	S	0
Parámetro	Ft	1
Diferencia de temperaturas corregida	Dr	112.9

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hnc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

124.46881	180.9375	68	0.019	0.0689	0.0755	0.86	0.94	0.001605	0.016	0.25	4.50	1.1772	0.7	0.976165	2.1533
T _f	T _p	T _{ma}	μ	d _i	d _e	ρ _f	ρ _a	B	k	C _i	Do	h _c	e	h _r	h _o
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
°F	°F	°F	cp	Lb/pt ³	Lb/pt ³			1/°F	Btu/hr ² pie ² °F	Btu/lb°F	pulgada	Btu/hr ² pie ² °F		Btu/hr ² pie ² °F	Btu/hr ² pie ² °F

Coefficiente de transferencia (hi) lado interior

180.9375	120	21677.73	1	0.0864	0.0864	0.68	68.45	1.10	0.34	0.336	68.88	10653	0.95	1.91	50.64
T _a	Gw	Gt	n	a _t	a _i	μ	d	p	k	Di	Ll	Ret	C	u [*] C/K	h _{is}
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de agua fresca	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película lado interior corregido por diámetro
°F	bpd	Lb/(hr ² pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/pt ³ ·hr	Lb/pt ³		Btu/hr ² pie ² °F	pie	pie		Btu/lb°F		Btu/hr ² pie ² °F

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

2.06483	1.178097	81.14734	18929.28	18929.28	2.065483	0.0000	2.06548	0.087977
Uc	a [*]	A	Q _c	Q _{re}	UD	Rd	U	v
Coefficiente total Uc	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a Uc	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
Btu/hrpie ² °F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² °F		Btu/hrpie ² °F	pie/seg

CALCULO DE LA TEMPERATURA DE MEZCLA EN EL PUNTO 4

Datos:

Temperatura en el punto 3		Longitud 3-4		Diámetro exterior de tubo - tramo 3-4		Diámetro interno de tubo - tramo 3-4		Caudal en tramo 3-4		Temperatura en el punto 6		Longitud 6-4		Diámetro exterior de tubo - tramo 6-4		Diámetro interno de tubo - tramo 6-4		Caudal en tramo 6-4	
T3	°F	L34	pie	D	pulgada	D	pulgada	V93	bpd	T6	°F	L64	pie	D	pulgada	D	pulgada	V64	bpd
183.86	19.88	19.88	6.63	8.125	8.125	27.180	184.30	78.72	4.50	4.028	108.40								

Temperatura de mezcla en el punto 4	
T4	°F
183.71	

tramo 3-4

Alta temperatura fluido caliente		Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto		Baja temperatura fluido caliente calculado		Caudal del fluido caliente		Caudal másico en los tubos		Calor específico del fluido en tubos		Baja temperatura del fluido frío - Temepartuar del aire		Alta temperatura del flido frío - Temperatura del aire		Diferencia media logaritmica de temperaturas		Parámetro		Parámetro		Parámetro		Diferencia de temperaturas corregida			
T1	°F	T2	°F	T2	°F	V	bpd	v	Lb/hr	C	Btu/lb°F	t1	°F	t2	°F	MLDT	°F	R	sin valor	S	0	Fi	1	Di	°F		
183.860	183.834	183.828	27.160	433301	0.95	68	68	115.6	115.6																		115.6

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Temperatura de la película		Temperatura media de la pared del tubo		Temperatura media del medio ambiente		Viscosidad dinámica del aire a Tf		Densidad a Tf		Densidad a Ta		Peso específico a Tf		Peso específico a Ta		Coeficiente de expansión térmica		Conductividad térmica a Tf		Calor específico a Tf		Diámetro exterior del tubo		Coeficiente por convección		factor de emisividad		Coeficiente por radiación		Coeficiente total lado exterior	
Tf	°F	Tp	°F	Tma	°F	u	cp	d1	Lb/ptie³	d2	Lb/ptie³	rh	°F	rho	°F	B	1/°F	k	Btu/hr°ft²	cf	Btu/lb°F	Do	pulgada	hc	Btu/hr°ft²	e	°F	hr	Btu/hr°ft²	ho	Btu/hr°ft²
125.8211	183.6422	68	0.019	0.0688	0.0755	0.85	0.94	0.001607	0.016	0.25	8.63	1.0065	0.7	0.933353	1.9899																

Coefficiente de transferencia (hio) lado Interior

	Ta	Gw	G1	n	a1	a1	u	d	p	k	Di	Li	Rel	C	u°C/k	h _o
	°F	bpd	Lb/(hr ² pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/pie-hr	Lb/pie ³		Btu/hr ² pie ² °F	pie	pie		Btu/lb°F		Btu/hr ² pie ² °F
183.6422	120	5317.005	1	0.3601	0.3601	0.67	68.37	1.10	0.34	0.677	19.69	5377	0.95	1.86	15.22	

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

	Uc	a"	A	Q _c	Q _{usc}	UD	Rd	U	v
	Btu/hrpie _{2o} F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie _{2o} F		Btu/hrpie _{2o} F	pie/seg
1.759822	2.25602	44.43783	9043.533	9043.533	1.759822	0.0000	1.75982	0.021601	

Tramo 6-4

	T ₁	T ₂	T ₂	V	v	C	t1	t2	MLDT	R	S	Fi	Di
	°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F	sin valor	0	1	°F
184.300	183.886	184.164	10.940	172907.6	0.95	68	68	116.1				116.1	

Coefficiente de transferencia (h_o) por convección natural (h_c) y por radiación (h_r) - lado exterior, fluido: aire

T _f	T _p	T _{amb}	u	d _f	d _a	h _r	ρ _a	B	k	C _p	D _o	h _c	e	h _r	h _o
°F	°F	°F	cp	Lb/pe ³	Lb/pe ³			1/°F	Btu/hr·pe ² ·°F	Btu/lb·°F	pulgada	Btu/hr·pe ² ·°F		Btu/hr·pe ² ·°F	Btu/hr·pe ² ·°F
126.0463	184.0925	68	0.019	0.0688	0.0755	0.85	0.94	0.001608	0.016	0.25	4.50	1.1855	0.7	0.984554	2.1701

Coefficiente de transferencia (h_i) lado interior

T _a	G _w	G _t	n	a _t	a _f	u	d	p	k	D _i	L	Re _t	C	u [*] C/R	h _o
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de agua fresca	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud de tubos	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película - lado interior corregido por diámetro
°F	gpd	Lb/(hr·pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/pe ² ·hr	Lb/pe ³		Btu/hr·pe ² ·°F	pie	pie		Btu/lb·°F		Btu/hr·pe ² ·°F
184.0925	120	21651.65	1	0.0884	0.0884	0.67	68.36	1.10	0.34	0.336	78.72	10884	0.95	1.86	51.25

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

U _c	a [*]	A	Q _c	Q _u	UD	R _d	U	v
Coefficiente total U _c	Sección superficial del tubo	Superficie total	Calor total cedido por el fluido caliente	Calor total recepcionado por el aire en base a U _c	Coefficiente total de diseño	Factor de obstrucción	Coefficiente promedio de transferencia	Velocidad del fluido en el tubo
Btu/hr·pie ² ·°F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr·pie ² ·°F		Btu/hr·pie ² ·°F	pie/seg
2.081899	1.178097	92.73982	22414.53	22414.53	2.081899	0.0000	2.0819	0.087977

CALCULO DE LA TEMPERATURA EN EL PUNTO 10

Datos:

Temperatura en el punto 4	T4	140	pie	De	8.63	pulgada	DI	8.125	pulgada	V93	10840	bpd
Longitud 4-10												
Diámetro exterior de tubo - tramo 4-10												
Diámetro interno de tubo - tramo 4-10												
Caudal en tramo 4-10												

Resultados

Temperatura en el punto 10	T3	183.28	°F
----------------------------	----	--------	----

tramo 4-10

Alta temperatura fluido caliente	T1	183.708	°F	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	T2	183.284	°F	Baja temperatura fluido caliente calculado	T2	183.284	°F	Caudal del fluido caliente	V	10.840	bpd	Caudal másico en los tubos	v	172947.3	Lb/hr	Calor específico del fluido en tubos	C	0.95	Btu/lb°F	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	t1	68	°F	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	t2	68	°F	Diferencia media logarítmica de temperaturas	M.L.D.T	115.5	°F	Parámetro	R	sin valor	Parámetro	S	0	Parámetro	FI	1	Diferencia de temperaturas corregida	DT	115.5	°F
----------------------------------	----	---------	----	---	----	---------	----	--	----	---------	----	----------------------------	---	--------	-----	----------------------------	---	----------	-------	--------------------------------------	---	------	----------	---	----	----	----	---	----	----	----	--	---------	-------	----	-----------	---	-----------	-----------	---	---	-----------	----	---	--------------------------------------	----	-------	----

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

Temperatura de la película	Tf	125.7474	°F	Temperatura media de la pared del tubo	Tp	183.4948	°F	Temperatura media del medio ambiente	Tma	68	°F	Viscosidad dinámica del aire a Tf	u	0.019	cp	Densidad a Tf	df	0.0668	Lb/pt ³	Densidad a Ta	da	0.0755	Lb/pt ³	Peso específico a Tf	Pr	0.85	Peso específico a Ta	pu	0.94	Coefficiente de expansión térmica	B	0.001607	1/°F	Conductividad térmica a Tf	k	0.016	Btu/hr pie ² °F	Calor específico a Tf	cf	0.25	Btu/lb°F	Diámetro exterior del tubo	Do	8.63	pulgada	Coefficiente por convección	hc	1.0062	Btu/hr pie ² °F	factor de emisividad	e	0.7	Coefficiente por radiación	hr	0.98296	Btu/hr pie ² °F	Coefficiente total lado exterior	ho	1.9892	Btu/hr pie ² °F
----------------------------	----	----------	----	--	----	----------	----	--------------------------------------	-----	----	----	-----------------------------------	---	-------	----	---------------	----	--------	--------------------	---------------	----	--------	--------------------	----------------------	----	------	----------------------	----	------	-----------------------------------	---	----------	------	----------------------------	---	-------	----------------------------	-----------------------	----	------	----------	----------------------------	----	------	---------	-----------------------------	----	--------	----------------------------	----------------------	---	-----	----------------------------	----	---------	----------------------------	----------------------------------	----	--------	----------------------------

Coefficiente de transferencia (hio) lado interior

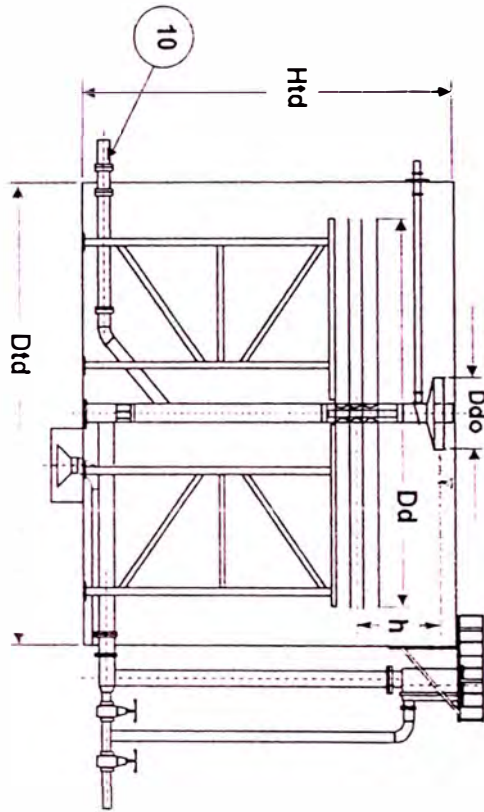
Ta	Gw	Gt	n	a1	a1	u	d	p	k	Di	Li	Ret	C	u·C/k	h _o
°F	gpd	Lb/(hr ² pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/ple-hr	Lb/ple ³		Btu/hr ² pie ² ·°F	pie	pie		Btu/lb·°F		Btu/ple ² ·°F
183.4948	120	5317.306	1	0.3601	0.3601	0.67	88.38	1.10	0.34	0.677	150.88	5371	0.95	1.87	15.21

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Uc	a''	A	Qc	Q _a	UD	Rd	U	V
Btu/hrpie ² ·°F	pie ² /pie	pie ²	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hrpie ² ·°F		Btu/hrpie ² ·°F	pie/se
1.759144	2.25802	340.69	69218.59	69218.59	1.759144	0.0000	1.75914	0.021601

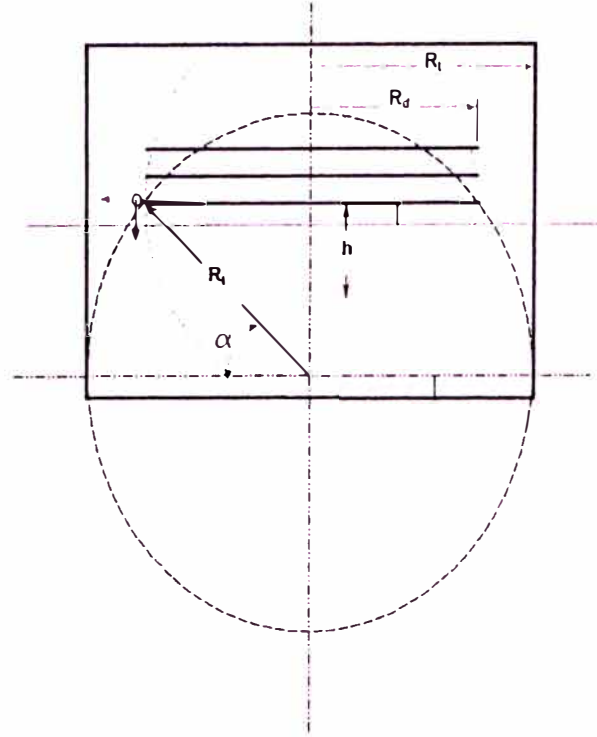
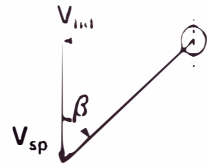
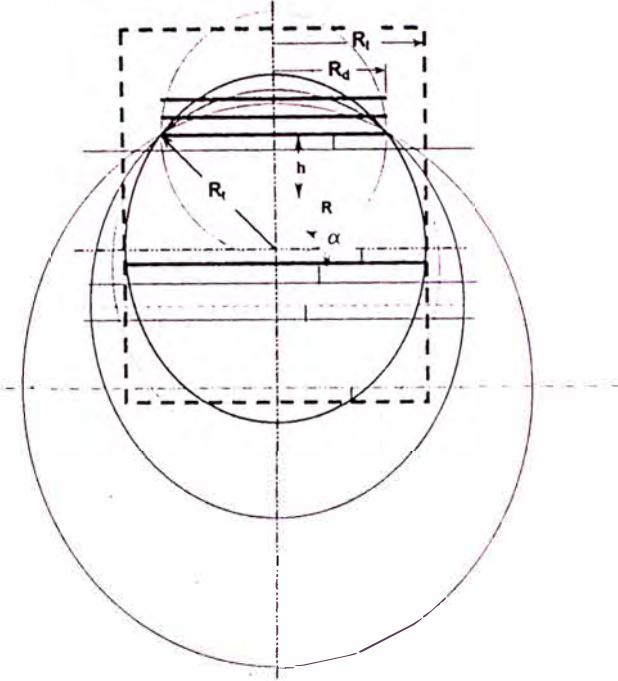
Figura 9.3 - 19: ESQUEMA PARA EL CALCULO DEL DIAMETRO MINIMO DE LA GOTA DE ACEITE SEPARADO EN TANQUE DESNATADOR

DIAMETRO DEL TANQUE DESNATADOR	DIAMETRO DEL TANQUE DESNATADOR	DIAMETRO DEL DIFUSOR	DIAMETRO COLECTOR DE ACEITE	Distancia vertical media entre colector y difusor
Dtd pies	Htd pies	Dd pies	Ddo pies	h pies
29.76	24	18.88	3.28	4.92



Temperatura del agua al ingreso	Temperatura media del medio ambiente exterior	Conductividad térmica del aislamiento	Espesor del aislamiento	Emisividad de la pared exterior del tanque	Area total de transferencia	Temperatura supuesta para la pared	Temperatura calculada para la pared	Cantidad de calor disipado al medio ambiente	Altura de la capa de aceite en el tanque	Calor específico de la corriente de agua que ingresa al tanque	Peso específico medio de la corriente de agua	Flujo de la corriente de agua	Temperatura media inicialmente supuesta	Temperatura media calculada	Temperatura media del proceso inicialmente supuesto	Temperatura calculada a la descarga de la comente de agua
Ti °f	Ta °f	Ki Blu/hr pie °f	Ei pie	e	A pie ²	Tp °f	Tp °f	Q Blu/h	Ho pies	c Blu/lb °f	po	Mo bpd	Tms °f	Tmc °f	Tms °R	T °f
183.28	68	0.0300	0.00	0.70	2938	175.14	174.90	604.976	10.0	0.96	1.100	38000	174.800	174.9048	634.90	166.53

CALCULO DEL DIAMETRO MINIMO DE LA GOTA DE ACEITE A SEPARAR EN TANQUE DESNATADOR CON DIFUSOR CENTRAL.



TEMPERATURA DE PROCESO EN TANQUE DESNATADOR		VISCOSIDAD DEL AGUA SALADA A T	PESO ESPECIFICO DEL AGUA SALADA A T	VISCOSIDAD DEL ACEITE A T	PESO ESPECIFICO DEL ACEITE A T
T	T	Uw	γ_w	Uo	γ_o
°F	°R	cp		cp	
174.9	834.9	0.713854	1.099832	37.433	0.913

ALTURA PROMEDIO DE UBICACIÓN DE DIFUSOR
H _d
m
6.097561

CASO DE OPERAR CON UN SOLO TANQUE DESNATADOR

R1	Rd	Sp	R	h	Se	Sl	α	Ve	Vel	Vmsl	Vl	Vsp	Vhd	D	H	Q	Q
4.535060976	3	36.3391	6.395	1.138884	45.76086	64.61244	1.082499	0.16269	0.134764	0.10806743	0.082808	0.192154	0.44	9.07	8.01	38.000	0.0698
m	m	m ²	m	m	m ²	m ²		cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	m	m	BPD	m ³ /s
CAUDAL DE INGRESO																	

Dd	a	n	Dco	h	Hd	ld	lt	l _{ef}	l _r	V _{ad}	V _{af}	D _d	D _f	α	β
0	0.2784	3	1	1	5.65	338.2	4941	2143.02	87.98	0.0626	0.0344	78	78	0.488297	1.160657
m	m		m	m	m	s	s	s	minuto	cm/s	cm/s	micron	micron	radian	radian

TEMPERATURA DE PROCESO EN TANQUE DESNATADOR		VISCOSIDAD DEL AGUA SALADA A T		PESO ESPECIFICO DEL AGUA SALADA A T		VISCOSIDAD DEL ACEITE A T		PESO ESPECIFICO DEL ACEITE A T	
T	T	Uw	γ_w	Uo	γ_o				
$^{\circ}F$	$^{\circ}R$	cp		cp					
174.9	634.9	0.713854	1.098832	37.433	0.813				

ALTURA PROMEDIO DE UBICACIÓN DE DIFUSOR	
H _d	m
	6.097561

CASO DE OPERAR CON LOS DOS TANQUES DESNATADORES EN PARALELO

R1	Rd	Sp	R	h	Se	St	α	Ve	Vel	Vmsl	Vi	Vsp	Vhd	D	H	Q	Q
m	m	m ²	m	m	m ²	m ²		cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	m	m	BPD	m ³ /s
4.535060976	3	36.3381	6.395	1.138884	45.78086	64.61244	1.082499	0.07829	0.087377	0.05403371	0.041304	0.096077	0.22	9.07	8.01	19.000	0.0348

Dd	a	n	Dco	h	Hd	td	tt	tead	tl	Vad	Vad	Dd	Dd	α	β
m	m		m	m	m	s	s	s	minuto	cm/s	cm/s	micrón	micrón	radian	radian
8	0.2794	3	1	1	5.65	676.4441	9881.381	4288.03	175.8837	0.0413	0.0172	84	84	0.488297	1.160657

ts : tiempo total de residencia en tanque fuera de difusor en segundos

Dcc: Diámetro exterior de columna central en metros

Vst: Velocidad terminal en tanque en cm/s

FORMULAS:

$$t_s = 2 \cdot \pi \cdot (Q) \cdot (Hd \cdot Rd^2 / 2 - 1/3 \cdot (Rd^2 + Hd^2 - Rt^2)^{3/2} + 1/3 \cdot Hd^3)$$

$$t_{e,d} = (2 \cdot \pi \cdot (Q) \cdot (Hd \cdot Rd^2 / 2 - 1/3 \cdot (Rd^2 + Hd^2 - Rt^2)^{3/2} + 1/3 \cdot Hd^3 - Rt^3 / 3) \text{ para } Hd > Rt$$

$$t_{efd} = (2 \cdot \pi / Q) \cdot (H_d \cdot R_d^2 / 2 - 1/3 \cdot (R_d^2 + H_d^2 - R_t^2)^{3/2}) \text{ para } H_d \leq R_t$$

$$t_d = (2 \cdot \pi \cdot a / (Q/n)) \cdot ((D_d / 2)^2 / 2 - (D_{cc} / 2)^2 / 2)$$

$$V_{st} = (2 / \pi) \cdot (Q / (2 \cdot \pi \cdot H_d^2)) \cdot 100 \text{ para } H_d \leq R_t$$

$$V_{st} = (2 / \pi) \cdot (Q / (2 \cdot \pi \cdot R_t^2)) \cdot 100 \text{ para } H_d > R_t$$

$$D_d = (18 \cdot V_{sd} \cdot \mu_w \cdot 10^{-2} / (981 \cdot (\gamma_w - \gamma_o)))^{0.5} \cdot 10000$$

$$V_{sd} = (a / t_d) \cdot 100$$

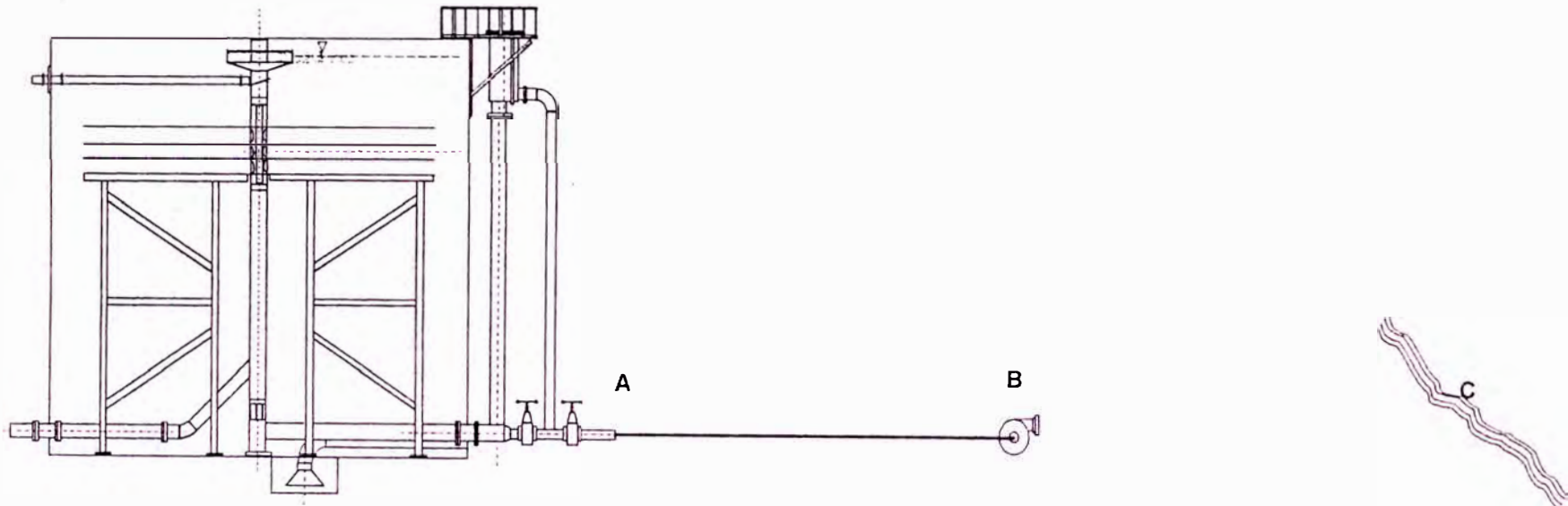
$$V_{sd} = 4Q / (\pi \cdot n \cdot (D_d^2 - D_o^2))$$

$$D_d = (18 \cdot V_{sd} \cdot u_w / 981 \cdot (g_w - g_o))^{0.5} \cdot 10000$$

$$D_t = (18 \cdot V_{sd} \cdot u_w / 981 \cdot (g_w - g_o))^{0.5} \cdot 10000$$

SELECCION DE BOMBA PARA TRANSFERIR EL AGUA DE PRODUCCION

Figura 9.3 - 20: ESQUEMA PARA SELECCIONAR LA BOMBA NECESARIA PARA TRASFERIR EL AGUA SALADA DE PRODUCCION



TRAMO A-B
CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA

T ₁	T ₂	T ₂	V	v	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	F ₁	D ₁
Alta temperatura fluido caliente	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal del fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del aire	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F	sin valor	0	1	°F
166.626	166.818		38,000	506007.8	0.95	68	68	98.7				98.7

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

T ₁	T _p	T _{ma}	u	d ₁	d _a	ρ ₁	ρ _a	β	k	c ₁	Do	hc	e	hr	ho
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior del tubo	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior
°F	°F	°F	cp	Lb/ft ³	Lb/ft ³			1/°F	Btu/hr·ft ² ·°F	Btu/lb·°F	pulgada	Btu/hr·ft ² ·°F		Btu/hr·ft ² ·°F	Btu/hr·ft ² ·°F
117.3359	166.6718	68	0.019	0.0698	0.0755	0.87	0.94	0.001596	0.016	0.25	8.920	0.9583	0.7	0.938966	1.8973

Coefficiente de transferencia (hio) lado interior (aceite por el tubo)

Ta	Gw	Gt	n	a ₁	a ₂	u	d	p	k	Di	L ₁	Ret	C	Pr	h _{io}
Temperatura media del fluido caliente (por tubos)	Caudal de agua	Caudal másico por unidad de sección transversal	Cantidad de tubos	Sección transversal del tubo	Area de flujo por los tubos	Viscosidad dinámica	Densidad	Peso específico	Conductividad térmica	Diámetro interior del tubo	Longitud del tubo	Reynolds en los tubos	Calor específico	Número de Prandtl	Coefficiente de película -lado interior corregido por diámetro
°F	bpd	Lb/(hr·pie ²)		pie ²	pie ²	Lb/ft ² ·hr	Lb/ft ³		Btu/hr·ft ² ·°F	pie	pie		Btu/lb·°F	u·C/K	Btu/hr·ft ² ·°F
166.6718	38.000	1.308596	1	0.3867	0.3867	108.50	57.07	0.92	0.07	0.702	328.00	8463	0.95	1487.38	3.32

CALCULO DE COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Uc	a"	A	Q _c	Q _{cc}	Coeficiente total de diseño	Rd	U	v
Bitu/hrpie _{2°F}	pie2/pie	pie2	Btu/hr	Btu/hr	Bitu/hrpie _{2°F}		Bitu/hrpie _{2°F}	pie/seg
1.207388	2.335251	765.9622	91253.08	91253.08	1.207389	0.0000	1.20739	6.369318

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del aceite	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Presión disponible en el punto B		
	BPD	m ³ /s												METROS	PIES	PSI
166.671831	38,000	0.0698	1.00	100	0.214	0.035942	1.942701	4.9E-05	8481	0.0336	1.103034	5.792663	11.09	0.6	2.1	1.0

Codigo 90°	Codigo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control restringida	Válvula de compuerta	Reducción 6/10, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN			
									RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	FACTOR DE FRICCIÓN	
k	k	k	k	k	k	k	k	puulgada	puulgada	puulgada	puulgada	puulgada
1.01	0.54	0.67	2.02	1.34	0.27	1.37	1.68	0.008	8.42	0.0075	11.51	4.872344
6	2	0	1	0	1	0	1			0.0421	4.8723	5.54011
6.05	1.07	0.00	2.02	0.00	0.27	0.00	1.68			0.0326	5.401	5.444484
										0.0337	5.4445	5.457549
										0.0336	5.4575	5.455753
										0.0336	5.4558	5.455999
										0.0336	5.4560	5.455965
										0.0336	5.4560	5.45597
										0.0336	5.4560	5.455969

Cantidad Parcial

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.6	0.6

CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA EN EL DUCTO

T ₁	T ₂	T ₂	V	V	C	t ₁	t ₂	MLDT	R	S	Fi	DI
°F	°F	°F	bpd	Lb/hr	Btu/lb°F	°F	°F	°F				°F
187.0	117.400	117.44	38.000	61.47095	1	86	86	52.3	sin valor	0	1	52.3
Alta temperatura fluido caliente-descarga de separador	Baja temperatura fluido caliente, inicialmente supuesto	Baja temperatura fluido caliente calculado	Caudal promedio - fluido caliente	Caudal másico en los tubos	Calor específico del fluido en tubos	Baja temperatura del fluido frío - Temperatura del medio circundante	Alta temperatura del fluido frío - Temperatura del medio circundante	Diferencia media logarítmica de temperaturas	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Diferencia de temperaturas corregida

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: aire

T ₁	T _p	T _{ma}	u	d _i	d _a	ρ _f	ρ _a	B	k	c _f	Do	hc	e	hr	ho
°F	°F	°F	cp	Lb/pe ³	Lb/pe ³			1/°F	Btu/hr°pe ² °F	Btu/lb°F	pulgada	Btu/hrpe ² °F		Btu/hrpe ² °F	Btu/hrpe ³ °F
114.1	142.2	86	0.019	0.0701	0.0734	0.87	0.91	0.001613	0.016	0.25	8.92	0.8202	0.7	0.918768	1.7390
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del medio ambiente	Viscosidad dinámica del aire a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior equivalente	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior

Coefficiente de transferencia (ho) por convección natural (hc) y por radiación (hr) - lado exterior, fluido: agua

T ₁	T _p	T _{ma}	u	d _i	d _a	ρ _f	ρ _a	B	k	c _f	Do	hc	e	hr	ho
°F	°F	°F	cp	Lb/pe ³	Lb/pe ³			1/°F	Btu/hr°pe ² °F	Btu/lb°F	pulgada	Btu/hrpe ² °F		Btu/hrpe ² °F	Btu/hrpe ³ °F
114.1	142.2	86	0.616	61.7932	62.1235	0.99	1.00	0.00019	0.370	1	8.92	31.5557	0.7	0.918763	32.4744
Temperatura de la película	Temperatura media de la pared del tubo	Temperatura media del agua circundante	Viscosidad dinámica del agua a Tf	Densidad a Tf	Densidad a Ta	Peso específico a Tf	Peso específico a Ta	Coefficiente de expansión térmica	Conductividad térmica a Tf	Calor específico a Tf	Diámetro exterior equivalente	Coefficiente por convección	factor de emisividad	Coefficiente por radiación	Coefficiente total lado exterior

Coefficiente de transferencia (hio) lado Interior, fluyendo agua salada

Ta	°F	GW	bpd	GI	Lb/(hr ² pie ²)	n	1	a1	pie2	a1	pie2	u	Lb/pie-hr	d	Lb/pie3	p	lb	k	Btu/hr ² pie ² °F	DI	pie	L1	pie	Ret	491890	C	Btu/lb°F	1	u°C/K	6.97	h _{io}	Btu/pie ² °F	807.76
142.2		38.000		1.589.712				0.3867		0.3867		2.2677		69.3303		1.1116		0.3266		0.702		63136											

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor

Uc	a"	f	A	Qc	Qac	Ud	Rd	U	v
Btu/hrpie ² °F	pie2/pie		pie2	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr ² pie ² °F		Btu/hr ² pie ² °F	pie/seg
16.75194	2.335251	0.28	34744.04	30463741	30463741	16.75194	0.0000	16.75194	6.38931926

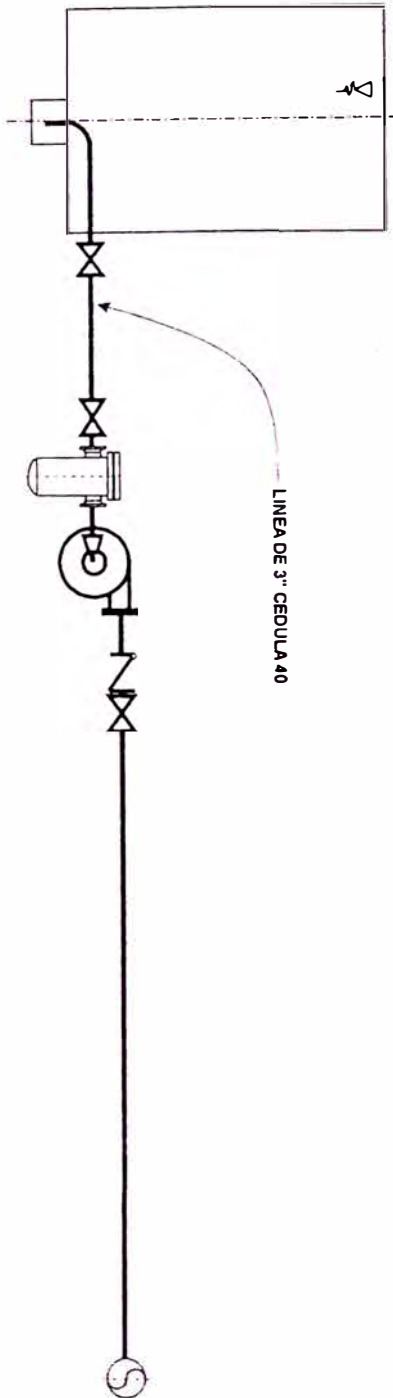
PULGADA	PULGADA	PULGADA	PULGADA	°F
0.0000006	10.02	0	10.02	602.2
RUGOSIDAD ABSOLUTA NUEVO	DIAMETRO INTERIOR ORIGINAL	ESPESOR MEDIO DE CAPA DE SOLIDOS ADHERIDOS	DIAMETRO INTERNO OBSERVADO	TEMPERATURA ABSOLUTA MEDIA

PERFORMANCE DE DESHIDRATADOR HIDROCICLONICO				
	Diámetro de gota de agua separado en el deshidratador hidrociclónico			
	Porcentaje de agua en la corriente de aceite al ingreso	0.45		
	Porcentaje de agua en la corriente de aceite a la salida	0.45		
	Salinidad del agua en la corriente de aceite a la salida	15.40		
	PTB	9.91		
	Temperatura media del proceso		°F	174.70
130.78				

9.3.3.2 TRATAMIENTO DEL AGUA SALADA DE PRODUCCION

PERFORMANCE DE SEPARADOR		PERFORMANCE TANQUE DESNATADOR (UN SOLO TANQUE)		PERFORMANCE TANQUE DESNATADOR (DOS TANQUES EN PARALELO)	
	Diámetro mínimo de gota de aceite separado del agua		Diámetro mínimo de gota de aceite separado del agua		Diámetro mínimo de gota de aceite separado del agua
	ppm de aceite en el agua		ppm de aceite en el agua		ppm de aceite en el agua
	Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso		Temperatura media del proceso
micrones	133	micrones	76.10	micrones	54
ppm	500	ppm	20.00	ppm	12.00
°F	185.56	°F	174.90	°F	174.90

9.4.0 SELECCION DE BOMBA PARA TRANSFERIR FLUIDO DE TANQUE DE PRUEBA



9.4.1 CALCULO DE LA TEMPERATURA A LA DESCARGA DE TANQUE DE PRUEBA

Diámetro de tanque	Diámetro de tanque	Altura de tanque	Altura útil máxima del tanque	Altura útil mínima en el tanque	Tiempo medio de permanencia del fluido en el tanque	Temperatura inicial del proceso	Temperatura media del medio ambiente exterior	Emisividad de la pared exterior del tanque	Area total de transferencia	Cantidad de calor disipado	Altura del nivel de aceite en el tanque durante el reposo	Calor específico del aceite	Peso específico del aceite	Masa total de aceite en el tanque	Temperatura media supuesta del proceso	Temperatura final en el tanque
17	17	24	23.00	1	8.00	180	88	0.70	1534	303,860	23.00	0.481	0.914	305933	171.7	163
180																
171.7																
163																

CALCULO DE CONTRAPRESION EN EL EMPALME CON LINEA COLECTORA DE AGUA SALADA DE PRODUCCION

Temperatura media	CAUDAL			*Fracción de descarga	Longitud de separador a pto de empalme	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	Peso específico del agua	Presión absoluta en separador	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Presión en el punto de empalme		
180.00	BPD	m ³ /s		1.00	24	m	m ²	m/s	m ² /s		m				m	15.72	METRO	PIES	PSIA
	19,000	0.0349				0.152	0.018242	1.91	6.26E-07	1.097762	32.89933	485821	0.0216	1.029759	-2.5		26.64	87.4	39.0

ACCESORIOS	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k			pulgada	pulgada	0 0001	85 3139	6 173338
	0.65	0.35	0.43	1.30	7.34	0.17	0.31	0.54	1.08			0.008	6	0 0262	6 1733	6 811982
Cantidad	3	2	2	2	1	2	1	1	1					0 0216	6 8120	6 804403
Parcial	1.94	0.69	0.86	2.59	7.34	0.35	0.31	0.54	1.08					0 0216	6 8044	6 804492

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0 666667	0 666667

0 0216	6 8045	6 804491
0 0216	6 8045	6 804491
0 0216	6 8045	8 804491
0 0216	6 8045	6 804491
0 0216	6 8045	6 804491

9.4.2 CALCULO DEL NPSHD PARA BOMBA - FLUIDO: AGUA

La temperatura es la media registrada a la descarga del tanque de prueba.

