



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

TESINA

**“EXPERIENCIA EN EL DESARROLLO DE INGENIERÍA BÁSICA Y
DE DETALLE CON UN LICENCIADOR PARA UN PROYECTO DE
RECUPERACIÓN DE AZUFRE”**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTA

MIGUEL ANGEL LÓPEZ HERNÁNDEZ



MÉXICO, CIUDAD DE MEXICO

2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: CELESTINO MONTIEL MALDONADO

VOCAL: MARTIN RIVERA TOLEDO

SECRETARIO: ILEANA RODRIGUEZ CASTAÑEDA

1er. SUPLENTE: IBET NAVARRO REYES

2° SUPLENTE: LUIS ANGEL MORENO AVEDAÑO

ASESOR DEL TEMA:

ILEANA RODRIGUEZ CASTAÑEDA

SUSTENTANTE:

MIGUEL ANGEL LÓPEZ HERNÁNDEZ

“WHAT IS THAT FEELING WHEN
YOU'RE DRIVING AWAY FROM
PEOPLE AND THEY RECEDE ON
THE PLAIN TILL YOU SEE THEIR
SPECKS DISPERSING? - IT'S THE
TOO-HUGE WORLD VAULTING US,
AND IT'S GOOD-BYE. BUT WE
LEAN FORWARD TO THE NEXT
CRAZY VENTURE BENEATH THE
SKIES.”

— JACK KEROUAC
(ON THE ROAD)

“NOTHING BEHIND ME,
EVERYTHING AHEAD OF ME, AS IS
EVER SO ON THE ROAD.”

— JACK KEROUAC
(ON THE ROAD)

RESUMEN

En el primer capítulo se da una introducción sobre lo que es una firma de ingeniería y que es lo que hace, los departamentos que la componen y como es que funciona la dinámica entre éstos.

El tema del segundo capítulo es el Azufre, sus características físicas y químicas así como su descubrimiento y su utilización en la industria química. También se habla en lo particular sobre el manejo de éste pues es de interés debido a la complejidad y las muchas variables que giran al alrededor del éste tema, ayudando a entender la logística del manejo del producto de la “Planta de Recuperación de Azufre”.

En el tercer capítulo habla de la Ingeniería de Proyectos, como se explica en el capítulo es de vital importancia hablar de este señalando un concepto actual que nos permitirá entender los capítulos siguientes en los cuales se habla de la administración y el desarrollo de proyectos específicamente en la rama de la industria del Petróleo.

Así mismo se explica Ingeniería Conceptual y lo vital que es para el desarrollo de la Ingeniería Básica y de Detalle.

En el segundo subcapítulo del tercer capítulo describe la etapa de la Ingeniería Básica y cómo ésta empieza en el caso específico cuando se tiene un licenciador ya elegido por el cliente. En el capítulo se describe lo que conforma esta etapa, el grado de detalle, el papel del área de proceso en ésta y sobre todo la administración del cumplimiento de entregables siendo un canal de comunicación entre lo que requiere el cliente y la información que el tecnólogo proporciona.

El tercer subcapítulo del tercer capítulo explica la Ingeniería de Detalle, que en sí es un trabajo más rápido si se cuenta con las herramientas necesarias. En este subcapítulo se ahonda más en el trabajo interdisciplinario que se vive para ajustar todo lo proporcionado por un licenciador a estándares internos de una firma de ingeniería. Como en el capítulo anterior, se mencionan los

entregables en dicha etapa y como la dinámica de trabajo cambia en torno al ingeniero de proceso.

El mismo tercer subcapítulo explica el cierre del alcance de un proyecto, es decir el proceso de término del proyecto y las actividades que este implica, etapa en la cual se corrobora si se cumplieron los procesos internos, los trámites y sobre todo las lecciones aprendidas en dicho proyecto para que con base a lo aprendido no se cometan los mismos errores en proyectos similares.

El cuarto capítulo es la parte en la cual se abre una discusión que es una retrospectiva al proyecto. Se abordan los resultados, las horas hombre trabajadas, duración y análisis de resultados del proyecto.

En el quinto capítulo se mencionan las conclusiones y aportaciones de la tesina. Haciendo énfasis sobre lo que el desarrollo de un proyecto implica y como es que todas las partes que conforman a una firma de ingeniería llevan a alcanzar las metas establecidas.

La presente tesina brinda a los futuros egresados un panorama de lo que es vivir la ingeniería del proyecto, el ambiente laboral, las relaciones humanas y sobre todo presenciar cómo todo lo plasmado en papel va tomando forma física.

ÍNDICE

RESUMEN	5
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1 FIRMA DE INGENIERÍA	14
2. PLANTA DE RECUPERACIÓN DE AZUFRE.....	16
2.1 AZUFRE	18
2.2 REACCIONES DEL PROCESO	20
2.3 PROCESO CLAUS.....	21
2.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	23
2.5 NORMATIVIDAD	24
2.5.1 EPA.....	24
2.5.2 OSHA	25
2.6 MANEJO.....	26
3. INGENIERÍA DE PROYECTOS.....	28
3.1 INGENIERÍA CONCEPTUAL	29
3.2 INGENIERÍA BÁSICA.....	31
3.2.1 ADMINISTRACIÓN DE INGENIERÍA BÁSICA.....	32
3.2.2 DOCUMENTOS DESARROLLADOS DURANTE LA INGENIERÍA BÁSICA.....	34
▪ BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA	34
▪ DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO (DFP).....	36
▪ DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN (DTI)	38
▪ HOJAS DE DATOS (HD)	40
▪ BASES DE DISEÑO (BD).....	46
▪ ESTUDIOS Y ANÁLISIS (ET).....	47
▪ FILOSOFÍAS.....	48
▪ CIERRE DE INGENIERIA BÁSICA.....	49
3.3 INGENIERÍA DE DETALLE.....	50
3.3.1 ADMINISTRACIÓN DE INGENIERÍA DE DETALLE.....	51
3.3.2 DOCUMENTOS DESARROLLADOS DURANTE LA INGENIERÍA DE DETALLE.....	53
▪ BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA	53
▪ DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO (DFP).....	54
▪ DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN (DTI)	55
▪ HOJAS DE DATOS (HD)	56
▪ BASES DE DISEÑO (BD).....	63
▪ ESTUDIOS Y ANÁLISIS (ET).....	64
▪ FILOSOFÍAS.....	65
▪ CIERRE DE INGENIERIA DETALLE.....	66
4. DISCUSIÓN.....	67
5. CONCLUSIONES.....	70
6. REFERENCIAS.....	72
7. GLOSARIO.....	73
ANEXO I: LISTA DE ACRONIMOS, NOMENCLATURA Y SIGLAS.	75

1. INTRODUCCIÓN

Esta tesina tiene como objetivo ser una guía para los recién egresados de la carrera de Ingeniería Química, que muestre una perspectiva del campo laboral de la ingeniería de proyectos ayudándolos a entender cómo es que funciona una firma de ingeniería y todo lo que en ésta se lleva a cabo, al final de esta tesina se incluye un glosario de los términos técnicos mas comunes empleados en una firma de ingeniería.

Durante un período que abarcó el año 2015 y parte del 2016 me desempeñé profesionalmente como ingeniero de proceso dentro de una firma de ingeniería, líder en el desarrollo de la ingeniería de detalle y básica de proyectos industriales participando en el proyecto de “Aguas Residuales de Tula”, siendo parte del Departamento de Tuberías (en el área de control de materiales y de diseño), así como en el Departamento de Proceso (como ingeniero de proceso B), realizando las siguientes actividades:

- Take Off's de Diagramas de Tuberías e Instrumentación en ingeniería básica y de detalle, para el departamento de tuberías.
- Creación de requisiciones de materiales y descargas de listas materiales en software Material Manager, para el departamento de tuberías.
- Diseño de bombas e intercambiadores, para el departamento de proceso.
- Revisión de hidráulica de bombas para el departamento de proceso.
- Propuestas sobre logística y manejo de producto, para el departamento de proceso.
- Administración y canal de comunicación entre la firma de ingeniería y el licenciador.
- Traducción de documentos del licenciador.
- Simulación en Hysys, Aspen y Promax de la Unidad Recuperadora de Amina, Planta de Aguas Amargas y Planta Recuperadora de Azufre.
- Búsqueda de normatividad de azufre en México y el mundo.

En el año 2016 arrancó el proyecto “Planta de Recuperación de Azufre” de la Refinería “Miguel Hidalgo” en Tula, Hidalgo, proyecto realizado en colaboración con un tecnólogo especializado en la recuperación de azufre.

El desarrollo de la Ingeniería para este proyecto se dividió por etapas partiendo desde una ingeniería conceptual, pasando por básica y terminando en detalle.

Después de revisar varias definiciones de ingeniería de proyectos, ésta puede ser definida como:

“La aplicación del conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas en las actividades de un proyecto para así cumplir las necesidades de éste.”

El ingeniero de proyectos, es quien tiene a su cargo un grupo específico de disciplinas que trabajando en conjunto generan la información necesaria para establecer las bases para la realización de un proyecto industrial así como también el desarrollo y procuración de éste dependiendo del alcance que tenga la firma de ingeniería.

Estos proyectos industriales son ejecutados por una firma de ingeniería, la cual es una empresa compuesta de diferentes áreas o disciplinas tales como: Arquitectura, Ingeniería Civil, Ingeniería de Procesos, Tuberías, Instrumentación, Contra Incendios, entre otras. Cada área tiene tareas, actividades y alcances específicos los cuales se complementan con información o documentos generados por otras disciplinas haciendo del desarrollo de un proyecto industrial una labor interdisciplinaria.

Una firma de ingeniería tiene diferentes giros, enfocándonos en el ramo industrial esta puede desarrollar:

- Ingeniería Básica
- Ingeniería de Detalle
- Ingeniería de Procuración y Construcción

En México, principalmente en la industria del Petróleo existen diversas necesidades que se convierten en oportunidades de proyectos por ejemplo la construcción de una refinería nueva, un “Revamp”; el cual consiste en modificar una planta o refinería ya existente para aumentar su capacidad actual de producción a la deseada por el cliente, o bien la construcción de una nueva planta dentro de una refinería donde Petróleos Mexicanos (PEMEX) publica una licitación para el proyecto que satisfaga la necesidad.

En esta licitación PEMEX establece el alcance, los requerimientos y las bases de diseño para el proyecto, así es como varias firmas de ingeniería dedicadas al desarrollo industrial entregan una propuesta acompañada de un estimado de costos y un estimado de horas-hombre.

Después de ser evaluadas todas las propuestas se llega a la selección de un ganador que será el encargado del desarrollo del alcance del proyecto, es decir ya sea que solo desarrolle ingeniería básica, ingeniería de detalle o un proyecto “Llave en Mano”, en el que la firma de ingeniería se encarga del diseño, procura, construcción y puesta en marcha; todo a un precio y plazo fijo.

Una vez ganado el proyecto la firma de ingeniería entrega al cliente un Programa Maestro, donde se indican las fechas de entrega de los documentos ya establecidos en la licitación.

Algunos de estos documentos como: los Diagramas de Flujo de Proceso (DFP), balances de materia y energía y los Diagramas de Tuberías e Instrumentación (DTI) son la base para la realización de los demás documentos necesarios para la realización del proyecto.

La siguiente imagen muestra un ejemplo de “Programa Maestro” donde se indica la semana en la cual los documentos de la ingeniería básica se trabajarán así como también los documentos de la ingeniería de detalle. Muchas veces en un proyecto en el que se desarrolla tanto ingeniería básica como de detalle se deben de trabajar documentos de ingeniería de detalle durante la ingeniería básica con el fin de tomar el trabajo ya hecho y trabajar

en el nivel de detalle requerido así como el formato requerido con el fin de no empezar desde cero y que se entreguen en tiempo y forma.

PROGRAMA MAESTRO

DOCUMENTO:	SEMANA																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
JUNTA DE ARRANQUE: INGENIERÍA BÁSICA	█																						
BALANCES DE MATERIA	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
DFP	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
DTI											█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
HOJAS DE DATOS					█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
BASES DE DISEÑO		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
ESTUDIOS														█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
FILOSOFÍAS														█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
CIERRE INGENIERIA BASICA																	█	█	█	█	█	█	█
JUNTA COSILIACIÓN: INGENIERÍA DE DETALLE													█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
BALANCES DE MATERIA																							
DFP																							
DTI																							
HOJAS DE DATOS																							
BASES DE DISEÑO																							
ESTUDIOS																							
FILOSOFÍAS																							
CIERRE INGENIERIA DE DETALLE																							█

Figura 1.1. Programa Maestro de documentos durante Ingeniería Básica y de Detalle en un proyecto IPC.

Cada documento entregado deberá ser revisado por las disciplinas involucradas de acuerdo a la matriz de responsabilidades, es decir una o más disciplinas deberá realizar un chequeo cruzado de los documentos generados que cumplan como los requerimientos del proyecto de acuerdo al contrato con el cliente así como con los estándares de la firma de ingeniería. Para saber que disciplina revisa cada documento existe un matriz interdisciplinaria que lo indica, abajo se muestra un ejemplo meramente ilustrativo.

DOCUMENTO	DISCIPLINA								
	ING. PROYECTOS	ARQ.	PROCESO	TUBERIAS	INST.	CONTRAINCENDIOS	CIVIL	ELECTRICO	AMBIENTAL
BALANCES DE MATERIA	X		X			X			
DFP	X		X	X	X	X			
DTI	X		X	X	X	X		X	X
HOJAS DE DATOS	X		X	X	X		X	X	X
BASES DE DISEÑO	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ESTUDIOS	X		X			X			
FILOSOFIAS	X		X						

Figura 1.2 Matriz interdisciplinaria de revisión de documentos.

El cliente revisará y comentará todos los documentos mientras que de acuerdo a una matriz interdisciplinaria se indica a cada disciplina los documentos que ésta deberá de revisar. Todos los comentarios hechos tanto por las disciplinas así como por el cliente se hacen llegar al generador de cada documentos el cual revisará junto con su supervisor para saber si los comentarios aplican o no. En el caso que un comentario aplique el documento deberá ser emitido en una nueva revisión la cual deberá de ser nuevamente revisada por las disciplinas correspondientes y el cliente, hasta que ambas partes estén de acuerdo con la revisión actual. Usualmente solo se emiten una o dos revisiones antes de la revisión cero (final) de cada documento.

En cada revisión los documentos deberán cumplir con el formato de la firma de ingeniería y para esto existe el área de Calidad.

Una vez emitidos todos los documentos de la fase de ingeniería básica o de detalle, estos se entregan al cliente en duro (es decir documento físico), así como digital.

1.1 FIRMA DE INGENIERÍA

Una firma de ingeniería es una compañía compuesta de ingenieros que proveen consultoría o servicios a clientes. Hay dos tipos de organización en las firmas de ingeniería: una es por industria o la otra es por disciplina. El tipo de organización de la firma va de acuerdo a los clientes y el área de especialización con cada disciplina. En el caso de firmas pequeñas puede que se especialicen en ciertas disciplinas.

Un claro ejemplo de una firma de tipo industrial es una firma de ingeniería especializada en construcción. Usualmente en ésta contratan ingenieros civiles y mecánicos. Su principal objetivo es crear especificaciones, revisar los planos que provee el arquitecto, inspeccionar el edificio en construcción y asegurar que todos los requerimientos legales se encuentran en forma.

Uno de los objetivos de las firmas de ingeniería es encontrar ingenieros para todas sus disciplinas los cuales cumplan con el perfil adecuado y en conjunto lleguen a un objetivo común en tiempo y forma.

Las firmas de ingeniería son de todos tamaños y formas. Ya sean firmas en las cuales sus empleados trabajan desde casa o puede que sea una firma multinacional con cientos de empleados trabajando en un corporativo. Pero también existen firmas que no solo se encargan del desarrollo de la ingeniería de una o varias plantas, sino que además de ésta se encargan de la construcción, operación y mantenimiento de éstas dentro de un proyecto industrial.

Las disciplinas que usualmente existen en las firmas de ingeniería en forma general son: :

- Ingeniería de Proceso; Esta disciplina se encarga que a partir de bases de diseño del cliente, realiza simulaciones del proceso de las cuales se obtienen balances de materia y energía de los diferentes casos de operación. También se encarga de la realización de diagramas de flujo de proceso, diagramas de tuberías e instrumentación que sentarán las bases

para el desarrollo de documentos para las demás disciplinas. Además se encarga del diseño y especificación de equipos.

- Ingeniería de Tuberías: Se encarga de desarrollar todo el sistema de tuberías y accesorios de la planta, esto va desde sketches o isométricos hasta la realización de un modelo electrónico de la planta hasta la compra de material. En dicha disciplina también se determinan los arreglos en las tuberías para homologar aún más el diseño de ésta.
- Ingeniería Mecánica; Esta disciplina se encarga de verificar el diseño y las especificaciones de los equipos cumpliendo con los estándares de la firma de ingeniería. También se encarga del diseño de intercambiadores de calor.
- Instrumentación: Disciplina que se encarga de especificar el tipo de instrumentación en los equipos así como también en la tubería. También se encarga de las tomas de muestras, sensores y el tipo señales de éstos a un panel de control local o externo y así encargándose del sistema control de la planta.
- Ingeniería Civil; Esta disciplina se encarga del desarrollo del diseño de estructuras de acero y concreto. Planos topográficos, diseños de drenajes y vialidades.
- Ingeniería Eléctrica; Esta disciplina se encarga de la clasificación de áreas de riesgo eléctrico así como también proveer las subestaciones eléctricas necesarias para suministrar los equipos o servicios de la planta que necesiten electricidad para su funcionamiento.

Las demás disciplinas que componen a la firma de ingeniería dependerán del giro de cada una. Es decir en una firma con un giro petroquímico usualmente tendrán disciplinas como ingeniería ambiental, contraincendios, etc.

2. PLANTA DE RECUPERACIÓN DE AZUFRE

Una planta de recuperación de azufre tiene como principal objetivo el reducir las emisiones de SO_2 a la atmósfera procedentes del proceso de endulzamiento (desulfuración) del gas y condensados amargos a niveles acordados con NOM-085-SEMARNAT-1994 de acuerdo con la Regulación Federal Norteamericana (CFR) adoptada y emitida por la EPA (Environmental Protection Agency): 40CFR60 Subpart LLL “Standards of Performance for Onshore Natural Gas Processing. SO_2 Emissions (50 FR 40160, October 1, 1985)”, NOM-137-SEMARNAT-2003 y con la USEPA (United States Environmental Protection Agency).

Por lo mencionado anteriormente las plantas de recuperación de azufre tienen una función meramente ecológica. Cada refinería en el país debe de contar con un bloque de azufre compuesto de una planta de aguas amargas, unidad recuperadora de amina y de recuperación de azufre. Al salir del bloque las emisiones deber de ser menores a 50 ppm.

La Recuperación de azufre toma como base el proceso “Claus” y este se puede modificar o variar en la sucesión de pasos, siendo las principales modificaciones:

- SUPER CLAUS®
- EUROCLAUS®

Para la elección entre las variaciones al proceso Claus mencionadas anteriormente hay que tener en cuenta dos cosas:

- Caracterización del gas amargo a tratar.
- Especificación de productos y sub productos (SO_2 y Azufre líquido)

La caracterización del gas amargo a tratar debe de ser especificado durante las bases de diseño, ésta debe de considerar que no tendrán picos simultáneos o variaciones prolongadas en su composición pero la planta debe de poder tratar estos picos en la composición. Un claro ejemplo es

cuando por alguna razón la corriente de entrada al proceso Claus presenta un incremento en hidrocarburos, el proceso debe de estar diseñado para poder tratar esta nueva composición, además se deben de tomar acciones correctivas ante el aumento de hidrocarburos en la composición del gas ácido que se reflejará en un aumento en la temperatura del proceso, consumiendo más oxígeno, afectando la recuperación de azufre en la planta. Esto hace del proceso Claus una tarea muy compleja pues siempre hay fluctuaciones con respecto a la composición con la que se diseña la planta.

Con respecto a la especificación de productos y subproductos. El producto de la planta es azufre líquido y como subproducto principal el SO_2 dichos se tiene que especificar, es decir su pureza refiriéndonos al azufre y las ppm en emisiones hablando del SO_2 para poder al final saber el porcentaje de recuperación.

El azufre líquido puede tener múltiples usos en la industria farmacéutica así como también en el campo usándose para la generación de abonos y fertilizantes sulfatados. Pero la mayoría de lo producido es vendido en el exterior a un bajo precio por lo cual una planta de recuperación de azufre tiene un propósito meramente ecológico.

En los siguientes capítulos se hablará más sobre la química de la tecnología, Claus, usada en la Refinería "Miguel Hidalgo".

2.1 AZUFRE

El azufre es el décimo tercer elemento más abundante en el planeta, se ha conocido desde tiempos ancestrales. Alrededor de 1777, Antoine Lavoiser convenció a la comunidad científica que el Azufre era un elemento. Pero fue hasta 1803 que John Dalton pudo explicar con los resultados de algunos de sus estudios de que la materia esta compuesta de átomos y todas sus muestras de cualquier componente consistían en la misma combinación de átomos. Esto fue la evidencia de la existencia de átomos, así fue que Dalton publicó estas ideas en 1808 en "New System of Chemical Philosophy".

Alrededor del 25% del azufre producido hoy en día viene de la refinación petroquímica, como un subproducto de la extracción de otros materiales de minerales que tienen azufre. La mayoría del azufre producido es obtenido de depósitos subterráneos y es usualmente encontrado con depósitos de sal.

El azufre es de un color amarillo pálido, inodoro y quebradizo. Se encuentra en tres formas alotrópicas: ortorrómbico, mono cíclico y amorfo. El ortorrómbico es la forma más estable. El mono cíclico existe a las temperaturas de 96°C -119°C y regresa a la forma ortorrómbica al enfriarse. La forma amorfa se obtiene cuando el azufre líquido es enfriado rápidamente, en ésta el azufre es suave, elástico y eventualmente regresa a la forma ortorrómbica.

En la siguiente tabla se muestran las propiedades químicas del azufre para poder entender mejor el proceso.

Tabla 2.1. Propiedades del Azufre.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
Apariencia	Amarillo brillante
Olor	Sulfuroso
pH	N/A
Presión de vapor	1 mmHg @184°C
Temperatura de vaporización	445°C
Temperatura de fusión	119°C
Solubilidad	Insoluble
Viscosidad	6.5 cP @ 184°C
Temperatura de auto ignición	232 °C

La National Fire Protection Assosiation (NFPA) clasifica al azufre de la siguiente manera:



NFPA704 Hazard Class

Tabla 2.2 Clasificación de riesgo del azufre de la NFPA.

RIESGO	CLASIFICACIÓN GENÉRICA DE PELIGRO	INTERPRETACIÓN
Salud	2	Peligroso
Incendio	1	Sobre 200°F
Instabilidad	0	Estable

El punto de vaporización depende de las impurezas presentes en el producto.

El azufre se quema muy fácil cuando está en contacto con el aire y expuesto a una flama o un exceso de calor. El azufre líquido, a temperaturas cercanas al punto de vaporización, puede flashear y/o quemarse cuando está expuesto al aire. Pueden darse explosiones debido al contacto de agua con el azufre líquido.

El azufre elemental es usado para producir pólvora, cerillos y fuegos artificiales; vulcanizado de caucho; como fungicida, insecticida y fumigante; en manufactura de fertilizantes de fosfatados; en el tratamiento de algunas dermatitis. El principal uso del azufre es en la preparación de compuestos como el ácido sulfúrico usado como agente químico; dióxido de azufre usado como un agente blanqueador, desinfectante y refrigerante; bisulfito de sodio usado en la manufactura de papel; disulfuro de carbono como un importante solvente orgánico.

2.2 REACCIONES DEL PROCESO

La reacción Claus para convertir H₂S en azufre elemental requiere de la presencia de un mol de SO₂ por cada dos de H₂S:



Para poder tener una relación estequiometria, el primer paso en el proceso Claus es la combustión de un tercio de H₂S del gas de alimentación:



Combinando la ecuación (1) y (2) la reacción global sería:



2.3 PROCESO CLAUS

En el siglo XIX en Inglaterra había muchas plantas de alquilación que producían Carbonato de Sodio (Na_2CO_3) debido al proceso Leblanc. El proceso Claus fue desarrollado por Carl Friedrich Claus, un ingeniero químico que trabaja en dicho país, con el propósito de recuperar el azufre del sulfuro de calcio (CaS) generado del proceso Leblanc. Como catalizador utilizó hierro mineral y bauxita (un mineral con un alto contenido de alúmina). En 1883, Claus ya había patentado dicho proceso.

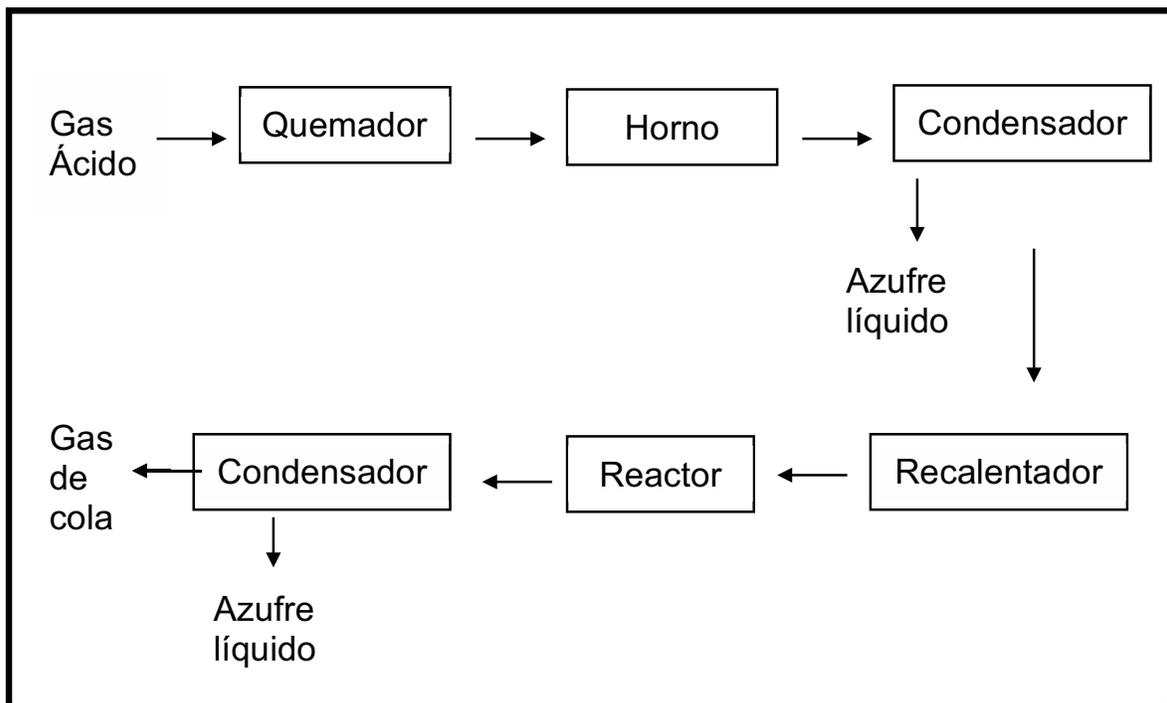


Figura 2.1 Diagrama de bloques de proceso Claus.
Fuente: <https://chemengineering.wikispaces.com/Claus+process>

Durante los siguientes 53 años, dicho proceso no tuvo muchas modificaciones. Pero en 1936, Farbenindustrie, una empresa alemana, introdujo una modificación a dicho proceso en la cual proponía una etapa de conversión térmica seguida de etapas de conversión catalítica, concepto que básicamente hoy en día se sigue usando en las unidades de recuperación de azufre.