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	Peso específico del agua	Presión absoluta del vapor del agua	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Nivel mínimo en tanque	Total de factores de carga	NPSHD		
	°F	BPD														m³/s	m	m
163.48	4,000	0.0074	1.00	10	0.076	0.00456	1.61	7.07E-07	1.035827	3.710438	173776	0.0261	1.035827	0.304878	12.07	4.78	15.7	7.0

ACCESORIOS	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	Filtro en succión		RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k		pulgada	pulgada	0 0004	52 1081	5 664527
	0.78	0.42	0.52	1.57	8.89	0.21	0.04	0.03	1.54	3.92		0.008	3	0 0312	5 6645	6 193174
Cantidad	5	4	1	1	0	2	1	0	0	1				0 0261	6 1932	6 184929
Parcial	3.92	1.67	0.52	1.57	0.00	0.42	0.04	0.00	0.00	3.92				0 0261	6 1849	8 185057

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.875	0.875

0 0261	6 1851	6 185055
0 0261	6 1851	6 185055
0 0261	6 1851	8 185055
0 0261	6 1851	6 185055
0 0261	6 1851	8 185055

9.4.3 CALCULO DEL INCREMENTO DE PRESION NECESARIO EN BOMBA PARA TRANSFERIR AGUA DE TANQUE DE PRUEBA

La temperatura es la media esperada de acuerdo a la performance del intercambiador de calor agua de tanque lavador - agua salada de

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	Peso específico del agua	Pérdida en Intercambiador de calor	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Contrapresión en el empalme	Total de factores de carga	Incremento de presión necesaria en la bomba para transferir fluido de tanque de prueba		
	°F	BPD														m³/s	m	m
183.48	4,000	0.0074	1.00	55.2	0.076	0.00456	1.61	7.07E-07	1.035827		173776	0.0261	1.035827	26.64	19.32	23.40	76.7	34.4

117

ACCESORIOS	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCIÓN		
	k	k	k	k	k	k	k	k	pulgada			pulgada	0.0004	52.1081
	0.78	0.42	0.52	1.57	8.89	0.21	0.04	0.03	1.31	0.008	3	0.0312	5.6645	6.193174
Cantidad	6	2	0	2	1	2	0	1	1			0.0261	6.1932	6.184929
Parcial	4.71	0.84	0.00	3.14	8.89	0.42	0.00	0.03	1.31			0.0261	6.1849	6.185057
												0.0261	6.1851	6.185055
												0.0261	6.1851	6.185055
												0.0261	6.1851	6.185055
												0.0261	6.1851	6.185055
												0.0261	6.1851	6.185055

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.875	0.875

9.4.4 CALCULO DEL NPSHA PARA BOMBA - FLUIDO: ACEITE

La temperatura es la media registrada a la descarga del tanque de prueba.

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del Aceite	Peso específico del aceite	Presión absoluta del vapor de aceite	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCIÓN	Peso específico	Nivel mínimo en tanque	Total de factores de carga	NPSHD		
	°F	BPD														m³/s	m	m
183.48	4,000	0.0074	1.00	10	0.076	0.00456	1.61	5.24E-05	0.916	1.855219	2344	0.0273	0.916	0.304878	12.61	8.76	22.2	8.8

ACCESORIOS	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	Filtro en succión
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
	0.82	0.44	0.55	1.64	9.28	0.22	0.04	0.03	1.61	4.10
Cantidad	5	4	1	1	0	2	1	0	0	1
Parcial	4.10	1.75	0.55	1.64	0.00	0.44	0.04	0.00	0.00	4.10

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.875	0.875

RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
		pulgada	pulgada	
0.008	3	0.0273	6.0515	6.18713
		0.0261	6.1871	8.185022
		0.0261	6.1850	6.185055
		0.0261	6.1851	6.185055
		0.0261	6.1851	6.185055
		0.0261	6.1851	6.185055
		0.0261	6.1851	8.185055
		0.0261	6.1851	6.185055

CALCULO DE CONTRAPRESION EN EL EMPALME CON LINEA COLECTORA DE ACEITE

Temperatura media	CAUDAL		*Fracción de descarga	Longitud de separador a pto de empalme	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del Aceite	Peso específico del aceite	Presión absoluta en separador	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Presión en el punto de empalme		
	°F	BPD														m³/s	METRO AGUA	PIE AGUA
180.00	1,000	0.0018	1.00	15	0.102	0.008107	0.23	3.65E-05	0.912	32.88933	631	0.1014	0.912	-2.5	70.65	34.96	114.7	45.3

ACCESORIOS	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k					pulgada	pulgada	
	3.04	1.62	2.03	6.09	34.49	0.81	0.31	0.54	5.07			0.008	4	0.1014	3.1397	6.848916
Cantidad	3	2	2	2	1	2	1	1	1					0.0213	6.8489	6.803967
Parcial	9.13	3.25	4.06	12.17	34.49	1.62	0.31	0.54	5.07					0.0216	6.8040	6.804498
														0.0216	6.8045	6.804491
														0.0216	6.8045	6.804491
														0.0216	6.8045	6.804491
														0.0216	6.8045	6.804491
														0.0216	6.8045	6.804491

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.866687	0.866687

9.4.5 CALCULO DEL INCREMENTO DE PRESION NECESARIO EN BOMBA PARA TRANSFERIR ACEITE DE TANQUE DE PRUEBA

La temperatura es la media esperada de acuerdo a la performance del intercambiador de calor agua de tanque lavador - agua salada de

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del Aceite	Peso específico del aceite	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico del aceite	Contrapresión en el empalme	Total de factores de carga	Incremento de presión necesaria en la bomba para transferir fluido de tanque de prueba		
	°F	BPD													m ³ /s	METRO	PIES
183.48	4,000	0.0074	1.00	55.2	0.076	0.00456	1.61	5.24E-05	0.916	2344	0.0273	0.916	34.96	20.18	31.20	102.3	40.6

117

ACCESORIOS	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción Estrechamiento	Reducción Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	pulgada	pulgada	0.0273	6.0515	6.16713
	0.82	0.44	0.55	1.64	9.26	0.22	0.04	0.03	1.37	0.008	3	0.0261	6.1871	6.185022
Cantidad	6	2	0	2	1	2	0	1	1			0.0261	6.1650	6.185055
Parcial	4.92	0.87	0.00	3.28	9.28	0.44	0.00	0.03	1.37			0.0261	6.1851	6.185055

Angulo °S	Angulo °S
16	16
Relación	Relación
0.875	0.875

0.0261	6.1851	6.185055
0.0261	6.1851	6.185055
0.0261	6.1851	6.185055
0.0261	6.1851	6.185055
0.0261	6.1851	6.185055

9.4.6 SELECCION DE BOMBA

TEMPERATURA DE DISEÑO	NPSHD		INCREMENTAL DE PRESION NECESARIA		CAUDAL NECESARIO	*PESO ESPECIFICO DEL AGUA	Eficiencia esperada	POTENCIA CONSUMIDA		EQUIPO SELECCIONADO BOMBA GOULDS MODELO CV-3198, TAMAÑO: 2x2-8 STX, 3 580 RPM , DIAMETRO DE IMPELENTE: 6.5"	Potencia de motor eléctrico seleccionado
	°F	METRO	PIE	METRO				PIE	GPM		HP
183.48	4.78	16.00	34.96	116	117	1.035827	0.35	10.0556	7.642253		25

9.6.0.0.0 CALCULO DE LINEAS PRINCIPALES
 9.6.1.0.0 EVALUACION DE VELOCIDAD EN LINEAS
 9.6.1.1.0 DEMANDA ACTUAL
 9.6.1.1.1 EVALUACION EN LINEA DE 4" (EN MANIFOLD)

	Temperatura de operación																				
	Presión de operación																				
	Corte																				
	Caudal de aceite																				
	Caudal de agua	Qw																			
	Caudal de líquidos	Ql																			
	Peso específico del agua																				
	Peso específico del aceite																				
	Peso específico aparente del líquido																				
	Peso específico del gas a 1 atm	S																			
	Relación gas líquido	GOR																			
	Caudal de gas std	Qg std																			
	Factor de compresibilidad del gas																				
190.0	45.0	0.950	300.0	5700.0	6000.0	1.094	0.909	1.084	0.554	70.000	21000	0.995									

	Caudal de gas a las condiciones de operación																				
	Caudal total																				
	Diámetro interno de la línea de producción	Di																			
	Sección de la línea de producción																				
	Velocidad media real																				
	Relación gas líquido	R																			
	Densidad media a P,T																				
	Velocidad máxima recomendada por el API - 14E																				
	Acumulación de arenilla observada																				
	Velocidad máxima recomendada por el API - RP14E Sw RI																				
	Velocidad mínima recomendada																				
6464	1154	7153.7	0.464	4.026	0.088	5.2	3.500	56.9	19.9	0.1	11.4	3.0									

9.5.1.1.2 EVALUACION EN LINEA DE 6" (EN MANIFOLD)

	Temperatura de operación																				
	Presión de operación																				
	Corte																				
	Caudal de aceite																				
	Caudal de agua	Qw																			
	Caudal de líquidos	Ql																			
	Peso específico del agua																				
	Peso específico del aceite																				
	Peso específico aparente del líquido																				
	Peso específico del gas a 1 atm	S																			
	Relación gas líquido	GOR																			
	Caudal de gas std	Qg std																			
	Factor de compresibilidad del gas																				
190.0	45.0	0.950	1000.0	19000	20000	1.094	0.909	1.084	0.554	70.000	70000	0.995									

9.5.1.2.0 DEMANDA FUTURA
9.5.1.2.1 EVALUACION EN LINEA DE 4" (EN MANIFOLD)

Caudal de gas a las condiciones de operación		Caudal total		Diámetro interno de la línea de producción		Sección de la línea de producción		Velocidad media real		Relación gas líquido		Densidad media a P,T		Velocidad máxima recomendada por el API - 14E		Acumulación de arenilla observada		Velocidad máxima recomendada por el API - RP14E Sw RI		Velocidad mínima recomendada	
Qg	Qg	Q	Q	Di	pie2	pie/seg	R	Lb/pe ³	pie/s	pie ³ /dia	pie/s	pie/s	pie/s								
pie ³ /dia	bpd	bpd	pie ³ /s	pulgada																	
21545	3846	23846	1.546	6.065	0.201	7.7	3.500	56.9	19.9	0.1	17.1	3.0									

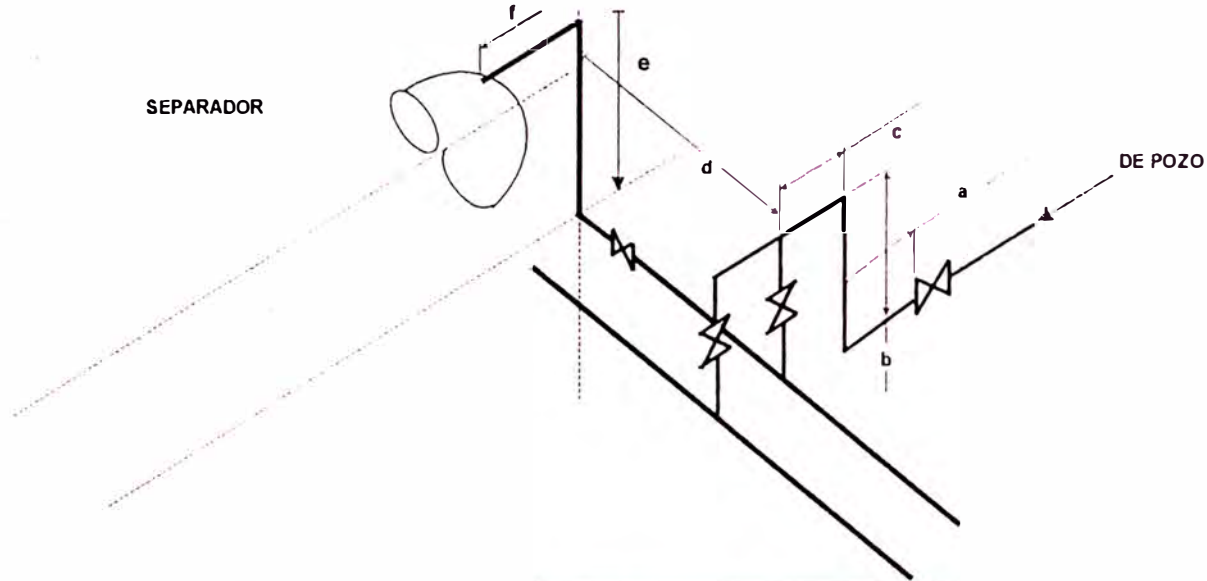
Temperatura de operación		Presión de operación		Corte		Caudal de aceite		Caudal de agua		Caudal de líquidos		Peso específico del agua		Peso específico del aceite		Peso específico aparente del líquido		Peso específico del gas a 1 atm		Relación gas líquido		Caudal de gas std		Factor de compresibilidad del gas	
°F	psig	Q	Q	Qw	Ql	Qw	Ql	S	GOR	Qg std															
		bpd	bpd	bpd	bpd	bpd	bpd			cid															
190.0	50.0	0.950	600.0	11400	12000	1.094	0.909	1.084	0.554	70.000	42000	0.995													

Caudal de gas a las condiciones de operación		Caudal total		Diámetro interno de la línea de producción		Sección de la línea de producción		Velocidad media real		Relación gas líquido		Densidad media a P,T		Velocidad máxima recomendada por el API - 14E		Acumulación de arenilla observada		Velocidad máxima recomendada por el API - RP14E Sw RI		Velocidad mínima recomendada	
Qg	Qg	Q	Q	Di	pie2	pie/seg	R	Lb/pe ³	pie/s	pie ³ /dia	pie/s	pie/s									
pie ³ /dia	bpd	bpd	pie ³ /s	pulgada																	
11928	2129	14129	0.916	4.026	0.088	10.4	3.500	57.6	19.8	0.1	11.4	3.0									

9.5.2.0.0 CALCULO DE PERDIDAS HIDRAULICAS

9.5.2.1.0 CALCULO CON LA DEMANDA ACTUAL

Figura 9.5 - 1: ESQUEMA SIMPLIFICADO DE MANIFOLD



Tramo "a"		Tramo "b"		Tramo "c"		Tramo "d"		Tramo "e"		Tramo "f"		Longitud total	
Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	4"	6"
m	pulgada	m	pulgada	m	pulgada	m	pulgada	m	pulgada	m	pulgada	m	m
6	4.026	1	4.026	0.8	4.026	15	6.065	2.5	6.065	1.5	6.065	8.8	19

9.5.2.1.1 CALCULO DE LONGITUD EQUIVALENTE EN TUBERIA DE 4"

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Longitud lineal equivalente
	°F	BPD												
185	7,154	0.0131	1.00	8.8	0.102	0.00821	1.6005	6.1E-07	270408	0.0240	1.09567	1.00	4.67	28.7

Cantidad Parcial	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20° Estrechamiento	Reducción 4/6, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k			pulgada	pulgada			
	0.72	0.38	0.48	1.44	8.17	0.19	0.39	0.68	1.20			0.008	4.026	0.0002	65.0010	5.88698
3	0	0	0	1	0	2	0	1	0					0.0289	5.8870	6.45793
2.16	0.00	0.00	0.00	1.44	0.00	0.38	0.00	0.68	0.00					0.0240	6.4579	6.45017
														0.0240	6.4502	6.45027
														0.0240	6.4503	6.45027
														0.0240	6.4503	6.45027
														0.0240	6.4503	6.45027
														0.0240	6.4503	6.45027
														0.0240	6.4503	6.45027

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.66667	0.66667

9.5.2.1.2 CALCULO DE LONGITUD EQUIVALENTE EN TUBERIA DE 6"

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Longitud lineal equivalente
	°F	BPD												
185	23,846	0.0438	1.00	19	0.154	0.01864	2.35082	6.1E-07	598331	0.0240	1.09567	2.50	2.12	32.6

Codo 90°		Codo 45°		Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20° estrechamiento	Reducción 4/6, 20° ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA		DIAMETRO INTERNO		CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	0.008	pulgada	pulgada	0.0001	96.6898	6.23706	
0.72	0.38	0.48	1.44	0.48	1.44	8.17	0.19	0.68	1.20			6.065	6.2371	0.0257	6.2371	6.45316	
2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0				0.0240	6.4532	6.45023	
1.44	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00				0.0240	6.4502	6.45027	
														0.0240	6.4503	6.45027	
														0.0240	6.4503	6.45027	
														0.0240	6.4503	6.45027	
														0.0240	6.4503	6.45027	
														0.0240	6.4503	6.45027	

Cantidad Parcial

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.66667	0.66667

9.5.2.1.3 CALCULO DE PERDIDA EN LINEA DE 4" DE MANIFOLD

TEMPERATURA MEDIA	DIAMETRO INTERNO	LONGITUD TOTAL EQUIVALENTE DE LA LINEA	SECCION INTERNA DE LA LINEA	DENSIDAD DEL ACEITE	DENSIDAD ESPECIFICA DEL AGUA	DENSIDAD ESPECIFICA DEL GAS	VISCOSIDAD DINAMICA DEL ACEITE	VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA	VISCOSIDAD DINAMICA DEL GAS	GOR	CAUDAL DE ACEITE	CAUDAL DE AGUA	CAUDAL DE LIQUIDOS	
°F	Pulgada	m	pie	API	esp	pie2	pie	pie2	cp	cp	cp	pie3 GAS STD/BARRIL ACEITE	BPD	
190	4.026	29	94	19	0.96	1.09352	0.55407	27	0.64057	0.01213	70	300	5700	6000

DENSIDAD DE LA MEZCLA DE LIQUIDOS	Viscosidad aparente del liquido	REYNOLDS DEL LIQUIDO	CAUDAL DE GAS	Rey del gas	FLUJO MASICO DE LIQUIDO	FLUJO MASICO DE GAS	RAZON DE FLUJO MASICO DE GAS AL DE LIQUIDOS	Exp	Exp	Rey equivalente	Factor de fricción dual	Longitud de cada tramo	Constante de los gases	Factor de compresibilidad del gas
Esp	cP		pie3/S		Lbm/hr	Lbm/hr	K	a	b		f'	pies	R	Z
1.09	1.97	75.616	0.24	4.766	95.057	37	0.00039	0.00039	0.99996	76.832	0.0060	9.40088	1544	0.995

Temperatura absoluta	Contrapresión en la descarga (presión en separador)	Aceleración gravitatoria	Número de tramo											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
°R	psia	pie/seg2	Calculo por tramo, Poettmann											
650	44.70	32.17	Longitud acumulada	pie	393.6	787.2	1180.8	1574.4	1968	2361.6	2755.2	3148.8	3542.4	3936
			Presión al final de cada tramo	psia	44.82	44.94	49.98	54.92	59.78	64.58	69.31	74.00	78.65	83.26
			Pérdida en manifold	psig	40.11									

9.5.2.1.4 CALCULO DE PERDIDA EN LINEA DE 6" DE MANIFOLD

TEMPERATURA MEDIA	DIAMETRO INTERNO	LONGITUD TOTAL EQUIVALENTE DE LA LINEA		SECCION INTERNA DE LA LINEA	DENSIDAD DEL ACEITE		DENSIDAD ESPECIFICA DEL AGUA	DENSIDAD ESPECIFICA DEL GAS	VISCOSIDAD DINAMICA DEL ACEITE	VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA	VISCOSIDAD DINAMICA DEL GAS	GOR	CAUDAL DE ACEITE	CAUDAL DE AGUA	CAUDAL DE LIQUIDOS
		m	pie		API	esp									
°F	Pulgada			pie2	API	esp			cP	cP	cP	PIE3 GAS STD/BARRIL	BPD	BPD	BPD
190	6.065	33	107	0.20063	19	0.96	1.09352	0.55407	27	0.64057	0.01213	70	1000	19000	20000

DENSIDAD DE LA MEZCLA DE LIQUIDOS		Viscosidad aparente del liquido	REYNOLDS DEL LIQUIDO	CAUDAL DE GAS	Rey del gas	FLUJO MASICO DE LIQUIDO	FLUJO MASICO DE GAS	RAZON DE FLUJO MASICO DE GAS AL DE LIQUIDOS	Exp	Exp	Rey equivalente	Factor de frcción dual	Longitud de cada tramo	Constante de los gases	Factor de compresibilidad del gas
Esp	Lbm/pie ³	cP		pie ³ /S		Lbm/hr	Lbm/hr	K	a	b		f'	pies	R	Z
1.09	67.77	1.97	167,308	0.81	10,547	316,842	123	0.00039	0.00039	0.99996	167,831	0.0055	10 6785	1544	0.995

Temperatura absoluta	Contrapresión en la descarga (presión en separador)	Aceleración gravitatoria	Número de tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
°R	psia	pie/seg ²	Calculo por tramo, Poettmann	0.18	45.06	45.23	45.41	45.59	45.77	45.94	46.12	46.30	46.48
650	44.70	32.17	Longitud acumulada	393.6	787.2	1180.8	1574.4	1968	2361.6	2755.2	3148.8	3542.4	3936
			pie										
			Presión al final de cada tramo	44.88	45.06	45.23	45.41	45.59	45.77	45.94	46.12	46.30	46.48
			psia										
			Pérdida en manifold	psig	5.67								

9.5.2.1.5 PERDIDA TOTAL EN MANIFOLD

Pérdida total en manifold	psig	45.78
---------------------------	------	-------

9.5.2.1.6 LINEA DE PRODUCCION

TEMPERATURA MEDIA	DIAMETRO INTERNO	LONGITUD TOTAL EQUIVALENTE DE LA LINEA		SECCION INTERNA DE LA LINEA	DENSIDAD DEL ACEITE		DENSIDAD ESPECIFICA DEL AGUA	DENSIDAD ESPECIFICA DEL GAS	VISCOSIDAD DINAMICA DEL ACEITE	VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA	VISCOSIDAD DINAMICA DEL GAS	GOR	CAUDAL DE ACEITE	CAUDAL DE AGUA	CAUDAL DE LIQUIDOS
°F	pulgada +	m	pie	pie2	API	ESPECIFICO			cP	cP	cP	PIE3 GAS STD/BI	bpd	bpd	bpd
185	4.026	1,200	3,936	0.0884	19	0.96	1.09567	0.55951	31	0.66317	0.01204	70	300	5700	6000

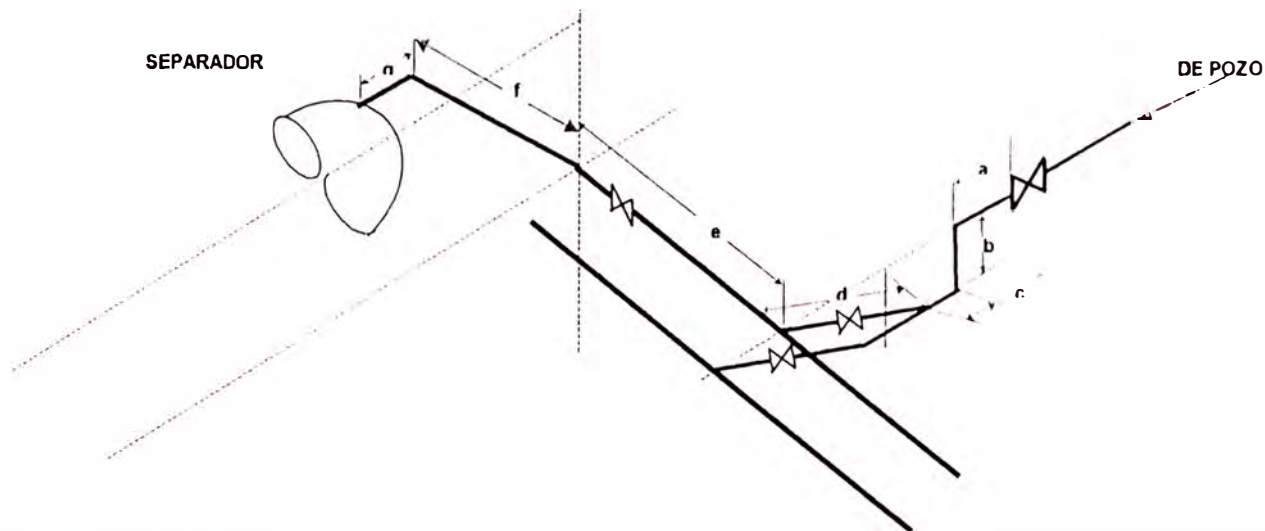
DENSIDAD DE LA MEZCLA DE LIQUIDOS		Viscosidad aparente del liquido	REYNOLDS DEL LIQUIDO	CAUDAL DE GAS	Rey del gas	FLUJO MASICO DE LIQUIDO	FLUJO MASICO DE GAS	RAZON DE FLUJO MASICO DE GAS AL DE LIQUIDOS	Exp	Exp	Rey equivalente	Factor de fricción dual	Longitud de cada tramo	Constante de los gases	Factor de compresibilidad del gas
Esp	Lbm/pie3	cP		PIE3/S		Lbm/hr	Lbm/hr	K	a	b		f'	pies	R	Z
1.09	67.90	2.18	68,626	0.24	4,848	95,236	37	0.00039	0.00039	0.99996	68,824	0.0060	393.6	1544	0.995

Temperatura absoluta	Contrapresión en la descarga (manifold + separador)	Aceleración gravitatoria	Número de tramo											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
°R	psia	pie/seg2	Calculo por tramo (Bertuzzi, tek, Poettmann)	4.54	99.53	104.02	108.49	112.94	117.37	121.79	126.20	130.59	134.98	
645	90.48	32.17	Longitud acumulada	pies	393.6	787.2	1180.8	1574.4	1968	2361.6	2755.2	3148.8	3542.4	3936
			Presión al final de cada tramo	psia	95.02	99.53	104.02	108.49	112.94	117.37	121.79	126.20	130.59	134.98

Presión en cabezal de pozo	psig	120.28
----------------------------	------	--------

9.5.2.2.0 CALCULO PARA LA MAXIMA DEMANDA

Figura 9.5 - 2: ESQUEMA SIMPLIFICADO DE MANIFOLD MODIFICADO



Tramo "a"		Tramo "b"		Tramo "c"		Tramo "d"		Tramo "e"		Tramo "f"		Tramo "g"		Longitud total	
Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	4"	6"
m	pulgada	m	pulgada	m	pulgada	m	pulgada	m	pulgada	m	pulgada	m	pulgada	m	m
4	4.026	1.42	4.026	0.8	4.026	1.42	4.026	15	6.065	3.621	6.065	1	6.065	7.64	19.621

9.5.2.2.1 CALCULO DE LONGITUD EQUIVALENTE EN TUBERIA DE 4" EN MANIFOLD

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Longitud lineal equivalente
	°F	BPD												
185	14,129	0.0260	1.00	7.64	0.102	0.00821	3.1611	6.1E-07	534076	0.0237	1.09567	1.00	3.24	21.6

Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20°		Reducción 4/6, 20°		Válvula Check - Swin disc	RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO ITERATIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
						k	0.76	k	0.39				k	1.19	0.008
0.71	0.38	0.47	1.42	8.06	0.19	0.68	0.39	0.68	1.19		0.008	4.026	0.0275	6.0310	6.49752
0	2	0	1	0	2	1	0	1	0				0.0237	6.4975	6.49415
0.00	0.76	0.00	1.42	0.00	0.38	0.68	0.00	0.68	0.00				0.0237	6.4942	6.49418
													0.0237	6.4942	6.49418
													0.0237	6.4942	6.49418
													0.0237	6.4942	6.49418
													0.0237	6.4942	6.49418
													0.0237	6.4942	6.49418

Cantidad Parcial

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.66667	0.66667

9.5.2.2.2 CALCULO DE LONGITUD EQUIVALENTE EN TUBERIA DE 6" DE MANIFOLD

Temperatura media	CAUDAL		Fracción de descarga	Longitud	Diámetro interno del tubo	Sección del tubo	Velocidad	Viscosidad cinemática del agua salada	REYNOLDS	FACTOR DE FRICCION	Peso específico	Desnivel en el tramo	Total de factores de carga	Longitud lineal equivalente
	°F	BPD												
185	47.087	0.0865	1.00	19.621	0.154	0.01864	4.64304	6.1E-07	1181748	0.0237	1.09567	2.50	2.09	33.2

Cantidad Parcial	Codo 90°	Codo 45°	Tee flujo directo	Tee flujo desviado	Válvula de control	Válvula de compuerta	Reducción 4/6, 20° Estrechamiento	Reducción 4/6, 20° Ensanchamiento	Válvula Check - Swin disc			RUGOSIDAD ABSOLUTA	DIAMETRO INTERNO	CALCULO INTERACTIVO DEL FACTOR DE FRICCION		
	k	k	k	k	k	k	k	k	k			pulgada	pulgada	0.0001	135.885	6.38202
	0.71	0.38	0.47	1.42	8.06	0.19	0.39	0.68	1.19			0.008	6.065	0.0246	6.3820	6.49499
	2	0	1	0	0	1	0	0	0					0.0237	6.4950	6.49417
	1.42	0.00	0.47	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00					0.0237	6.4942	6.49418
														0.0237	6.4942	6.49418
														0.0237	6.4942	6.49418
														0.0237	6.4942	6.49418
														0.0237	6.4942	6.49418
														0.0237	6.4942	6.49418

Angulo °S	Angulo °S
20	20
Relación	Relación
0.66667	0.66667

9.5.2.2.3 CALCULO DE PERDIDA EN LINEA DE 4" DE MANIFOLD

TEMPERATURA MEDIA	DIAMETRO INTERNO	LONGITUD TOTAL EQUIVALENTE DE LA LINEA		SECCION INTERNA DE LA LINEA	DENSIDAD DEL ACEITE		DENSIDAD ESPECIFICA DEL AGUA	DENSIDAD ESPECIFICA DEL GAS	VISCOSIDAD DINAMICA DEL ACEITE	VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA	VISCOSIDAD DINAMICA DEL GAS	GOR	CAUDAL DE ACEITE	CAUDAL DE AGUA	CAUDAL DE LIQUIDOS
°F	Pulgada	m	pie	pie2	API	esp			cP	cP	cP	PIE3 GAS STD/BARRIL ACEITE	BPD	BPD	BPD
190	4.026	22	71	0.0884	19	0.96	1.09352	0.55407	27	0.64057	0.01213	70	600	11400	12000

DENSIDAD DE LA MEZCLA DE LIQUIDOS		Viscosidad aparente del liquido cP	REYNOLDS DEL LIQUIDO	CAUDAL DE GAS pie ³ /S	Rey del gas	FLUJO MASICO DE LIQUIDO Lbm/hr	FLUJO MASICO DE GAS Lbm/hr	RAZON DE FLUJO MASICO DE GAS AL DE LIQUIDOS K	Exp a	Exp b	Rey equivalente	Factor de fricción dual f'	Longitud de cada tramo pies	Constante de los gases R	Factor de compresibilidad del gas Z
Esp	Lbm/pie ³														
1.09	67.78	1.97	151,232	0.49	9,533	190,114	74	0.00039	0.00039	0.99996	151,700	0.0055	7.08793	1544	0.995

Temperatura absoluta °R	Contrapresión en la descarga (presión en separador) psia	Aceleración gravitatoria pie/seg ²	Número de tramo												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
			Calculo por tramo, Poettmann			0.33	45.37	64.06	81.67	98.72	115.40	131.84	148.10	164.22	180.22
650	44.70	32.17	Longitud acumulada		pie	393.6	787.2	1180.8	1574.4	1968	2361.6	2755.2	3148.8	3542.4	3936
			Presión al final de cada tramo		psia	45.03	45.37	64.06	81.67	98.72	115.40	131.84	148.10	164.22	180.22

Pérdida en manifold	psig	137.08
---------------------	------	--------

9.5.2.2.4 CALCULO DE PERDIDA EN LINEA DE 6" DE MANIFOLD

TEMPERATURA MEDIA	DIAMETRO INTERNO	LONGITUD TOTAL EQUIVALENTE DE LA LINEA		SECCION INTERNA DE LA LINEA	DENSIDAD DEL ACEITE		DENSIDAD ESPECIFICA DEL AGUA	DENSIDAD ESPECIFICA DEL GAS	VISCOSIDAD DINAMICA DEL ACEITE	VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA	VISCOSIDAD DINAMICA DEL GAS	GOR	CAUDAL DE ACEITE	CAUDAL DE AGUA	CAUDAL DE LIQUIDOS
°F	Pulgada	m	pie	pie2	API	esp			cP	cP	cP	PIE3 GAS STD/BARRIL ACEITE	BPD	BPD	BPD
190	6.065	33	109	0.20063	19	0.96	1.09352	0.55407	27	0.64057	0.01213	70	2000	38000	40000

DENSIDAD DE LA MEZCLA DE LIQUIDOS		Viscosidad aparente del liquido	REYNOLDS DEL LIQUIDO	CAUDAL DE GAS	Rey del gas	FLUJO MASICO DE LIQUIDO	FLUJO MASICO DE GAS	RAZON DE FLUJO MASICO DE GAS AL DE LIQUIDOS	Exp	Exp	Rey equivalente	Factor de fricción dual	Longitud de cada tramo	Constante de los gases	Factor de compresibilidad del gas
Esp	Lbm/pie ³	cP		pie3/S		Lbm/hr	Lbm/hr	K	a	b		f'	pies	R	Z
1.09	67.77	1.97	334,615	1.62	21,094	633,685	246	0.00039	0.00039	0.99996	335,743	0.0051	10.8822	1544	0.995

Temperatura absoluta	Contrapresión en la descarga (presión en separador)	Aceleración gravitatoria	Número de tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
°R	psia	pie/seg ²	Calculo por tramo, Poettmann	0.67	46.05	46.72	47.39	48.05	48.72	49.38	50.04	50.70	51.36
650	44.70	32.17	Longitud acumulada	pie	393.6	787.2	1180.8	1574.4	1968	2361.6	2755.2	3148.8	3542.4
			Presión al final de cada tramo	psia	45.37	46.05	46.72	47.39	48.05	48.72	49.38	50.04	50.70
			Pérdida en manifold	psig	10.55								

9.5.2.2.5 PERDIDA TOTAL EN MANIFOLD

Pérdida total en manifold	psig	147.63
---------------------------	------	--------

9.5.2.2.6 LINEA DE PRODUCCION

TEMPERATURA MEDIA	DIAMETRO INTERNO	LONGITUD TOTAL EQUIVALENTE DE LA LINEA		SECCION INTERNA DE LA LINEA	DENSIDAD DEL ACEITE		DENSIDAD ESPECIFICA DEL AGUA	DENSIDAD ESPECIFICA DEL GAS	VISCOSIDAD DINAMICA DEL ACEITE	VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA	VISCOSIDAD DINAMICA DEL GAS	GOR	CAUDAL DE ACEITE	CAUDAL DE AGUA	CAUDAL DE LIQUIDOS
°F	pulgada +	m	pie	pie2	API	ESPECIFICO			cP	cP	cP	PIE3 GAS STD/BI	bpd	bpd	bpd
185	4.026	1,200	3,936	0.0884	19	0.96	1.09567	0.55951	31	0.66317	0.01204	70	600	11400	12000

DENSIDAD DE LA MEZCLA DE LIQUIDOS	Viscosidad aparente del liquido	REYNOLDS DEL LIQUIDO	CAUDAL DE GAS	Rey del gas	FLUJO MASICO DE LIQUIDO	FLUJO MASICO DE GAS	RAZON DE FLUJO MASICO DE GAS AL DE	Exp	Exp	Rey equivalente	Factor de fricción dual	Longitud de cada tramo	Constante de los gases	Factor de compresibilidad del gas	
Esp	Lbm/pie3	cP	PIE3/S		Lbm/hr	Lbm/hr	K	a	b		f'	pies	R	Z	
1.09	67.90	2.18	137,252	0.49	9,695	190,472	74	0.00039	0.00039	0.99996	137,681	0.0056	393.6	1544	0.995

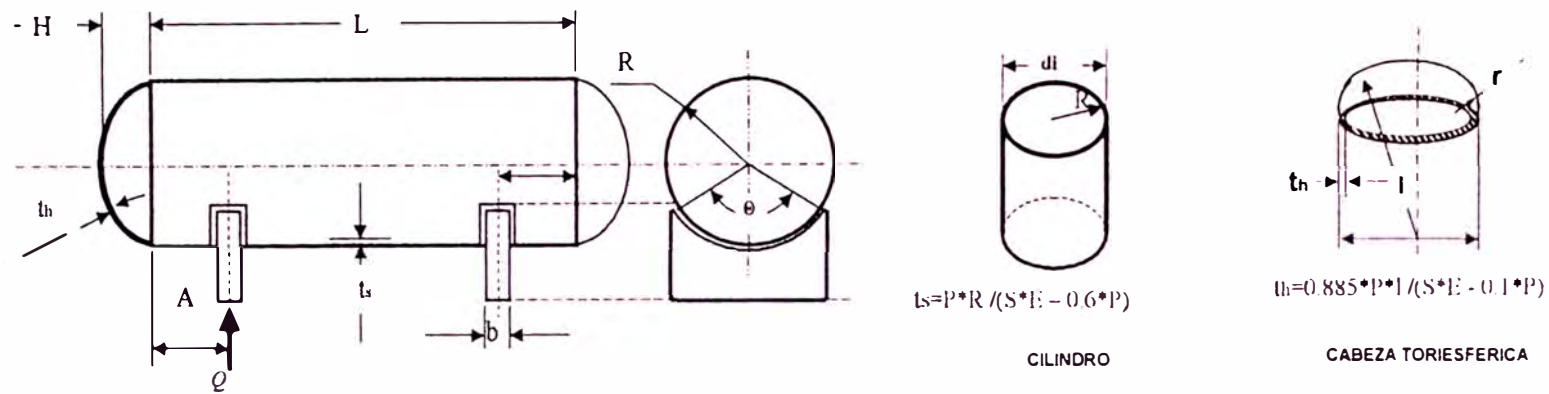
Temperatura absoluta	Contrapresión en la descarga (manifold + separador)	Aceleración gravitatoria	Número de tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
°R	psia	pie/seg2	Calculo por tramo (Bertuzzi, Tek,	15.86	223.97	239.71	255.39	271.03	286.63	302.20	317.73	333.24	348.73	
645	192.33	32.17	Longitud acumulada	pies	393.6	787.2	1180.8	1574.4	1968	2361.6	2755.2	3148.8	3542.4	3936
			Presión al final de cada tramo	psia	208.18	223.97	239.71	255.39	271.03	286.63	302.20	317.73	333.24	348.73
			Presión en cabezal de pozo	psig	334.03									