A continuación se muestra el proceso actual

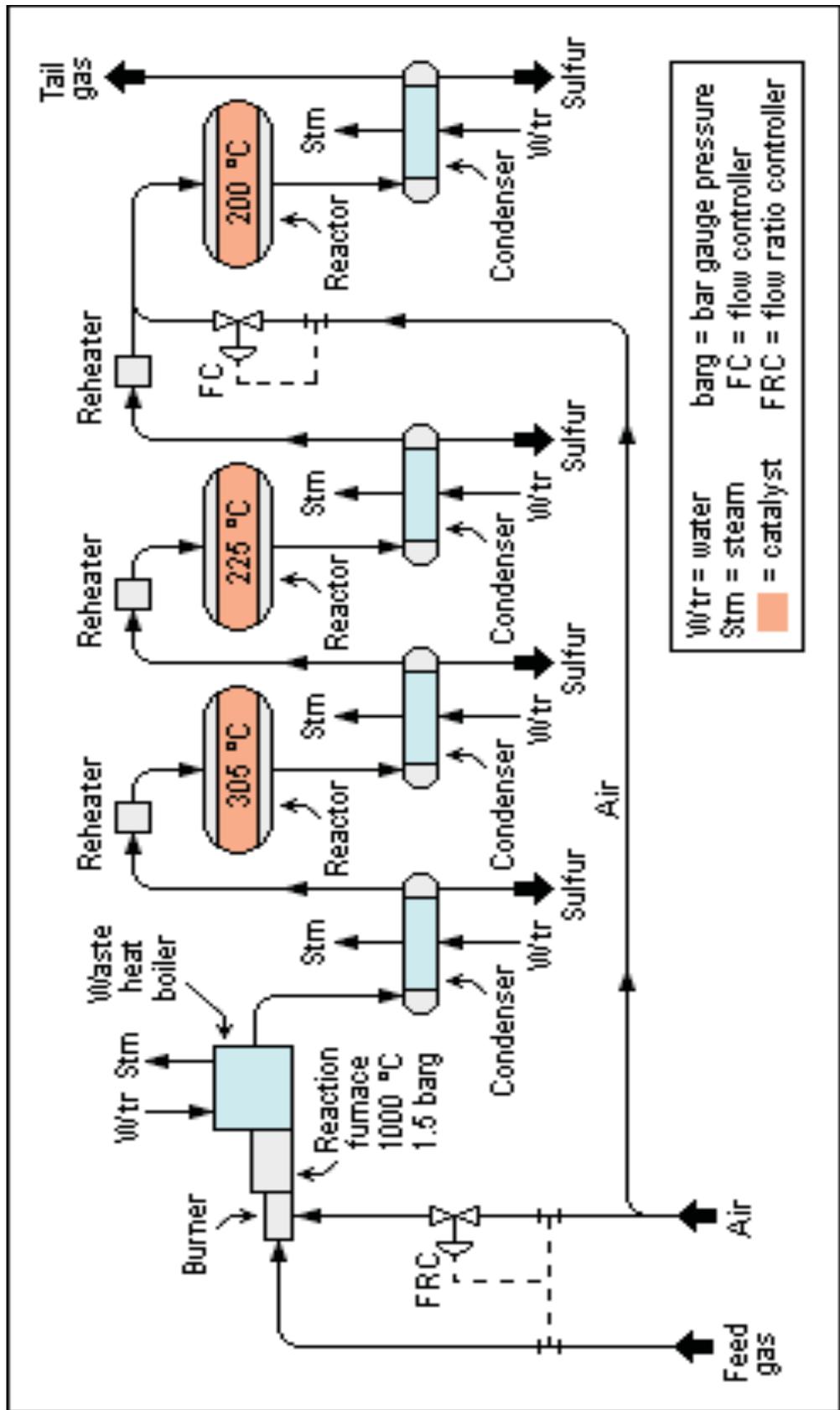


Figura 2.2 Esquema: Diagrama de flujo del una planta de proceso Claus.
 Fuente: <https://chemengineering.wikispaces.com/Claus+process>

2.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Como se muestra en la figura 2.2, el gas de alimentación que entra a la unidad de proceso Claus es quemado usando suficiente aire de combustión para poder quemar solo un tercio del H_2S contenido en el gas de entrada. Esto se logra con un controlador de flujo que provee el aire de combustión suficiente para el gas alimentado.

La presión y temperatura en el quemador se mantiene alrededor de 1.5 bar gauge (bar g) y alrededor de 1000 °C. En dichas condiciones, la reacción Claus ocurre térmicamente en el quemador (sin requerir algún tipo de catalizador). Cerca del 70% del H_2S del gas de entrada se convierte térmicamente en azufre elemental.

La reacción exotérmica producida de la combustión del gas es usada para producir vapor usando una caldera (llamada caldera de recuperación de vapor o wasteheat boiler), la cual enfría el gas de proceso. Dicho gas es enfriado posteriormente para ser condensado en un intercambiador, produciendo un excedente de vapor. El azufre condensado es separado del gas remanente sin reaccionar en la salida del primer condensador y es enviado a almacenamiento.

El gas de proceso separado es recalentado y entra a un primer reactor, como una primera etapa catalítica que opera normalmente a una temperatura de alrededor de 305°C, en el cual alrededor del 20% del H_2S en el gas de alimentación pasa a ser azufre líquido. El gas a la salida del primer reactor es enfriado y condensado produciendo vapor durante el intercambio de calor. De nuevo, el azufre líquido es separado del gas de proceso sin reaccionar remanente a la salida del condensador y es enviado a almacenamiento.

El gas separado del condensador es enviado a otro recalentador, para seguir con la secuencia de: recalentador, segundo reactor de hidrogenación (operando a 225°C), condensador, para la separación de azufre líquido. El gas sin reaccionar es enviado un tercer reactor de oxidación (operando a 200°C) operando a temperaturas más bajas que el primero y segundo.

Alrededor del 6% y 4% del H₂S en el gas alimentado en la etapa térmica pasa a ser azufre elemental en el segundo reactor de hidrogenación y tercer reactor de oxidación, respectivamente. Para asegurar una buena operación así como un buen diseño de la unidad de proceso se debe de considerar el contar con tres reactores catalíticos (como se muestra en la figura 2.2), pudiendo alcanzar una conversión general de al menos 98%. En los modelos más modernos se puede alcanzar hasta una conversión del 99.8% de H₂S en azufre líquido con un 99% de pureza.

El gas de cola es separado en el último condensador y éste puede que se mande a un quemador o sea desulfurado en una "Unidad de tratamiento de gas de cola" (Tail Gas Treatment Unit, TGTU).

2.5 NORMATIVIDAD

2.5.1 EPA

De acuerdo a EPA (United States Environmental Protection) el azufre está registrado como insecticida, fungicida o rodenticida en cientos de alimentos, campos de cultivo, indumentaria y áreas residenciales. También es usado como fertilizante como aditivo en el suelo para mantener su alcalinidad. El azufre es aplicado en forma de polvo, granular o líquido y es un ingrediente activo en más de 300 productos de pesticidas registrados.

El azufre se conoció por muchos siglos por su uso como pesticida y está registrado como tal en los EUA como éste desde los años veintes.

EPA indica que el azufre en sí, es de baja toxicidad y es de bajo riesgo para las personas y las especies en general.

El azufre sólido en polvo puede causar irritación ocular y dermatitis en las personas que manejan los pesticidas o entran en contacto con el campo en el que se aplica. Sin embargo, se debe de considerar un período de hasta 24

horas para ver sus efectos e indicarse el uso de ropa protectora para su manejo en las etiquetas de los productos.

2.5.2 OSHA

OSHA (Occupational Safety & Health Administration) clasifica como síntomas potenciales: irritación en ojos, piel, garganta y tracto respiratorio; bronquitis, tos, falta de aire; náuseas, dolor de cabeza; dermatitis; diarrea. Puede afectar principalmente a la piel y el sistema respiratorio.

En el caso del H₂S es altamente inflamable, un gas explosivo, y puede causar situaciones que atenten contra la integridad de la persona. Sumado a esto, el H₂S en su forma gaseosa se quema y produce otros vapores y gases tóxicos, como SO₂. También pueden darse combustión instantánea en montículos de polvo de azufre.

Sin embargo cuenta con un boletín sobre polvo combustible, en los cuales da recomendaciones para evitar una posible explosión. En la cual aparece el azufre.

2.6 MANEJO

Con base a lo anteriormente descrito, podemos deducir que el azufre se clasifica como de poco peligro. Pero no por eso seguro para su manejo y a su exposición.

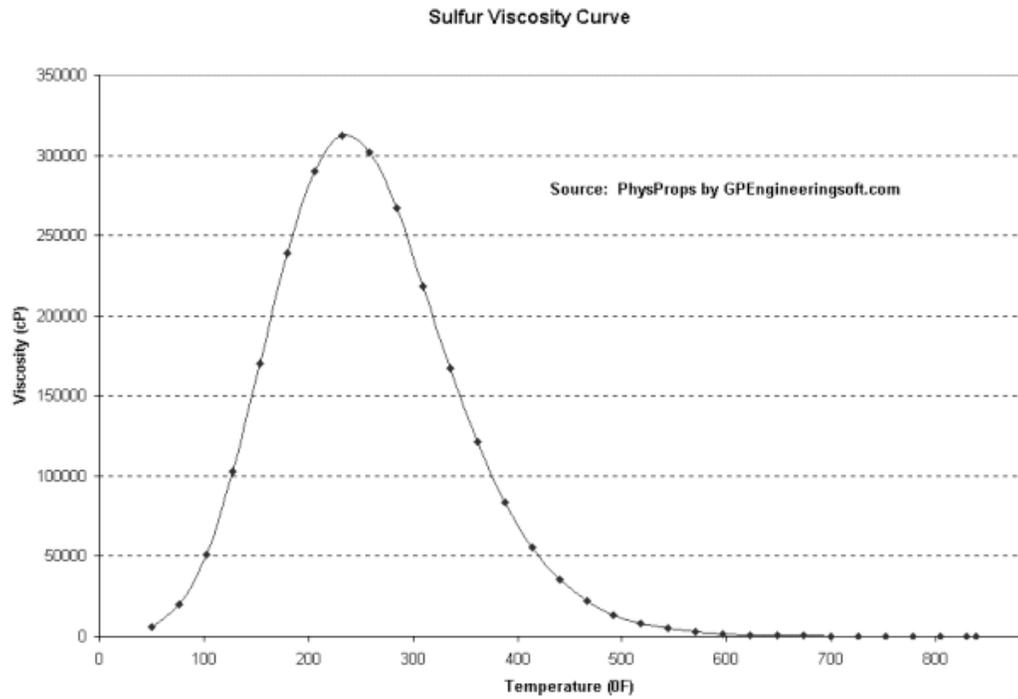
En la actualidad el azufre se puede disponer de dos maneras:

- Sólido
- Líquido

La selección del estado en el cual se maneja depende de:

- El azufre puede auto incendiarse, es decir cuando pequeñas cantidades de azufre sólido en forma de polvo entran en contacto puede darse una explosión lo cual podría desencadenar explosiones sucesivas.
- Por otro lado el azufre líquido tiene la desventaja que si se solidifica, es extremadamente difícil volver a pasarlo a estado líquido.
- Otro problema del azufre líquido, es que su viscosidad es función de la temperatura. Como se puede ver en la gráfica 2.1 la viscosidad se comporta de manera exponencial para después decaer desde su punto más alto.

En la gráfica 2.1 se puede apreciar que conforme la temperatura del azufre aumenta su viscosidad aumenta pero al alcanzar alrededor de los 230°F su comportamiento cambia y la viscosidad es inversamente proporcional con el aumento de la temperatura. Esto es de vital importancia debido a que si en la planta de recuperación de azufre se alcanzan estas temperaturas pueden llegar a taparse las tuberías, además de dañar los equipos, por lo que las trampas de vapor en las tuberías de la planta para mantener una temperatura óptima son muy importantes.



Grafica 2.1 Viscosidad del Azufre en función de la temperatura.
Fuente: PhysProps por GPEngineeringsoft.com.

3. INGENIERÍA DE PROYECTOS

A continuación se citan algunas definiciones de la ingeniería de proyectos:

El PMI (Project Management Institute) la define de la siguiente manera:

“El arte de dirigir y coordinar recursos humanos y materiales en el ciclo de vida de un proyecto usando técnicas modernas de administración para alcanzar determinadas metas de un alcance, costo, tiempo, estándares de calidad y una participación satisfactoria” [8]

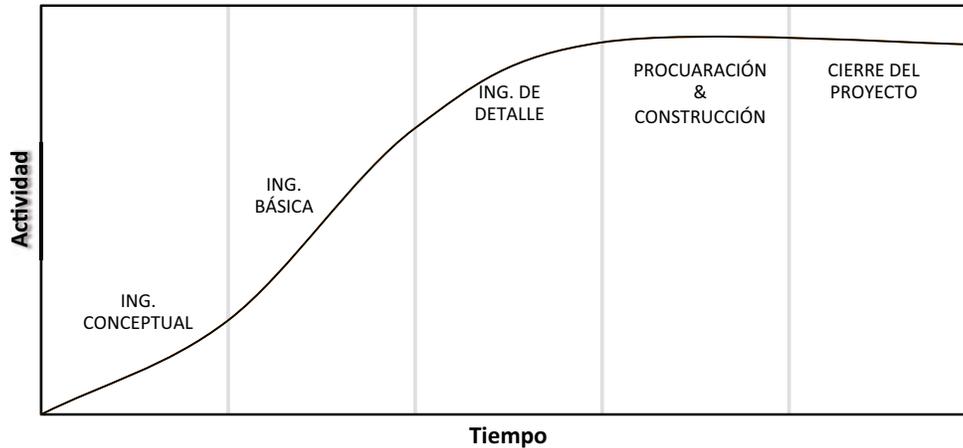
La UK Association for Project Management la define de la siguiente manera:

“La planeación, organización, monitoreo y control de todos los aspectos de un proyecto y la motivación de los involucrados para alcanzar los objetivos del proyecto en el tiempo acordado, costo y con un criterio de desempeño” [9]

Un tema recurrente en las definiciones arriba citadas es la administración del cambio, es decir como desde el concepto inicial del proyecto, el cambio es directo por medio de la creación única de un sistema en funcionamiento.

La ingeniería de proyectos debe de predecir las necesidades y riesgos, comunicar los planes y las prioridades, anticipar problemas, determinar el progreso y tendencias, saber la calidad y el valor del dinero, y cambiar de planes si es necesario para alcanzar los objetivos del proyecto.

Las etapas consideradas en la Ingeniería de Proyectos se muestran en el siguiente gráfico.



Gráfica 3.1. Etapas de la Ingeniería de Proyectos.

3.1 INGENIERÍA CONCEPTUAL

La ingeniería conceptual es la etapa donde se identifica la viabilidad del proyecto y se dan las pautas para el proyecto a partir de un estudio de viabilidad del proyecto.

Por lo que se puede definir a la ingeniería conceptual como:

“El acto de crear y planear la estructura y parámetros de un sistema, aparato y/o proceso.”

En esta fase se determinan tres cosas principalmente:

- Localización de la planta.
- Propósito de construirse
- Estimado inicial del proyecto.

En dicha fase se incluyen las bases del diseño como parámetros definidos por el cliente para establecer criterios de diseño así como especificaciones únicas del proyecto, diagramas de bloques que ayuden a explicar paso a paso las principales operaciones unitarias del proceso, estudios de espacio

sobre las alternativas para la ubicación del proyecto así como su distribución óptima en cada alternativa, un estimado de costo del proyecto así como también una caracterización de las materias primas y el alcance de proyecto.

Para el caso de la Planta de Recuperación de Azufre, PEMEX entregó un estudio de composición de corriente de entrada de gas amargo a la planta ya que con base a éste y al porcentaje de recuperación de azufre establecido se desarrollaron las simulaciones y balances de materia y energía que dieron la pauta para establecer las condiciones y tecnologías necesarias para alcanzar el porcentaje de recuperación de azufre establecido por el cliente.

La ingeniería conceptual debe de ser aprobada por el cliente para pasar a la siguiente fase, ingeniería básica y después ingeniería de detalle.

En el caso particular de la Planta de Recuperación de Azufre, PEMEX eligió por licitación a una firma de ingeniería extranjera especializada en recuperación de azufre como tecnólogo para el desarrollo de la ingeniería básica y a una firma de ingeniería nacional fue seleccionado para el desarrollo de la ingeniería de detalle y construcción. Por lo cual se subcontrató a la firma extranjera por parte de la firma de ingeniería nacional para facilitar el desarrollo de la ingeniería de detalle, como se mencionó en la introducción yo laboré en dicha firma de ingeniería nacional.

3.2 INGENIERÍA BÁSICA

La ingeniería básica también es conocida como FEED (Front End Engineering Design), en dicha fase se toman los parámetros e información del cliente en la ingeniería conceptual y se hacen los cálculos pertinentes a equipos claves o información requerida para el desarrollo del proyecto (diseño de equipo, verificación de hidráulicas entre plantas así como también de servicios, estimados de servicios, especificación de bombas, etc.). En esta etapa se desarrolla el Balance de Materia y Energía y los Diagramas de tuberías e instrumentación (DTI).

El desarrollo del paquete de ingeniería básica que se entrega al cliente en general incorpora los siguientes documentos:

- Diagramas de Flujo de Proceso (DFP)
- Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI)
- Arquitecturas de Control (PL)
- Hojas de Datos (HD)
- Bases de Diseño (BD)
- Balance de materia y Energía (ET)
- Estudios y Análisis
- Filosofías.

Durante el desarrollo de la ingeniería básica los documentos mencionados anteriormente se emiten en diferentes revisiones hasta que el cliente y las disciplinas involucradas en dichos ya no tenga más comentarios y se vean reflejados en la última revisión.

3.2.1 ADMINISTRACIÓN DE INGENIERÍA BÁSICA

La administración de la ingeniería básica cuando se trabaja con un licenciador, es una tarea compleja pues se deben coordinar labores administrativas como también de proceso. Para esto existe el administrador del proyecto y el ingeniero encargado de proceso.

Las funciones del administrador del proyecto dentro de la firma de ingeniería son:

- La comunicación con el cliente, así como cumplir todas sus requisiciones y aclarar dudas sobre la información entregada para que esta cumpla con los estándares y parámetros ya establecidos del cliente.
- Coordinar las requisiciones de las disciplinas (proceso, tuberías, arquitectura, ambiental, contra incendios, mecánico y eléctrico) al licenciador, es decir que los comentarios a los documentos entregados sean evaluados por el cliente, licenciador, proceso y si son aprobados estos sean aplicado en los documentos.
- Cada documento entregado involucra ciertas y específicas disciplinas, las cual estás deben de revisar y comentar cada documento. Todo con el fin que los criterios tomados por el licenciador sean los adecuados.
- Llevar a cabo una labor de chequeo de documentos entregados que estén en forma y formato según los estándares de calidad de la empresa y en el caso contrario se comente para su revisión.
- Llevar un calendario de entregas, que sea flexible para poder revisar cada documento. Con el fin de identificar y corregir errores que podrían afectar el diseño de algún equipo o estimación de algún servicio.
- Establecer un calendario de reuniones vía transmisión simultanea para el caso de algunas documentos.

Para una comunicación eficaz y rápida para la revisión de DFP's, DTI's, arranque o cierre se programan juntas en las cuales las principales

disciplinas (proceso, tuberías, instrumentación y mecánico) se reúnen con representantes del licenciador (ingeniero de proceso principal, administrador principal y/o ingeniero de proceso junior) donde se discuten comentarios puntuales sobre los entregables del licenciador por parte de la firma de ingeniería con el fin de acordar modificaciones o aclarar dudas sobre algún criterio de diseño o formato.

Las juntas en las que se necesitan la presencia física de ambas partes son:

- Junta de arranque.
- Revisión de DFP's.
- Revisión de DTI's
- Junta de cierre.

Por parte del ingeniero encargado de proceso las funciones son:

- Llegar a acuerdos de conciliación sobre comentarios a documentos con el cliente para su aplicación.
- Resolver dudas sobre diseño y criterios del licenciador consultando expertos en la tecnología.
- Coordinar los comentarios de todas las disciplinas.
- Corroborar el diseño óptimo.
- Diseñar equipos de servicios que no están dentro del alcance del licenciador.

Los documentos entregados por el licenciador se someten a un proceso de chequeo cruzado, por una parte se hace un chequeo con el cliente y por otra un chequeo dentro de la firma de ingeniería para que las disciplinas comenten los documentos que tengan relación con cada una de éstas. Por lo que se emitirán por parte del licenciador las revisiones necesarias hasta que cada uno de los comentarios aplicables a los documentos sean aplicados.

3.2.2 DOCUMENTOS DESARROLLADOS DURANTE LA INGENIERÍA BÁSICA.

- BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA.

Entregable en el cual se presentan diferentes casos de operación de la planta. En dicho documento se enlista las condiciones de operación y la composición de las principales corrientes de proceso y los servicios principales para el funcionamiento óptimo.

Los casos de operación que usualmente suelen entregarse son:

- Balance de materia y energía: caso diseño
- Balance de materia y energía: caso normal
- Balance de materia y energía: caso turn down

El caso normal, es el caso en el cual normalmente operará un tren de operación a régimen permanente. Hablando específicamente de un tren de la planta de recuperación de azufre, ésta operará normalmente a un 63% de su capacidad, es decir 165 MTD.

El caso de diseño es el caso en el cual está operando un tren de operación de la planta en condiciones a la totalidad de su capacidad, lo cual no es necesariamente condiciones máximas. Hablando específicamente de un tren de la planta recuperadora de azufre éste tendrá una capacidad de diseño de 260 MTD.

El caso turn down es el caso en el cual la planta esta en sus condiciones mínimas de funcionamiento, dependiendo de la naturaleza de la planta puede tener un valor de turn down de 1:5 ósea que operara a un 20% de su capacidad de diseño.

Para el caso particular de la planta recuperadora de azufre se entregó un paquete de balances de materia y energía debido a que la planta cuenta con tres trenes de operación idénticos, por lo cual el caso normal para la planta es la es cuando opera con dos trenes de operación y el caso de diseño es cuando operan sus tres trenes.

En cada uno de los casos, los documentos contendrán las corrientes de proceso numeradas según los DFP's. En cada corriente se especifica sus condiciones de proceso tales como:

- Temperatura
- Presión
- Viscosidad
- Composición de la corriente en mol
- Composición de la corriente en masa
- Composición de la corriente en porcentaje masa
- Composición de la corriente en porcentaje mol
- Densidad

Cabe recalcar que en los Balances de Materia y Energía solo se muestran las corrientes principales de proceso y algunas de servicio, es normal que en este documento no se encuentren las corrientes secundarias de servicios o efluentes.

- DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO (DFP)

Los diagramas de flujo de proceso, muestra en una manera simple el proceso en general por medio de flechas, representando las corrientes de proceso, y figuras representativas de los principales equipos del proceso, ósea intercambiadores, reactores, torres de enfriamiento, tanques recibidores, etc.

En dichos diagramas es común que se muestre las condiciones de temperatura y presión en las corrientes. Pero si las condiciones no cambian o solo una cambió solo se verá reflejando en el DFP la condición que cambio y en la corriente en la cual se observara el cambio.

También en dichos documentos se muestran conectores, los cuales cumplen con llevar una fluidez de los pasos en el proceso que se plantea.

Es importante mencionar que en los diagramas de flujo de proceso se muestra normalmente en la parte superior los etiquetas de los equipos con su nombre y condiciones de operación.

De igual forma se muestra una sección de notas en estos diagramas. Las cuales aclaran de los diferentes casos de operación así como también señalan información a ser definida durante el desarrollo de la ingeniería y también muestran documentos de referencia sobre simbología del proyecto.

Los DFP's se entregan en dos paquetes uno con los diagramas en el caso normal de operación y otro para el caso de diseño.

En la siguiente figura se muestra de una manera ilustrativa un DFP.

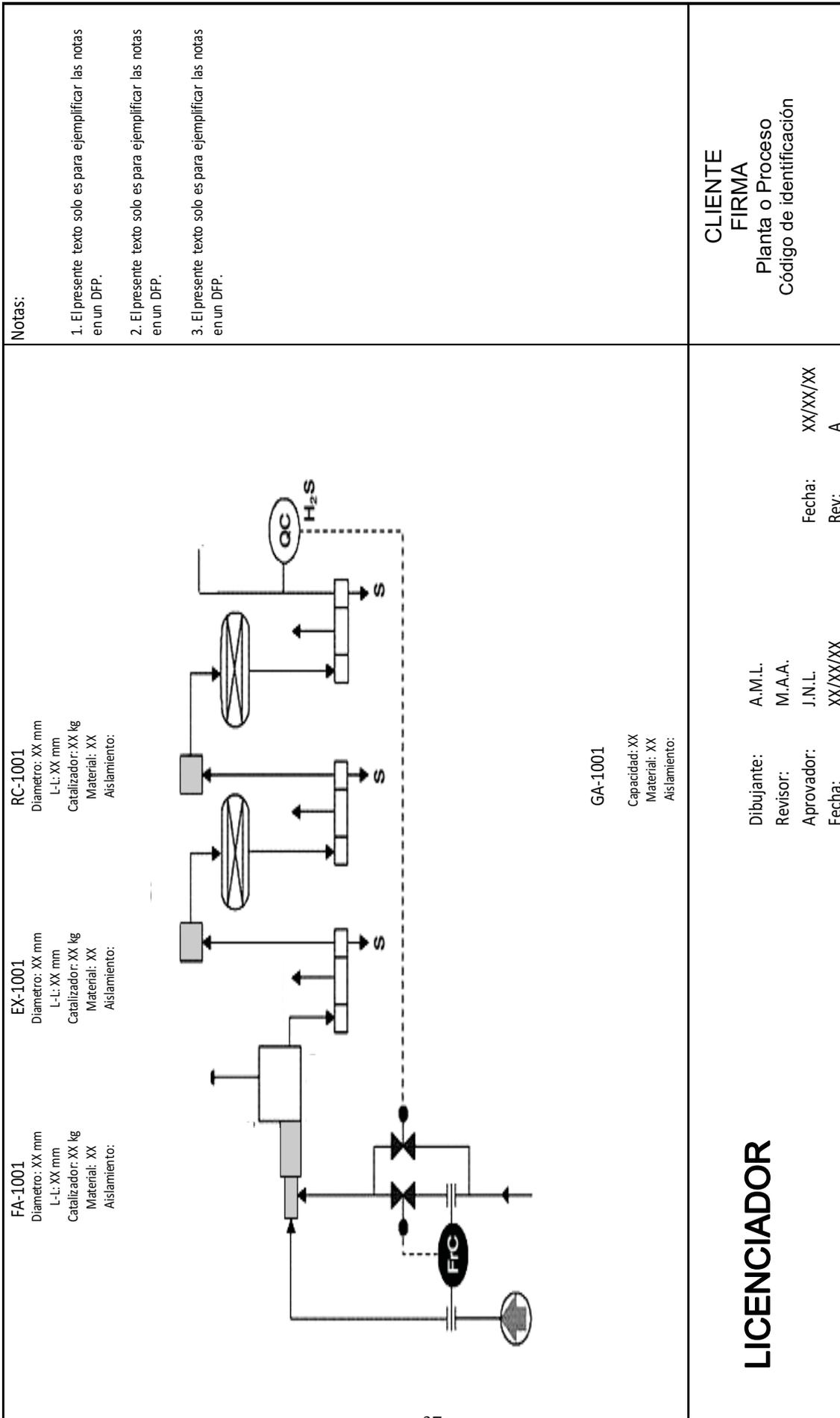


Figura 3.2.2.1 Ejemplo: Diagrama de Flujo de Proceso.

- DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN (DTI)

Un diagrama de tuberías e instrumentación (DTI) muestra de una manera más detallada el proceso químico de la planta. Es decir a diferencia de los DFP's en los DTI's se muestra usualmente uno o dos equipos por diagrama y el nivel de detalle es mayor, mostrando internos si es que el equipo tiene, niveles en tanques, boquillas, etc.

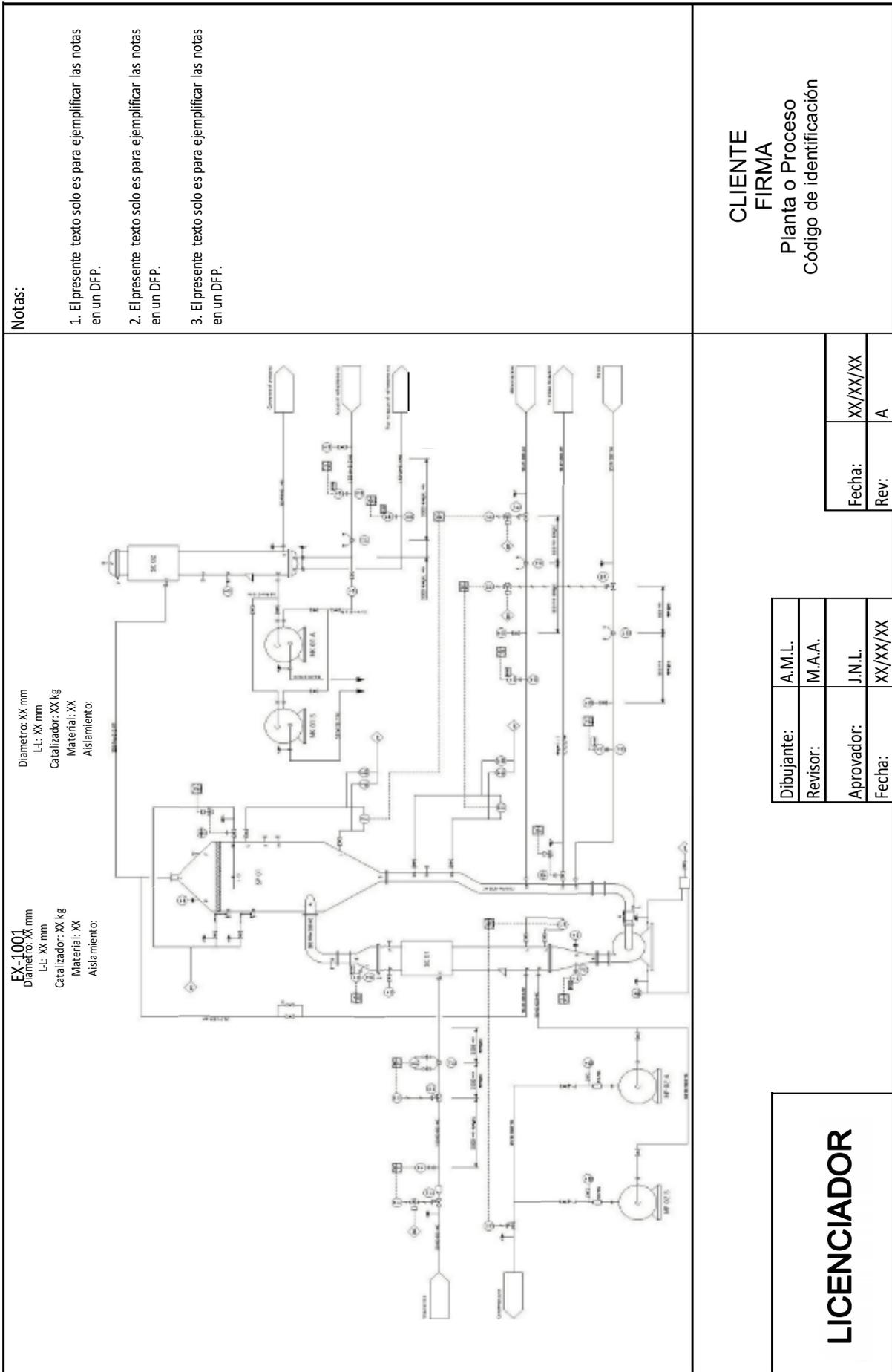
A igual que los DFP's los DTI's muestran una sección para notas, en las cuales ya se da más información de cada equipo, es decir en un reactor se puede mostrar el porcentaje de cada catalizador. O también se pueden indicar especificaciones para el diseño del equipo o en que lugar deberían de estar las boquillas. Estas notas ya se enfocan más en dar información para disciplinas de ingeniería mecánica o sistemas de control. Así como también se deben de mostrar documentos de referencia para la simbología de los diagramas del proyecto.

En la sección superior se muestran las etiquetas de los equipos e información tal como nombre, dimensiones, capacidad térmica (en el caso de intercambiadores), condiciones de operación (temperatura y presión). En la mayoría de los casos deben de revisarse las hojas de datos de los equipos para que no haya ninguna discrepancia en la revisión, si la hay que se marque y comente con el originador de la información y se actualice en la siguiente revisión de ambos documentos.

También en dichos documentos se muestran conectores, los cuales tiene la función de llevar una fluidez de los pasos en el proceso que se plantea.

Los DTI's se entregan dos paquetes uno con los diagramas en el caso normal de operación y otro para el caso de diseño.

En la siguiente figura se muestra de una manera ilustrativa un DTI.



Notas:

1. El presente texto solo es para ejemplificar las notas en un DFP.
2. El presente texto solo es para ejemplificar las notas en un DFP.
3. El presente texto solo es para ejemplificar las notas en un DFP.

CLIENTE
FIRMA
Planta o Proceso
Código de identificación

Dibujante:	A.M.L.
Revisor:	M.A.A.
Aprobador:	J.N.L.
Fecha:	XX/XX/XX

Fecha:	XX/XX/XX
Rev:	A

LICENCIADOR

Figura 3.2.2 Ejemplo: Diagrama de Flujo de Proceso en Ingeniería Básica.

- HOJAS DE DATOS (HD)

Este entregable solo aplica en el equipo principal del proceso, como por ejemplo: tanques receptores, reactores, intercambiadores, trampas de vapor, etc.

En la hoja de datos de cada equipo se especifican:

- Condiciones de operación normal
- Condiciones de operación diseño.
- Niveles en los recipientes
- Dimensiones.
- Dibujos, mostrando localización de boquillas y ojales.
- Especificación de materiales internos y externos.
- Internos, en el caso que sea aplicable.
- Notas y especificaciones.

Las hojas de datos son de vital ayuda para la ingeniería de proceso, pues a partir de éstas las diferentes áreas pueden empezar con la revisión de la viabilidad de la construcción del diseño propuesto por el ingeniería de proceso con base a estándares y guías de diseño de la empresa.

A continuación de muestran un ejemplo de una hoja de datos para la ingeniería básica.

MECHANICAL DATA SHEET										No.: ART-01-403-H-HD-0001							
										Date: 14-Jan-16							
										Sheet: 3 of 7							
										Rev. 0							
PLANTA DE ALQUILACIÓN DE C4											REV.						
1	ITEM NO.:	FA-22001				QUANTITY REQ'D:	1										
2	SERVICE:	FEED SURGE DRUM				MANUFACTURER:	BY EPC										
3	OPERATING CONDITIONS				REV.	DESIGN CONDITIONS											
4	Fluid(s):	Hydrocarbon				Internal Pressure:	23.5 (Note 3,12)		kg/cm ² g @		120 °C						
5	Specific Gravity:	0.563 @ 38 °C				External Pressure:	0.804 (Note 3)		kg/cm ² g @		225 °C						
6	Service Criticality:	N/A				Minimum Metal Temperature:	0		°C @		MAWP	kg/cm ² g					
7	Risk Level - NOM-018-STPS																
8	Health:	BY EPC		Flammability:	BY EPC		Post Weld Heat Treatment:	No									
9	Reactivity:	BY EPC		Special:	BY EPC		Vessel Orientation:	Horizontal		Support:	Saddle						
10		Max.	Min.		Max.	Min.	Elevation of Support Base Above Grade:				BY EPC	mm					
11	Internal Pressure:	5.6		kg/cm ² g @		38		°C		Inside Diameter:	See Sheet 7	mm					
12	External Pressure:			kg/cm ² g @				°C		Tan To Tan Length:	See Sheet 7	mm					
13	Cyclic Pressure/Temperature:	N/A				Head Types	Left: 2:1 S.E.		Right: 2:1 S.E.								
14						Radiography Shell:	Full		Heads: Full								
15																	
16	Steam Out With:	Note 3	To	Note 3	kg/cm ² g	@	Note 3	°C		COMPONENT	MINIMUM THICKNESS	CORROSION ALLOWANCE					
17	Liquid Level:	Low:	Sht 7	Normal:	Sht 7	High:	Sht 7	mm		Shell:	See Sheet 7	mm	3.2	mm			
18	RELIEF VALVE / DISCHARGE / RUPTURE DISK (See Note 19)																
19	Item No.:					Type:						Boots (Shell / Head):	See Sheet 7	6.4			
20	Nominal Size:					Orifice I.D.:						mm	Internal Lining:	N/A	mm	N/A	mm
21	Rupture Pressure:					kg/cm ² g		Internal Coating:					N/A	mm	N/A	mm	
22	Location:					Support(s):						mm	1.5 Each Side		mm		
23	PRESSURE INDICATOR (See Note 19)																
24	Item No.:					Type:						Internals:		mm	mm		
25	Nominal Size:					Insulation Type:					N/A	Thickness:		N/A	mm		
26	Range:	BY EPC				kg/cm ² g		Fireproofing:					N/A	Thickness:		N/A	mm
27	Location:					MATERIALS											
28	SITE CONDITIONS																
29	Extreme Temperatures:	Min.		0 °C		Max.		40 °C		Shell:	SA-516-70						
30	Atm. Pressure:	0.804		kg/cm ² a		Elevation:		2076 m		Heads:	SA-516-70						
31	Type of Environment:	SLIGHTLY CORROSIVE ENVIRONMENT										Boots (Shell / Head):	SA-516-70				
32	DUE TO GASES: SO ₂ , NO _x , H ₂ S and H ₂ SO ₄											Nozzle Necks:	SA-516-70 / SA-106-B		See Note 21		
33	Wind/Seismic Load Standard:	MDOC-CFE-2008										Flanges:	SA-105			See Note 21	
34	Wind Velocity:	37.5		m/s		Structure Class:		GROUP A		Reinforcing Pads:	SA-516-70						
35	Terrain Category:	2		Topography Factor:		1		Saddle Wear Plates:					SA-516-70				
36	Wind Damping Factor:	0.002		Strouhal Number:		0.2		Internals (Fixed):					KCS			See Note 21	
37	Maximum Acceleration of Terrain (AO):	0.166 g										Internals (Removable):	N/A				
38	Control Periods:	TA	0.1		TB	0.6		TC	2.0		Trays:	N/A					
39	Spectrum Parameter:	0.499 g		Seismic Damping Factor:		0.05		Ext. Stiffening Rings:					N/A				
40	Over Resistance Factor:	1.25				Ext. Appurtenances:					SA-516-70						
41												Internal Lining:	N/A				
42	REFERENCE DOCUMENTS											Internal Coating:	N/A				
43	Specifications:	See Note 4										Support:	SA-516-70				
44	P&ID:	See Note 19										Base Plate / Ring:	A-36				
45	Material Safety Data Sheet (MSDS):					BY EPC		Anchor Bolts:					F1554 Gr 36				
46	Relief Valve Data Sheet:					BY EPC		Gaskets Int. / Ext.:					Note 5				
47	Pressure Indicator Data Sheet:					BY EPC		Thermal Insulation:					N/A				
48	Internals Data Sheet:					N/A		Paint System:					NRF-053-PEMEX-2006				
0	14-ene-16	KK	AZ	MB	GR / LK	APD - APPROVED FOR DESIGN											
A	23-Dec-15	KK	AZ	MB	GR / LK	EPR - ISSUED FOR REVIEW AND COMMENT											
Rev.	Date	By	Chk.	Verified	Appr.	Description	Rev.	Date	By	Chk.	Verified	Appr.	Description				