9.6.0.0 CALCULO ESTRUCTURAL DE RECIPIENTES PRINCIPALES

9.6.1.0 CALCULO ESTRUCTURAL DE SEPARADOR TRIFASICO

9.6.1.1 CALCULO ESTRUCTURAL DE CASCO Y SOPORTE DE SEPARADOR TRIFASICO

Figura 9.6 - 1: ESQUEMA PARA CALCULO ESTRUCTURAL DE SEPARADOR

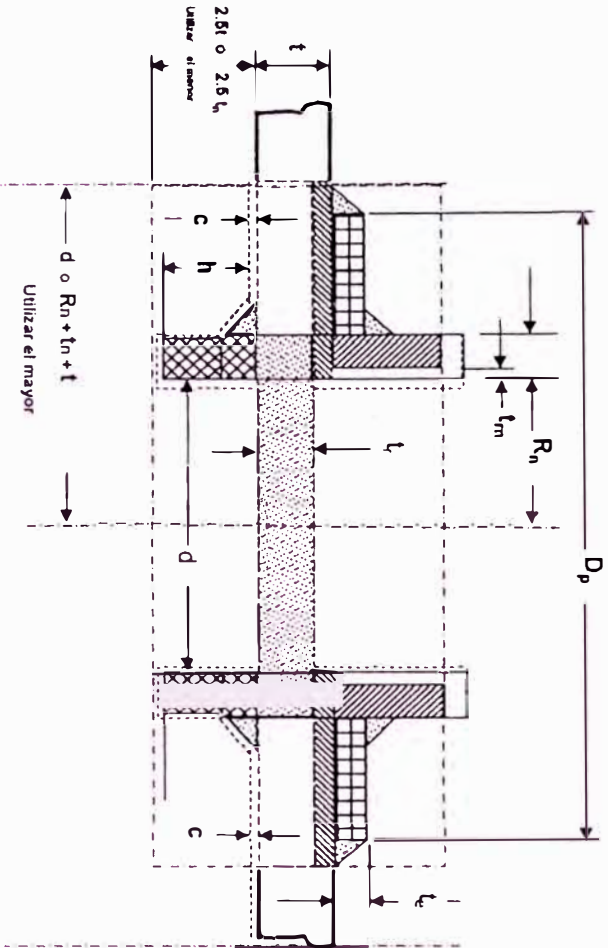


Presión de operación	Presión de diseño	Esfuerzo máximo permisible para el material	Eficiencia de junta soldada-cilindro	Eficiencia de junta soldada-tapa	Radio interior del casco	Longitud del casco entre costuras	Concavidad máxima	Espesor de casco calculado	Radio mayor de tapa	Radio menor de tapa	Relación de radios	Espesor de tapa calculado	Longitud equivalente del separador	Margen de espesor por corrosión	Espesor seleccionado para el casco	Espesor seleccionado para las tapas	Peso total del recipiente y accesorios fijados al casco	Peso del agua de producción para llenar recipiente	Peso total
Po	P	S	Ec	Et	R	L	H	ts	l	r	l/r	th	Leq	tc	ts	th	Wca	Wf	W
psi	psi	psi			pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	Lbs	Lbs	Lbs
36.0	70.0	12,700.0	0.7	1.0	54.1	610.2	19.7	0.43	108.00	6.48	16.67	0.53	640.75	1/16	1/2	5.8	37,616.20	223,363	260,979

		Longitud del separador entre costuras
L	°	Angulo de la silleta
610.24	120	
pulgada	pulgada	Distancia del extremo al centro de la silleta
40.35	12.00	Ancho de la silleta
ts	pulgada	Espesor del casco
1/2		
th	pulgada	Espesor de las Cabezas
5/8		
H	pulgada	Profundidad de concavidad
19.70		
S	psi	Esfuerzo permisible
12.700.00		
Q	Libra	Carga sobre cada silleta
130.480		
tpd	pulgada	Espesor de la placa de desgaste
3/8		
tas	pulgada	Espesor del alma de la silleta
3/8		
S1	psi	Esfuerzo en la silleta
582		
SI	psi	Esfuerzo por presión interna
3.789		
S1	psi	Esfuerzo en la mitad del claro
3.059		
St	psi	Suma de los esfuerzos de tensión
6.848		
Spt	psi	Esfuerzo permisible a la tensión
10.795		
S2	psi	Esfuerzo cortante tangencial
4.597		
S4	psi	Esfuerzo circunferencial
-16.672		
S6	psi	Esfuerzo en la parte inferior de la silleta.
9.890		
Saa	psi	Esfuerzo en el alma de la silleta
3.934		

9.6.1.2 CALCULO DE REFUERZOS EN ACOMETIDAS (TOBERAS)

Figura 9.6 - 2: ESQUEMA PARA CALCULO DE REFUERZOS



9.6.1.2.1 CALCULO DE REFUERZO PARA ACOMETIDA DE INGRESO DE FLUIDO

Pd	Presión de diseño	psi	60
T	Temperatura	*F	165
Sv	Esfuerzo permisible en tanque	psi	12700
Sn	Esfuerzo permisible en tobera	psi	12700
Sp	Esfuerzo permisible en placa de refuerzo	psi	12700
Factor de reducción de esfuerzo	$f_1 = S_u / S_v$		1
	$f_2 = S_u / S_v$ $f_2 = S_u / S_v$	El menor	1
	$f_3 = S_p / S_v$		1
F	factor de corrección por orientación de conexión		1
d	Diámetro de conexión	pulgada	8.125
d _o	Diámetro exterior de conexión	pulgada	8.5
t _r	Espesor de casco calculado	pulgada	0.43
t _n	Espesor de tubo conectado	pulgada	0.1875
t _{in}	Espesor requerido para el tubo conectado	pulgada	0.08
C	Espesor permitido por corrosión	pulgada	0.0625
t	Espesor del casco menos espesor por corrosión	pulgada	0.44
t _e	Espesor de la placa de refuerzo	pulgada	3/8
h	Longitud interna de la conexión	pulgada	0.85

A	Sección total requerida de refuerzo	pulg ²	3.48
A ₁	Sección disponible en el casco	pulg ²	0.07
A ₂	Sección disponible en la proyección exterior de la conexión	pulg ²	0.10
A ₃	Sección disponible en la proyección exterior de la conexión	pulg ²	0.21
A ₄₁	Sección disponible en la soldadura exterior de la conexión	pulg ²	0.14
A ₄₂	Sección disponible en la soldadura exterior del refuerzo	pulg ²	0.14
A ₄₃	Sección disponible en la soldadura interior de la conexión	pulg ²	0.19
A ₅	Sección disponible en la plancha de refuerzo	pulg ²	2.62
Dp	Diámetro exterior mínimo de refuerzo	pulgada	15.48

9.6.1.2.2 CALCULO DE REFUERZO PARA ACOMETIDA DE TUBERIA PARA DESCARGA DE AGUA

Pd	Presión de diseño	psi	60
T	Temperatura	°F	185
Sv	Esfuerzo permisible en tanque	psi	12700
Sn	Esfuerzo permisible en tobera	psi	12700
Sp	Esfuerzo permisible en placa de refuerzo	psi	12700
$f_1 = S_n / S_v$	Factor de reducción de esfuerzo		1
$f_2 = S_n / S_v$			1
$f_3 = S_p / S_v$			1
F	factor de corrección por orientación de conexión		1
d	Diámetro de conexión	pulgada	12.125
d _o	Diámetro exterior de conexión	pulgada	12.75
t _i	Espesor de casco calculado	pulgada	0.43
t _n	Espesor de tubo conectado	pulgada	0.3125
t _m	Espesor requerido para el tubo conectado	pulgada	0.11
C	Espesor permitido por corrosión	pulgada	0.0625
t	Espesor del casco menos espesor por corrosión	pulgada	0.44
t _r	Espesor de la placa de refuerzo	pulgada	0.375
h	Longitud interna de la conexión	pulgada	1.1

A	Sección total requerida de refuerzo	pulg ²	5.19
A ₁	Sección disponible en el casco	pulg ²	0.11
A ₂	Sección disponible en la proyección exterior de la conexión	pulg ²	0.32
A ₃	Sección disponible en la proyección exterior de la conexión	pulg ²	0.55
A ₄	Sección disponible en la soldadura exterior de la conexión	pulg ²	0.14
A ₅	Sección disponible en la soldadura exterior del refuerzo	pulg ²	0.14
A ₆	Sección disponible en la soldadura interior de la conexión	pulg ²	0.19
A ₇	Sección disponible en la plancha de refuerzo	pulg ²	3.74
Dp	Diámetro exterior mínimo de refuerzo	pulgada	22.73

9.6.1.2.3 CALCULO DE REFUERZO PARA ACOMETIDA DE TUBERIA PARA DESCARGA DE ACEITE

Pd	T	Sv	Sn	Sp	$f_r = S_n / S_v$	$f_r = S_n / S_v$	$f_r = S_n / S_v$	F	d	d _o	t _r	t _n	t _m	C	t	t _e	h														
psi	°F	psi	psi	psi		El menor			pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada														
60	185	12700	12700	12700	1	1	1	1	6.125	6.5	0.43	0.1875	0.06	0.0625	0.44	0.375	0.85														
Presión de diseño		Temperatura		Esfuerzo permisible en tanque		Esfuerzo permisible en tobera		Esfuerzo permisible en placa de refuerzo		Factor de reducción de esfuerzo		factor de corrección por orientación de conexión		Diámetro de conexión		Diámetro exterior de conexión		Espesor de casco calculado		Espesor de tubo conectado		Espesor requerido para el tubo conectado		Espesor permitido por corrosión		Espesor del casco menos espesor por corrosión		Espesor de la placa de refuerzo		Longitud interna de la conexión	

A	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	Dp								
pulg ²	pulg ²	pulg ²	pulg ²	pulg ²	pulg ²	pulg ²	pulg ²	pulg ²	pulgada								
2.62	0.06	0.12	0.21	0.14	0.14	0.19	1.76	11.20									
Sección total requerida de refuerzo		Sección disponible en el casco		Sección disponible en la proyección exterior de la conexión		Sección disponible en la proyección exterior de la conexión		Sección disponible en la soldadura exterior de la conexión		Sección disponible en la soldadura exterior del refuerzo		Sección disponible en la soldadura interior de la conexión		Sección disponible en la plancha de refuerzo		Diámetro exterior mínimo de refuerzo	

9.6.1.2.4 CALCULO DE REFUERZO PARA ACOMETIDA DE TUBERIA PARA DESCARGA DE GAS

Pd	Presión de diseño	T	Temperatura	Sv	Esfuerzo permisible en tanque	Sn	Esfuerzo permisible en tobera	Sp	Esfuerzo permisible en placa de refuerzo	Factor de reducción de esfuerzo	$f_1 = S_v / S_v$	$f_2 = S_v / S_v$	$f_3 = S_p / S_v$	F	factor de corrección por orientación de conexión	d	Diámetro de conexión	d _o	Diámetro exterior de conexión	t _r	Espesor de casco calculado	t _n	Espesor de tubo conectado	t _m	Espesor requerido para el tubo conectado	C	Espesor permitido por corrosión	t	Espesor del casco menos espesor por corrosión	t _e	Espesor de la placa de refuerzo	h	Longitud interna de la conexión
psi		*F		psi		psi		psi			$f_4 = S_p / S_v$	El menor	1	1	1		pulgada		pulgada		pulgada		pulgada		pulgada		pulgada		pulgada		pulgada		pulgada
60		195		12700		12700		12700			1	1	1	1	1		4.125		4.5		0.43		0.1875		0.04		0.0625		0.44		0.375		0.85

A	Sección total requerida de refuerzo	A ₁	Sección disponible en el casco	A ₂	Sección disponible en la proyección exterior de la conexión	A ₃	Sección disponible en la proyección exterior de la conexión	A ₄	Sección disponible en la soldadura exterior de la conexión	A ₂	Sección disponible en la soldadura exterior del refuerzo	A ₃	Sección disponible en la soldadura interior de la conexión	A ₁	Sección disponible en la plancha de refuerzo	Dp	Diámetro exterior mínimo de refuerzo
pulg ²		pulg ²		pulg ²		pulg ²		pulg ²		pulg ²		pulg ²		pulg ²		pulgada	
1.77		0.04		0.14		0.21		0.14		0.14		0.18		0.91		6.91	

9.8.1.2.6 CALCULO DE REFUERZO PARA INGRESO DE HOMBRE

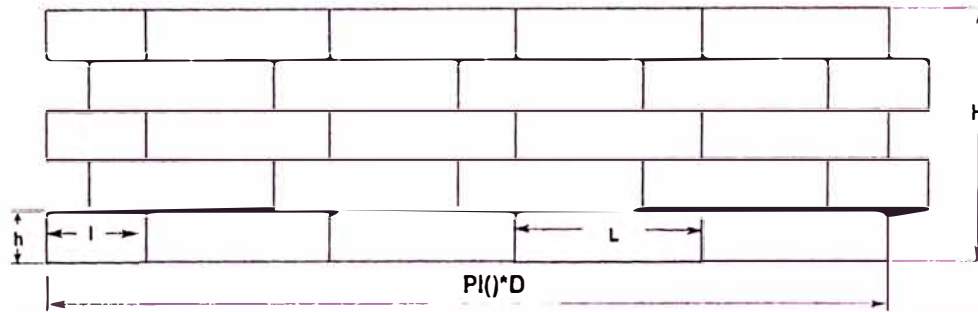
Pd	T	Sv	Sn	Sp	Factor de reducción de esfuerzo	F	d	d _o	t _r	t _n	t _m	C	t	t _r	h														
psi	°F	psi	psi	psi		$f_1 = S_n / S_v$		pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada													
60	185	12700	12700	12700		$f_2 = S_n / S_v$ $f_3 = S_p / S_v$ El menor	1	24.125	25.25	0.43	0.5625	0.22	0.0625	0.44	0.375	1.1													
Presión de diseño		Temperatura		Esfuerzo permisible en tanque		Esfuerzo permisible en tobera		Esfuerzo permisible en placa de refuerzo		factor de corrección por orientación de conexión		Diámetro de conexión		Diámetro exterior de conexión		Espesor de casco calculado		Espesor de tubo conectado		Espesor requerido para el tubo conectado		Espesor permitido por corrosión		Espesor del casco menos espesor por corrosión		Espesor de la placa de refuerzo		Longitud interna de la conexión	

A	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	Dp											
pulg ²	pulg ²	pulg ²	pulg ²	pulg ²	pulg ²	pulgada											
10.33	0.22	0.75	1.10	0.14	0.14	0.19											
Sección total requerida de refuerzo		Sección disponible en el casco		Sección disponible en la proyección exterior de la conexión		Sección disponible en la proyección exterior de la conexión		Sección disponible en la soldadura exterior de la conexión		Sección disponible en la soldadura exterior del refuerzo		Sección disponible en la soldadura interior de la conexión		Sección disponible en la plancha de refuerzo		Diámetro exterior mínimo de refuerzo	

9.6.2.0 CALCULO ESTRUCTURAL DE TANQUE DE LAVADO

9.6.2.1 CALCULO DEL ESPESOR DE PLANCHAS

Figura 9.6 - 3 : ESQUEMA PARA DISTRIBUCION DE PLANCHAS DE CILINDRO



DIAMETRO DEL TANQUE	ALTURA NOMINAL DEL TANQUE	ANCHO DE PLANCHA	LARGO DE PLANCHA	NUMERO DE PLANCHAS POR ANILLO	NUMERO DE ANILLOS	LONGITUD DE PLANCHA DE EMPALME	ESPACIADO PARA JUNTA SOLDADA	ALTURA REAL DEL CILINDRO	Esfuerzo admisible para la plancha	Margen por corrosión	Peso específico del fluido	Eficiencia de junta	ESPESOR DE PLANCHA DE FONDO	PENDIENTE MINIMA DE TECHO	SOBRELEVACION DE TECHO
D	Hn	h	L			l	e	Hr	S	tc	G	E	t		
pie	pie	pie	mm			mm	pulgada	pie	psi	pulgada					pie
26	31	6	6000	4.15	5	897	0.125	30 10417	21000	0.13	1.1	0.7	5/16	1/16	0.813

NORMA API-850: CALCULO DEL ESPESOR DE PLANCHA PARA CADA ANILLO

$$t = 2.6 \cdot D \cdot (H-1) \cdot G / E \cdot S + t_c$$

En donde:

t: espesor de plancha para cada anillo en pulgadas

D: diámetro del tanque en pies

H: Altura correspondiente para cada anillo, tomada en el borde inferior de cada anillo, en pies

G: peso específico del producto a utilizar, pero nunca menor a 1 (en nuestro caso consideramos 1.1)

E= Eficiencia de junta soldada, igual a 0.85 cuando se efectua inspecciones radiograficas y 0,7 cuando no se efectua inspecciones radiograficas

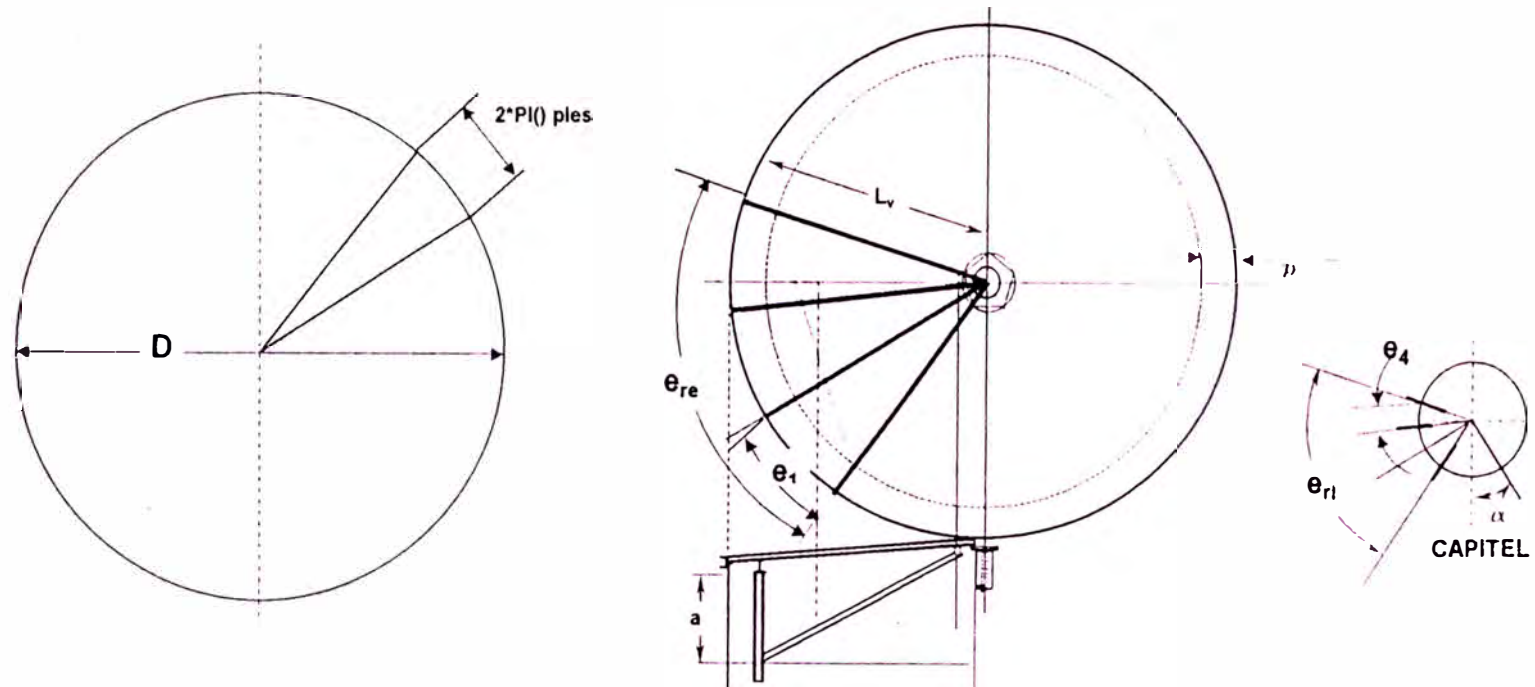
S: esfuerzo admisible del material seleccionado para la plancha, la norma API asume el valor de 21,000 psi con un factor de eficiencia para la junta de 0.85

tc: Margen asumido por corrosión, en la mayor parte de casos se recomienda asumir 1/16" , se asume 1/8" por el fuerte ataque químico observado en los tanques de proceso.

Número de anillo			1	2	3	4	5
Altura	H	pie	30.104	24.094	18.083	12.073	6.063
Esesor calculado	t	pulgada	0.246	0.221	0.198	0.171	0.146
Esesor nominal de plancha	tc	pulgada	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4

9.6.2.2 CALCULO DE ESTRUCTURA METALICA DEL TECHO DE TANQUE DE LAVADO

Figura 9.6 - 4 : DIMENSIONES DE ELEMENTOS PRINCIPALES DEL TECHO DE TANQUE DE LAVADO



D	DIAMETRO DEL TANQUE	pie	26
n	NUMERO MINIMO DE VIGAS QUE LLEGAN AL CILINDRO		13
	NUMERO DE LADOS DE POLIGONO ESTRUCTURAL EXTERNO		5
	NUMERO DE TRAMOS POR LADO DE POLIGONO		3
	NUMERO DE VIGAS RADIALES		15
c	RADIO DE CIRCULO CIRCUNSCRITO A POLIGONO	pie	11.50
2α	ANGULO DE LADO DE POLIGONO	rad	1.26
L_p	LADO DE POLIGONO	pie	13.52
	NUMERO DE TRAMOS ENTRE VIGUETAS INTERNAS EN LADO DE POLIGONO		3
	NUMERO DE VIGAS QUE LLEGAN A CADA LADO DEL POLIGONO		4
	NUMERO DE VIGAS QUE LLEGAN AL CAPITEL		15
e_1	DISTANCIA ENTRE VIGAS AL BORDE DE CILINDRO	pie	5.45
e_2	DISTANCIA ENTRE VIGAS EN LADO EXTERIOR DE POLIGONO	pie	4.51
e_3	DISTANCIA ENTRE VIGAS EN LADO INTERIOR DE POLIGONO	pie	6.78
R_c	RADIO DE CAPITEL	pulgada	13.00
e_4	DISTANCIA ENTRE VIGAS EN CAPITEL	pie	0.45
t_r	ESPESOR DE PLANCHAS DE TECHO	pulgada	3/18
q	CARGA UNITARIA EN EL TECHO	Lb/pie ²	32.65
p	DISTANCIA ENTRE EJE DE COLUMNA EXTERIOR A PARED DE CILINDRO	pie	1.5

9.6.2.2.1 CALCULO DE CARGA REPARTIDA EN EL TECHO

Figura 9.6 - 6 : UBICACION DE ELEMENTOS PRINCIPALES DEL TECHO DE TANQUE DE LAVADO

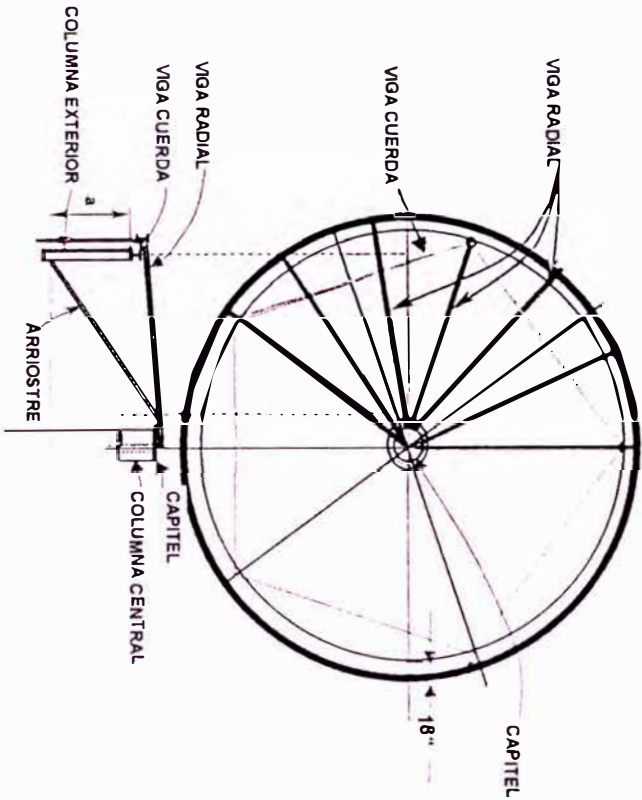
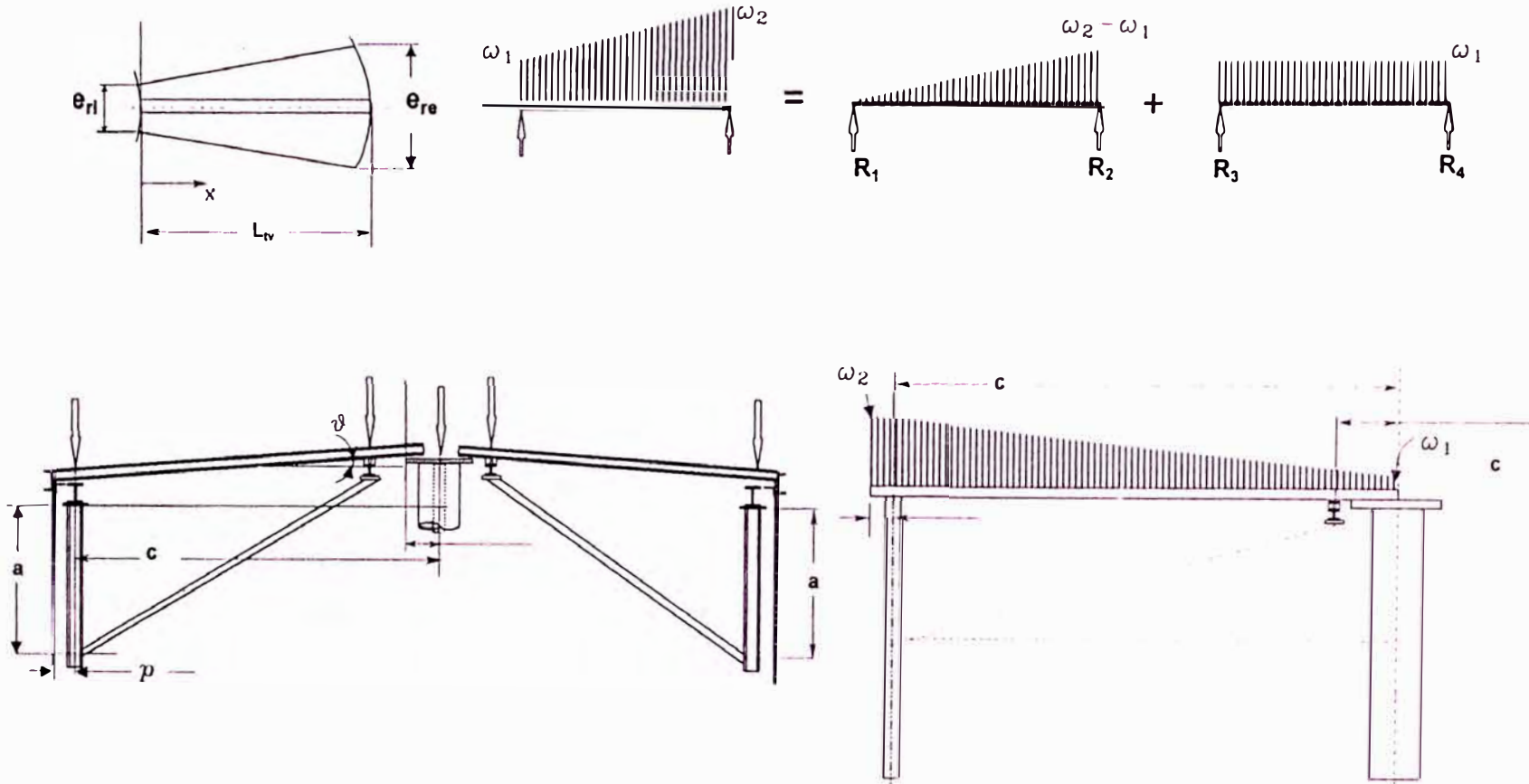


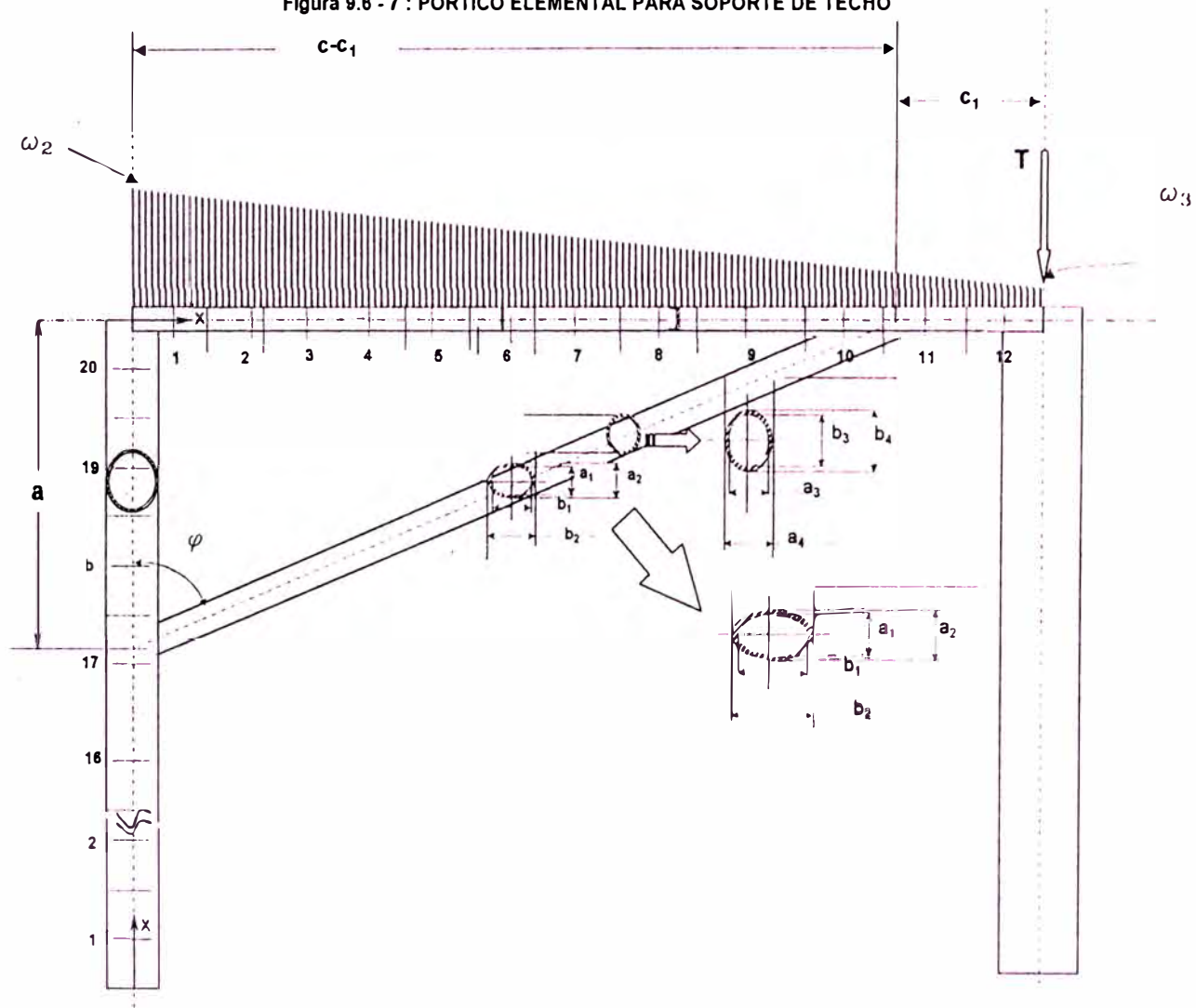
Figura 9.6 - 6 : DISTRIBUCION DE CARGA SOBRE ELEMENTOS PRINCIPALES DEL TECHO DE TANQUE DE LAVADO



	e_n		ARCO EXTERIOR DE SECTOR SELECCIONADO PARA EL CALCULO
	e_n		ARCO INTERIOR DE SECTOR SELECCIONADO PARA EL CALCULO
	w_1	Lb/pie	CARGA REPARTIDA
	w_2	Lb/pie	CARGA REPARTIDA
	α	rad	ANGULO α
	θ	rad	CONICIDAD DEL TECHO
	c	pie	RADIO DE CIRCULO CIRCUNSCRITO A POLIGONO
	L_v	pie	LONGITUD TOTAL DE VIGA TOMADO PARA EL CALCULO
	W	Lb	CARGA TOTAL EN DISTRIBUCION TRIANGULAR
	R_1	Lb	FUERZA
	R_2	Lb	FUERZA
	R_3	Lb	FUERZA
	R_4	Lb	FUERZA
	x	pie	DISTANCIA "x" PARA MOMENTO MAXIMO (viga apoyada)
	M_{max}	Lb-pulg	MOMENTO MAXIMO EN "x" (viga apoyada)
	S_{adm}	psi	ESFUERZO ADMISIBLE (A-36, $F_y=$ 50ksi)
	Z_c	pulgada ³	MODULO TOTAL DE VIGA CALCULADO
	$C_{6 \times 6.7}$	Lb/pie	PESO VIGA SELECCIONADA
	Z_s	pulgada ³	MODULO TOTAL DE VIGA SELECCIONADA EN EL SECTOR
16.36282	1.381357	44.45	533.38
		0.63	
		0.0624188	
		11.50	
		1.52	
		2816.84	
		836.95	
		1877.89	
		256.08	
		256.08	
		6.53	
		-58638.827	
		20000	
		2.83	
		6.7	
		9	

9.6.2.2.2 CALCULO DE PORTICO ELEMENTAL PARA SOPORTE DE TECHO

Figura 9.6 - 7 : PORTICO ELEMENTAL PARA SOPORTE DE TECHO



138.27	pulgada	LV	LONGITUD APARENTE DE LA VIGA ENTRE EJES DE COLUMNAS
12.00	pulgada	NV	NUMERO DE TRAMOS COMPLETOS EN VIGA
11.52	pulgada	CV	LONGITUD DE TRAMO EN VIGA
5.00	pulgada	d _{ve}	ALTURA DE VIGA EXTERIOR (CANAL 6 X 6.7)
5.00	pulgada	d _{vi}	ALTURA DE VIGA INTERIOR (CANAL 6X6.7)
356.25	pulgada	Lc	LOGITUD DE COLUMNA EXTERIOR
20.00	pulgada	Nc	LONGITUD DE TRAMOS COMPLETOS EN COLUMNA EXTERIOR
17.81	pulgada	Cc	LONGITUD DE TRAMO EN COLUMNA EXTERIOR
7.49	pulgada ⁴	I _{ve}	MOMENTO DE INERCIA DE VIGA EXTERIOR (CANAL 6X6.7)
7.49	pulgada ⁴	I _{vi}	MOMENTO DE INERCIA DE VIGA INTERIOR (CANAL 6X6.7)
0.80	pulgada ⁴	I _{rv}	MOMENTO DE INERCIA DE TUBO DE 2" CEDULA 40 RELACIONADO CON VIGA RADIAL DE TECHO
17.66	pulgada ⁴	I _{ce}	MOMENTO DE INERCIA DE TUBO DE 2" CEDULA 40 RELACIONADO CON COLUMNA EXTERIOR
7.23	pulgada ⁴	I _{ce}	MOMENTO DE INERCIA DE COLUMNA EXTERIOR
3.02	pulgada ⁴	I _{cc}	MOMENTO DE INERCIA DE COLUMNA CENTRAL (Solo tubo de 3")
1.14	pulgada ³	F _{rv}	SECCION DE TUBO DE 2" CEDULA 40 RELACIONADO CON VIGA RADIAL
3.20	pulgada ³	F _{ce}	SECCION DE TUBO DE 2" CEDULA 40 RELACIONADO CON COLUMNA EXTERIOR

42	pulgada	a	LONGITUD
138	pulgada	c	LONGITUD
20	pulgada	c ₁	LONGITUD
0.33532			COS ϕ
0.9421026			SENO ϕ
4.5	pulgada	D _{4e}	DIAMETRO EXTERIOR COLUMNA AUXILIAR
4.026	pulgada	D _{4i}	DIAMETRO INTERIOR DE COLUMNA AUXILIAR
14	pulgada	D _{14e}	DIAMETRO EXTERIOR DE TUBO 14" CEDULA 40
13.124	pulgada	D _{14i}	DIAMETRO INTERIOR DE TUBO 14" CEDULA 40
2.375	pulgada	D _{2e}	DIAMETRO EXTERIOR DE TUBO 2" CEDULA 40
2.067	pulgada	D _{2i}	DIAMETRO INTERIOR DE TUBO 2" CEDULA 40
2.067	pulgada	a ₁	LONGITUD
2.375	pulgada	a ₂	LONGITUD
2.067	pulgada	a ₃	LONGITUD
2.375	pulgada	a ₄	LONGITUD
6.16418	pulgada	b ₁	LONGITUD
7.08269	pulgada	b ₂	LONGITUD
2.19403	pulgada	b ₃	LONGITUD
2.52096	pulgada	b ₄	LONGITUD

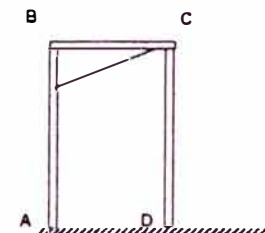
9.6.2.2.3 CALCULO DE MOMENTOS EN VIGAS RADIALES

LONGITUD DE VIGA COMPUESTA	LONGITUD DE VIGA EXTERIOR	LONGITUD DE VIGA INTERIOR	SECCION APARENTE DE VIGA EXTERIOR (C 5X6.7)	SECCION APARENTE DE VIGA INTERIOR (C 5X6.7)	MOMENTO DE INERCIA APARENTE DE VIGA EXTERIOR	MOMENTO DE INERCIA APARENTE DE VIGA CON SECCION CONSTANTE	CARGA DISTRIBUIDA MAXIMA APARENTE EN VIGA RADIAL	CARGA DISTRIBUIDA MINIMA APARENTE EN VIGA RADIAL	MOMENTO DE INERCIA DE TUBO DE 2" CEDULA 40 RELACIONADO CON VIGA EXTERIOR	SECCION DE TUBO DE 2" CEDULA 40 RELACIONADO CON VIGA EXTERIOR	MOMENTO DE INERCIA DE TUBO DE 2" CEDULA 40 RELACIONADO CON COLUMNA EXTERIOR	MOMENTO DE INERCIA DE COLUMNA EXTERIOR	MOMENTO DE INERCIA DE COLUMNA CENTRAL (solo tubo de 3")
L _{ve}	L1	L2	F3	F4	I _{ave}	I _{avl}	ω _{maxe}	ω _{mini}	I _{sv}	F _{3v}	I _{3c}	I _{ce}	I _{cc}
pulgada	pulgada	pulgada	pulgada ²	pulgada ²	pulgada ⁴	pulgada ⁴	Lb/pulgada	Lb/pulgada	pulgada ⁴	pulgada ²	pulgada ⁴	pulgada ⁴	pulgada ⁴
138.00	118.00	20.00	5.91	5.91	22.47	22.47	533.38	44.45	0.80	1.14	17.66	7.23	3.02