Figura 3.2.2.3. Ejemplo Hoja de datos de Recipiente en Ingeniería Básica 1/5

MECHANICAL DATA SHEET										No.: ART-01-403-H-HD-0001 Date: 14-Jan-16 Sheet: 4 of 7 Rev.: 0	
PLANTA DE ALQUILACIÓN DE C4										REV.	
1	ITEM NO.:		FA-22001							QUANTITY REQ'D:	1
2	SERVICE:		FEED SURGE DRUM							MANUFACTURER:	BY EPC
3	NOZZLE SCHEDULE								REV.	DRAWING (dimensions shown are in mm)	
4	Mk.	Qty	Size	Type	Face	Class	Service / Description				
5	C01	1	6"	WN	RF	300	From Relief				
6	I01	1	6"	WN	RF	300	Inlet				
7	S01	1	2"	WN	RF	300	Steamout				
8	U01	1	4"	WN	RF	300	Relief (Note 20)				
9	B02	1	10"	WN	RF	300	Ventilation w / Blind				
10	K02	2	2"	WN	RF	300	Level				
11	L02	2	2"	WN	RF	300	Level (Note 16 & 18)				
12	N02	1	8"	WN	RF	300	HCBN Outlet				
13	O02	1	2"	WN	RF	300	Blanketing				
14	V02	1	3"	WN	RF	300	Vent				
15	W02	1	3"	WN	RF	300	Water Outlet				
16	M01	1	24" ID	WN	RF	300	Manway w / Blind and Davit				
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23	SPARE PARTS AND EXTERNAL APPURTENANCES										
24	Gaskets:	200 %				Bolts:	10 %				
25	Platforms and Ladders:	BY EPC									
26	Column Davit:	BY EPC									
27											
28											
29	ADDITIONAL SPECIFICATIONS AND STANDARDS										
30											
31											
32											
33											
34											
35	NOTES										
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43											
44	NOTES (Continued)									REV.	
45											
46											
47											
48											
49											
50											
51											
52											
53											
54											

See Sheet 7

Figura 3.2.2.4. Ejemplo Hoja de datos de Recipiente en Ingeniería Básica 2/5

MECHANICAL DATA SHEET				No.:	ART-01-403-H-HD-0001
				Date:	14-Jan-16
				Sheet:	5 of 7
				Rev.:	0
PLANTA DE ALQUILACIÓN DE C4					REV.
1	ITEM NO.:	FA-22001	QUANTITY REQ'D:	1	
2	SERVICE:	FEED SURGE DRUM	MANUFACTURER:	BY EPC	
3	NOTES				
4	1. All design requirements and dimensions shall be confirmed by the EPC contractor.				
5	2. Design and fabrication shall comply with the project specifications and with ASME BPVC Section VIII, Division 1. ASME stamp is required. The fabricator shall obtain a				
6	National Board registration number for this equipment. The National Board number shall be stamped on the nameplate and noted on the ASME U forms.				
7	3. Vessel is subject to steam out and shall be designed for an internal pressure of 19.5 kg/cm ² @350 °C and an external differential pressure of 0.804 kg/cm ² @ 225 °C,				
8	which is the steam out full vacuum condition at site elevation.				
9	4. Project specifications and standard drawings are as follows:				
10	ART-02-TBD-F-BD-0001 - Structural Engineering Design Basis				
11	ART-02-TBD-F-BD-0002 - Structural Engineering Design Basis for Mechanical Equipment				
12	ART-02-120-E-BD-0001 - Criteria for Seismic Design				
13	ART-02-120-H-ESP-0001 - Requirements for Code Data and Records				
14	NRF-020-PEMEX-2012 - Welding and Welder's Qualification and Certification				
15	NRF-028-PEMEX-2010 - Pressure Vessel Construction and Design				
16	UOP 3-11-9 Pressure Vessels Carbon Steel				
17	ART-01-120-H-ESP-0001 UOP 3-11-9 Governing Requirements (Comparison with NRF-028-PEMEX-2010)				
18	NRF-053-PEMEX-2006 - Coating Base Anticorrosive Protection Systems for Surface Facilities				
19	NRF-137-PEMEX-2012 - Steel Structure Construction and Design				
20	NRF-150-PEMEX-2011 - Pipe and Equipment Hydrostatic Test				
21	NRF-156-PEMEX-2008 - Joints and Gaskets				
22	ASME PCC-1-2010 - Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly				
23	UOP 3-122-6 Vortex Breaker				
24	UOP 3-123-6 Raised Vortex Breaker				
25	UOP 3-183-6 Pipe Distributor for Horizontal Vessels				
26	ART-02-120-H-PL-0238 - Typical Vessel Details:				
27	-Detalles Para Conexión A Tierra (5/15)				
28	-Detalles De Pescante Y Bisagra Para Registros (6/15)				
29	-Detalles De Silletas Para Recipientes Horizontales (7/15)				
30	-Detalles De Peldanos De Escalera Interna (15/15)				
31	5. External flange gaskets to be graphite filled 316 S.S. spiral wound with 3 mm thk., 316 S.S. inner ring and C.S. outer ring.				
32	6. Estimated weight summary is as follows:				
33	Fabricated	24 660 kg			
34	Erection	30 060 kg			
35	Empty	30 060 kg			
36	Operating (Incl. Oper. Liquid)	57 140 kg			
37	Test (Full of Water)	89 330 kg			
38	7. Vessel supplier shall furnish and install all parts unless otherwise noted.				
39	8. Final height to be confirmed by EPC contractor.				
40	9. Flange face finish to be in the range of 3.2 to 6.3 Microns AARH.				
41	10. Nozzle projections are from centerline of vessel to extreme face of flange except as noted:				
42	1580 mm for 4" and Smaller				
43	1640 mm for 6" Through 12"				
44	1680 mm for 14" and Larger				
45	11. All nozzle bolt holes to straddle principle vessel centerlines.				
46	12. Design pressure to be confirmed by EPC based on upstream pump shut-off pressure.				
47	13. All dimensions are in mm unless otherwise noted.				
48	14. Vessel supplier shall paint buyer's purchase order number and the supplier's shop order number in a conspicuous location.				
49	15. The center of gravity shall be marked on vessel by painting a continuous 75 mm wide circumferential stripe. The letters "C.G." and shipping weight				
50	in tons shall be painted at two locations diametrically opposite and adjacent to stripe.				
51	16. The centerline of upper level nozzles located on the side of the vessel must be a distance from the top of the shell equal to 5 % of vessel diameter.				
52	17. Process information on this document is from UOP's process data sheet, document number ART-01-403-A-HD-5113. UOP confidentiality				
53	statement - "Note: The information in this document is confidential and the property of UOP LLC and must not be disclosed to others or reproduced				
54	in any manner or used for any purpose whatsoever without its written permission."				

Figura 3.2.2.5. Ejemplo Hoja de datos de Recipiente en Ingeniería Básica 3/5

MECHANICAL DATA SHEET				No.:	ART-01-403-H-HD-0001
				Date:	14-Jan-16
				Sheet:	6 of 7
				Rev.:	0
PLANTA DE ALQUILACIÓN DE C4					REV.
1	ITEM NO.:	FA-22001	QUANTITY REQ'D:	1	
2	SERVICE:	FEED SURGE DRUM	MANUFACTURER:	BY EPC	
3	NOTES (CONTINUED)				
4	18. Location of level nozzles to be confirmed by EPC contractor in accordance with customer specifications.				
5	19. See P&ID number ART-01-403-A-DTI-3123. Refer to P&ID for relief valve and pressure indicator information.				
6	20. The size of nozzle at this location shall be confirmed by EPC contractor.				
7	21. Corrosion Allowance:				
8		Shell		Boot	
9	Fixed Internals	3.2 mm on Each Surface		6.4 mm on Each Surface	
10	Nozzle Necks	3.2 mm		6.4 mm	
11	Flanges	3.2 mm		6.4 mm	
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					

Figura 3.2.2.6. Ejemplo Hoja de datos de Recipiente en Ingeniería Básica 4/5

- BASES DE DISEÑO (BD)

El propósito de las bases de diseño es proveer los criterios del diseño, proveer de información básica a las disciplinas y mostrar la configuración del proceso de una planta. Dicho documento es un documento “vivo” es decir que pueden ser revisadas y reeditadas el número de veces que sea necesario durante la fase de ingeniería básica.

En las bases de diseño se pueden encontrar:

- Capacidad de la planta.
- Especificación de alimentación y producto.
- Condiciones de alimentación y productos en límite de baterías.
- Agentes químicos
- Requerimientos de servicios auxiliares.
- Localización de la planta.
- Condiciones climatológicas.
- Requerimientos especiales.

Como ya se mencionó este documento es la base para el diseño de la planta, por lo cual se especifica en un modo general todas las necesidades básicas para un diseño eficiente de la planta y tomando las consideraciones necesarias con base a proyectos similares.

- ESTUDIOS Y ANÁLISIS (ET)

Estudios y análisis es un documento en el cual se plasman las alternativas operativas de un proceso, procedimiento o también para el diseño de algún equipo en particular. Dicho proceso o procedimiento suelen tener cierto grado de dificultad por lo cual se debe de estudiar la naturaleza de este para entenderlo y proponer un sistema eficaz para su operación.

Los estudios deben de seguir normas regulatorias, estándares y requisiciones por parte del cliente.

Un ejemplo claro para la Planta de Recuperación de Azufre es el estudio de manejo de producto, en el cual se proponen los casos críticos en los cuales se tendrían que usar todos los recursos para movilizar el producto rezagado.

Otro ejemplo tangible es el estudio sobre la viabilidad de mandar Vapor de Media Presión, la planta recuperadora de azufre que produce vapor de media y de alta presión, a otro planta o incluso directamente al rack de integración que se encarga de la distribución de servicios y recolección de residuos a toda la refinería. Las diferentes alternativas de cuanto vapor se mandará o por donde. Lo anterior ayudará a tener un panorama más claro de que es lo más conveniente para el funcionamiento de la planta así como también el de la refinería a la que pertenece.

Dichos estudios deben de revisarse al final por el cliente y el ingeniero de proceso del proyecto para que ambas partes decidan cual de las alternativas se deben de seleccionar para la siguiente fase de la ingeniería.

- FILOSOFÍAS

En el documento Filosofías se sientan las bases para el seguimiento, operación, desarrollo y control de un proceso. En este documento se dará “know how” de la filosofía que se este hablando, como es que este opera y como funciona a grandes rasgos.

Una filosofía da las bases de cómo es se debe de manejar una tarea general de manera sencilla y clara para que el lector entienda todo a la perfección.

Por ejemplo una filosofía de operación da a grandes rasgos y de forma clara explica como es que una planta funciona. Muestra un diagrama de bloques general explicando cada una de las etapas del proceso de la planta y los equipos principales que conforman cada etapa. Ira de lo general a temas particulares como la operación de los equipos principales y como es que las variables las afectan y cuales serian las medidas correctivas ante cualquier comportamiento fuera de lo normal. Al final de esta filosofía el lector tendrá una idea más clara del proceso del que se habla, cómo funciona y las variables principales que se deben de monitorear.

- CIERRE DE INGENIERIA BÁSICA

Una vez finalizada la entrega de todos los documentos dentro de la ingeniería básica, se entrega un borrador de PDP (Process Design Package) el cual es integrado por todos los documentos de la ingeniería básica en su última revisión. Este paquete debe de ser revisado y comentado tanto por la firma de ingeniería así como el cliente durante un plazo corto de tiempo antes de la junta de cierre.

En la junta de cierre se revisan al PDP (Process Design Package) final con la presencia del cliente y todas las disciplinas involucradas en el proyecto (tuberías, proceso, instrumentación, mecánico, arquitectura, civil, protección ambiental y contra incendio). Y se hace entrega de una copia dura, una copia digital de los entregables y también se entregan todas las simulaciones de proceso.

3.3 INGENIERÍA DE DETALLE

La Ingeniería de Detalle es la etapa donde se desarrolla la información necesaria para poder llevar a cabo la construcción del proyecto. En esta etapa se crean las órdenes de compra de todo el “bulk material” (es decir tuberías, juntas, codos, t's, válvulas, etc.). La ingeniería de detalle se limita a verificar las bases de diseño pero entregando todos los documentos para las construcción después de incorporar la información de proveedores.

En esta etapa todos los documentos de la ingeniería básica cambian de código de distribución y éstas pasarán de ser emitidas por el licenciador a ser emitidas por la empresa encargada de la ingeniería de detalle.

De manera general los documentos entregados durante la ingeniería de detalle son los siguientes :

- Balances de materia y energía.
- Diagramas de Flujo de Proceso (DFP)
- Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI)
- Arquitecturas de Control (PL)
- Hojas de Datos (HD)
- Bases de Diseño (BD)
- Balance de materia y Energía
- Estudios y Análisis (ET)
- Filosofías

La diferencia que radica entre los documentos emitidos en la ingeniería básica y de detalle es el grado de detalle y especificación, pues en la ingeniería básica se hablaban de cálculos y diseños preliminares y en la ingeniería de detalle los documentos ya deben de contar con la información necesaria para su compra o construcción.

3.3.1 ADMINISTRACIÓN DE INGENIERÍA DE DETALLE

La administración de la ingeniería de detalle empieza antes de cerrar la ingeniería básica, es decir aún cuando se están revisando los documentos de la ingeniería básica estos ya se deben de empezar a trabajar en la implementación de detalles y cambio de formato para que una vez que el licenciador entregue el paquete de la ingeniería básica, días después se emite la primera revisión de la ingeniería de detalle.