Inercia									
Pto.	I	X	L-X	u	X ² /I	(L-X) ² /I	X*(L-X)/I	u*X/I	u*(L-X)/I
	pulgada ⁴	pulgada	pulgada	Lb-pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	Lb-pulgada	Lb-pulgada
1	1571.88	5.76	132.24	138505.0	0.02	11.12	0.48	508	11652
2	1313.76	17.28	120.72	365113.7	0.23	11.09	1.59	4803	33549
3	1079.16	28.81	109.19	529037.5	0.77	11.05	2.91	14122	53530
4	868.078	40.33	97.67	635896.4	1.87	10.99	4.54	29533	71525
5	680.508	51.85	86.15	690510.4	3.95	10.91	6.56	52613	87415
6	516.454	63.37	74.63	698899.5	7.78	10.78	9.16	85761	100990
7	375.913	74.90	63.10	666283.9	14.92	10.59	12.57	132748	111848
8	258.888	86.42	51.58	598083.4	28.85	10.28	17.22	199643	119164
9	165.378	97.94	40.06	499718.2	58.00	9.70	23.72	295945	121046
10	95.3829	109.46	28.54	376608.4	125.62	8.54	32.75	432202	112674
11	22.47	120.99	17.01	234173.8	651.42	12.88	91.61	1260866	177318
12	22.47	132.51	5.49	77834.6	781.41	1.34	32.39	458999	19024
					1675	119	236	2967744	1019735

$$M_{BC} = L \cdot (K_3 \cdot K_4 - K_1 \cdot K_5) / (K_3 \cdot 2 - K_1 \cdot K_2)$$

$$M_{CB} = L \cdot (K_2 \cdot K_4 - K_3 \cdot K_5) / (K_3 \cdot 2 - K_1 \cdot K_2)$$



K _{1v}	K _{2v}	K _{3v}	K _{4v}	K _{5v}	MBC	MCB	K _{3v} /K _{1v}
pulgada	pulgada	pulgada	Lb-pulg	Lb-pulg	Lb-pulg	Lb-pulg	
1.93E+04	1.37E+03	2.71E+03	3.42E+07	1.17E+07	964.821	-106.861	0.1406

LONGITUD DE COLUMNA EXTERIOR	LONGITUD ARRIOSTRADA DE COLUMNA EXTERIOR	LONGITUD DE COLUMNA CENTRAL	TRAMO DE COLUMNA EXTERIOR -SECCION VARIABLE	TRAMO DE COLUMNA CENTRAL -SECCION VARIABLE	SECCION DE COLUMNA EXTERIOR (TUBO 4" CEDULA 40)	SECCION DE COLUMNA CENTRAL (solo tubo de 3")	MOMENTO DE INERCIA DE COLUMNA EXTERIOR (tubo 4" cedula 40)	MOMENTO DE INERCIA DE COLUMNA CENTRAL (solo tubo de 3")	MOMENTO DE INERCIA DE TUBO DE 2" CEDULA 40 RELACIONADO CON COLUMNA EXTERIOR	SECCION DE TUBO DE 3" CEDULA 40 RELACIONADO CON COLUMNA EXTERIOR					
L _{ce}	a	L _{cc}			F ₃	F ₄	I _{ce}	I _{cc}	I _{3c}	F _{3c}					
pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada ²	pulgada ²	pulgada ⁴	pulgada ⁴	pulgada ⁴	pulgada ²					
356.25	42	356.25	17.81	17.81	3.174048	2.23	7.23	3.02	17.66	3.20					

3.6.2.2.4 CALCULO DE MOMENTOS EN COLUMNA EXTERIOR

Pto.	l	x	L-x	u	x ² /l	(L-x) ² /l	x*(L-x)/l	u*x/l	u*(L-x)/l
	pulgada ⁴	pulgada	pulgada	Lb-pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	b-pulgada	b-pulgada
1	7.2326	8.91	347.34	0	11.0	16681.1	427.7	0	0
2	7.2326	26.72	329.53	0	98.7	15014.1	1217.4	0	0
3	7.2326	44.53	311.72	0	274.2	13434.8	1919.3	0	0
4	7.2326	62.34	293.91	0	537.4	11943.3	2533.4	0	0
5	7.2326	80.16	276.09	0	888.3	10539.5	3059.8	0	0
6	7.2326	97.97	258.28	0	1327.0	9223.4	3498.5	0	0
7	7.2326	115.78	240.47	0	1853.5	7995.1	3849.5	0	0
8	7.2326	133.59	222.66	0	2467.6	6854.5	4112.7	0	0
9	7.2326	151.41	204.84	0	3169.5	5801.6	4288.2	0	0
10	7.2326	169.22	187.03	0	3959.2	4836.5	4375.9	0	0
11	7.2326	187.03	169.22	0	4836.5	3959.2	4375.9	0	0
12	7.2326	204.84	151.41	0	5801.6	3169.5	4288.2	0	0
13	7.2326	222.66	133.59	0	6854.5	2467.6	4112.7	0	0
14	7.2326	240.47	115.78	0	7995.1	1853.5	3849.5	0	0
15	7.2326	258.28	97.97	0	9223.4	1327.0	3498.5	0	0
16	7.2326	276.09	80.16	0	10539.5	888.3	3059.8	0	0
17	7.2326	293.91	62.34	0	11943.3	537.4	2533.4	0	0
18	7.2326	311.72	44.53	0	13434.8	274.2	1919.3	0	0
19	2964.11	329.53	26.72	0	36.6	0.2	3.0	0	0
20	13809.9	347.34	8.91	0	8.7	0.0	0.2	0	0
					85260	116801	56923	0.00	0.00

$$M_{AB} = L * (K_{3CE} * K_{4CE} - K_{1CE} * K_{5CE}) / (K_{3CE}^2 - K_{1CE} * K_{2CE})$$

$$M_{BA} = L_{ce} * (K_{2CE} * K_{4CE} - K_{3CE} * K_{5CE}) / (K_{3CE}^2 - K_{1CE} * K_{2CE})$$

$$R_{BA} = K_{2CE} * L_{ce}^2 / (K_{1CE} * K_{2CE} - K_{3CE}^2)$$

$$R_{BC} = K_{1V} * L_v^2 / (K_{1V} * K_{2V} - K_{3V}^2)$$

K _{1CE}	K _{2CE}	K _{3CE}	K _{4CE}	K _{5CE}	M _{BA}	M _{AB}	K _{3CE} /K _{2CE}	R _{BA}	R _{BC}
pulgada	pulgada	pulgada	Lb-pulg	Lb-pulg	Lb-pulg	Lb-pulg			
1518701	2080514	1013939	0	0	0	0	0.4874	0.12	19.18

9.6.2.2.5 CALCULO DE MOMENTOS EN COLUMNA CENTRAL

Pto.	l	X	L-X	u	X ² /l	(L-X) ² /l	X*(L-X)/l	u*X/l	u*(L-X)/l
	pulgada ⁴	pulgada	pulgada	Lb-pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	Lb-pulgada	Lb-pulgada
1.0	3.0	8.9	347.3	0.0	26.3	39987.2	1025.3	0.0	0.0
2.0	3.0	26.7	329.5	0.0	236.6	35991.1	2918.2	0.0	0.0
3.0	3.0	44.5	311.7	0.0	657.3	32205.3	4600.8	0.0	0.0
4.0	3.0	62.3	293.9	0.0	1288.2	28629.9	6073.0	0.0	0.0
5.0	3.0	80.2	276.1	0.0	2129.5	25264.8	7334.9	0.0	0.0
6.0	3.0	98.0	258.3	0.0	3181.1	22110.0	8386.5	0.0	0.0
7.0	3.0	115.8	240.5	0.0	4443.0	19165.5	9227.8	0.0	0.0
8.0	3.0	133.6	222.7	0.0	5915.3	16431.3	9858.8	0.0	0.0
9.0	3.0	151.4	204.8	0.0	7597.8	13907.5	10279.4	0.0	0.0
10.0	3.0	169.2	187.0	0.0	9490.7	11593.9	10489.7	0.0	0.0
11.0	3.0	187.0	169.2	0.0	11593.9	9490.7	10489.7	0.0	0.0
12.0	3.0	204.8	151.4	0.0	13907.5	7597.8	10279.4	0.0	0.0
13.0	3.0	222.7	133.6	0.0	16431.3	5915.3	9858.8	0.0	0.0
14.0	3.0	240.5	115.8	0.0	19165.5	4443.0	9227.8	0.0	0.0
15.0	3.0	258.3	98.0	0.0	22110.0	3181.1	8386.5	0.0	0.0
16.0	3.0	276.1	80.2	0.0	25264.8	2129.5	7334.9	0.0	0.0
17.0	3.0	293.9	62.3	0.0	28629.9	1288.2	6073.0	0.0	0.0
18.0	3.0	311.7	44.5	0.0	32205.3	657.3	4600.8	0.0	0.0
19.0	3.0	329.5	26.7	0.0	35991.1	236.6	2918.2	0.0	0.0
20.0	3.0	347.3	8.9	0.0	39987.2	26.3	1025.3	0.0	0.0
					280252.3	280252.3	140389.0	0.0	0.0

$$M_{DC} = L_{cc} * (K_{3cc} * K_{4cc} - K_{1cc} * K_{5cc}) / (K_{3cc}^2 - K_{1cc} * K_{2cc})$$

$$M_{CD} = L_{cc} * (K_{2cc} * K_{4cc} - K_{3cc} * K_{5cc}) / (K_{3cc}^2 - K_{1cc} * K_{2cc})$$

$$R_{CD} = K_{2cc} * L_{cc}^2 / (K_{1cc} * K_{2cc} - K_{3cc}^2)$$

K _{1cc}	K _{2cc}	K _{3cc}	K _{4cc}	K _{5cc}	M _{CD}	M _{DC}	R _{CD}
pulgada	pulgada	pulgada	Lb-pulg	Lb-pulg	Lb-pulg	Lb-pulg	
4991993	4991993	2500680	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

COEFICIENTES DE REPARTICION				COEFICIENTES DE TRANSMISION				MOMENTOS INICIALES	
BA	BC	CB	CD	BA	BC	CB	DC	M _{BC}	M _{CB}
0.0064	0.9936	0.998234	0.0018	0.4874	0.1406	0.1406	0.500938	964821	-108861

9.8.2.2.8 CALCULO INTEGRAL DE MOMENTOS EN PORTICO ELEMENTAL

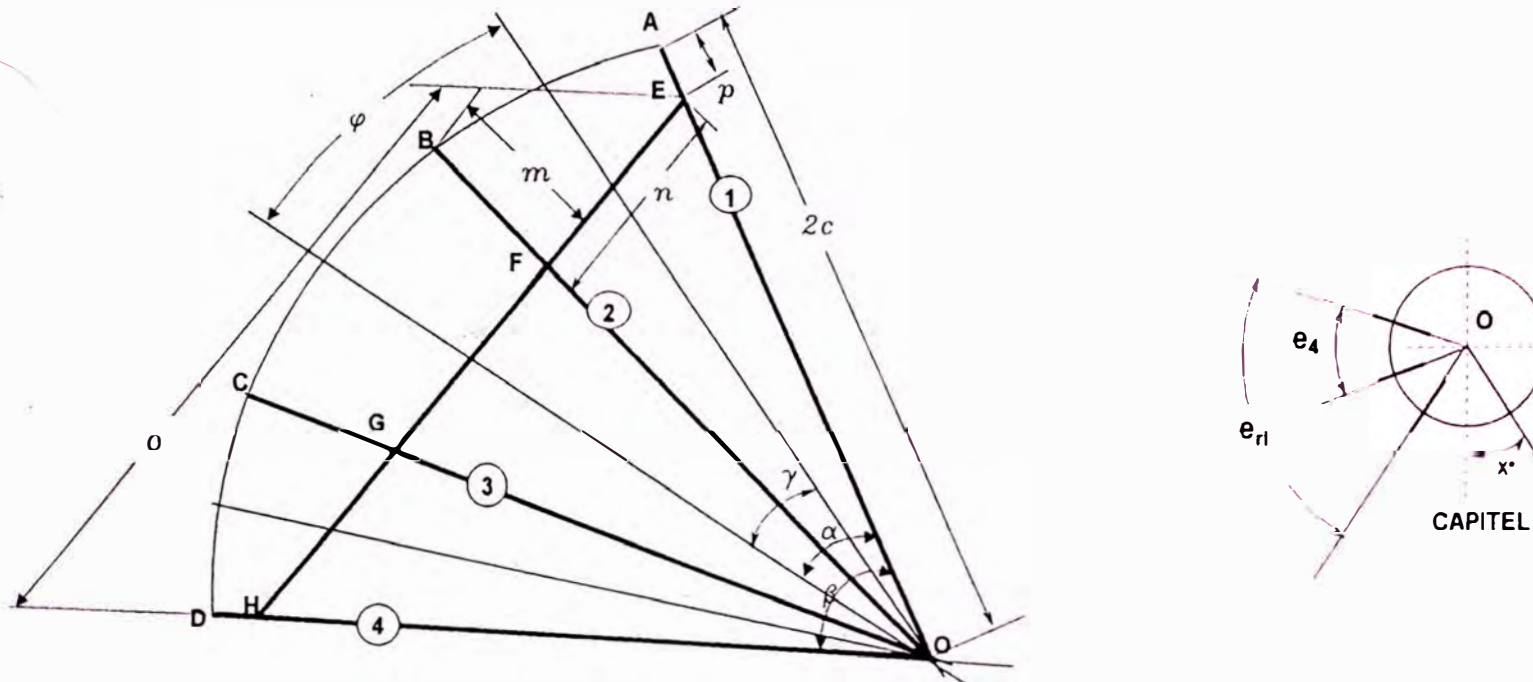
		K3/K2 0.4874		K3/K1 0.1406		K3/K2 0.5009			
		A		B		C		D	
		AB	BA	BC	CB	CD	DC		
		0.0064		0.9936		0.9982		0.0018	
				964820.9	-108860.6				
B		-3017.1	-6190.8	-958630.1	-134797.3				
C				34201.3	243227.5	430.4	215.6		
B		-107.0	-219.5	-33981.8	-4778.3				
C				670.7	4769.9	8.4	4.2		
B		-2.1	-4.3	-666.4	-93.7				
C				13.2	93.5	0.2	0.1		
B		0.0	-0.1	-13.1	-1.8				
C				0.3	1.8	0.0	0.0		
B		0.0	0.0	-0.3	0.0				
C				0.0	0.0	0.0	0.0		
B		0.0	0.0	0.0	0.0				
C				0.0	0.0	0.0	0.0		
B		0.0	0.0	0.0	0.0				
C				0.0	0.0	0.0	0.0		
B		0.0	0.0	0.0	0.0				
C				0.0	0.0	0.0	0.0		
B		0.0	0.0	0.0	0.0				
C				0.0	0.0	0.0	0.0		
B		0.0	0.0	0.0	0.0				
C				0.0	0.0	0.0	0.0		

		K3/K2 0.4724		K3/K1 0.8984		K3/K2 0.4758			
		A		B		C		D	
		AB	BA	BC	CB	CD	DC		
		0.0253		0.9747		0.7419		0.2581	
B		0.0	0.0	0.0	0.0				
C				0.0	0.0	0.0	0.0		
B		0.0	0.0	0.0	0.0				
C				0.0	0.0	0.0	0.0		
B		0.0	0.0	0.0	0.0				
C				0.0	0.0	0.0	0.0		
B		0.0	0.0	0.0	0.0				
C				0.0	0.0	0.0	0.0		
B		0.0	0.0	0.0	0.0				
C				0.0	0.0	0.0	0.0		
B		0.0	0.0	0.0	0.0				
C				0.0	0.0	0.0	0.0		
B		0.0	0.0	0.0	0.0				
C				0.0	0.0	0.0	0.0		
B		0.0	0.0	0.0	0.0				
C				0.0	0.0	0.0	0.0		

		AB	BA	BC	CB	CD	DC
Mo	Lb-pulgada	-3126	-8415	6415	-439	439	220
I	pulgada ⁴	7.2	13809.9	1571.9	22.5	3.0	3.0
c	pulgada	2.25	59.28	8.79	2.50	7.00	7.00
σ	psi	-973	-28	28	-49	1018	510

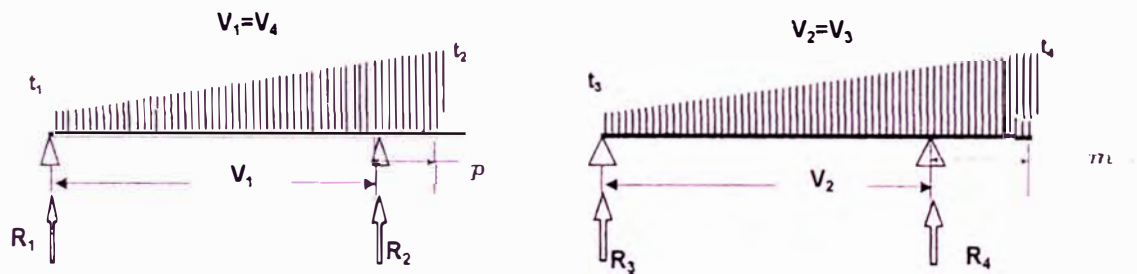
9.6.2.2.7 CALCULO DE LAS VIGAS CUERDA

Figura 9.6 - 8 : DISTRIBUCION DE ELEMENTOS PRINCIPALES DE SOPORTE DE TECHO EN SECTOR ELEMENTAL



9.6.2.2.7.1 DISTRIBUCION DE CARGAS EN VIGAS RADIALES

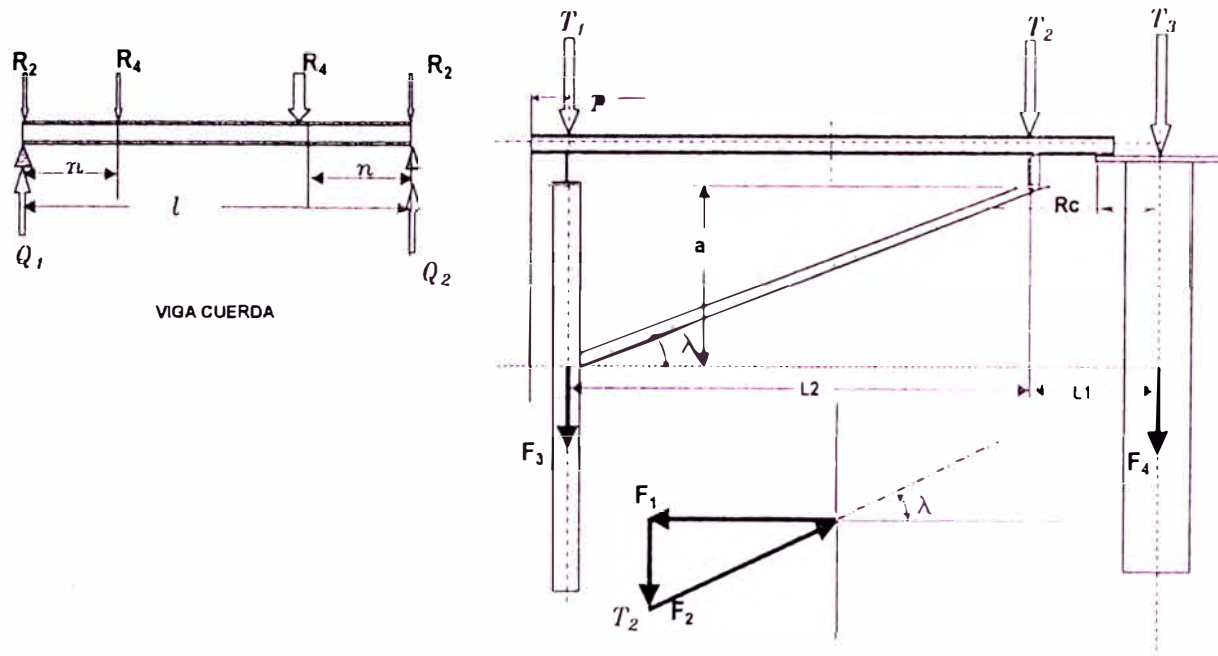
Figura 9.6 - 9 : DISTRIBUCION DE CARGA SOBRE VIGAS RADIALES



DIAMETRO DEL TANQUE	LONGITUD \underline{EA}	ANGULO \underline{LOI}	ANGULO \underline{LOJ}	CARGA POR UNIDAD DE AREA EN TECHO	LONGITUD TOTAL DE VIGA RADIAL	LONGITUD \underline{OE}	LONGITUD \underline{OF}	LONGITUD DE ARCO	LONGITUD	RADIO DE CAPITEL	CARGA DISTRIBUIDA	CARGA DISTRIBUIDA	CARGA DISTRIBUIDA	CARGA DISTRIBUIDA	REACCION	REACCION	REACCION	REACCION	CARGA AXIAL EN COLUMNA CENTRAL
D	p	α	γ	q	V_r	V_1	V_2	φ	ml	R_c	t_1	t_2	t_3	t_4	R_1	R_2	R_3	R_4	R_a
pie	pie	radian	radian	Lb/pie ²	pie	pie	pie	pie	pie	pie	Lb/pie	Lb/pie	Lb/pie	Lb/pie	Lb	Lb	Lb	Lb	Lb
28.000	1.500	0.828	0.419	32.65	11.917	10.417	8.699	5.445	3.218	1.08	7.41	81.49	14.82	162.98	142.54	387.13	208.80	850.55	3513.451

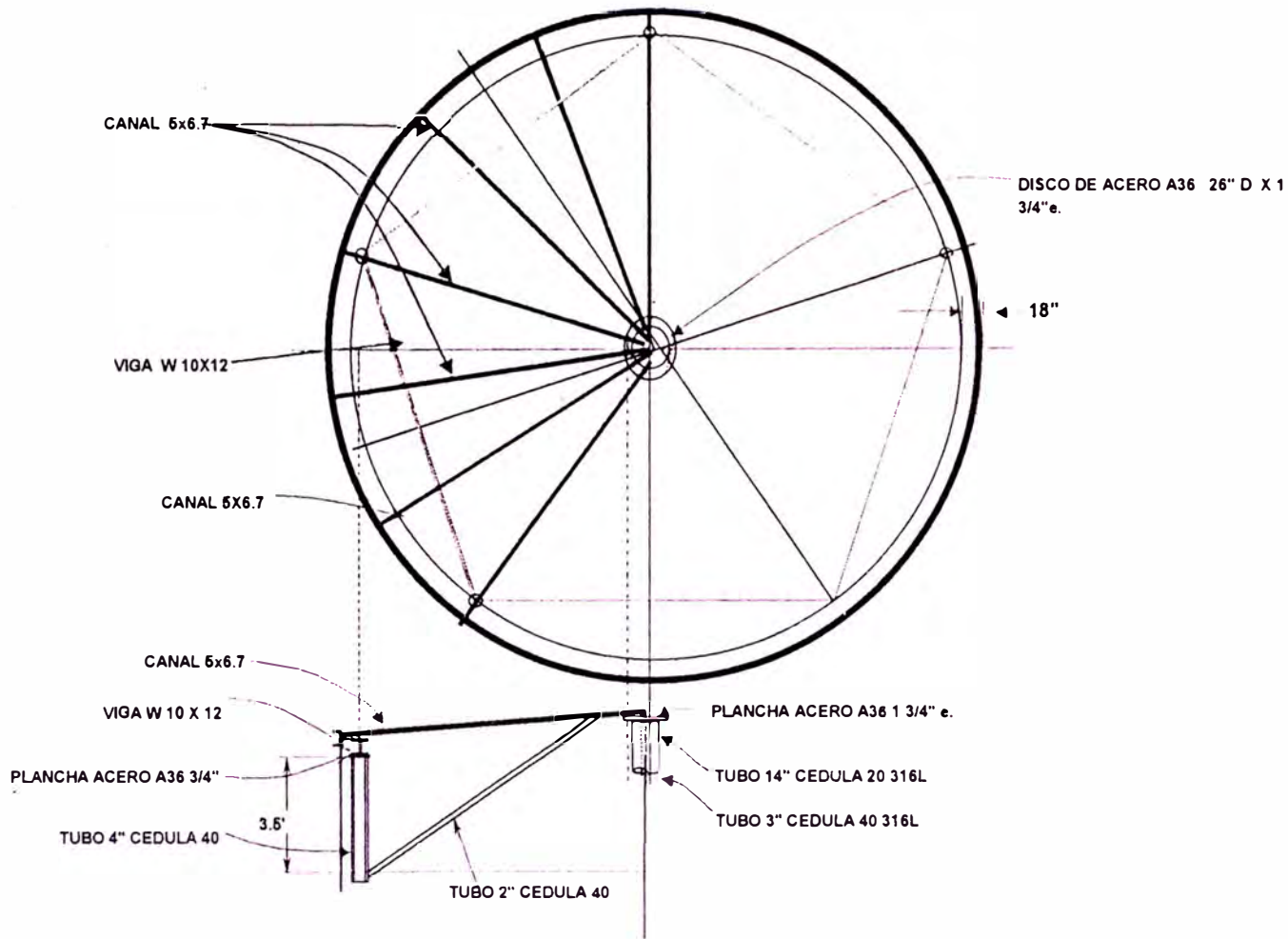
9.6.2.2.7.2 DISTRIBUCION DE CARGAS EN VIGA CUERDA

Figura 9.6 - 10 : DISTRIBUCION DE CARGA SOBRE VIGA CUERDA Y COMPONENTES DE VIGA RADIAL



σ_{pa} psi	6149.8	ESFUERZO PERMISIBLE PARA LA COLUMNA EXTERIOR
σ_{pcc} psi	8183.02	ESFUERZO PERMISIBLE PARA LA COLUMNA CENTRAL
Sce pulgada ²	3.17405	SECCION DE COLUMNA EXTERIOR
Sc pulgada ²	2.23	SECCION DE COLUMNA CENTRAL (solo tubo de 3")
σ_{ce} psi	779.9	ESFUERZO CALCULADO EN LA COLUMNA EXTERIOR
σ_{cc} psi	1576.6	ESFUERZO CALCULADO EN LA COLUMNA CENTRAL
σ_{pa} psi	7314	ESFUERZO PERMISIBLE PARA EL ARRIOSTRE
Sa pulgada ²	1.1	SECCION DE ARRIOSTRE
σ_{ca} psi	1660.11	ESFUERZO CALCULADO EN ARRIOSTRE
σ_{pa} psi	12700	ESFUERZO PERMISIBLE PARA LA PLANCHA DE CAPITEL
Rc pulg	13	RADIO EXTERIOR DE CAPITEL
Recc pulg	7	RADIO EXTERIOR DE COLUMNA CENTRAL
r	1.857143	RELACION DE RADIOS
K	7.93923	FACTOR
W Lb	3513.5	CARGA DISTRIBUIDA SOBRE CAPITEL
tc	1.48202	ESPESOR DE PLANCHA PARA CAPITEL

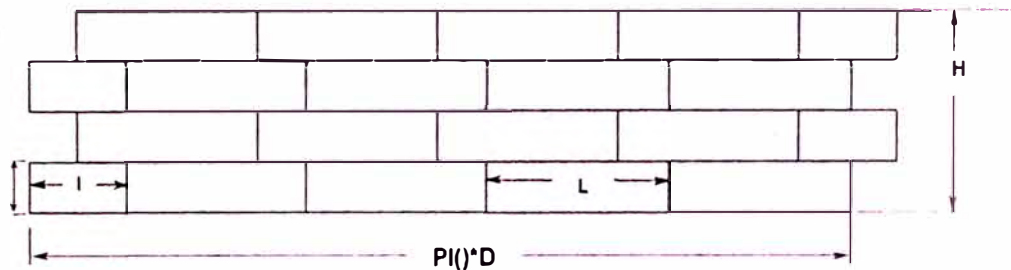
Figura 9.6 - 11 ; DISTRIBUCION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES SELECCIONADOS PARA SOPORTAR EL TECHO DE TANQUE DE LAVADO



9.6.3.0 CALCULO ESTRUCTURAL DE TANQUE DESNATADOR

9.6.3.1 CALCULO DEL ESPESOR DE PLANCHAS

Figura 9.6 - 12 : ESQUEMA DE DISTRIBUCION DE PLANCHAS DEL CILINDRO EN TANQUE DESNATADOR



DIAMETRO DEL TANQUE	ALTURA NOMINAL DEL TANQUE	ANCHO DE PLANCHA	LARGO DE PLANCHA	NUMERO DE PLANCHAS POR ANILLO	NUMERO DE ANILLOS	LONGITUD DE PLANCHA DE EMPALME	ESPACIADO PARA JUNTA SOLDADA	ALTURA REAL	Esfuerzo admisible para la plancha	Margen por corrosión	Peso específico del fluido	Eficiencia de junta	ESPESOR DE PLANCHA DE FONDO	PENDIENTE MINIMA DE TECHO	SOBREELEVACION DE TECHO
D	H _n	h	L			l	e	H _r	S	t _c	G	E	t		
pie	pie	pie	mm			mm	pulgada	pie	psi	pulgada					pie
29.75	24	6	6000	4.74768898	4	4468	0.125	24.09375	21000	0.13	1.1	0.7	5/16	1/16	1.859

NORMA API-650: CALCULO DEL ESPESOR DE PLANCHA PARA CADA ANILLO

$$t = 2.6 * D * (H - 1) * G / E * S + t_c$$

En donde:

t: espesor de plancha para cada anillo en pulgadas

D: diámetro del tanque en pies

H: Altura correspondiente para cada anillo, tomada en el borde inferior de cada anillo, en pies

G: peso específico del producto a utilizar, pero nunca menor a 1 (en nuestro caso consideramos 1.1)

E= Eficiencia de junta soldada, igual a 0.85 cuando se efectua inspecciones radiograficas y 0,7 cuando no se efectua inspecciones radiograficas

S: esfuerzo admisible del material seleccionado para la plancha, la norma API asume el valor de 21,000 psi con un factor de eficiencia para la junta de 0.85

t_c: Margen asumido por corrosión, en la mayor parte de casos se recomienda asumir 1/16", se asume 1/8" por el fuerte ataque químico observado en los tanques de proceso

Número de anillo			1	2	3	4
Altura	H	pie	24.094	18.083	12.073	6.063
Espesor calculado	t	pulgada	0.235	0.206	0.178	0.149
Espesor nominal de plancha	tc	pulgada	1/4	1/4	1/4	1/4

9.6.3.2 CALCULO DE ESTRUCTURA METALICA DEL TECHO DE TANQUE DESNATADOR

Figura 9.6 - 13 : DIMENSIONES DE ELEMENTOS PRINCIPALES DE ESTRUCTURA SOPORTE DE TECHO

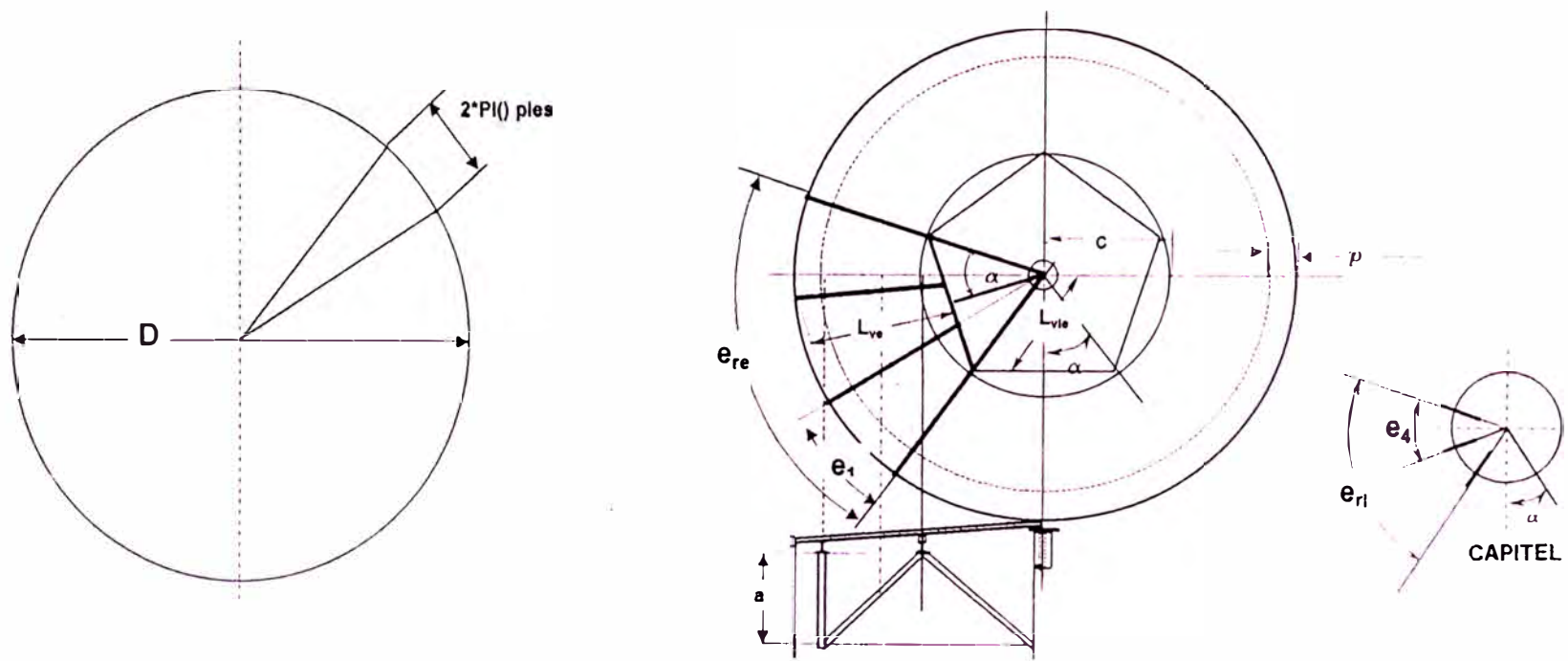
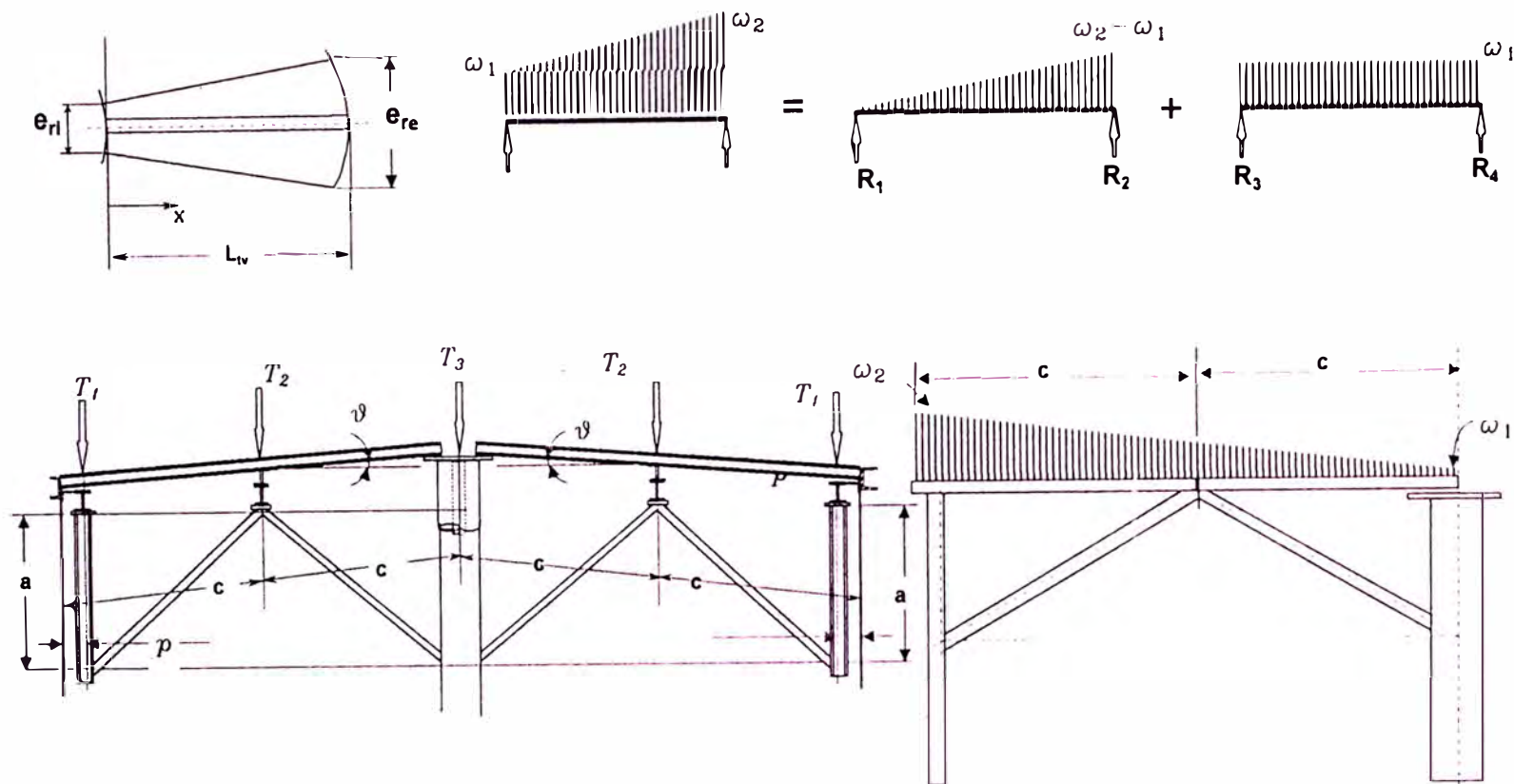
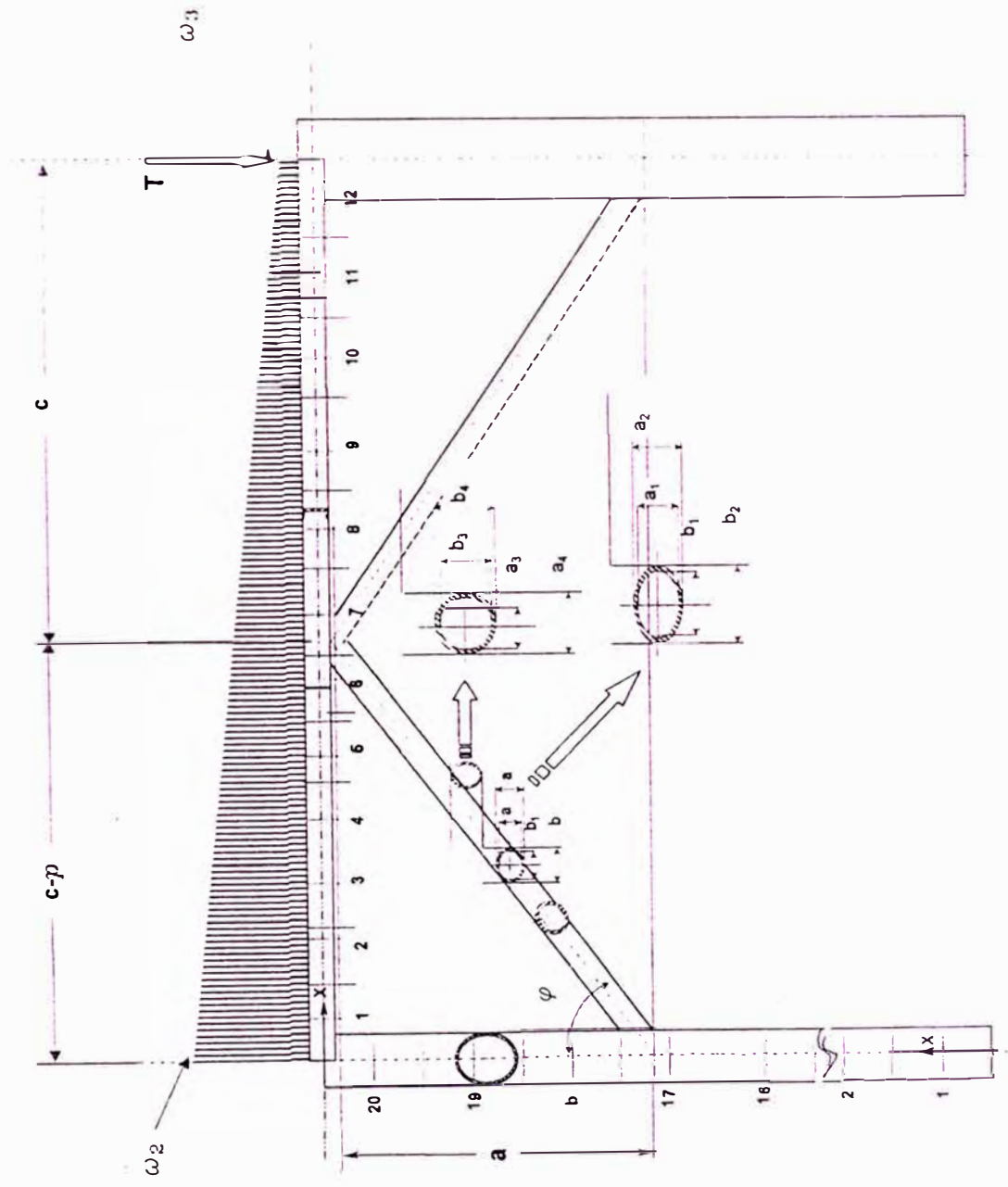