Durante la ingeniería básica la firma de ingeniería establece criterios de localización de la planta así como de rack de tuberías. Datos que establece la firma y que ayudan al desarrollo de información para el licenciador así como también ayudan en la adaptación y estandarización de criterios en el diseño del proyecto haciendo que el paso de la ingeniería básica a la de detalle sea un proceso continuo y fácil para ambas partes.

Para esto durante la ingeniería básica se deben de llegar a varios acuerdos de las siguientes disciplinas:

- Proceso
- Mecánico
- Instrumentación
- Tuberías

Entre estas disciplinas enunciadas se debe de llegar a un acuerdo en el nivel de detalle con el cual se entregará cada documento, así como también que cada parámetro de diseño tomado por el licenciador esté aprobado por las disciplinas.

También se debe mencionar que en esta etapa cada documento debe de contar con:

- Memoria de cálculo
- Hoja de datos
- “Cover Page” o Portada

- Información relacionada con los estándares utilizados para el diseño de cada equipo o cálculo de servicio.

La administración recaé sobre el encargado de proceso así como el gerente del proyecto, dado que todas las disciplinas deben de haber llegado a un acuerdo en los típicos de diseño, grado de detalle y estándares de diseño.

Las funciones del administrador y del encargado son las mismas que las desarrolladas durante la ingeniería básica y enlistadas en el capítulo anterior.

En la Ingeniería básica el diseño de equipo de recipientes así como su especificación se basan en estimados, ya sean estimado de localización de equipo o altura a la que van cada línea de tubería. Dichas estimaciones o valores supuestos se deben de confirmar o modificar a lo largo de la ingeniería básica dado que un cambio en dichos estándares durante la ingeniería de detalle puede que afecte el diseño estructural de equipos críticos lo que afectaría el costo y logística del proyecto.

Durante el desarrollo de la ingeniería de detalle el diseño de equipo debe de ser afinado y revisado en cada emisión de documentos para que no se sobre diseñe algún recipiente o se sobre especifique alguna bomba o intercambiador.

Los documentos entregados en esta etapa de ingeniería deben de cumplir el formato y estándares de calidad de la firma de ingeniería así como también tener la información y detalle necesario para que disciplinas como mecánico rectifiquen la viabilidad de construcción de equipos claves del proyecto así como para que el área de Procuración empiece a generar las órdenes de compras de los equipos críticos, que son los equipos que se tardan más en construir, que se fabrican fuera del país o que se tienen que mandar hacer específicamente para el proyecto.

Por lo que al final de la ingeniería de detalle todos los equipos deben de estar especificados a detalle para que los proveedores tengan la información necesaria y se puedan comenzar los trabajos den campo.

3.3.2 DOCUMENTOS DESARROLLADOS DURANTE LA INGENIERÍA DE DETALLE

- BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA

Los balances de materia y energía entregados en la fase de Ingeniería de Detalle tienen como base el mismo contenido que los entregados en la ingeniería básica para más detalle sobre la información que se muestra ir al capítulo correspondiente a la ingeniería básica.

Los balances de materia y energía no deben de cambiar de la ingeniería básica a la de detalle debido a la caracterización inicial del gas amargo entregado por PEMEX.

Al principio del proceso de licitación PEMEX da al licenciador información sobre la caracterización del gas ácido a tratar. Aunque se sabe que esta caracterización sobre la composición es un promedio, la planta debe de poder manejar picos no continuos ni simultáneos de gas amargo en la corriente de entrada a la planta de azufre, pues el diseño de la planta está basado en dicha caracterización inicial por parte de PEMEX.

En la ingeniería de detalle se puede pedir por parte del cliente un caso mas como lo es el caso arranque, pero dicha requisición no es muy común.

El documento solo cambia de formato de la ingeniería básica a la ingeniería de detalle.

Este documento no es un documento vivo es decir que una vez emitido en ingeniería básica no debería haber ningún cambio pues afectaría el diseño de la planta afectando en tiempo y costo haciendo un cambio en el alcance del proyecto.

- DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO (DFP)

Los diagramas de flujo de proceso entregados en la ingeniería de detalle tienen el mismo contenido que los entregados en la ingeniería básica, para más detalle sobre la información que se muestra ir al capítulo correspondiente a la ingeniería básica.

En la ingeniería de detalle adicional a lo entregado en la ingeniería básica se muestran válvulas de control principal de cada equipo, las cuales mandan una señal a un panel de control local que monitorea las condiciones de operación de cada equipo. También se debe mencionar que en algunos casos estas señales van a un panel de control general en un cuarto de control que monitorean las condiciones a las cuales trabajan los equipos críticos de la planta.

En esta etapa se revisan que las dimensiones de todos los equipos correspondan con las que se muestran en las hojas de datos y que no estén sobre diseñadas además que ya en estos DFP's se muestran las principales boquillas de entrada y salida de recipientes así como también entradas hombre y mirillas.

- DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN (DTI)

Los diagramas de tuberías e instrumentación (DTI) entregados en la ingeniería de detalle tienen el mismo contenido que los entregados en la ingeniería básica para más detalle sobre la información que se muestra ir al capítulo correspondiente a la ingeniería básica.

Los detalles típicos de instrumentación por parte de la firma de ingeniería en los cuales se hace la distinción de el alcance de la firma de ingeniería y el alcance del proveedor.

En la ingeniería de detalle se destaca por que en los DTI's ya se muestran detalles como válvulas de control y bloqueo, instrumentos de medición y de control. Todos estas válvulas e instrumentos están controladas de una manera manual o automática, si son automáticos estos mandan una señal eléctrica que van ya sea a un panel local o un panel general en un cuarto de control en el cual se observan las mediciones que los instrumentos en los equipos críticos registran. Todo esto se hace debido a que en ciertas plantas de debe de cuidar mucho algunas condiciones de operación por ejemplo para la Planta de Recuperación de Azufre siempre se cuida la temperatura de entrada del gas amargo, reactores, precalentadores y sobre todo la del azufre líquido debido a su comportamiento de la viscosidad con respecto a la temperatura.

- HOJAS DE DATOS (HD)

Las hojas de datos son de vital ayuda para ingeniería de proceso, pues a partir de estas las diferentes áreas las toman como referencia para la construcción del equipo, por lo cual deben de contar con la aprobación de todos los departamentos.

Las hojas de datos entregadas en la ingeniería de detalle no tiene un formato en específico sobre la información que se debe mostrar.

De una manera muy general se enlista la información que se debe de mostrar en las hojas de datos para recipientes, donde también se debe mostrar un bosquejo que indique todas las boquillas con sus respectivos diámetros, material del recipiente y de boquillas, instrumentos, entrada hombre, mirilla, condiciones de operación normal y de diseño, notas sobre la normatividad seguida para su diseño, peso, altura, diámetro, niveles, catalizador, internos e información necesaria para su construcción.

Para el caso de reactores de igual manera se mostrará información de: condiciones de operación, condiciones de diseño, material de construcción, diámetro, altura, proveedor, niveles de internos, boquillas, entradas hombre, vista frontal, vista de frente, vista por arriba, notas sobre normatividad, especificaciones sobre bases donde deberán estar montadas.

Para el caso de intercambiadores se mencionará: carga térmica, curva de temperatura, tipo de intercambiador, por que lado va cada líquido, curva de calor además de la información de recipientes que aplique para intercambiadores.

Lo antes mencionado es información de usualmente se presenta en las hojas de datos de un equipos pero se debe de tomar a consideración que el cliente es quien decide la información que requiere de cada equipo.

A continuación se muestra un ejemplo de una hoja de datos generado en la fase de ingeniería de detalle.

MECHANICAL DATA SHEET										No.: ART-02-405-H-HD-0201			
										Date: 16-Mar-16			
										Sheet: 3 of 8			
										Rev. CH			
"APROVECHAMIENTO DE RESIDUALES REF. MIGUEL HGO."											REV.		
1	ITEM NO.:	DC-23001 A/B				QUANTITY REQ.:	2				CH		
2	SERVICE:	REACTOR				MANUFACTURER:	N/A						
3	OPERATING CONDITIONS					REV.	DESIGN CONDITIONS						
4	Fluid(s):	Hold				Internal Pressure:	39.0	kg/cm ² g @	260 °C				
5	Specific Gravity:	Hold				External Pressure:	Full Vacuum		kg/cm ² g @		207 °C		
6	Service Criticality:	HYDROGEN				Minimum Metal Temperature:	0	°C @	MAWP	kg/cm ² g			
7	Risk Level - NOM-018-STPS												
8	Health:	3(Hold)		Flammability:	4(Hold)		Post Weld Heat Treatment:	YES					
9	Reactivity:	0 (Hold)		Special:	N/A		Vessel Orientation:	VERTICAL		Support:	LUG		
10		Max.	Min.		Max.	Min.	Elevation of Support Base Above Grade:	Hold		mm			
11	Internal Pressure:	Hold		kg/cm ² g @		°C	Inside Diameter:	900 mm					
12	External Pressure:	Hold		kg/cm ² g @		°C	Tan To Tan Length:	5400 mm					
13	Cyclic Pressure/Temperature:	N/A				Head Types Top:	2:1 SEMI ELLIPSOIDAL		Btm: 2:1 SEMI ELLIPSOIDAL				
14							Radiography Shell:	FULL		Heads:	FULL		
15													
16	Steam Out With:	Note 3	To	Note 3	kg/cm ² g	@	Note 3	°C	COMPONENT	MINIMUM THICKNESS	CORROSION ALLOWANCE		
17	Liquid Level:	Low:	N/A		N/A	High	N/A	mm	Shell:	16	mm	3.2	mm
18	RELIEF VALVE / DISCHARGE / RUPTURE DISK (Note 20)												
18							Heads (Top/Bottom) :	16	mm		3.2	mm	
19	Item No.:	N/A		Type:									
20	Nominal Size:				Orifice I.D.:			mm	Internal Lining:	N/A	mm	N/A	mm
21	Rupture Pressure:						kg/cm ² g	Internal Coating:	N/A	mm	N/A	mm	
22	Location:								Support(s):	SEE DRAWING	mm	1.5 Each Side	mm
23	PRESSURE INDICATOR (Note 20)												
23							Internals		mm		3.2 Each Side	mm	
24	Item No.:	N/A		Type:									
24							Insulation Type:	HEAT CONSERVATION	Thickness:	140 (HOLD)			
25	Nominal Size:						kg/cm ² g	Fireproofing:	NO	Thickness:			
26	Range:	BY EPC				kg/cm ² g							
27	Location:								MATERIALS				
28	SITE CONDITIONS												
28							Component	Material Type - Grade		Other Requirements			
29	Extreme Temperatures:	Min.	0	°C	Max.	40	°C	Shell:	SA-516 GR.70N				
30	Atm. Pressure:	0.804		kg/cm ² a	Elevation:	2076		m	Heads:	SA-516 GR.70N			
31	Type of Environment:	Slightly Corrosive Environment											
32	due to gases: SO ₂ , NO _x , H ₂ S and H ₂ SO ₄												
32							Nozzle Necks:	SA-266 Gr.2N/SA-106 GR.BN/SA-105N					
33	Wind/Seismic Load Standard:	MDOC CFE-2008 (Note 19)											
33							Flanges:	SA266Gr2N / SA-105N					
34	Wind Velocity:	37.5		m/s	Structure Class:	GROUP A		Reinforcing Pads:	N/A				
35	Terrain Category:	2		Topography Factor:	1		Fittings:	SA-234 WPB					
36	Wind Damping Factor :	0.002		Strouhal Number:	0.2		Internals (Fixed):	SA-516 GR.70N					
37	Maximum Acceleration of Terrain (AO):					0.169		Internals (Removable):	SA-516 GR.70N/ SA 106 Gr BN				
38	Control Periods:	TA	0.1	TB	0.6	TC	2.0	Trays:	N/A				
39	Spectrum Parameter:	0.361g		Seismic Damping Factor:	0.02		Ext. Stiffening Rings:	N/A					
40	Over Resistance Factor:	1.25											
40							Ext. Appurtenances:	SA-516 GR.70					
41													
41							Internal Lining:	N/A					
42	REFERENCE DOCUMENTS												
42							Internal Coating:	N/A					
43	Specifications:	NFF-028-PEMEX-2010, ART-01-405-H-ESP-0001											
43							Support:	SA-516 GR.70N/SA285 Gr C					
44	P&ID:												
44							Base Plate / Ring:	N/A					
45	Material Safety Data Sheet (MSDS):	NA											
45							Anchor Bolts:	ASTM A 325 (By Others) HOLD					
46	Relief Valve Data Sheet:	NA											
46							Gaskets Int. / Ext.:	Note 23					
47	Pressure Indicator Data Sheet:	N/A											
47							Thermal Insulation:	NRF-034-PEMEX-2011					
48	Internals Data Sheet:	ART-01-405-H-PL-0101 & ART-01-405-H-PL-0102											
48							Paint System:	NRF-053-PEMEX-2006					
CH	16-Mar-16	MS	ASM/CSC	SGAH	SGAH	SQUAD CHECK REVIEW							
Rev.	Date	By	Chk.	Verified	Appr.	Description	Rev.	Date	By	Chk.	Verified	Appr.	Description