Figura 9.6 - 15 : DISTRIBUCION DE CARGAS EN VIGAS DE TECHO



18.692476	pie	e_a	ARCO EXTERIOR DE SECTOR SELECCIONADO PARA EL CALCULO
2.042035	pie	e_i	ARCO INTERIOR DE SECTOR SELECCIONADO PARA EL CALCULO
88.67	Lb/pie	w_1	CARGA REPARTIDA
810.31	Lb/pie	w_2	CARGA REPARTIDA
0.63	rad	γ	ANGULO γ ($\gamma = \alpha/2$)
0.0624188	rad	θ	CONICIDAD DEL TECHO
7.45	pie	c	RADIO DE CIRCULO CIRCUNSCRITO A POLIGONO INTERIOR
14.90	pie	L_v	LONGITUD TOTAL DE VIGA TOMADO PARA EL CALCULO
4051.19	Lb	W	CARGA TOTAL EN DISTRIBUCION TRIANGULAR
1350.40	Lb	R_1	FUERZA
2700.79	Lb	R_2	FUERZA
496.84	Lb	R_3	FUERZA
496.84	Lb	R_4	FUERZA
8.400868	pie	x	DISTANCIA "x" PARA MOMENTO MAXIMO (viga apoyada)
114738.6	Lb-pulg	M_{max}	MOMENTO MAXIMO EN "x" (viga apoyada)
20000	psi	S_{adm}	ESFUERZO ADMISIBLE (A-36, $F_y = 50$ ksi)
5.73683	pulgada ³	Z_c	MODULO DE VIGA CALCULADO
6.7	Lb/pie	$C_{6x8.7}$	PESO VIGA SELECCIONADA
9	pulgada ³	Z_s	MODULO TOTAL EN EL SECTOR DE VIGA SELECCIONADA

Figura 9.6 - 16 : PORTICO ELEMENTAL PARA SOPORTE DE TECHO



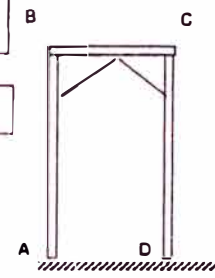
9.6.3.2.3 CALCULO DE VIGA RADIAL COMPUESTA (SECCION VARIABLE)

LONGITUD DE VIGA COMPUESTA	LONGITUD DE VIGA EXTERIOR	LONGITUD DE VIGA INTERIOR	SECCION APARENTE DE VIGA EXTERIOR (C 5X6.7)	SECCION APARENTE DE VIGA INTERIOR (C 5X6.7)	MOMENTO DE INERCIA APARENTE DE VIGA EXTERIOR	MOMENTO DE INERCIA APARENTE DE VIGA INTERIOR	CARGA DISTRIBUIDA MAXIMA APARENTE EN VIGA EXTERIOR	CARGA DISTRIBUIDA MINIMA APARENTE EN VIGA EXTERIOR	CARGA DISTRIBUIDA MAXIMA APARENTE EN VIGA INTERIOR	CARGA DISTRIBUIDA MINIMA APARENTE EN VIGA INTERIOR	MOMENTO DE INERCIA DE TUBO DE 3" CEDULA 40 RELACIONADO CON VIGA EXTERIOR	SECCION DE TUBO DE 2" CEDULA 40 RELACIONADO CON VIGA EXTERIOR	MOMENTO DE INERCIA DE TUBO DE 3" CEDULA 40 RELACIONADO CON COLUMNA EXTERIOR	MOMENTO DE INERCIA DE COLUMNA EXTERIOR	MOMENTO DE INERCIA DE COLUMNA CENTRAL (solo tubo de 3")
L _{vc}	L ₁	L ₂	F ₃	F ₄	I _{ave}	I _{avI}	ω _{maxe}	ω _{minc}	ω _{maxi}	ω _{mini}	I _{3v}	F _{3v}	I _{3c}	I _{ce}	I _{cc}
pulgada	pulgada	pulgada	pulgada ²	pulgada ²	pulgada ⁴	pulgada ⁴	Lb/pulgada	Lb/pulgada	Lb/pulgada	Lb/pulgada	pulgada ⁴	pulgada ²	pulgada ⁴	pulgada ⁴	pulgada ⁴
178.50	89.25	89.25	5.91	5.91	22.47	22.47	810.31				0.90	1.19	8.67	7.23	3.06

Pto.	Inercia	X	L-X	u	X ² /l	(L-X) ² /l	X*(L-X)/l	u*X/l	u*(L-X)/l							
	pulgada ⁴	pulgada	pulgada	Lb-pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	b-pulgada	b-pulgada							
1.0	1488.7	7.5	171.0	268653.1	0.0	19.7	0.9	1344.8	30868.0							
2.0	1004.3	22.4	156.1	709324.8	0.5	24.3	3.5	15790.1	110285							
3.0	616.8	37.3	141.2	1029552.6	2.3	32.3	8.5	62198.2	235772							
4.0	326.1	52.2	126.3	1239420	8.3	48.9	20.2	198251	480143							
5.0	132.4	67.1	111.4	1349008	34.0	93.8	56.5	683567	1135729							
6.0	35.5	82.0	96.5	1368402	189.4	262.6	223.0	3161721	3723145							
7.0	35.5	96.9	81.6	1307682	264.2	187.5	222.6	3566024	3004584							
8.0	132.8	111.8	66.7	1176934	94.1	33.5	56.2	990769	591375							
9.0	327.3	126.7	51.8	986237.7	49.0	8.2	20.1	381731	156134							
10.0	619.1	141.6	36.9	745677.7	32.4	2.2	8.4	170543	44460.3							
11.0	1008.1	156.5	22.0	465336.3	24.3	0.5	3.4	72235.7	10158.6							
12.0	1494.4	171.4	7.1	155296.5	19.7	0.0	0.8	17811.3	738.2							
				718	714	624	9321987	9523391	10703	10636	9301	138535119	141936859	1482127	-1029098	0.9

$$M_{BC} = L \cdot (K3 \cdot K4 - K1 \cdot K5) / (K3 \cdot 2 - K1 \cdot K2)$$

$$M_{CB} = L \cdot (K2 \cdot K4 - K3 \cdot K5) / (K3 \cdot 2 - K1 \cdot K2)$$



K1	K2	K3	K4	K5	MBC =	MCB =	K3/K1

LONGITUD DE COLUMNA EXTERIOR	LONGITUD ARRIOSTRADA DE COLUMNA EXTERIOR	LONGITUD DE COLUMNA CENTRAL	TRAMO DE COLUMNA EXTERIOR -SECCION VARIABLE	TRAMO DE COLUMNA CENTRAL -SECCION VARIABLE	SECCION DE COLUMNA EXTERIOR (TUBO 4" CEDULA 40)	SECCION DE COLUMNA CENTRAL (solo tubo de 3")	MOMENTO DE INERCIA DE COLUMNA EXTERIOR (tubo 4" cedula 40)	MOMENTO DE INERCIA DE COLUMNA CENTRAL (solo tubo de 3")	MOMENTO DE INERCIA DE TUBO DE 2" CEDULA 40 RELACIONADO CON COLUMNA EXTERIOR	SECCION DE TUBO DE 2" CEDULA 40 RELACIONADO CON COLUMNA EXTERIOR
Lce	a	Lcc			F3	F4	Ice	Icc	I _{3c}	F _{3c}
pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada ²	pulgada ²	pulgada ⁴	pulgada ⁴	pulgada ⁴	pulgada ²
283.13	42	305.44	14.16	15.27	3.1740484	2.23	7.23	3.08	8.67	2.53

9.8.3.2.4 CALCULO DE MOMENTOS EN COLUMNA EXTERIOR

Pto.	l	X	L-X	u	X ² /l	(L-X) ² /l	X*(L-X)/l	u*X/l	u*(L-X)/l
	pulgada ⁴	pulgada	pulgada	Lb-pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	Lb-pulgada	Lb-pulgada
1.0	7.2	7.1	276.0	0.0	6.9	10535.9	270.2	0.0	0.0
2.0	7.2	21.2	261.9	0.0	62.3	9483.0	768.9	0.0	0.0
3.0	7.2	35.4	247.7	0.0	173.2	8485.5	1212.2	0.0	0.0
4.0	7.2	49.5	233.6	0.0	339.4	7543.4	1600.1	0.0	0.0
5.0	7.2	63.7	219.4	0.0	561.1	6656.8	1932.6	0.0	0.0
6.0	7.2	77.9	205.3	0.0	838.2	5825.6	2209.7	0.0	0.0
7.0	7.2	92.0	191.1	0.0	1170.7	5049.7	2431.4	0.0	0.0
8.0	7.2	106.2	177.0	0.0	1558.6	4329.3	2597.6	0.0	0.0
9.0	7.2	120.3	162.8	0.0	2001.9	3664.4	2708.4	0.0	0.0
10.0	7.2	134.5	148.6	0.0	2500.6	3054.8	2763.9	0.0	0.0
11.0	7.2	148.6	134.5	0.0	3054.8	2500.6	2763.9	0.0	0.0
12.0	7.2	162.8	120.3	0.0	3664.4	2001.9	2708.4	0.0	0.0
13.0	7.2	177.0	106.2	0.0	4329.3	1558.6	2597.6	0.0	0.0
14.0	7.2	191.1	92.0	0.0	5049.7	1170.7	2431.4	0.0	0.0
15.0	7.2	205.3	77.9	0.0	5825.6	838.2	2209.7	0.0	0.0
16.0	7.2	219.4	63.7	0.0	6656.8	561.1	1932.6	0.0	0.0
17.0	7.2	233.6	49.5	0.0	7543.4	339.4	1600.1	0.0	0.0
18.0	293.5	247.7	35.4	0.0	209.1	4.3	29.9	0.0	0.0
19.0	2755.8	261.9	21.2	0.0	24.9	0.2	2.0	0.0	0.0
20.0	7784.7	276.0	7.1	0.0	9.8	0.0	0.3	0.0	0.0
					45580.7	73603.3	34770.8	0.0	0.0

$$M_{AB} = L^*(K3*K4 - K1*K5)/(K3^2 - K1*K2)$$

$$M_{BA} = Lce*(K2*K4 - K3*K5)/(K3^2 - K1*K2)$$

$$R_{BA} = K2^2 * L_{cc}^2 / (K1*K2 - K3^2)$$

$$R_{BC} = K1 * L_{vc}^2 / (K1*K2 - K3^2)$$

K1	K2	K3	K4	K5	Mba	Mab	R _{BA}	R _{BC}	K3/K2
pulgada	pulgada	pulgada	Lb-pulg	Lb-pulg	Lb-pulg	Lb-pulg			
645252.0	1041946.3	492224.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	12.5	0.5

9.6.3.2.5 CALCULO DE MOMENTOS EN COLUMNA CENTRAL

Pto.	l	X	L-X	u	x ² /l	(L-x) ² /l	X*(L-X)/l	u*X/l	u*(L-X)/l
	pulgada ⁴	pulgada	pulgada	Lb-pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	Lb-pulgada	Lb-pulgada
1.0	3.1	7.6	297.8	0.0	19.0	28980.1	742.6	0.0	0.0
2.0	3.1	22.9	282.5	0.0	171.4	28066.0	2113.5	0.0	0.0
3.0	3.1	38.2	267.3	0.0	476.0	23324.2	3332.0	0.0	0.0
4.0	3.1	53.5	252.0	0.0	933.0	20734.8	4398.3	0.0	0.0
5.0	3.1	68.7	236.7	0.0	1542.3	18297.6	5312.2	0.0	0.0
6.0	3.1	84.0	221.4	0.0	2303.9	16012.8	6073.8	0.0	0.0
7.0	3.1	99.3	206.2	0.0	3217.8	13880.3	6683.1	0.0	0.0
8.0	3.1	114.5	190.9	0.0	4284.0	11900.1	7140.1	0.0	0.0
9.0	3.1	129.8	175.6	0.0	5502.6	10072.3	7444.7	0.0	0.0
10.0	3.1	145.1	160.4	0.0	6873.5	8396.7	7597.0	0.0	0.0
11.0	3.1	160.4	145.1	0.0	8396.7	6873.5	7597.0	0.0	0.0
12.0	3.1	175.6	129.8	0.0	10072.3	5502.6	7444.7	0.0	0.0
13.0	3.1	190.9	114.5	0.0	11900.1	4284.0	7140.1	0.0	0.0
14.0	3.1	206.2	99.3	0.0	13880.3	3217.8	6683.1	0.0	0.0
15.0	3.1	221.4	84.0	0.0	16012.8	2303.9	6073.8	0.0	0.0
16.0	3.1	236.7	68.7	0.0	18297.6	1542.3	5312.2	0.0	0.0
17.0	3.1	252.0	53.5	0.0	20734.8	933.0	4398.3	0.0	0.0
18.0	245.3	267.3	38.2	0.0	291.1	5.9	41.6	0.0	0.0
19.0	2317.8	282.5	22.9	0.0	34.4	0.2	2.8	0.0	0.0
20.0	6533.7	297.8	7.6	0.0	13.6	0.0	0.3	0.0	0.0
					124957.2	202308.2	95531.3	0.0	0.0

$$R_{CD} = K_2 * L_{cc}^2 / (K_1 * K_2 - K_3^2)$$

K1	K2	K3	K4	K5	M _{CD}	M _{OC}	R _{CD}
pulgada	pulgada	pulgada	Lb-pulg	Lb-pulg	Lb-pulg	Lb-pulg	
1908330.2	3089625.0	1458941.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1

COEFICIENTES DE REPARTICION				COEFICIENTES DE TRANSMISION				MOMENTOS INICIALES (Lb-pulg)	
BA	BC	CB	CD	BA	BC	CB	DC	M _{BC}	M _{CB}
0.0153	0.9847	0.993904	0.0061	0.4724	0.8690	0.8690	0.472207	1482127	-1029098

9.6.3.2.6 CALCULO INTEGRAL DE MOMENTOS EN PORTICO

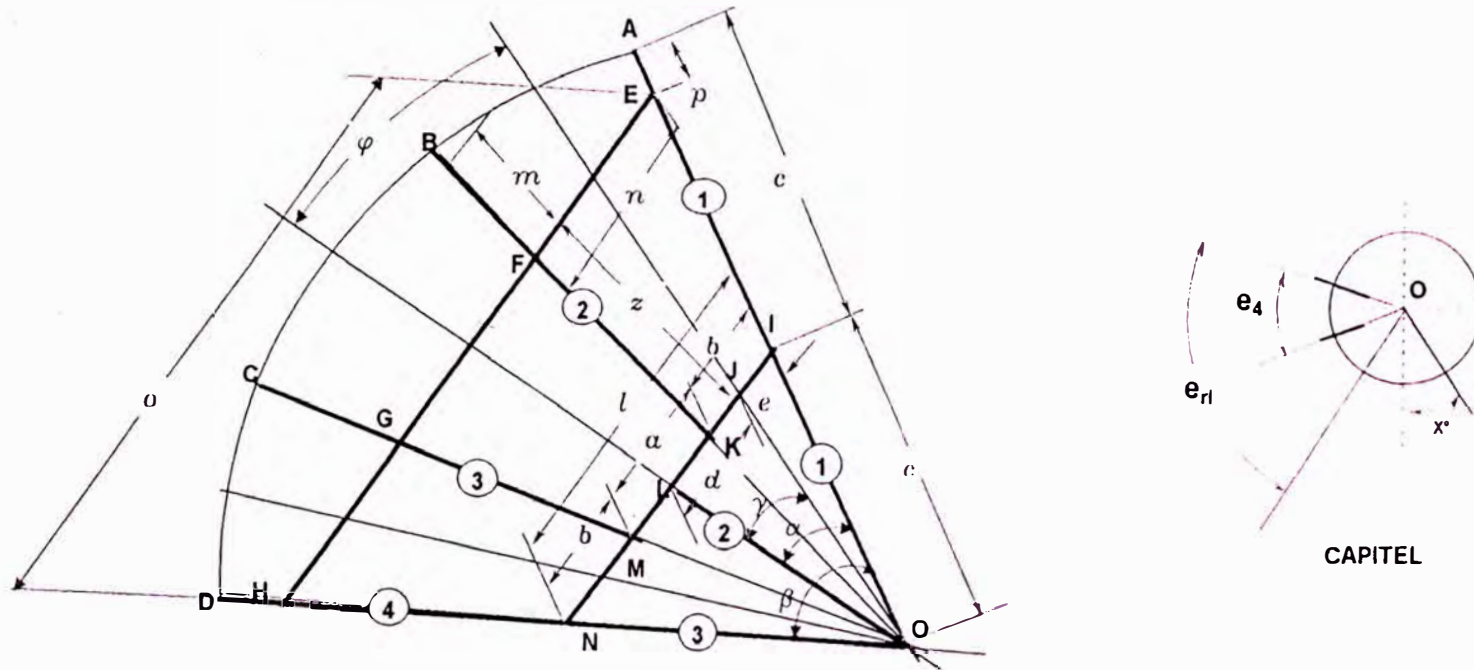
	K3/K2		K3/K1				K3/K2	
	0.4724		0.8690				0.4722	
	A	B	C		D			
	AB	BA	BC	CB	CD	DC		
		0.0153	0.9847	0.9939	0.0061			
			1482127	-1029097.6				
B	-10734.3	-22722.5	-1459404	-1268159				
C			1984049	2283254	14003.3	6612.5		
B	-14369.5	-30417.5	-1953631	-1697621				
C			1466167.5	1687273.1	10348.1	4886.5		
B	-10618.7	-22477.8	-1443689.7	-1254504.0				
C			1083484.9	1246857.0	7647.0	3811.0		
B	-7847.0	-16610.6	-1066854.3	-927050.3				
C			800656.2	921399.3	5651.0	2668.4		
B	-5798.8	-12274.9	-788381.4	-685069.4				
C			591667.0	680893.4	4176.0	1971.9		
B	-4285.1	-9070.9	-582596.1	-506250.9				
C			437228.8	503164.8	3085.9	1457.2		
B	-3166.6	-6703.2	-430525.5	-374108.0				
C			323102.1	371827.6	2280.4	1076.8		
B	-2340.1	-4953.5	-318148.8	-276457.4				
C			238765.2	274772.2	1685.2	795.8		
B	-1729.3	-3680.5	-235104.7	-204295.8				
C			176442.1	203050.5	1245.3	588.0		
B	1258.3	2663.6	-173737.1	-150970.0				
C			130386.8	150049.8	920.3	434.6		

	K3/K2		K3/K1				K3/K2	
	0.4724		0.8984				0.4756	
	A	B	C		D			
	AB	BA	BC	CB	CD	DC		
		0.0253	0.9747	0.7419	0.2581			
B	-944.3	-1999.0	-128387.8	-111563.5				
C			96352.9	110883.4	680.1	321.1		
B	-697.8	-1477.2	-94875.7	-82442.9				
C			71202.6	81940.4	502.5	237.3		
B	-515.7	-1091.6	-70111.0	-60923.5				
C			52617.1	60552.1	371.4	175.4		
B	-381.1	-806.7	-51810.5	-45021.1				
C			38882.9	44746.6	274.4	129.6		
B	-281.6	-596.1	-38288.8	-33269.6				
C			28733.6	33066.8	202.8	95.8		
B	-208.1	-440.5	-28293.1	-24585.5				
C			21233.5	24435.6	149.9	70.8		
B	-153.8	-325.5	-20907.9	-18168.1				
C			15691.1	18057.4	110.7	52.3		
B	-113.6	-240.6	-15450.5	-13425.8				
C			11595.3	13344.0	81.8	38.6		
B	-84.0	-177.8	-11417.6	-9921.4				
C			8568.7	9860.9	60.5	28.6		
B	-62.1	-131.4	-8437.3	-7331.7				
C			7287.0	8447.7	44.7	21.1		

		AB	BA	BC	CB	CD	DC
Mo	Lb-pulgada	-59631	-126228	261983	-51043	51043	24103
l	pulgada ⁴	7.23	7765	1489	1494	6534	3.06
c	pulgada	2.25	39.57	7.03	12.58	47.43	1.75
σ	psi	-18551	-643	1236	-430	371	13774

9.6.3.2.7 CALCULO DE LAS VIGAS CUERDA

Figura 9.8 - 17 : SECTOR ELEMENTAL DE ESTRUCTURA SOPORTE DE TECHO

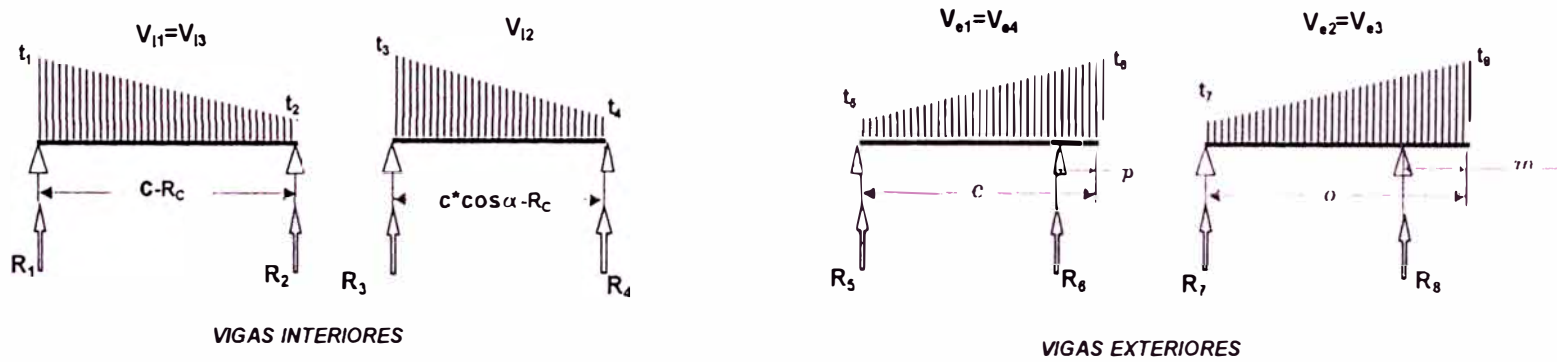


DIAMETRO DEL TANQUE	LONGITUD \overline{EA}	ANGULO \overline{LOI}	ANGULO \overline{LOJ}	RADIO DE CIRCUNFERENCIA INTERIOR	LONGITUD DE VIGA \overline{OI}	LONGITUD DE VIGA \overline{OL}	LONGITUD DE VIGA \overline{ON}	LONGITUD DE VIGA \overline{IA}	LONGITUD DE VIGA \overline{KB}	LONGITUD DE VIGA \overline{MC}	LONGITUD DE VIGA \overline{ND}	LONGITUD	LONGITUD	LONGITUD	LONGITUD	LONGITUD	LONGITUD DE ARCO	LONGITUD	
D	p	α	γ	c	V_{11}	V_{12}	V_{13}	V_{e1}	V_{e2}	V_{e3}	V_{e4}	α	b	d	l	e	φ	m	
pie	pie	radian	radian	pie	pie	pie	pie	pie	pie	pie	pie	pie	pie	pie	pie	pie	pie	pie	pie
29.750	1.500	0.628	0.419	7.452	6.369	4.945	6.369	7.452	8.741	8.741	7.452	2.563	3.099	2.684	8.760	1.696	6.243	3.818	

24

9.6.3.2.7.1 DISTRIBUCION DE CARGAS EN VIGAS RADIALES

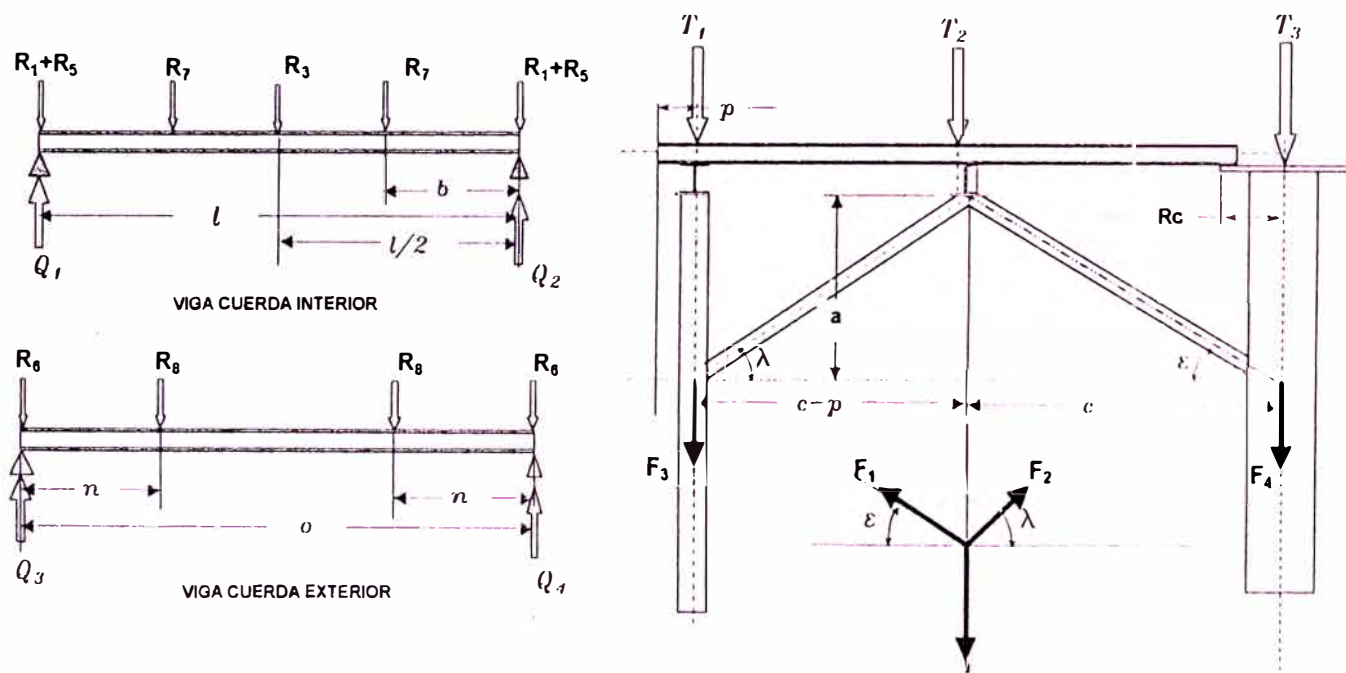
Figura 9.6 - 18 : DISTRIBUCION DE CARGAS EN VIGAS RADIALES INTERIORES Y EXTERIORES



CARGA POR UNIDAD DE ÁREA EN TECHO	RADIO DE CAPITEL	CARGA DISTRIBUIDA	CARGA DISTRIBUIDA	CARGA DISTRIBUIDA	CARGA DISTRIBUIDA	CARGA DISTRIBUIDA	CARGA DISTRIBUIDA	CARGA DISTRIBUIDA	CARGA DISTRIBUIDA	REACCION	REACCION	REACCION	REACCION	REACCION	REACCION	REACCION	REACCION
q	R_c	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8
Lb/pie ²	pie	Lb/pie	Lb/pie	Lb/pie	Lb/pie	Lb/pie	Lb/pie	Lb/pie	Lb/pie	Lb	Lb	Lb	Lb	Lb	Lb	Lb	Lb
32.65	1.08	55.37	7.41	175.28	29.63	27.89	101.92	87.64	203.83	125.42	74.50	313.37	193.32	122.89	360.02	-7.28	1281.09

9.6.3.2.7.2 DISTRIBUCION DE CARGAS EN VIGAS CUERDA

Figura 9.6 - 19 : DISTRIBUCION DE CARGAS EN VIGAS RADIALES INTERIORES Y EXTERIORES



LONGITUD	LONGITUD	LONGITUD	LONGITUD	REACCION EN APOYO DE CUERDA INTERIOR	REACCION EN APOYO DE CUERDA INTERIOR	REACCION EN APOYO DE CUERDA EXTERIOR	REACCION EN APOYO DE CUERDA EXTERIOR	LONGITUD	ANGULO	ANGULO	FUERZA AXIAL SUPERIOR EN COLUMNA EXTERIOR	FUERZA AXIAL SOBRE APOYO INTERMEDIO	FUERZA AXIAL SUPERIOR SOBRE COLUMNA CENTRAL POR SECTOR	COMPRESION SOBRE ARRIOSTRE INTERNO	COMPRESION SOBRE ARRIOSTRE EXTERNO	FUERZA AXIAL INFERIOR EN COLUMNA EXTERIOR	FUERZA AXIAL INFERIOR EN COLUMNA CENTRAL POR SECTOR	NUMERO DE SECTORES	
l	b	r	o	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	a	ε	λ	T_1	T_2	T_3	F_1	F_2	F_3	F_4		
pie	pie	pie	pie	Lb	Lb	Lb	Lb	pie	radian	radian	Lb	Lb	Lb	Lb	Lb	Lb	Lb	Lb	
8.760	3.099	5.574	15.757	397.7	397.7	1641.1	1641.1	3.500	0.439	0.532	3282.2	795.4	342.3	830.8	872.4	442.213	353.201	5	

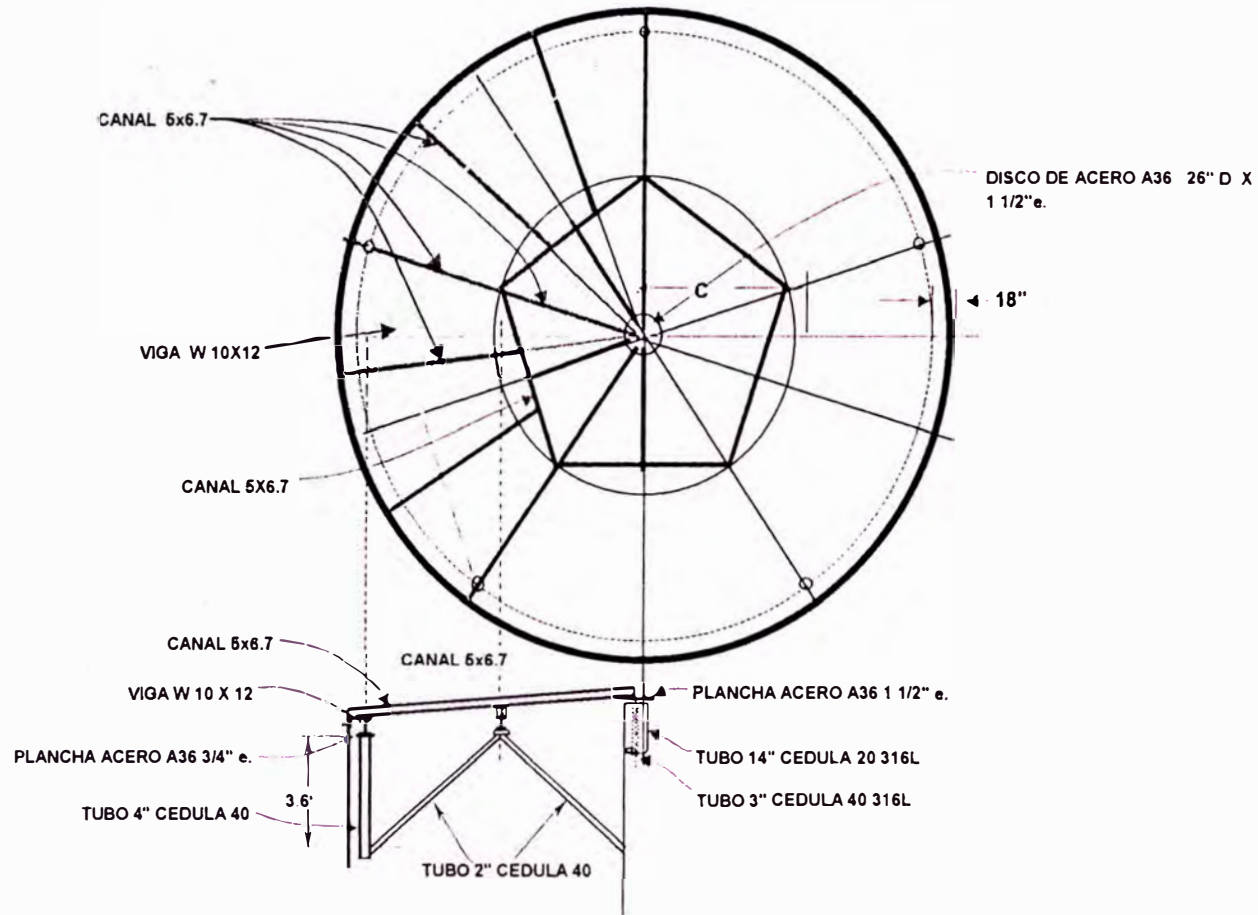
9.6.3.2.7.3 MOMENTOS EN VIGA CUERDA INTERIOR

x	pulgada	3.29	9.86	16.43	23.00	29.57	36.14	42.71	49.28	4.38	55.85	62.42	68.99	75.56	82.13	88.70	95.27	101.84
M_{CI}	Lb-pulgada	490.8	1472.4	2454.0	3435.7	4417.3	5398.9	6420.7	7450.2	8664.4	7450.2	6420.7	5398.9	4417.3	3435.7	2454.0	1472.4	490.8

9.6.3.2.7.4 MOMENTOS EN VIGA CUERDA EXTERIOR

x	pulgada	5.91	17.73	29.55	41.36	53.18	65.00	76.82	88.64	94.54	100.45	112.27	124.09	135.91	147.73	159.54	171.36	183.18
M_{CE}	Lb-pulgada	7570.0	22710.0	37850.0	52990.0	68130.0	83270.0	85685.3	85685.3	86686.3	85685.3	85685.3	83270.0	68130.0	52990.0	37850.0	22710.0	7570.0

Figura 9.6 - 20. : ELEMENTOS PRINCIPALES SELECCIONADOS PARA LA ESTRUCTURA SOPORTE DE TECHO DE TANQUE DESNATADOR



- 9.7.0.0 SELECCION DE VALVULAS
- 9.7.1.0 SELECCION DE LA VALVULA DE ALIVIO A UBICAR EN EL SEPARADOR
- 9.7.1.1 CARACTERISTICAS DEL GAS NATURAL

COMPONENTE	PESO MOLECULAR	FRACCION MOLAR DE LA CARGA	Pc	Tc	y _i x Pc	y _i x Tc	CALOR ESPECIFICO				PESO MOLECULAR DE LA MEZCLA	PODER CALORIFICO NETO BTU/ft ³	CALCULO DE PODER CALORIFICO GAS IDEAL	CALCULO DE FACTOR DE COMPRESIBILIDAD Z				
								C _p	M _i *y _i *C _p	0.09330505				Pc _n	Si*M*Pc _n	Si*M	Z _i	(Si*(1-Zi)*0.5)*2
N ₂	28.0130	0.0830	492.2	227.0	40.8526	18.841	0.27311	0.63500	0.09330505	2.3251	0	0.0	2.3	0.9997	0.0000021			
H ₂ S	34.0800	0.0000	1306.5	672.4	0	0												
CO ₂	44.0100	0.1400	1070.2	547.5	149.828	76.65	0.21902	1.34948	0.247256002	6.1614	0	0.0	6.2	0.9943	0.0001117			
H ₂ O	18.0100	0.1200	3198.8	1165.2	383.856	139.8192	0.99000	2.13959	0.086728612	2.1612	0	0.0	2.2	1.0000	0.0000000			
C1	16.0430	0.5300	673.1	343.2	356.743	181.696	0.57936	4.92617	0.34121561	8.5028	909.4	7,732.4	8.5	0.9980	0.0005618			
C2	30.0700	0.0500	708.3	549.9	35.415	27.495	0.44860	0.67447	0.060335216	1.5035	1618.7	2,433.7	1.5	0.9919	0.0000203			
C3	44.0970	0.0400	617.4	666.0	24.696	26.64	0.42737	0.75383	0.070784224	1.7639	2314.9	4,083.2	1.8	0.9825	0.0000280			
i-C4	68.1240	0.0100	529.1	734.6	5.291	7.346	0.42536	0.24724	0.023325069	0.5812	3000.4	1,744.0	0.6	0.9711	0.0000029			
n-C4	68.1240	0.0100	550.1	765.7	5.501	7.657	0.43449	0.25254	0.023325069	0.5812	3010.8	1,750.0	0.6	0.9667	0.0000033			
i-C6	72.1610	0.0030	483.5	829.6	1.4505	2.4888	0.42284	0.09152	0.008686224	0.2165	3699	800.7	0.2	0.9625	0.0000003			
n-C6	72.1610	0.0060	489.8	846.2	2.9388	5.0772	0.42712	0.18490	0.017372449	0.4329	3706.9	1,604.7	0.4	0.9603	0.0000014			
n-C8	86.1780	0.0080	483.0	923.0	3.864	7.384	0.42491	0.29294	0.027666475	0.6894	4403.8	3,036.1	0.7	0.9582	0.0000027			
		1.0000			1010.4	501.3		11.54768	1.00000	24.9191								
				15.29	979.82	486.01	0.463											
												23,184.8	24.9		0.0007345			
												930.4			0.999266602			

931.09	BTU/SCF
34.634	MJ/NM ³

- 9.7.1.2 CALCULO DEL AREA DE PASO
- 9.7.1.2.1 SECCION REQUERIDA PARA LA DESCARGA DE GAS

PRESION CORRIENTE ARRIBA	TEMPERATURA ABSOLUTA A LA ENTRADA	COEFICIENTE POLITROPICO	COEFICIENTE DE EXPANSION	PESO MOLECULAR DEL AIRE	PESO ESPECIFICO VAPOR	DENSIDAD DEL AIRE	RATE DEL VAPOR		COEFICIENTE DE DESCARGA	FACTOR DE COMPRESIBILIDAD	PESO MOLECULAR DEL VAPOR	SUPERFICIE CALCULADO PARA DESCARGA DE VAPORES
P	T	n	C	Ma	ρ _v	ρ _a	Qv	Wv	k'	Z	M _v	A _v
psia	°R				lbm/ft ³	lbm/ft ³	pie ³ /hora	Lbm/hora				pie ²
80.7	645.0	1.21	338.06	28.98	0.8604	0.0763184	5833.33	383.04	0.975	0.999265602	24.9191	0.0732354

9.7.1.2.2 SECCION REQUERIDA PARA LA DESCARGA DE LIQUIDOS

P	T	γ_o	γ_w	γ_l	gpm	Kp	Kw	Kv	ΔP	P _s	A _l	A _v	A _s
psia	°R					= 10% P _s	< 15% P _s		psig	psig	pulg ²	pulg ²	pulg ²
80.7	645.0	0.81	1.10	1.09	1166.67	0.6	1	1	5	70	9.242	9.315	11.06
PRESION CORRIENTE ARRIBA		TEMPERATURA CORRIENTE ARRIBA		Peso específico del aceite		Peso específico del agua		Peso específico de líquidos		Rate de líquidos (agua + aceite)		FACTOR DE CORRECCION POR SOBREPRESION	
						FACTOR DE CORRECCION POR CONTRAPRESION		FACTOR DE CORRECCION POR VISCOSIDAD		Contrapresión		Presion de seteo	
										Area de boquilla líquidos		SUPERFICIE TOTAL DE DESAHOGO	
												TAMAÑO DE VALVULA SELECCIONADA: Q 6X8	

CONCLUSIONES

- 1 De acuerdo a la performance registrada y evaluada en este estudio, la batería en las condiciones actuales, no dispone de capacidad suficiente para lograr resultados adecuados para un incremento en la demanda, esta conclusión es aplicable tanto para la corriente de aceite como para la del agua.
- 2 Las instalaciones mecánicas provistas actualmente en la batería no son utilizadas con el máximo aprovechamiento, al no disponer de facilidades complementarias. Ejemplo típico es el caso del tanque gun barrel, en donde aún cuando procesa escaso flujo de aceite (1,000 bpd) y que teóricamente propicia la separación de gotas de agua mayores a 127 micrones, no llega a obtener performance adecuada, por la falta de agua fresca para lavado. En el presente estudio además de considerar el uso de agua para lavado, vamos a incrementar la temperatura del proceso para mejorar la captación de las gotas de agua o cristales presentes en el aceite (crudo) esta acción garantizará performance adecuada, aún cuando la gota de agua, que se retiraría por diferencia de pesos específicos sería de 330 micrones, ya que la corriente total de aceite que ingresará a los tanques de lavado es de 10,000 bpd, aún así los resultados de los

cálculos efectuados sobre el balance másico de agua fresca, aceites y cloruros, anticipa buenos resultados.

- 3 Actualmente la batería hace uso de la totalidad de las instalaciones para lograr entrar en especificación, mientras que la batería modificada no solo podrá disponer de mayor versatilidad durante la operación, sino que en condiciones normales hará uso de muy pocos recursos e insumos, los cálculos demuestran que la batería podrá operar con un solo tanque de lavado y un tanque desnatador, un aspecto importante es que se reducirá la cantidad de aceite, dispuesto en la batería para el proceso, al eliminarse los tanques de reposo.
- 4 Por las características y experiencia sobre los equipos necesarios, diseñados y o seleccionados, estos podrán ser abastecidos por fabricantes nacionales, lo que además de reducir el gasto de aprovisionamiento, facilitará la logística necesaria para el mantenimiento.
- 5 Aún cuando las modificaciones planteadas, en particular para el tratamiento del agua son para minimizar el impacto ambiental, se ha previsto hacer el proyecto rentable, recuperándose el monto gastado en un periodo poco menor a los tres años, debido sobre todo al reducir el consumo de agentes químicos.

BIBLIOGRAFIA

ENGINEERING DATA BOOK (Volumen I, II)

GPSA – Eleventh Edition - 1998

FLUJO DE FLUIDOS EN VALVULAS, ACCESORIOS TUBERIAS

Crane

Mc Graw –Hill - 1992

HANDBOOK OF FLUID DYNAMICS

Streeter

Mc Graw – Hill 1961

MANUAL DE RECIPIENTES A PRESION

Eugene F. Megyesy

Limusa - 1992

MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO

Antonio Valiente . Jaime Noriega

Limusa - 1993

MECANICA DE LOS FLUIDOS (Tomos I y II)

Autor: Martinot – Lagarde

Editorial Labor S.A.- 1979

METALS ENGINEERING DESIGN

ASME HANDBOOK

Mc Graw – Hill Book Company - 1965

METODO DE CROSS

P. CHARON

Aguilar S.A. - 1973

PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Donald Q Kern

CECSA - 1965

SURFACE PRODUCTION OPERATIONS (Tomos I, II)

Autor: Ken Arnold

Gulf Publishing Company - 1989

SPE REPRINT SERIES N° 25

PRODUCTION FACILITIES

Society of Petroleum Engineers Richardson, Tx

PLANOS

PLANTA GENERAL

Formato A1, escala 1/250

ISOMETRICO GENERAL

Formato A1, s/e

SEPARADOR TRIFASICO

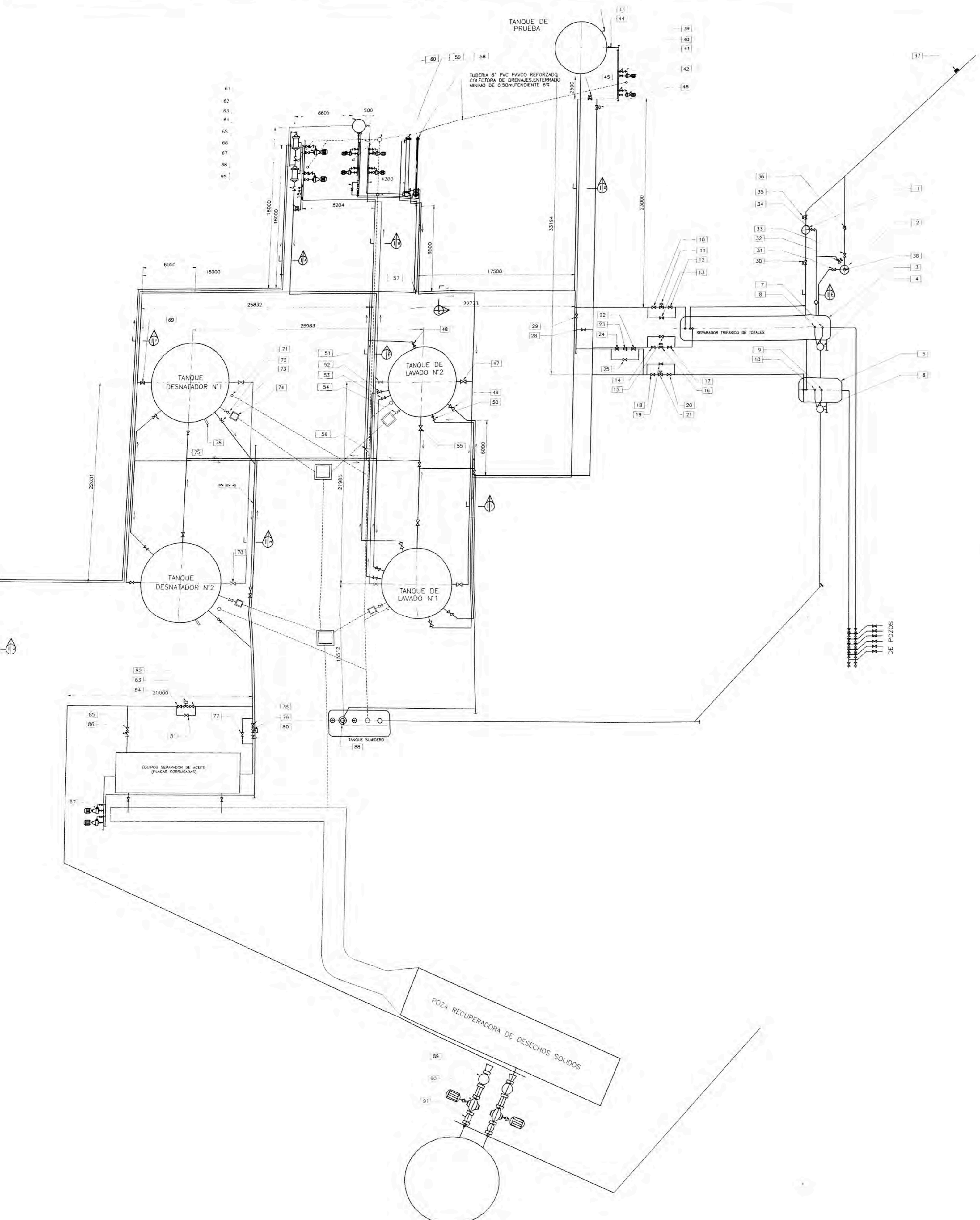
Formato A1, escala 1/50

TANQUE DE LAVADO N° 1 y N° 2

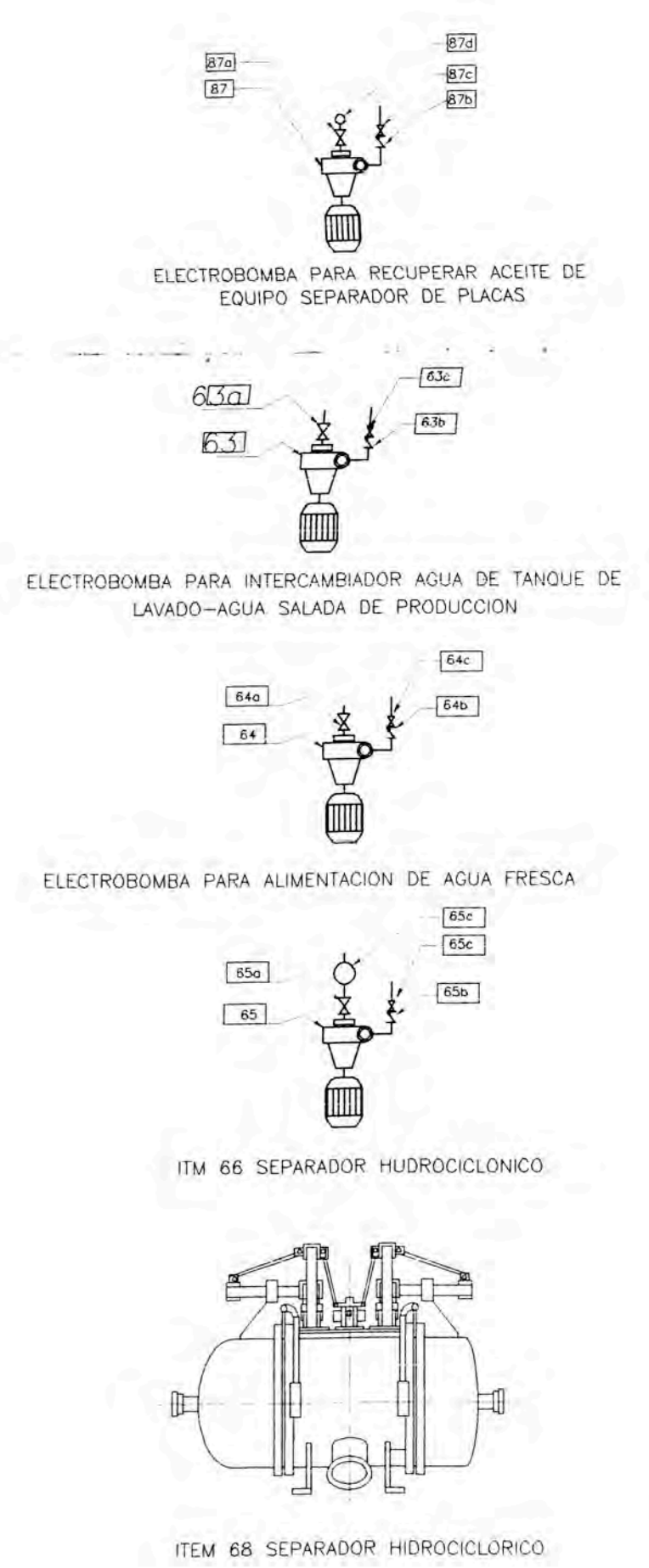
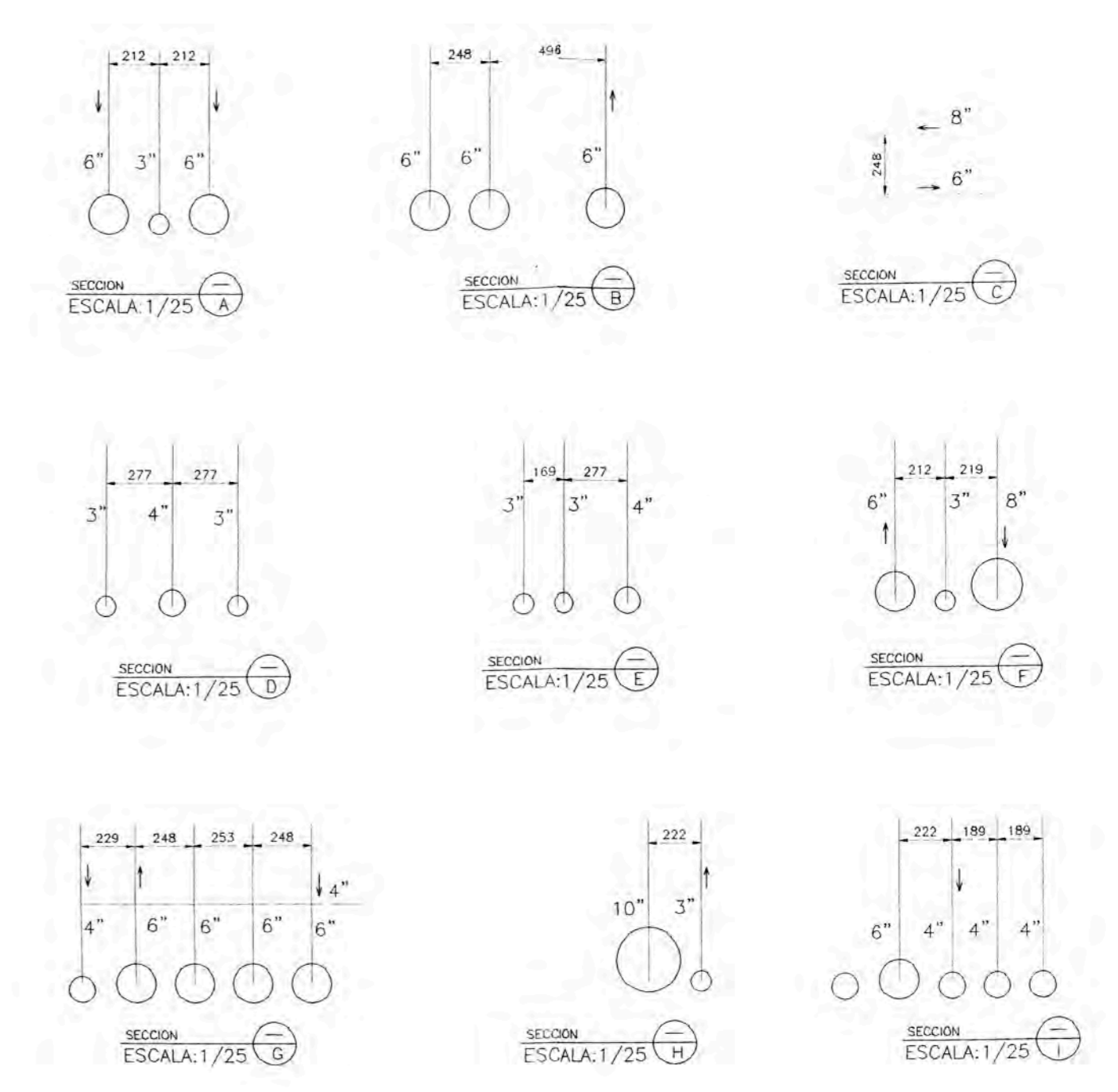
Formato A1, escala 1/50

TANQUE DESNATADOR N° 1 y N° 2

Formato A1, escala 1/50



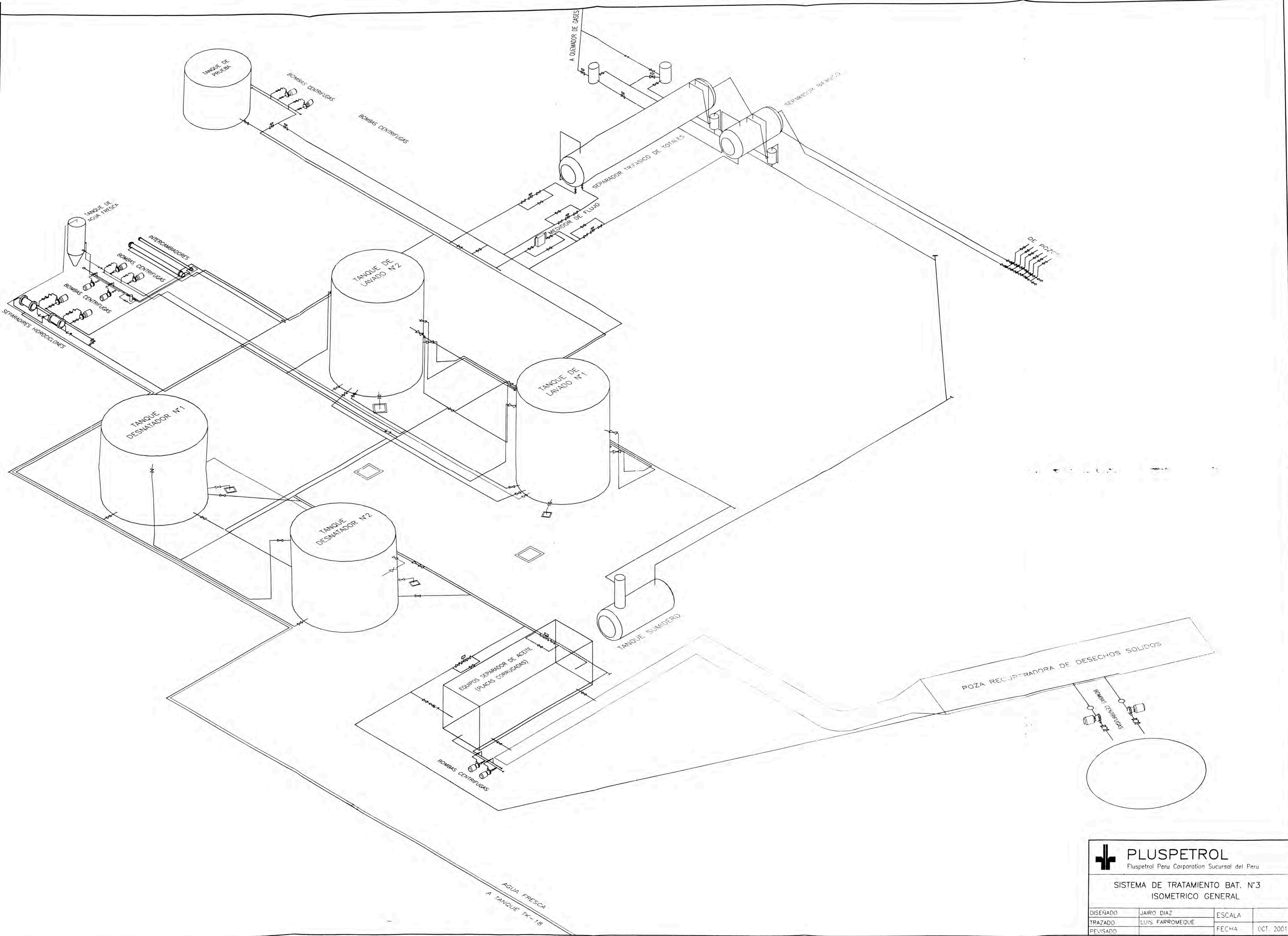
- 95 VALVULA DE CONTROL 84" CLASE 150
- 94 MOTOBOMBA BOMBA WORTHINGTON 440011
- 93 VALVULA COMPUERTA DE 8" CLASE 150
- 92 VALVULA COMPUERTA DE 8" CLASE 150
- 91 VALVULA DE BOLA 6" CLASE 150
- 90 BOMBA CENTRIFUGA GOULDS MODELO 3419R17
- 89 FILTRO TIPO CAJASTA CON EMPALME BRIDADO DE 8" CLASE 150 PARA BOMBA DE TRANSFERENCIA DE AGUA SALADA DE PRODUCCION
- 88 BOMBA TIPO TURBINA PARA RECUPERAR ACEITE DE TANQUE SUMIDERO
- 87A FILTRO TIPO CAJASTA CON EMPALME BRIDADO DE 2" CLASE 150
- 87C VALVULA DE BOLA 2" CLASE 150
- 87B VALVULA CHECK 2" CLASE 150 TIPO SWIN DISC
- 87D VALVULA DE BOLA 2" CLASE 150
- 87E BOMBA CENTRIFUGA PARA REDISPERSION DE ACEITE DE EQUIPO SEPARADOR DE PLACAS
- 86 VALVULA COMPUERTA DE 8" CLASE 150
- 85 VALVULA CHECK DE 8" CLASE 150 TIPO SWIN DISC
- 84 VALVULA COMPUERTA DE 8" CLASE 150
- 83 VALVULA COMPUERTA DE 8" CLASE 150
- 82 VALVULA COMPUERTA DE 8" CLASE 150
- 81 VALVULA COMPUERTA DE 8" CLASE 150
- 80 VALVULA COMPUERTA DE 8" CLASE 150
- 79 VALVULA MARIPOSA DE 1.5" DE ACCION MODULANTE CON NIVEL DE AGUA EN TANQUE
- 78 VALVULA COMPUERTA DE 8" CLASE 150
- 77 VALVULA DE NIVEL DE TURBIDEZ
- 76 VALVULA COMPUERTA DE 8" CLASE 150
- 75 VALVULA COMPUERTA DE 8" CLASE 150
- 74 BUZON DE MUESTRO PARA TOMA DE ORENAJE DE
- 73 VALVULA COMPUERTA DE 8" CLASE 150
- 72 VALVULA COMPUERTA 8" CLASE 150 PARA ORENAJE DE
- 71 RECEPTOR DE MUESTREADOR
- 70 VALVULA COMPUERTA DE 10" CLASE 150
- 69 VALVULA COMPUERTA DE 6" CLASE 150
- 68 VALVULA CHECK DE 6" CLASE 150
- 67C VALVULA DE BOLA 2" CLASE 150
- 67B VALVULA DE BOLA 2" CLASE 150
- 67A FILTRO CON EMPALMES BRIDADOS DE 2" CLASE 150 Y TAMIZ DE 1 MICRON
- 66 SEPARADOR HIDROCLONICO
- 65A FILTRO TIPO CAJASTA PARA EMPALME BRIDADO 6" CLASE 150
- 65C VALVULA DE BOLA 6" CLASE 150
- 65B VALVULA CHECK 6" CLASE 150
- 65 VALVULA BOLA 6" CLASE 150
- 64A BOMBA CENTRIFUGA PARA SEPARADOR HIDROCLONICO
- 64B FILTRO TIPO CAJASTA CON EMPALME BRIDADO DE 2" CLASE 150
- 64C VALVULA DE BOLA DE 2" CLASE 150
- 64D VALVULA CHECK DE 2" CLASE 150
- 64 VALVULA DE BOLA 2" CLASE 150
- 63A BOMBA CENTRIFUGA GOULDS MODELO LF 3196 STV TAMAGO 1.1/2"-4RPM 3500 CON MOTOR ELECTRICO DE 1.5HP Y VARIEDAD DE VELOCIDAD
- 63C FILTRO TIPO CAJASTA CON EMPALME BRIDADO DE 2" CLASE 150
- 63B VALVULA DE BOLA DE 2" CLASE 150
- 63 VALVULA CHECK DE 2" CLASE 150
- 62 BOMBA CENTRIFUGA GOULDS MODELO CV3196 STV TAMAGO 1.1-30 DIAMETRO DE 9.5"(32V) 4000RPM/MOTOR DE 2.5 HP 1750 RPM CON VARIADOR DE VELOCIDAD
- 61 VALVULA CHECK DE 2" CLASE 150
- 60 VALVULA CONTRIBADORA DE NIVEL DE LIQUIDO EN TANQUE PARA AGUA DE LAVADO
- 59 BOMBA ELECTRICA PARA VACIO DE 15" Hg EN TANQUE MARCA SULLAIR
- 58 VALVULA DE ALIJO POR VACIO EN TANQUE PARA AGUA FRESCA
- 57 TANQUE DE 1.20M DE DIAMETRO Y 1.50M DE ALTURA FONDO CONICO DE 2:1 PARA AGUA FRESCA DE LAVADO
- 56 BUZON COLECTOR DE DRENAJE
- 55 INTERCAMBIADOR DE CALOR AGUA SALADA DE TANQUE-AGUA SALADA DE PRODUCCION
- 54 INTERCAMBIADOR DE CALOR AGUA FRESCA PARA LAVADO-AGUA SALADA DE PRODUCCION
- 53 PLATO DE ORENO
- 52 VALVULA CHECK DE 8" CLASE 150 TIPO SWIN DISC
- 51 VALVULA COMPUERTA 8" CLASE 150
- 50 VALVULA DE COMPUERTA DE 4" CLASE 150
- 49 VALVULA DE COMPUERTA DE 4" CLASE 150
- 48 VALVULA COMPUERTA DE 4" CLASE 150
- 47 VALVULA DE BOLA 3" CLASE 150 DE ACCION ON-OFF PARA DESCARGAR ACEITE DE TANQUE DE PRUEBA
- 46 VALVULA DE BOLA 3" CLASE 150 DE ACCION ON-OFF PARA DESCARGAR ACEITE DE TANQUE DE PRUEBA
- 45 VALVULA DE COMPUERTA DE 3" CLASE 150
- 44 SENSOR DE NIVEL DE TURBIDEZ
- 43 BOMBA CENTRIFUGA GOULDS MODELO CV3196 STV TAMAGO 2x2.8 DIAMETRO DE 6.5" MOTOR ELECTRICO DE 2.5 HP 3500 RPM CON VARIADOR DE VELOCIDAD
- 42 VALVULA DE BOLA 3" CLASE 150
- 41 VALVULA DE RETENCION DE 2" CLASE 150 TIPO SWIN DISC
- 40 VALVULA DE BOLA DE 2" CLASE 150
- 39 SEPARADOR CICLONICO INTERNO DN SEPARADOR AUXILIAR DE EMERGENCIA
- 38 ARRESTADOR DE FLAMA
- 37 VALVULA DE RETENCION DE 3" CLASE 150 TIPO SWIN DISC
- 36 VALVULA MARIPOSA DE 1.5" DE ACCION ON-OFF PARA CONTROLAR DESCARGA DE LIQUIDOS AUXILIAR DE EMERGENCIA
- 35 VALVULA MARIPOSA DE 2" DE ACCION ON-OFF PARA CONTROLAR DESCARGA DE LIQUIDOS AUXILIAR DE EMERGENCIA
- 34 VALVULA COMPUERTA DE 4" CLASE 150
- 33 VALVULA MARIPOSA DE 2" DE ACCION ON-OFF PARA CONTROLAR DESCARGA DE LIQUIDOS DE
- 32 SEPARADOR AUXILIAR DE EMERGENCIA
- 31 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 30 VALVULA DE CONTRAFRACION DE 3" CLASE 150 PARA REGULAR PRESION
- 29 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 28 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 27 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 26 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 25 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 24 MEDIDOR DE FLUJO MULTIFASICO
- 23 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 22 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 21 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 20 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 19 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 18 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 17 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 16 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 15 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 14 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 13 VALVULA MARIPOSA 4" CLASE 150 DE ACCION MODULANTE PARA LA DESCARGA DE AGUA DE SEPARADOR TRIFASICO
- 12 VALVULA DE COMPUERTA 4" CLASE 150
- 11 PLATO DE RUPTURA
- 10 VALVULA DE ALIJO BALANCEADO
- 9 PLATO DE RUPTURA
- 8 VALVULA DE ALIJO BALANCEADO
- 7 SEPARADOR BIFASICO AUXILIAR DE EMERGENCIA DIAMETRO 16"
- 6 SEPARADOR BIFASICO DE PRUEBA
- 5 SEPARADOR BIFASICO AUXILIAR DE EMERGENCIA DIAMETRO 20"
- 4 SEPARADOR TRIFASICO
- 3 SEPARADOR AUXILIAR DE CONDENSADO PARA GAS TIPO SCRUBBER DIAMETRO NOMINAL 24" ALTURA TOTAL 80"
- 2 SEPARADOR PRINCIPAL DE CONDENSADO PARA GAS TIPO SCRUBBER DIAMETRO NOMINAL 24" ALTURA TOTAL 80"
- 1 SEPARADOR PRINCIPAL DE CONDENSADO PARA GAS TIPO SCRUBBER DIAMETRO NOMINAL 24" ALTURA TOTAL 80"



PLUSPETROL
Pluspetrol Peru Corporation Sucursal del Peru

SISTEMA DE TRATAMIENTO BAT. N°
PLOT PLAN GENERAL

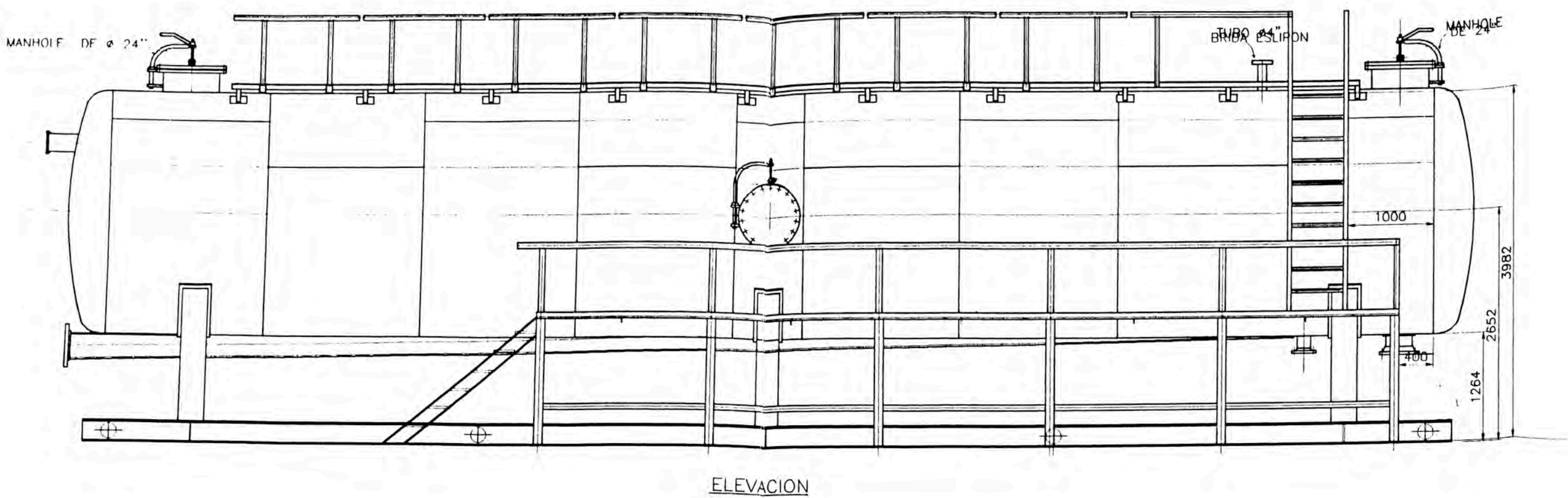
DISEÑADO	JAIRO DIAZ	ESCALA	1/250
TRAZADO	LUIS FARROMEQUE	FECHA	OCT. 2001
REVISADO			



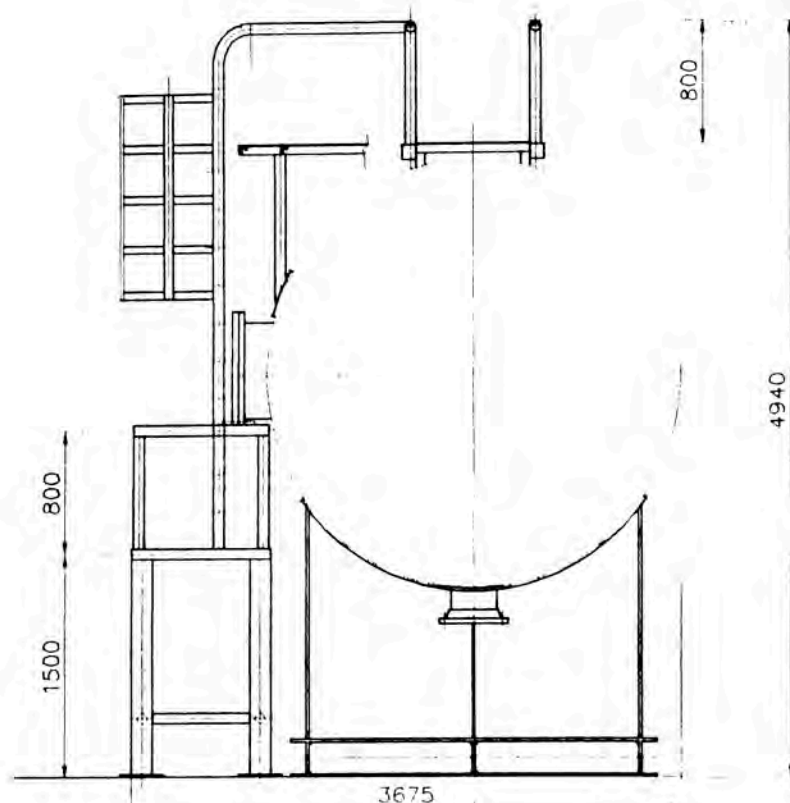
PLUSPETROL
 Pluspetrol Peru Corporation Sucursal del Peru

SISTEMA DE TRATAMIENTO BAT. N°3
 ISOMETRICO GENERAL

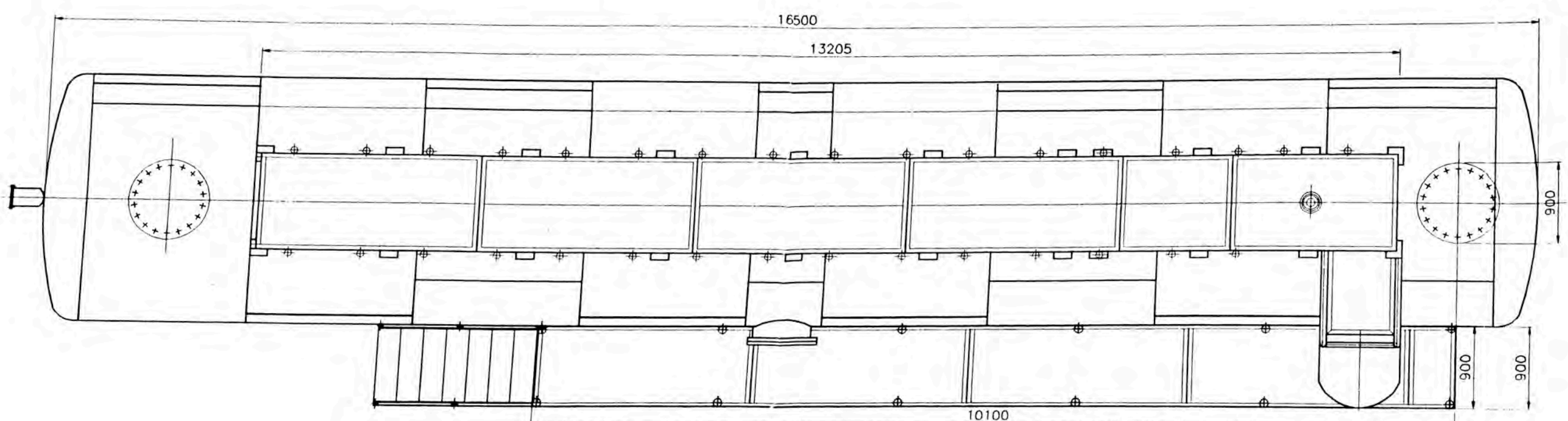
DISEÑADO	JAIRO DIAZ	ESCALA	
TRAZADO	LUIS FARROMEQUE	FECHA	OCT. 2001
REVISADO			



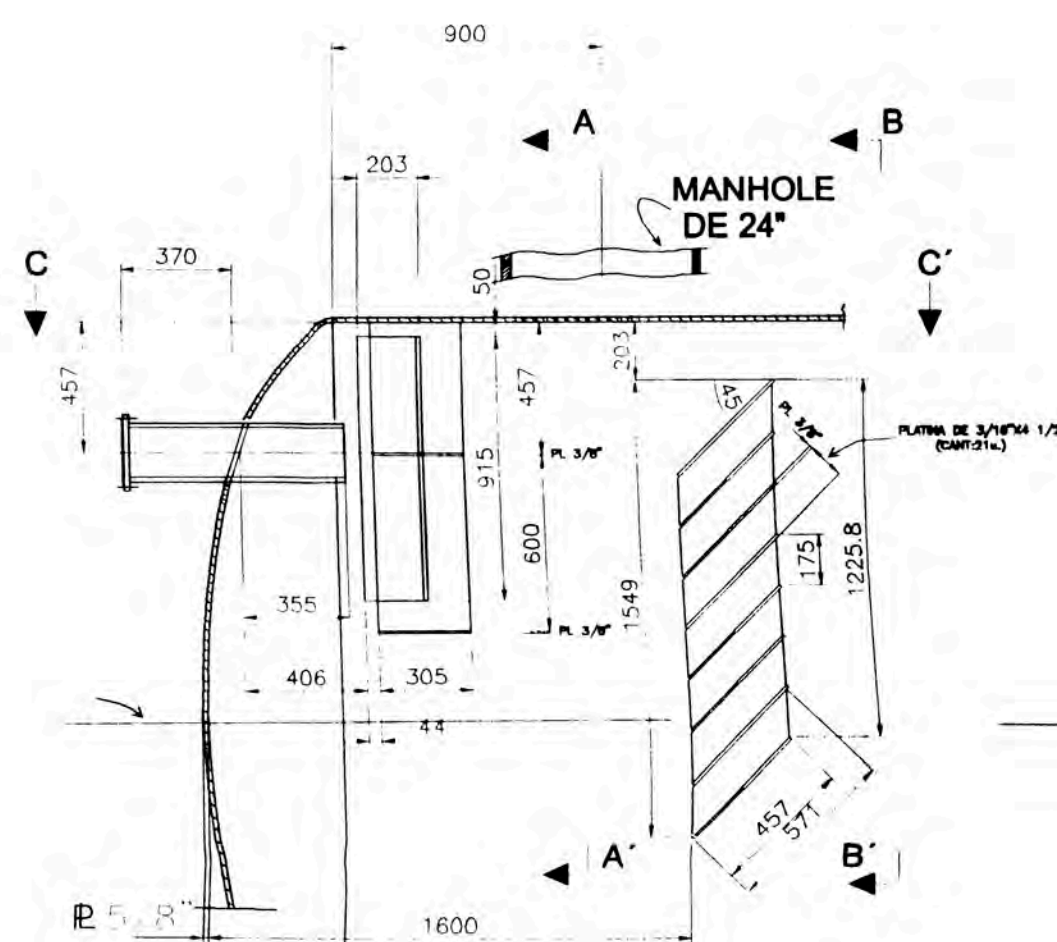
ELEVACION



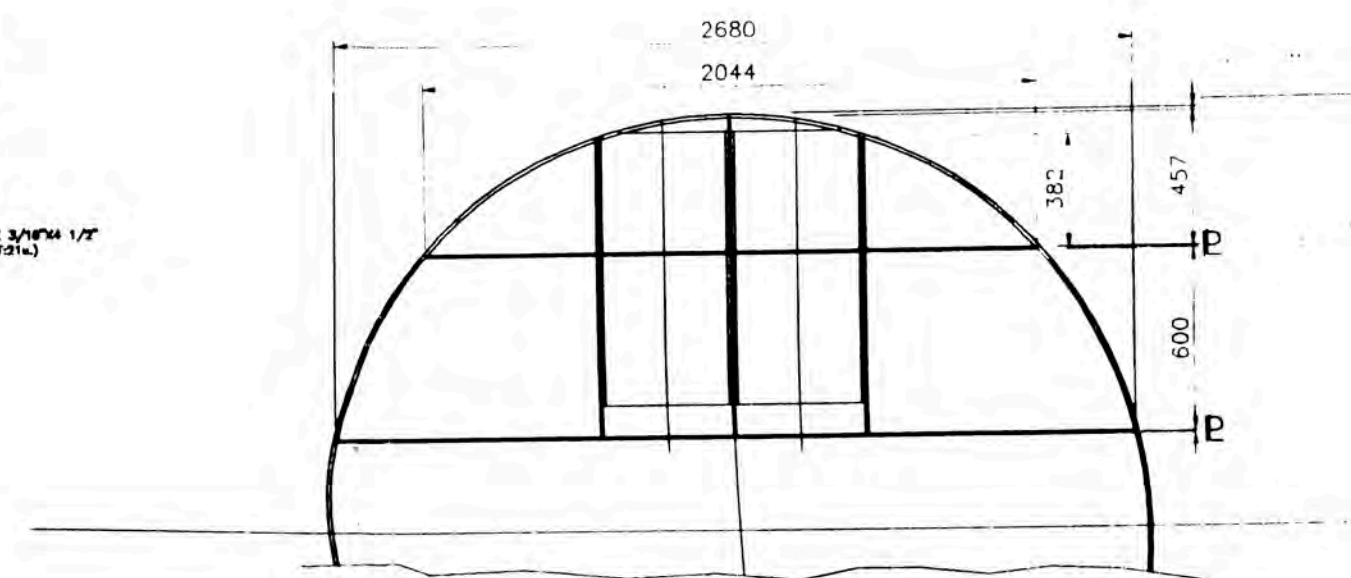
VISTA LATERAL DERECHA



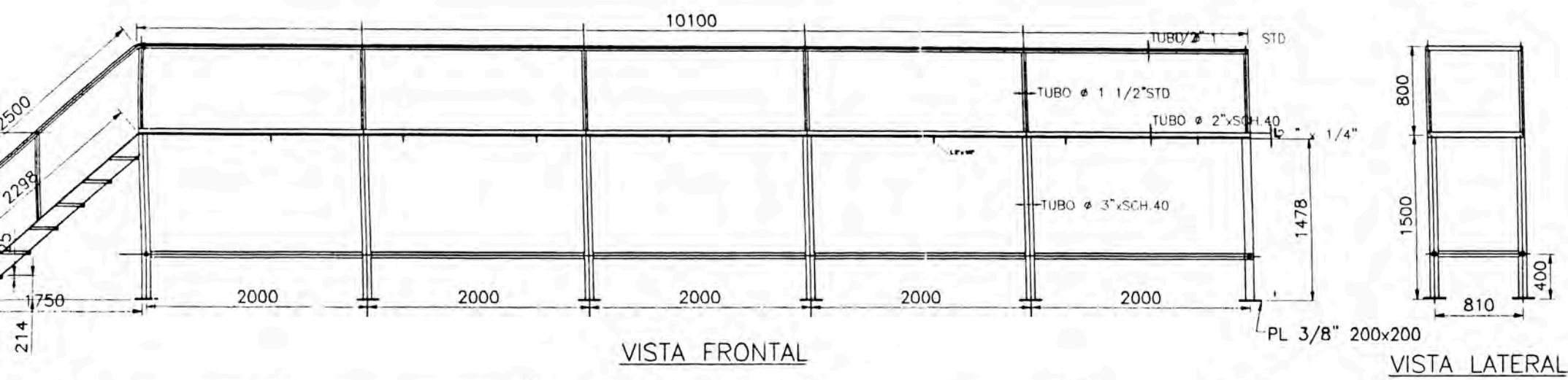
VISTA SUPERIOR



ELEVACION

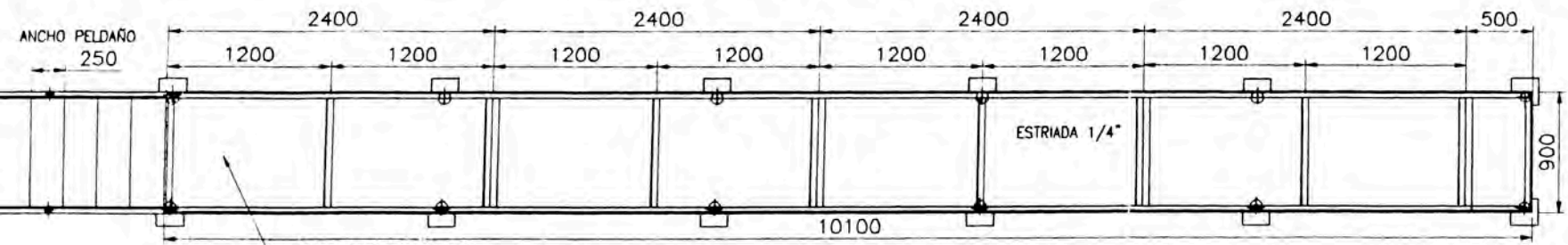


SECCION A-A'

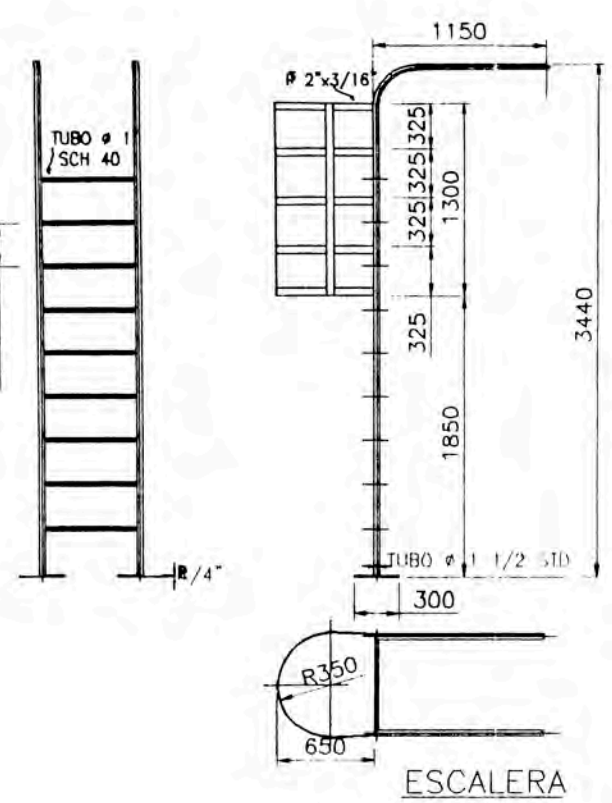


VISTA FRONTAL

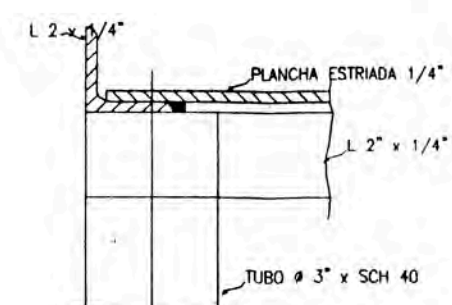
VISTA LATERAL



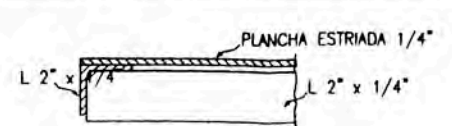
VISTA SUPERIOR PASARELA INFERIOR



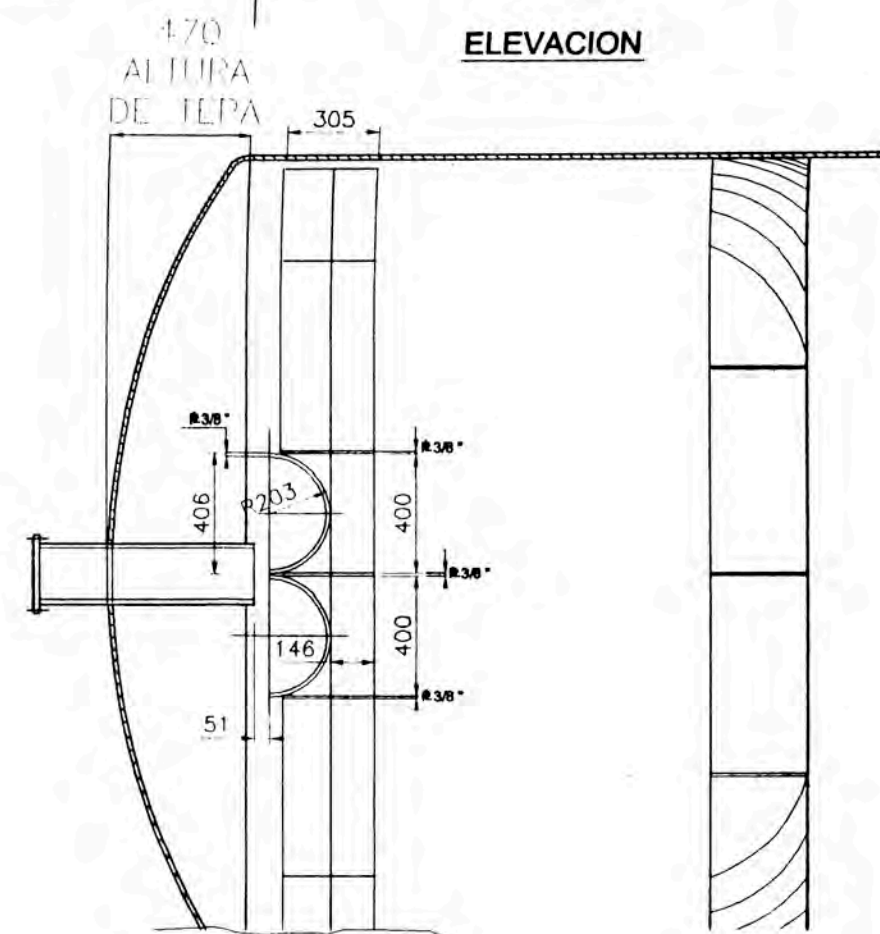
ESCALERA



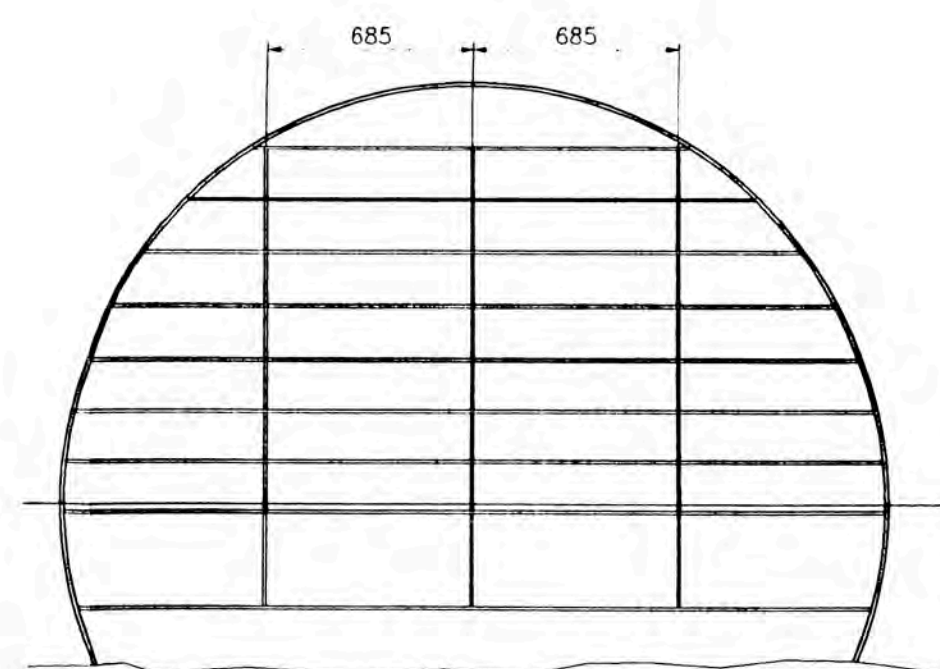
DETALLE DE PASARELA INFERIOR



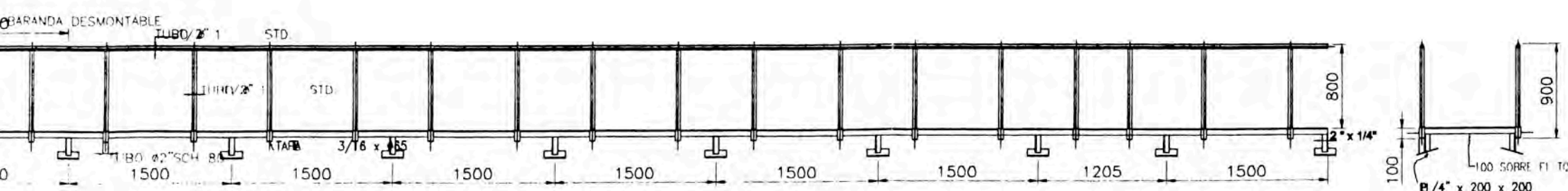
DETALLE DE PASARELA SUPERIOR



SECCION C-C'

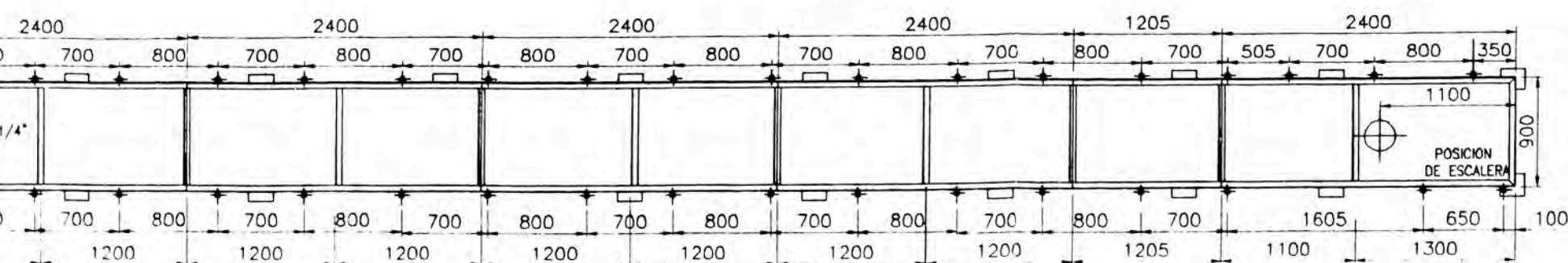


SECCION B-B'



VISTA FRONTAL

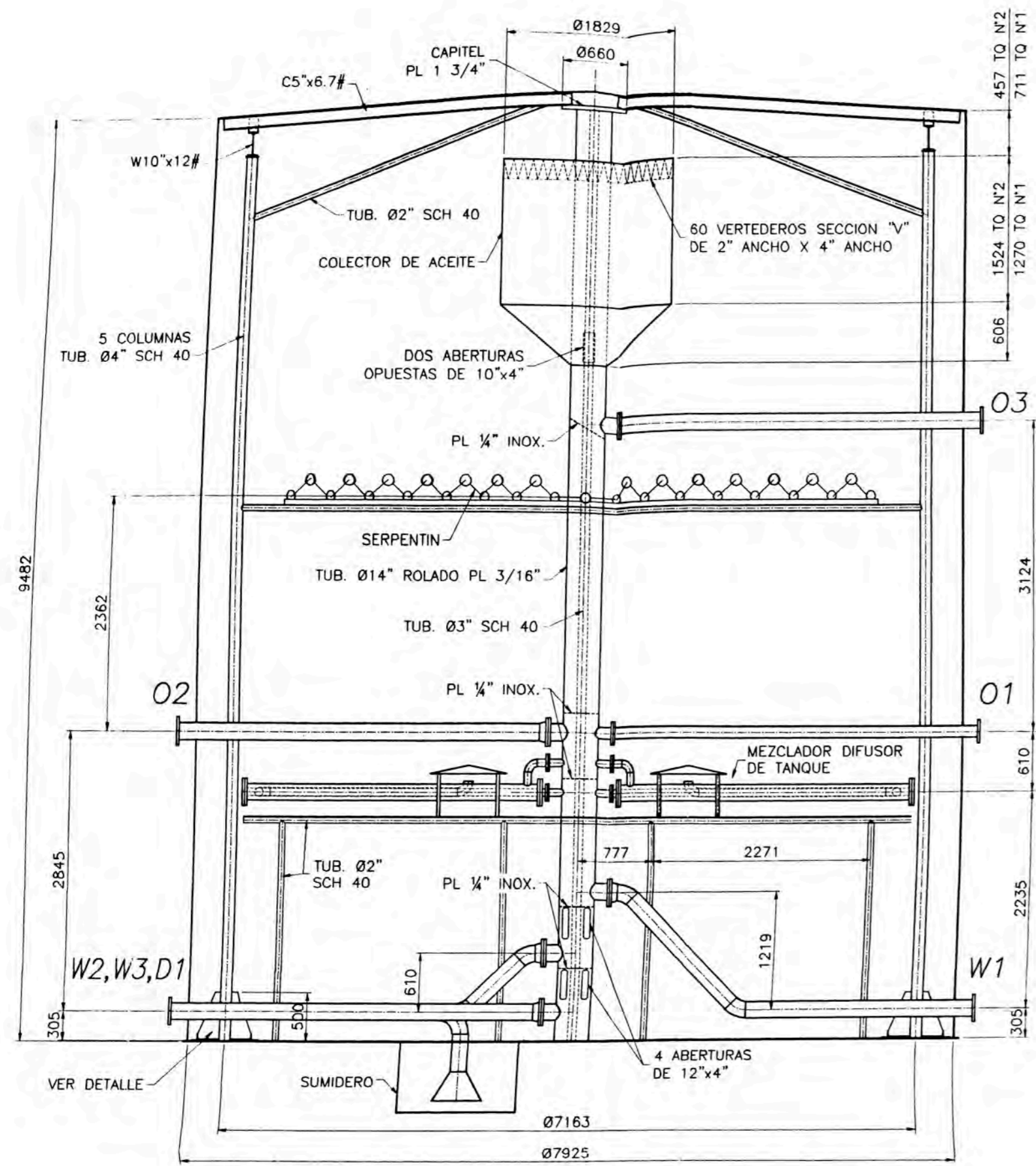
VISTA LATERAL



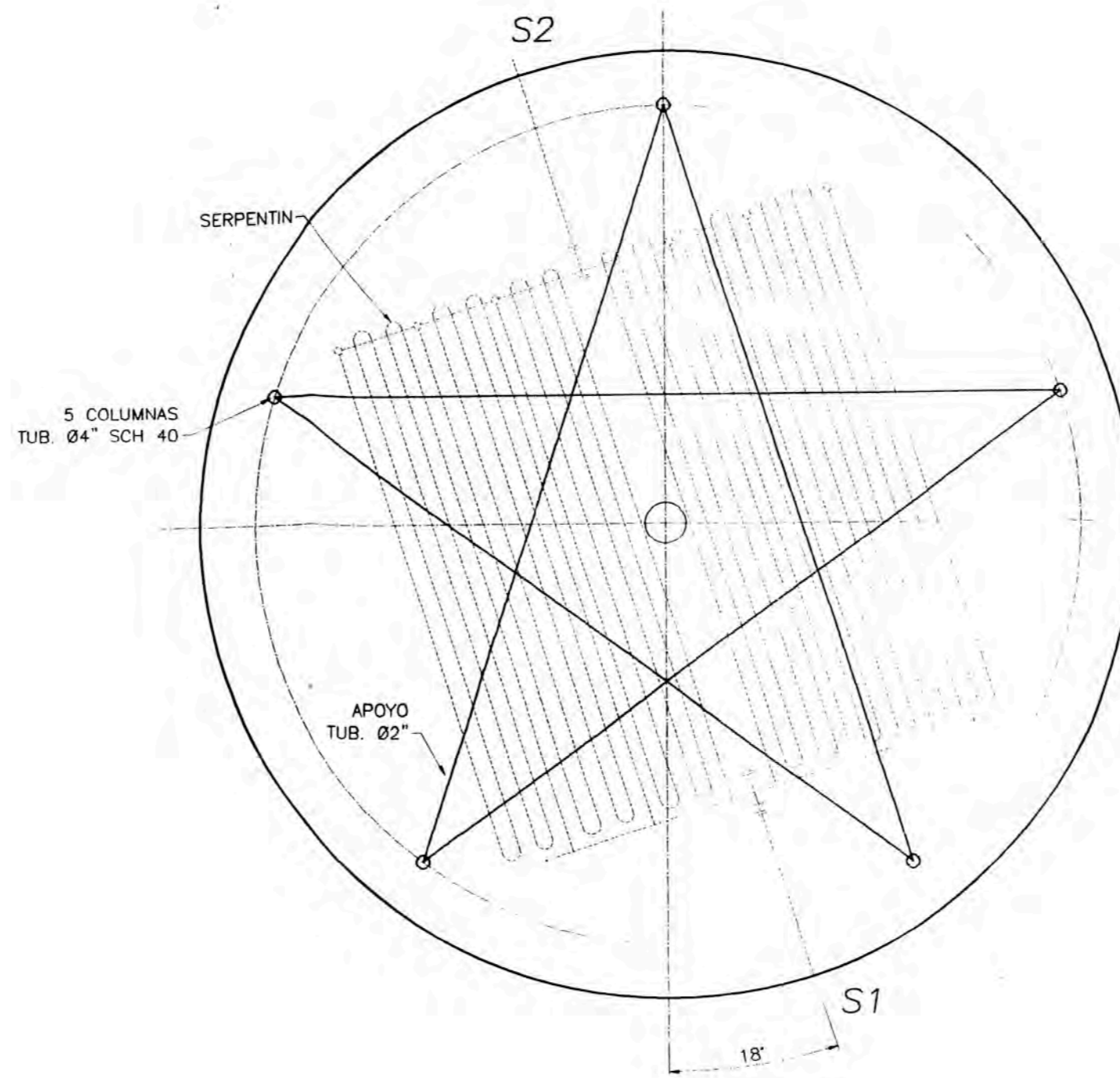
VISTA SUPERIOR PASARELA SUPERIOR

DETALLES INTERNOS

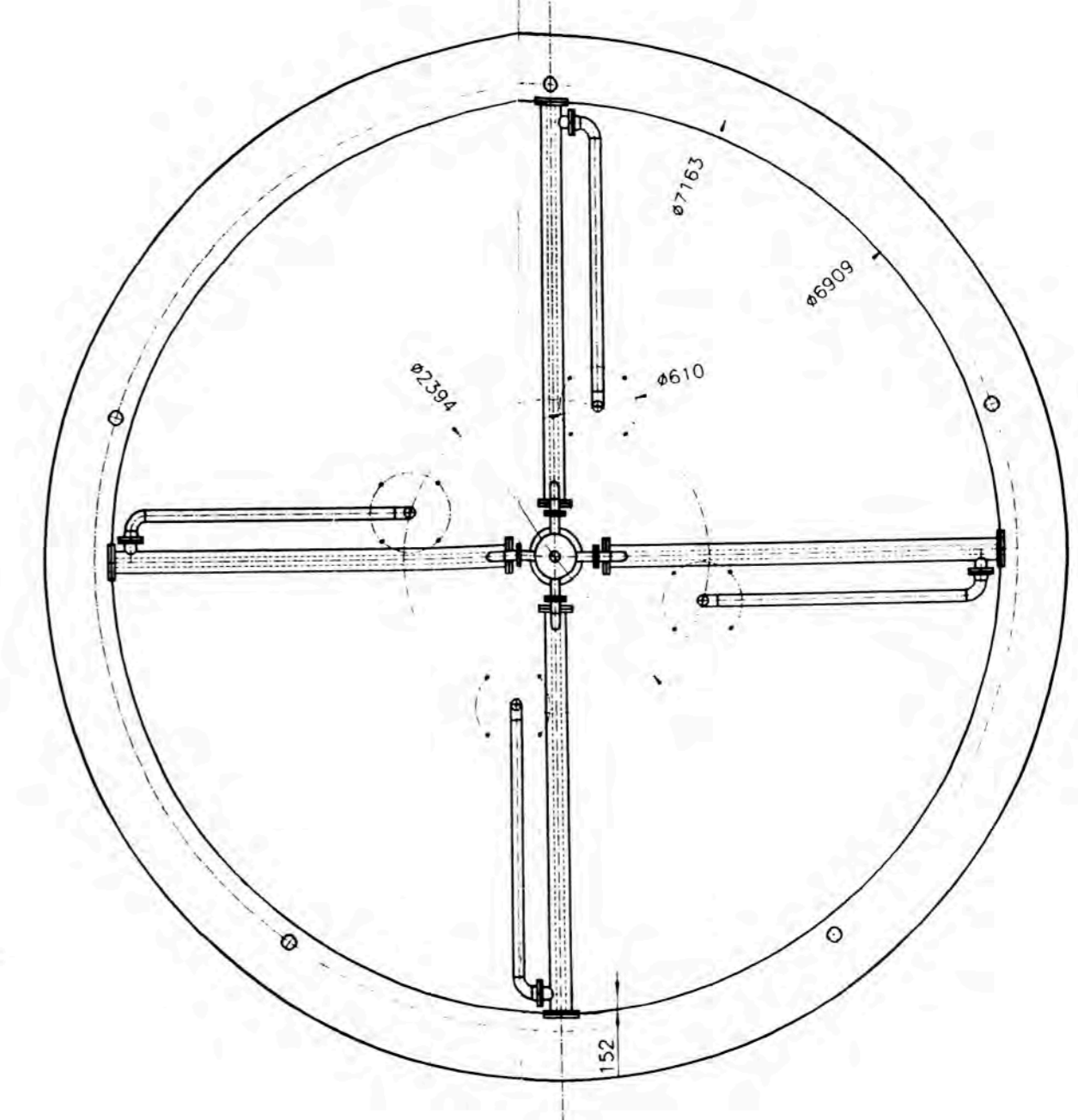
PLUSPETROL Pluspetrol Peru Corporation Sucursal del Peru			
SISTEMA DE TRATAMIENTO BAT. N°3 SEPARADOR TRIFASICO			
DISENADO	JAIRO DIAZ	ESCALA	1/50
TRAZADO		FECHA	OCT. 2001
REVISADO			



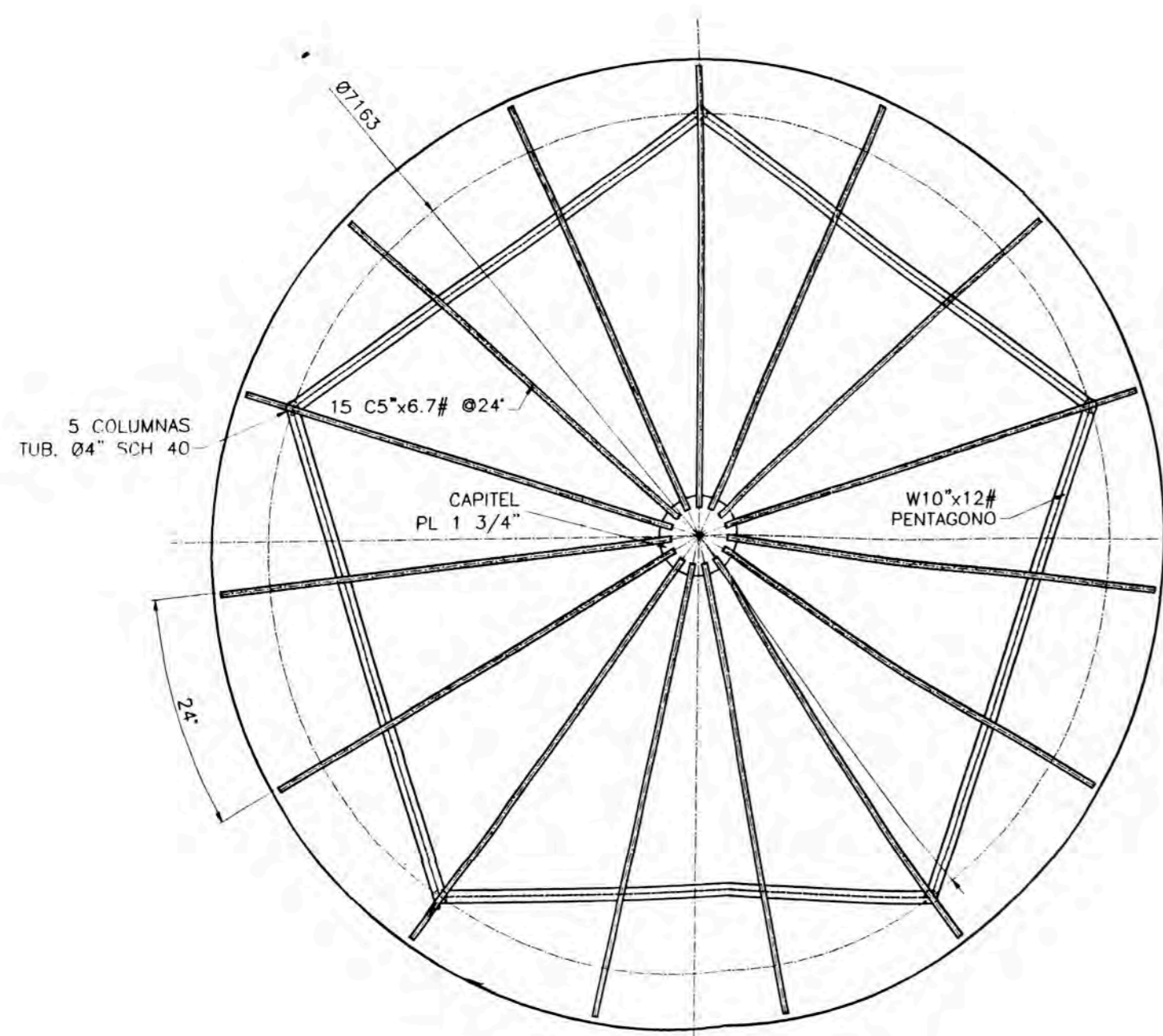
ELEVACION DE TANQUE LAVADOR N°1 Y2



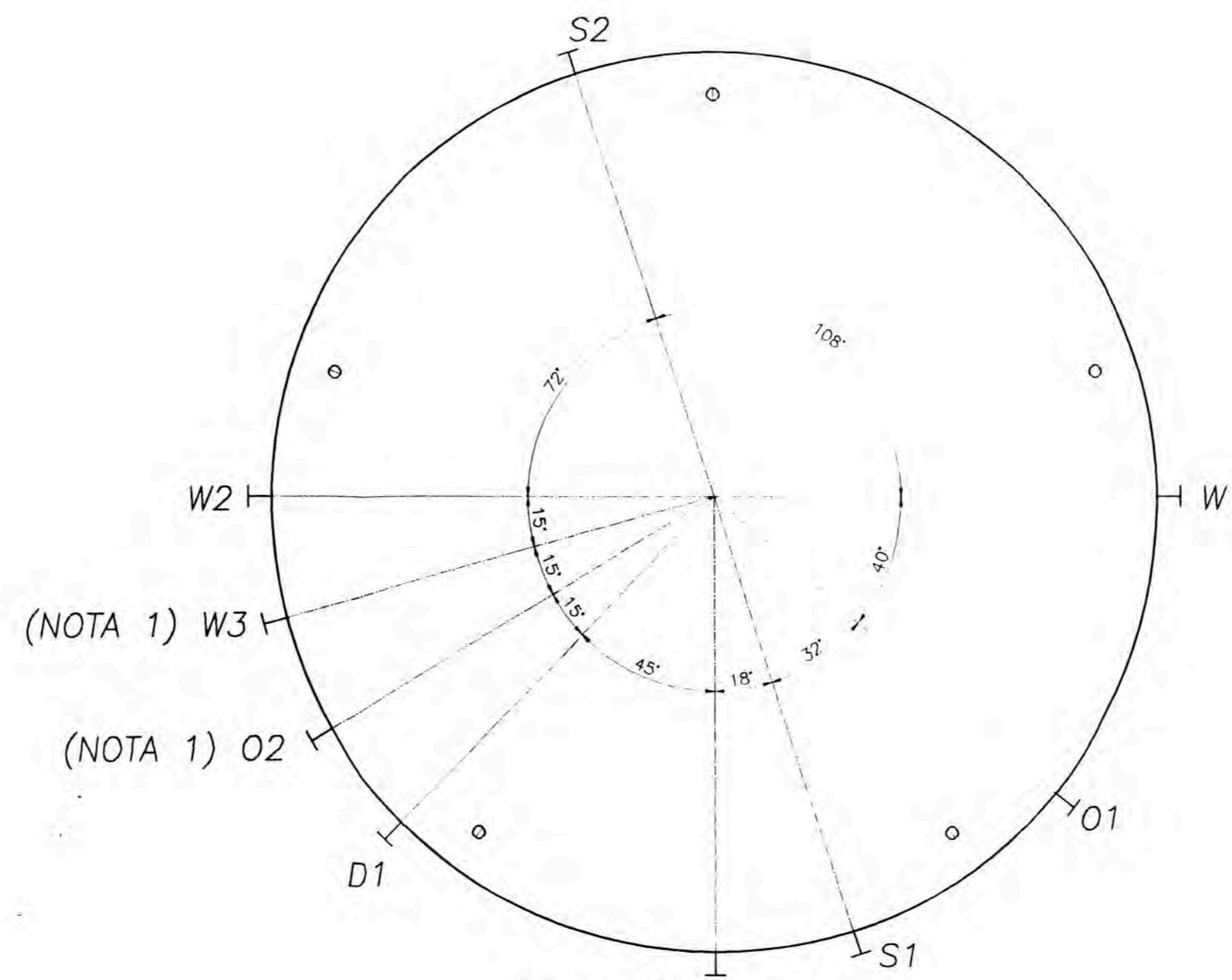
VISTA DE PLANTA DEL SERPENTIN Y APOYO



VISTA DE PLANTA DEL MEZCLADOR DIFUSOR

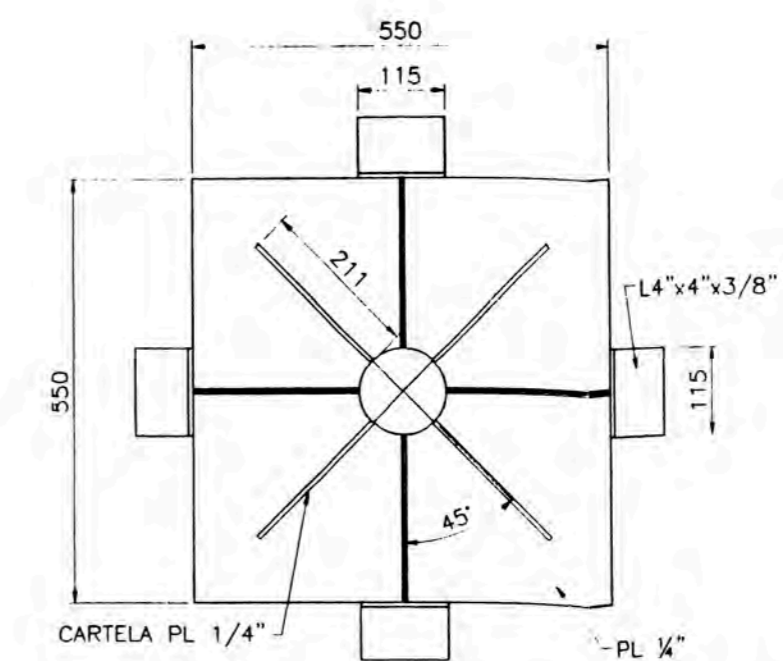


DISTRIBUCION DE VIGAS DEL TECHO



DISTRIBUCION DE BOQUILLAS

LISTA DE BOQUILLAS			
BOQUILLA	DIAMETRO	CLASE	SERVICIO
W1	6"	150#	De intercambiadores recirculación de agua
W2	6"	150#	Salida a succión de bombas para recirculación de agua
W3	2"	150#	Descarga de agua a tanque desnatador
O1	4"	150#	Ingreso de aceite de Separador Trifásico
O2	6"	150#	Ingreso de aceite de Deshidratado Hidrociclonico
O3	6"	150#	Descarga de aceite a Tratador Hidrociclonico
D1	6"	150#	Drenaje con sumidero
S1	4"	150#	Ingreso a serpentín agua salada de separador trifásico
S2	4"	150#	A colector principal de agua salada



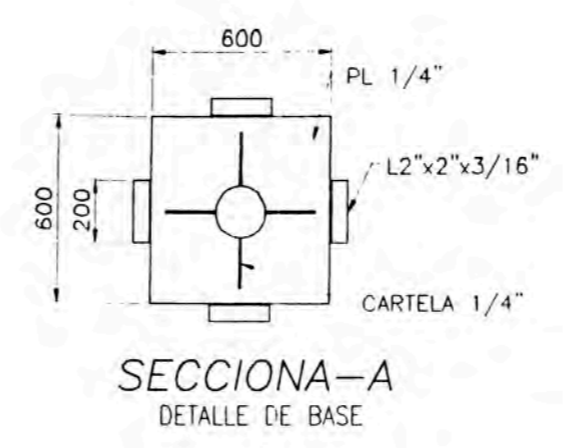
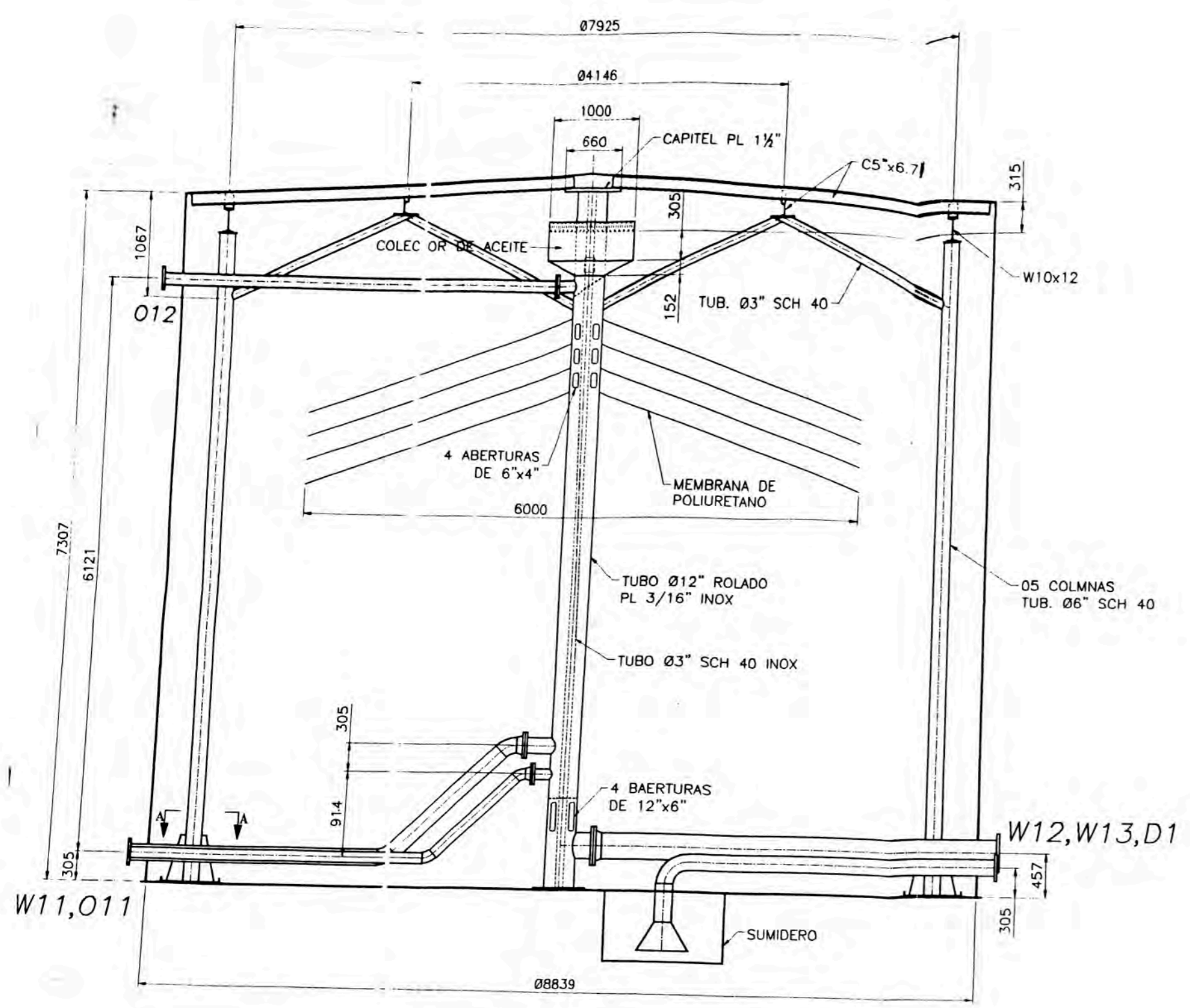
DETALLE DE BASE DE COLUMNAS

NOTA 1 : LA POSICION QUE SE MUESTRA ESPERA EL TANQUE N°2 PARA EL TANQUE N° 1 LA POSICION ES OPUESTA

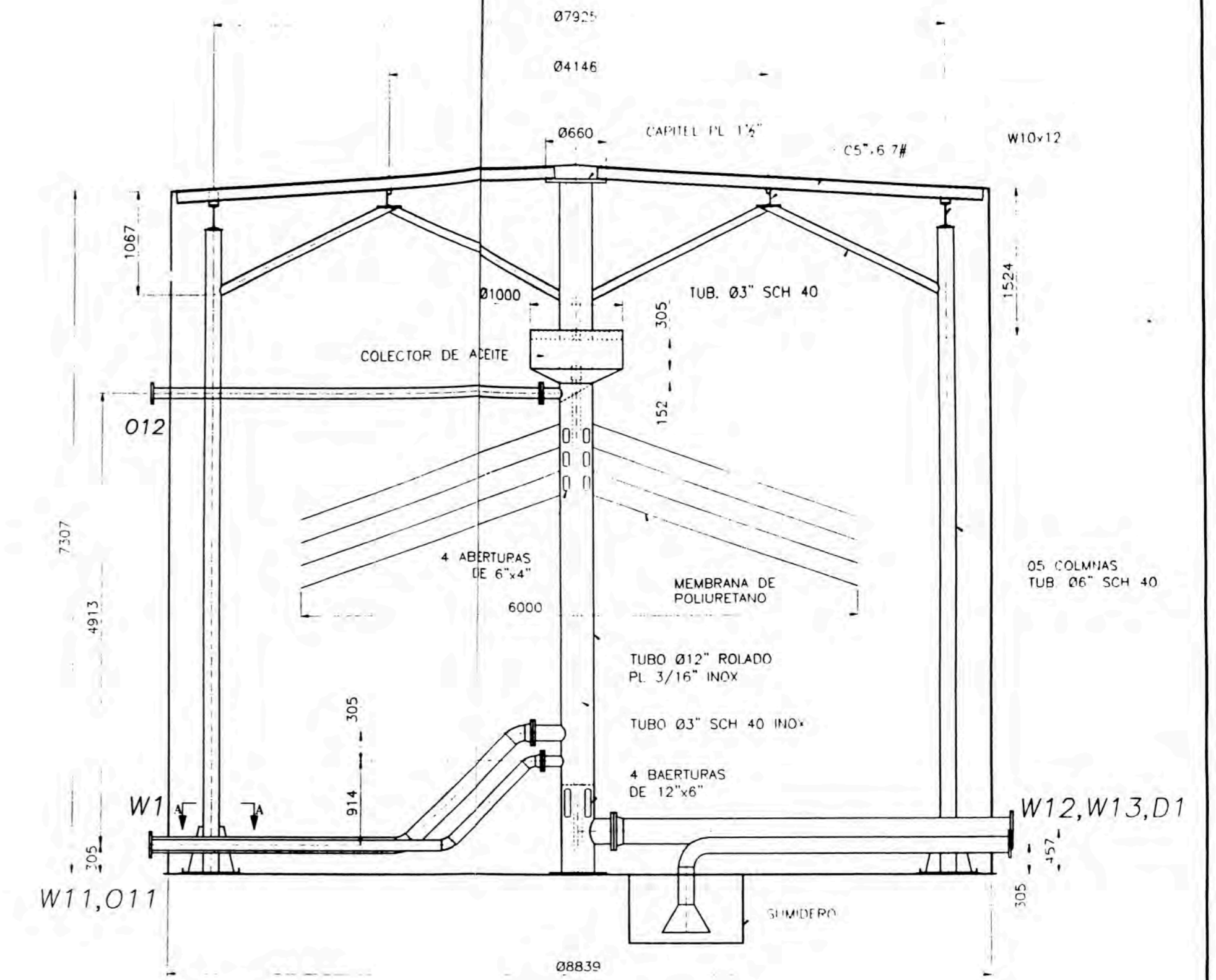
PLUSPETROL
Pluspetrol Peru Corporation Sucursal del Peru

SISTEMA DE TRATAMIENTO BAT. N°3
TANQUE DE LAVADO N° 1 y 2

DISENADO	JAIRO DIAZ	ESCALA	1/5C
TRAZADO	LUIS FARROMEQUE	FECHA	OCT. 20
REVISADO			

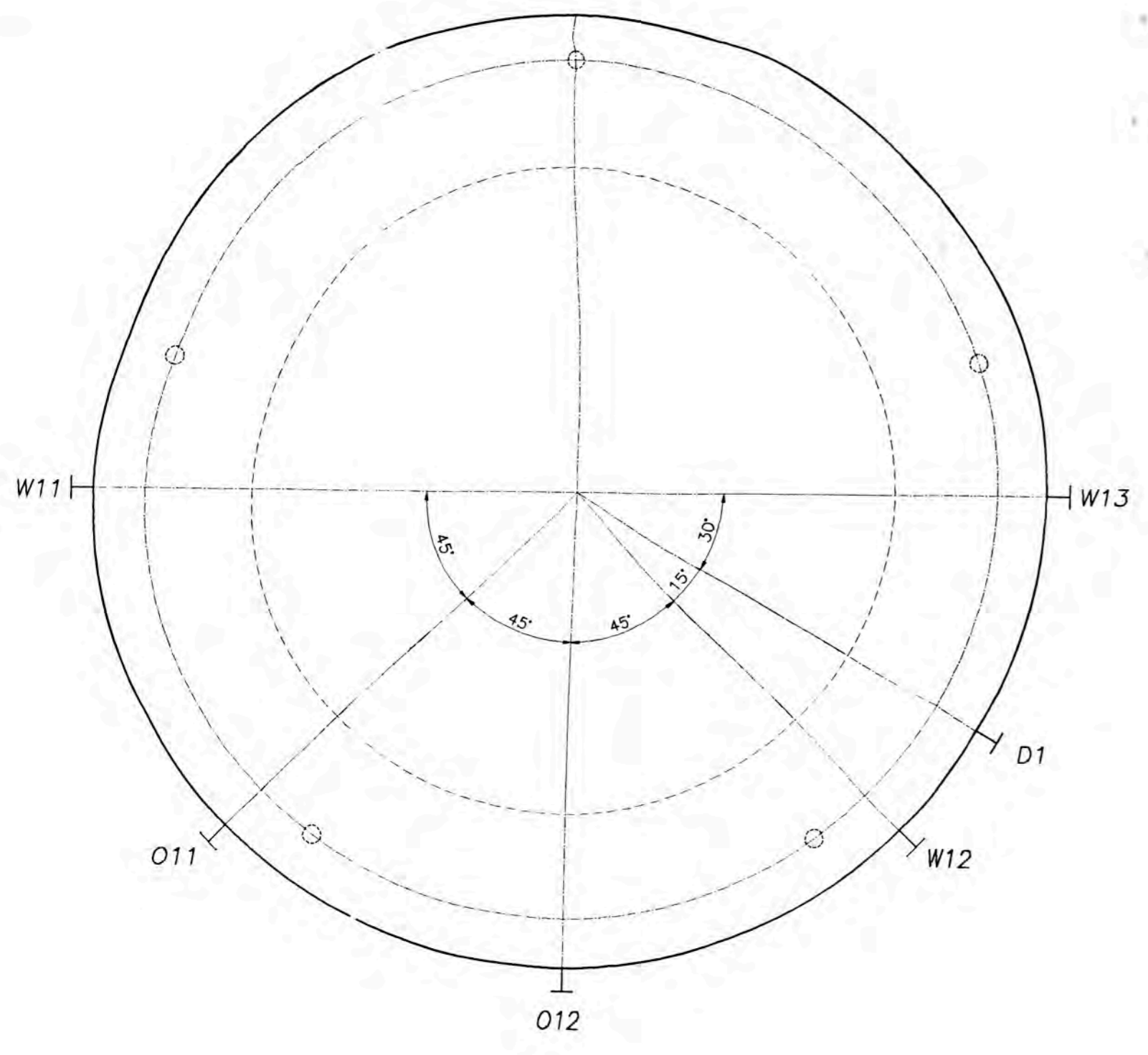


LISTA DE BOQUILLAS TQ N°2				
BOQUILLA	DIAMETRO	CLASE	SERVICIO	
W11	6"	150#	Ingreso de agua de separadores	
W12	8"	150#	Descarga de agua tratada	
W13	10"	150#	Ingreso auxiliar de TQ N°1	
O11	4"	150#	Ingreso de expurga de tanques de lavado	
O12	4"	150#	Descarga de aceite	
D1	6"	150#	Drenaje con sumidero	

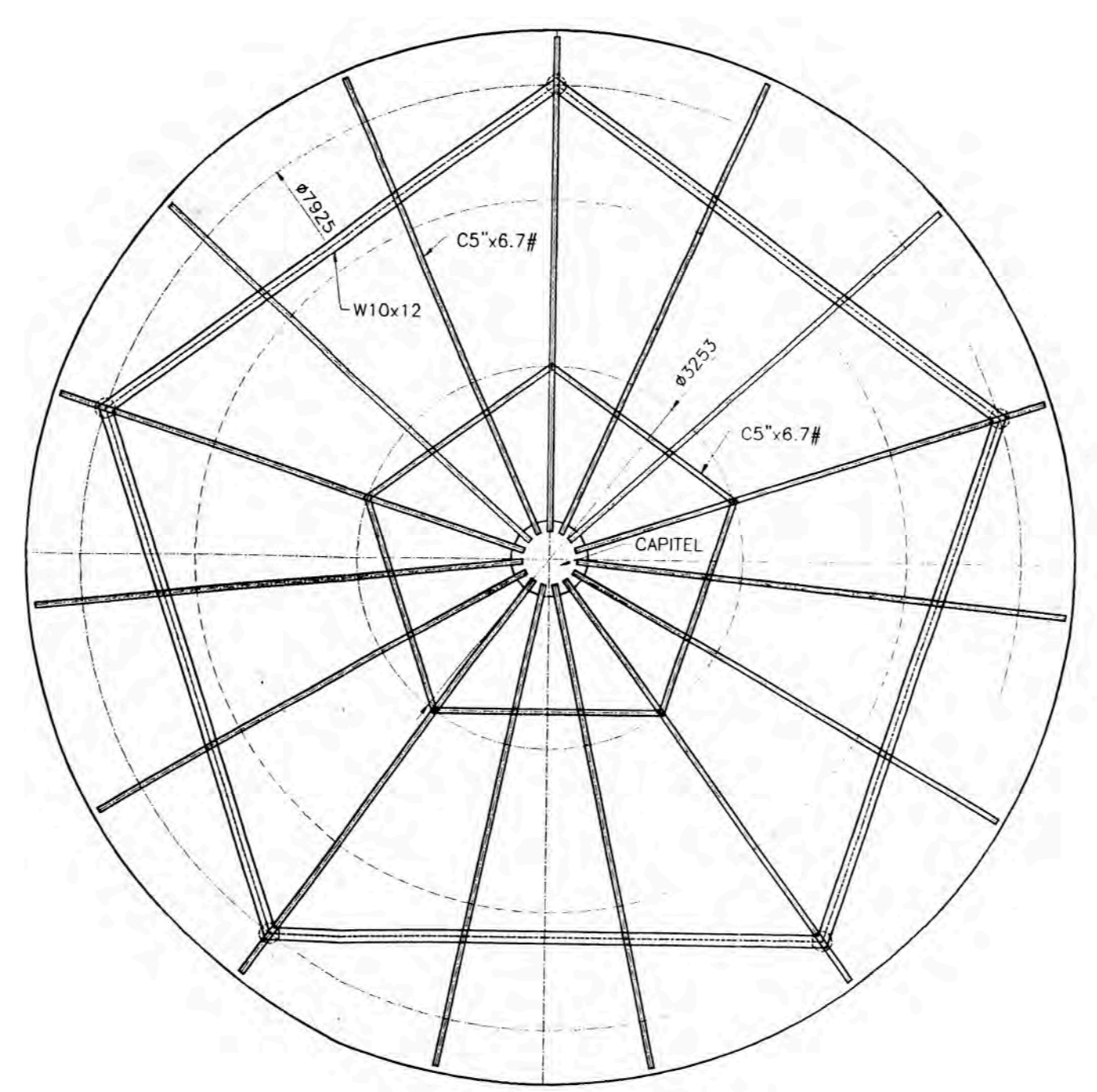


ELEVACION DE TANQUE DESNATADOR N°1

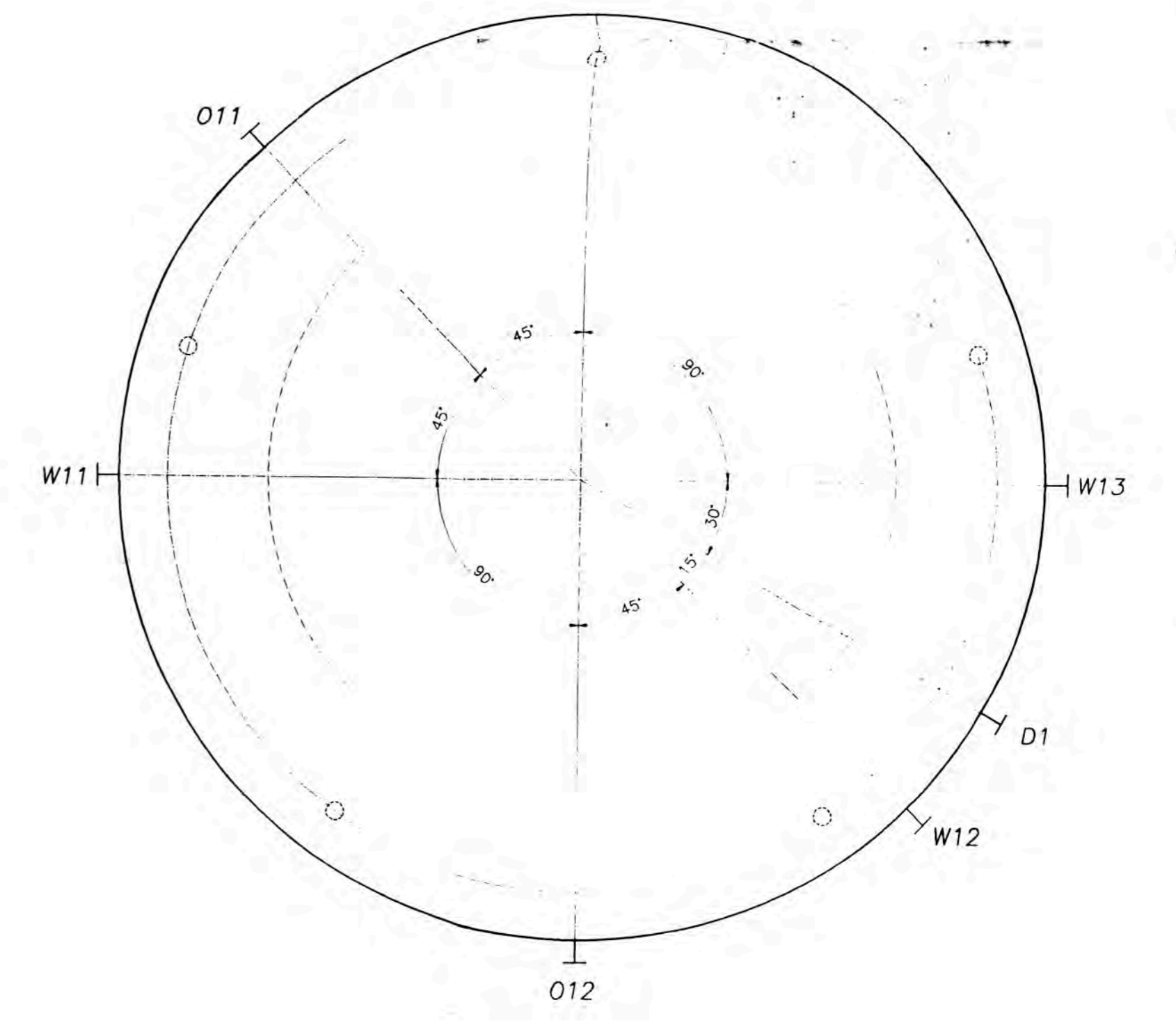
ELEVACION DE TANQUE DESNATADOR N°2



DISTRIBUCION DE BOQUILLAS TQ N°1



DISTRIBUCION DE VIGAS DEL TECHO
EL MOSTRADO ES PARA TQ N°1 Y
PARA TQ N°2 OPUESTO



DISTRIBUCION DE BOQUILLAS TQ N°2

LISTA DE BOQUILLAS TQ N°1				
BOQUILLA	DIAMETRO	CLASE	SERVICIO	
W11	6"	150#	Ingreso de agua de separadores	
W12	8"	150#	Descarga de agua tratada	
W13	10"	150#	Salida auxiliar a TQ N°2	
O11	4"	150#	Ingreso de expurga de tanques de lavado	
O12	4"	150#	Descarga de aceite	
D1	6"	150#	Drenaje con sumidero	

PLUSPETROL
Pluspetrol Peru Corporation Sucursal del Peru

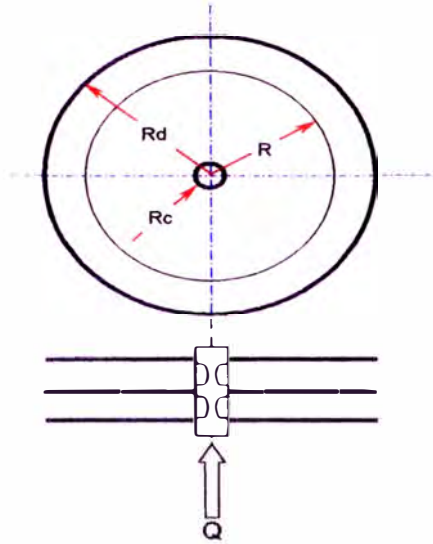
SISTEMA DE TRATAMIENTO BAT. N°3
TANQUE DESNATADOR N° 1 y 2

DISENALDO	JAIRO DIAZ	ESCALA	1/50
TRAZADO	LUIS FARROMEQUE	FECHA	OCT. 2001
REVISADO			

APENDICE

DEDUCCION DE EXPRESIONES UTILIZADAS PARA EL CALCULO DE TANQUES DESNATADORES

TIEMPO DE RESIDENCIA ENTRE DOS DISCOS PARALELOS



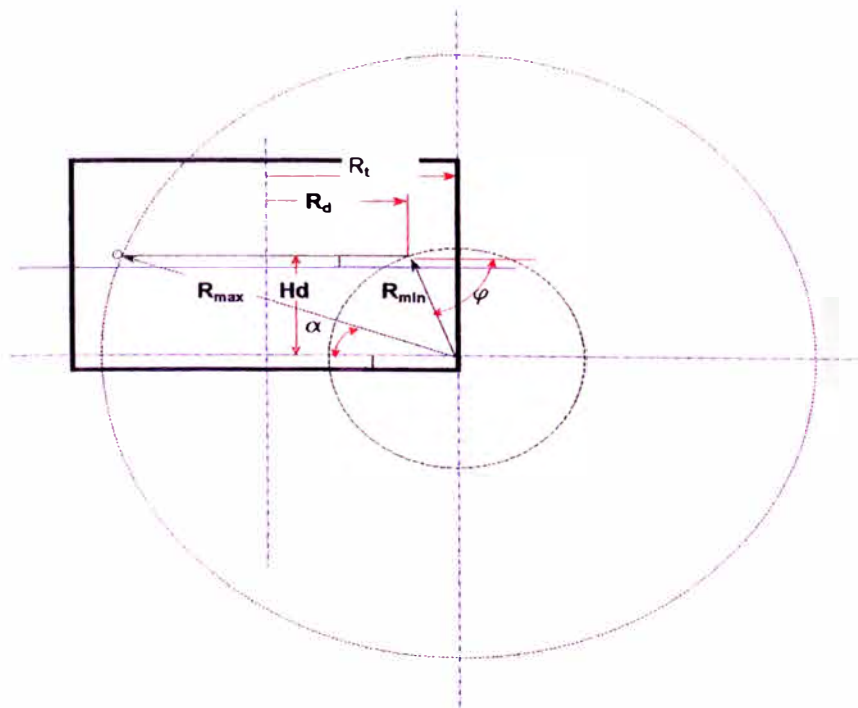
Sea "n" el número de discos paralelos que componen el difusor de placas, distanciados "a" unidades entre ellos y el caudal total ingresante igual a "Q", entonces la velocidad de la corriente entre placas (V_h) será igual a:

$$V_h = \frac{Q}{2 \pi R a n} = \frac{dR}{dt}$$

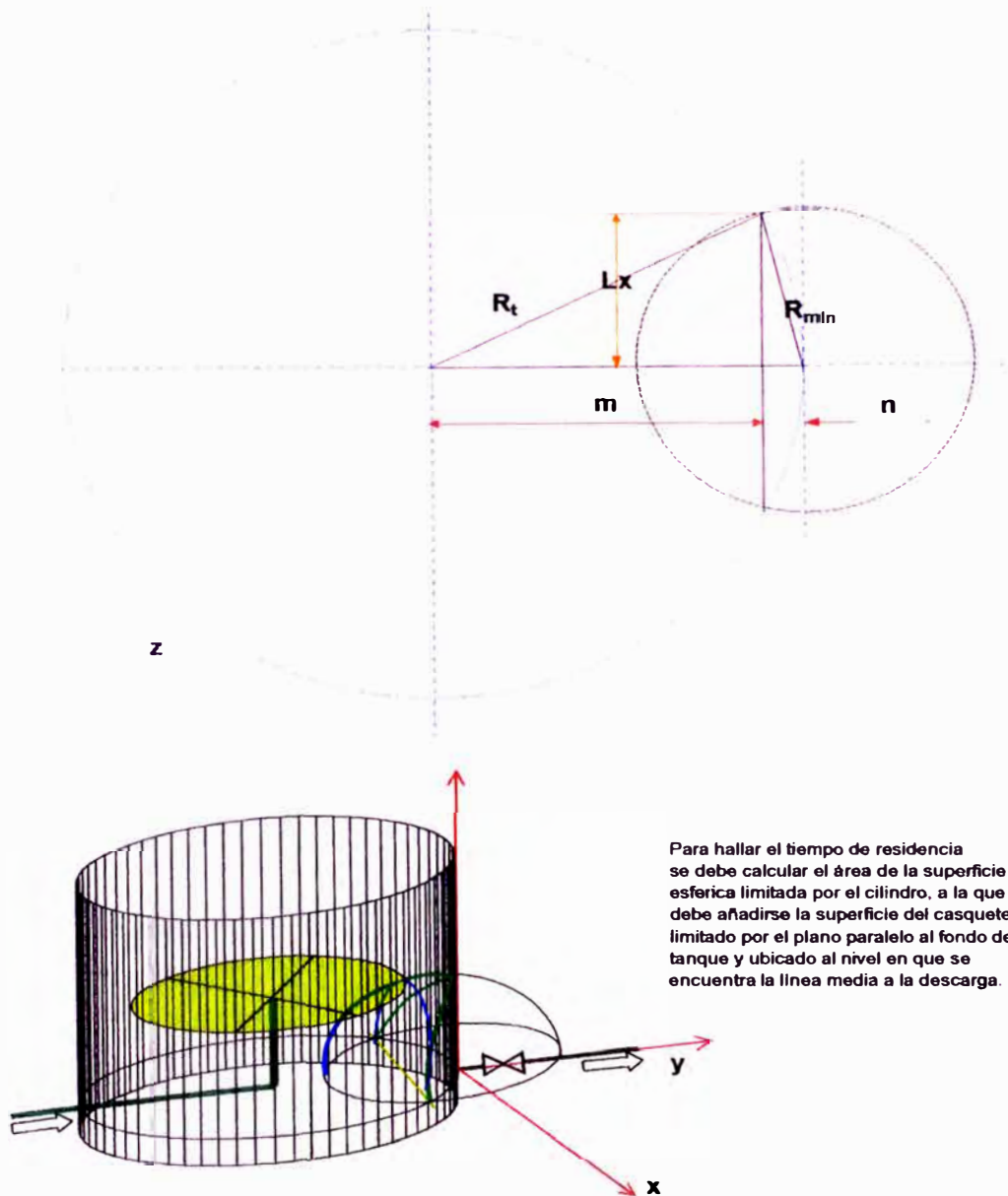
Integrando el tiempo entre 0 y t y R entre R_c y R_d en donde "t" será el tiempo total de residencia, R_c el radio exterior de la columna central y R_d el radio del difusor; así:

$$t = \frac{\pi R a n}{Q} \cdot \left(R_d^2 - R_c^2 \right)$$

TIEMPO DE RESIDENCIA EN TANQUE DESNATADOR CON TOMA EXCÉNTRICA



b



Para hallar el tiempo de residencia se debe calcular el área de la superficie esférica limitada por el cilindro, a la que debe añadirse la superficie del casquete limitado por el plano paralelo al fondo del tanque y ubicado al nivel en que se encuentra la línea media a la descarga.

La esfera puede ser representada matemáticamente por:

$$x^2 + y^2 + z^2 = R^2 \dots\dots\dots (1)$$

y el área del cilindro que representa al tanque por:

$$(y + Rt)^2 + x^2 = Rt^2 \dots\dots\dots (2)$$

y sabiendo que el área de un cuerpo representado por $f(x,y)$, puede ser calculado, como una integral doble:

$$S = \iint ((fx^2(x,y) + fy^2(x,y) + 1))^{0.5} dx dy \dots\dots\dots (3)$$

Para el caso:

$$f(x,y) = Z = (R^2 - (x^2 + y^2))^{0.5} \dots\dots\dots (4)$$

Aplicando la expresión 3 en 4 y considerando la limitación impuesta por el cilindro, se tiene:

$$S_1 = 2 \int_{x=0}^{x=Lx} \int_{y=0}^{y=Rt-(Rt^2-x^2)^{0.5}} \frac{R}{(R^2-x^2-y^2)^{0.5}} dx dy \dots\dots\dots(5)$$

Luego:

$$S_1 = 2 \cdot R \int_{x=0}^{x=Lx} \arccos \left(\frac{Rt - (Rt^2 - x^2)^{0.5}}{(Rt^2 - x^2)^{0.5}} \right) dx \dots\dots\dots(5)$$

Para el cálculo de la integral, en este estudio se ha aplicado la regla del trapecio o de Simpson.

A la superficie "S₁" se debe agregar la superficie del casquete "S₂" expresado por:

$$S_2 = \pi \cdot R \cdot (R-n) \dots\dots\dots (6)$$

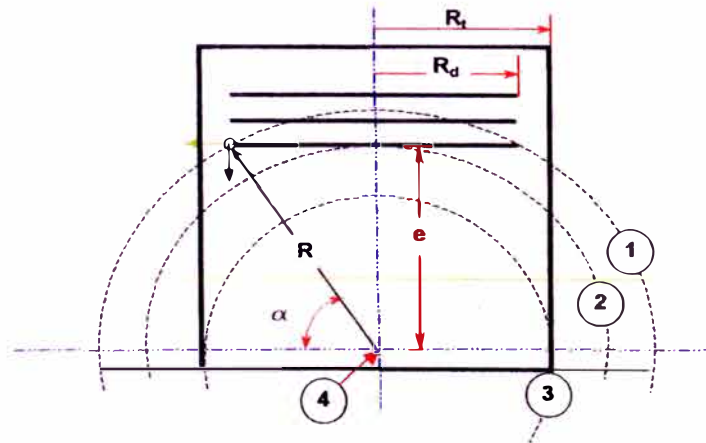
Debe advertirse que R es igual Rmin

El tiempo teórico de residencia (t_r) en el tanque estará expresado por:

$$t_r = Q / (S_1 + S_2) \dots\dots\dots (7)$$

Aún cuando la expresión (7) puede originar tiempos de residencia mucho mayores que los logrados, dentro de los discos de placas paralelas, si no existe una superficie coalescedora, la separación finalmente lograda resulta muy pobre.

TIEMPO DE RESIDENCIA EN TANQUE DESNATADOR CON TOMA CENTRADA



El tiempo total de residencia puede ser calculado por la sumatoria de los tiempos que toma el flujo en desplazarse de 1 a 2, (Δt₁) de 2 a 3 (Δt₂) y de 3 a 4 (Δt₃).

El tiempo total efectivo solo considera los tiempos de 1 a 2 y de 2 a 3, puesto que la partícula que haya sido arrastrada hasta la superficie esférica 3, será arrastrada hasta el punto 4.

Así:

$$\Delta t_1 = \int_{R=(Rd^2+e^2)^{0.5}}^{R=e} \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot (e - (R^2 - R_t^2)^{0.5}) \cdot dR}{Q} \dots\dots\dots(1)$$

$$\Delta t_2 = \int_{R=e}^{R=R_t} \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot (R - (R^2 - R_t^2)^{0.5}) \cdot dR}{Q} \dots\dots\dots(2)$$

$$\Delta t_3 = \int_{R=R_t}^{R=0} \frac{2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot dR}{Q} \dots\dots\dots(3)$$

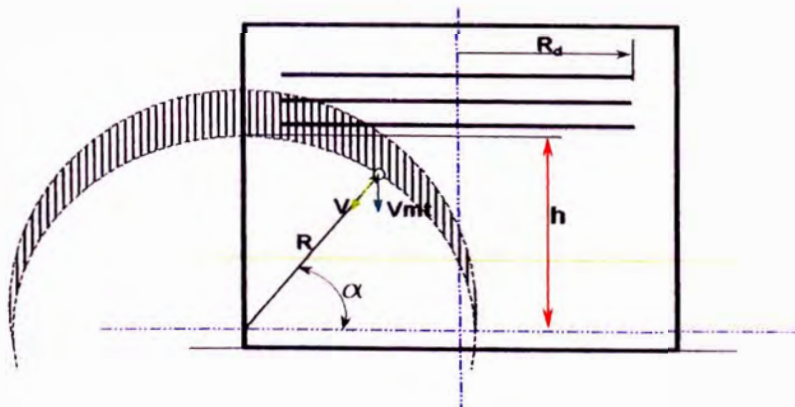
Luego de efectuar algunas operaciones algebraicas, se tiene de 1 + 2 + 3 : (3)

$$\Delta t_t = \frac{2 \cdot \pi}{Q} \left(\frac{e \cdot R_d^2}{2} - \frac{(R_d^2 + e^2 - R_t^2)^{3/2}}{3} + \frac{e^3}{3} \right)$$

El tiempo total efectivo estará dado por la siguiente expresión:

$$\Delta t_t = \frac{2 \cdot \pi}{Q} \left(\frac{e \cdot R_d^2}{2} - \frac{(R_d^2 + e^2 - R_t^2)^{3/2}}{3} + \frac{e^3}{3} - \frac{R_t^3}{3} \right)$$

RELACION ENTRE LA VELOCIDAD DE FLUJO(V) Y LA MEDIA TERMINAL (Vmt)



Aplicando el criterio de la media, se establece:

$$V_{mt} \cdot (\alpha_2 - \alpha_1) = \int_{\alpha=\alpha_1}^{\alpha=\alpha_2} \frac{Q \cdot \text{sen } \alpha \cdot d\alpha}{\pi \cdot R \cdot h} \dots\dots\dots(1)$$

Si en 1, hacemos $\alpha_1=0$ y $\alpha_2=\pi/2$

Se tiene para la toma excentrica, considerando tanque paralelepipedo:

$$V_{mt} = \frac{2}{\pi} \left(\frac{Q}{\pi \cdot R^2} \right) \dots\dots\dots(2)$$

Para un tanque cilindrico, con toma centrada:

$$V_{mt} \cdot (\alpha_2 - \alpha_1) = \int_{\alpha=\alpha_1}^{\alpha=\alpha_2} \frac{Q \cdot \text{sen } \alpha \cdot d\alpha}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot h} \dots\dots\dots(3)$$

Luego:

$$V_{mt} = \frac{2}{\pi} \left(\frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot R} \right) \dots\dots\dots(4)$$

RELACION ENTRE LA VELOCIDAD MEDIA TERMINAL (V_{mt}) y EL DIAMETRO DE LA PARTICULA DE ACEITE A SEPARAR (D_d)

$$D_d = \left(\frac{18 \cdot V_{mt} \cdot \mu_w}{981 \cdot (\gamma_w - \gamma_o)} \right)^{0.5} \cdot 10\ 000 \dots\dots\dots(1)$$

En la expresion 1:

D_d : en micrones

V_{mt} : en cm/s

μ_w : en poises

γ_w y γ_o son pesos especificos del agua y el aceite a la temperatura del proceso.