Figura 3.3.2.1 Ejemplo Hoja de datos de Recipiente en Ingeniería de Detalle 1/6

MECHANICAL DATA SHEET										No.:	ART-02-405-H-HD-020	
										Date:	16-Mar-16	
										Sheet:	4 of 8	
										Rev.:	CH	
"APROVECHAMIENTO DE RESIDUALES REF. MIGUEL HGO."											REV.	
1	ITEM NO.:		DC-23001 A/B							QUANTITY REQ'D:	2	
2	SERVICE:		REACTOR							MANUFACTURER:	N/A	
3	NOZZLE SCHEDULE (Note - 28)							REV.	DRAWING (dimensions shown are in mm)			
4	Mk.	Qty	Size (Inches)	Type	Face	Class	Service / Description					
5	A	1	6	WN	RTJ	300#	Inlet with elbow					
6	B	1	6	WN	RTJ	300#	Outlet					
7	C1	1	20(I.D.)	SRWN	RTJ	300#	Top Manway w/ Cover flange (For internals refer ART-01-405-H-PL-0101 & ART-01-405-H-PL0102)					
8	C2	1	20(I.D.)	SRWN	RTJ	300#	Bottom Manway w/ Cover flange (For internals refer UOP Standard drawing 3-328)					
	D1	1	6	SRWN	RTJ	300#	Catalyst Withdrawal Nozzle					
9	D2	1	6	SRWN	RTJ	300#	Catalyst Withdrawal Nozzle					
10	E	1	2	LWN	RTJ	300#	Purge Gas					
11	F1	1	2	LWN	RTJ	600#	Ti					
12	F2	1	2	LWN	RTJ	600#	Ti					
13	F3	1	2	LWN	RTJ	600#	Ti					
14	F4	1	2	LWN	RTJ	600#	Ti					
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22	SPARE PARTS AND EXTERNAL APPURTENANCES											
23	Gaskets:	200 %		Bolts:	10 %							
24	Platforms and Ladders:	Only support clips are in Manufacturer scope										
25	Davit:	Not Required										
26												
27												
28	ADDITIONAL SPECIFICATIONS AND STANDARDS											
29	Refer Page No 5											
30												
31												
32												
33												
34	NOTES											
35	Refer Page No 5											
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43											NOTES (CONTINUED)	REV.
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												
51												
52												

See Sheet # 7

Figura 3.3.2.2 Ejemplo Hoja de datos de Recipiente en Ingeniería de Detalle 2/6

MECHANICAL DATA SHEET				No.: ART-02-405-H-HD-0201	
				Date: 16-Mar-16	
				Sheet: 5 of 8	
				Rev. CH	
"APROVECHAMIENTO DE RESIDUALES REF. MIGUEL HGO."					REV.
1	ITEM NO.:	DC-23001 A/B	QUANTITY REQ'D:	2	
2	SERVICE:	REACTOR	MANUFACTURER:	N/A	
3	NOTES				
4	1. Some of the details / design requirements are on HOLD which will be finalized during detail engineering.				
5	2. Design and fabrication shall comply with the project specifications and with ASME BPVC Section VIII, Division 1. ASME stamp is required. The fabricator shall obtain				
6	National Board registration number for this equipment. The National Board number shall be stamped on the nameplate and noted on the ASME U forms.				
7	3. Vessel is subject to steam out and shall be designed for an internal pressure of 3.5 kg/cm ² @ 335 °C and an external differential pressure of 0.804 kg/cm ² @ 225°C				
8	which is the steam out full vacuum condition at site elevation.				
9	4. Project specifications and standard drawings are as follows:				
10	ART-01-120-H-CD-5001 - Seismic design criteria for pressure vessels.				
11	ART-01-405-H-ESP-0001 Reactors				
12	ART-02-120-E-BD-0001 - CRITERIOS PARA DISEÑO SÍSMICO				
14	ART-02-120-H-ESP-0001 - Requirements for Code Data and Records				
15	ART-02-120-H-PL-0238 - DETALLES TÍPICOS DE RECIPIENTES				
16	ART-01-120-H-ESP-0001 UOP 3-11-9 Governing Requirements (Comparison with NRF-028-PEMEX-2010)				
17	NRF-020-PEMEX-2012 - Welding and Welder's Qualification and Certification				
18	NRF-028-PEMEX-2010 - Pressure Vessel Construction and Design				
19	NRF-034-PEMEX-2011 - High Temperature Insulation Systems in Equipments, Containers and Surface Pipes				
20	NRF-053-PEMEX-2006 - Coating Base Anticorrosive Protection Systems for Surface Facilities				
21	NRF-137-PEMEX-2012 - Steel Structure Construction and Design				
22	NRF-150-PEMEX-2011 - Pipe and Equipment Hydrostatic Test				
23	NRF-156-PEMEX-2008 - Joints and Gaskets				
24	UOP 9-11-8 External High Temperature Insulation and Weathershielding				
25	UOP 3-11-9 Pressure Vessels Carbon Steel				
26	Any conflicts in specification shall be brought to the notice of the client for clarification and approval.				
27					
28	5. Estimated weight summary is as follows:				
29	Fabricated		4 540	kg	
30	Erection		11 900	kg	
31	Empty		11 900	kg	
32	Operating (Incl. Oper. Liquid)		12 150	kg	
33	Test (Full of Water)		16 020	kg	
34	6. Vessel supplier shall furnish and install all parts unless otherwise noted.				
35	7. The Nozzle numbers , flange rating and size of the Manhole Nozzles are tentative and on Hold.				
36	8. Nozzle projections shall be as per clause Number 8.1.10.15 of NRF 028-PEMEX-2010 however Top and bottom Nozzle projections will be as per datasheet.				
37	9. All nozzle bolt holes to straddle principle vessel centerlines.				
38	10. All dimensions are in mm unless otherwise noted.				
39	11. Vessel supplier shall paint buyer's purchase order number and the supplier's shop order number in a Specified location.				
40	12. The center of gravity shall be marked on vessel by painting a continuous 75 mm wide circumferential stripe. The letters "C.G." and shipping weight in tons shall be				
41	painted at two locations diametrically opposite and adjacent to stripe.				
42	13. The following note shall be painted on vessel in two locations 180° apart: "POST WELD HEAT TREATED - DO NOT FLAME CUT OR WELD ON THIS VESSEL".				
43	14. Reactor is in hydrogen service . Materials, fabrication, and inspection shall be in accordance with NRF-028-PEMEX-2010. All internals shall be continuously welded (Full penetration weld)				
44	15. All information Mentioned in ART-01-405-H-PL-0101 & ART-01-405-H-PL-0102 to be complied.				
45	16. Vacuum stiffeners (if required) to be designed and located by supplier.				
46	17. All internals shall be removable through vessel manways.				

Figura 3.3.2.3 Ejemplo Hoja de datos de Recipiente en Ingeniería de Detalle 3/6

MECHANICAL DATA SHEET				No.: ART-02-405-H-HD-0201	
				Date: 16-Mar-16	
				Sheet: 6 of 8	
				Rev. CH	
"APROVECHAMIENTO DE RESIDUALES REF. MIGUEL HGO."					RE V.
1	ITEM NO.:	DC-23001 A/B	QUANTITY REQ'D:	2	
2	SERVICE:	REACTOR	MANUFACTURER:	N/A	
3	NOTES (CONTINUED)				
4	18. A wind dynamic analysis is required per project specification NRF-028-PEMEX-2010, section 8.1.2.2. The vessel shell and support thickness may be subject to change.				
5	19. A seismic analysis is required per MDOC CFE SISMO 2008. The vessel shell and support thicknesses may be subject to change.				
6	20. Elevation of Support Base Above Grade to be confirmed later.				
7	21. Local load analysis shall be done as per nozzle loads table attached in annexure of RFQ of Reactors . In case vessel thickness needs to be increased to meet nozzle loads, Bidder to take care of the same. No implication will be acceptable due to increase in thickness after placement of order.				
8	22. All Nozzles in hydrogen services shall be intergrally reinforced as per UOP specification 03-11-09 Detail C (1)				
9	23. External flange gaskets to be ring type per NRF-156-PEMEX-2008, model No. 41, 316 S.S.material with a maximum BHN of 160. Internal flange gaskets				
10	to be compatible with fluid. .Gaskets shall be confirmed by supplier in their bid.				
11	24. External Bolts shall be SA193 Gr B6M/ 194Gr 2HM.				
12	25. Legends:				
13	M.A.F - Minimum After Forming				
14	N/A - Not Applicable				
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					

Figura 3.3.2.4 Ejemplo Hoja de datos de Recipiente en Ingeniería de Detalle 4/6

MECHANICAL DATA SHEET

No.: ART-02-405-H-HD-0201
 Date: 16-Mar-16
 Sheet: 7 of 8
 Rev. CH

"APROVECHAMIENTO DE RESIDUALES REF. MIGUEL HGO."

REV.

1	ITEM NO.:	DC-23001 A/B	QUANTITY REQ'D:	2
2	SERVICE:	REACTOR	MANUFACTURER:	BY EPC

SUPPLEMENTAL PAGE FOR DRAWING (dimensions shown are in mm)

- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35
- 36
- 37
- 38
- 39
- 40
- 41
- 42
- 43
- 44
- 45
- 46
- 47
- 48
- 49
- 50
- 51
- 52
- 53
- 54

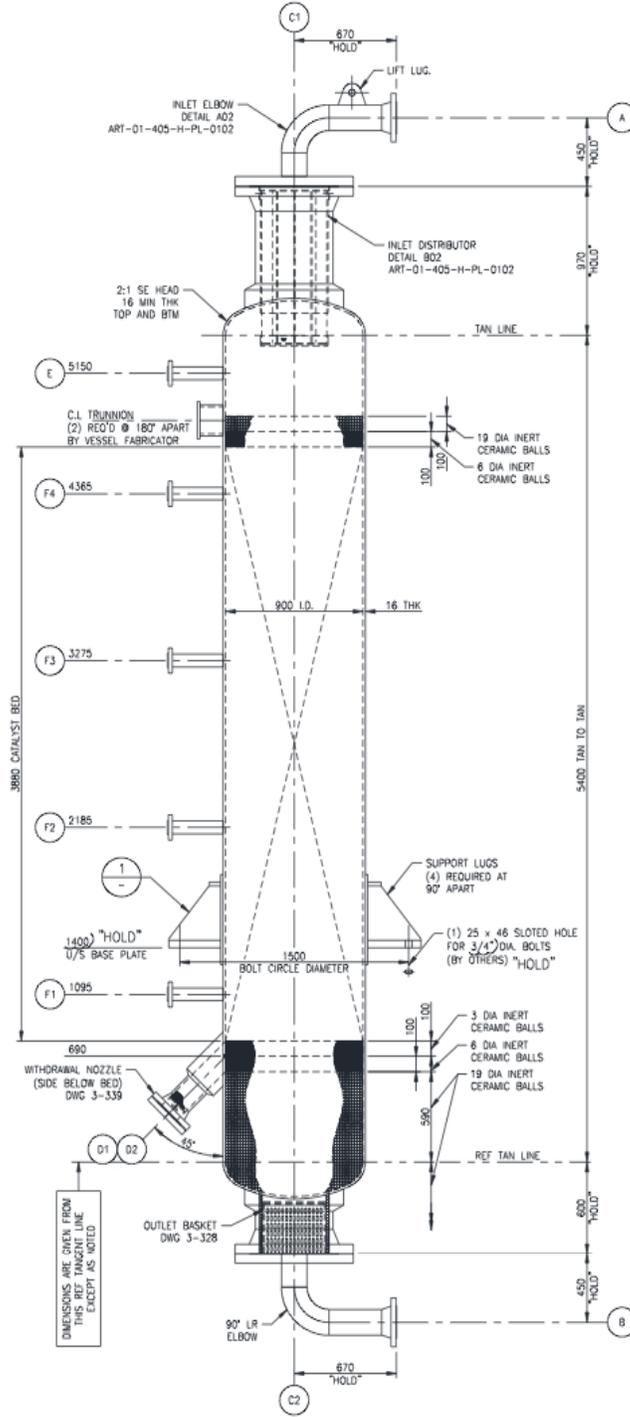


Figura 3.3.2.5 Ejemplo Hoja de datos de Recipiente en Ingeniería de Detalle 5/6

- BASES DE DISEÑO (BD)

Adicionado a la descripción de lo que son las bases de diseño que se menciona en el capítulo correspondiente de ingeniería básica en ingeniería de detalle este entregable ya debe de ser casi intocable, pues las bases se establecieron en la ingeniería básica y cualquier cambio a este documento afectaría por completo el diseño y por consecuencia todos los documentos entregables.

- ESTUDIOS Y ANÁLISIS (ET)

Para el caso de los estudios y análisis en la fase de ingeniería de detalle estos se centran en temas más particulares. En la ingeniería básica los estudios y análisis se enfocaban en decidir de entre varias alternativas sobre el diseño preliminar de equipos o sobre alternativas de operación que se deben de decidir en una etapa temprana ya sea el manejo de subproductos o productos del proceso.

Para la Ingeniería de detalle los estudios y análisis se enfocan principalmente en el diseño de equipos críticos y difíciles de operar ofreciendo alternativas viables que al final se verán reflejadas las decisiones en las hojas de datos de los equipos justificando espesores de material, niveles, aislamiento o diámetro de boquillas.

Un ejemplo es el diseño de los rehervidores dando varias alternativas sobre el nivel del líquido o sobre el número de pasos que éste debe tener, este caso se menciona en particular por que el diseño de éste es particularmente difícil y en algunos casos el diseño y los criterios que se toman se ven por el ingeniero de proceso encargado del proyecto. Los criterios en el diseño de equipos como este en la fase de ingeniería de detalle se diferencia a la básica en los criterios de diseño que ya en esta etapa son más finos y de más detalle.

Dichos estudios deben de revisarse al final por el cliente y el ingeniero de proceso del proyecto para que ambas partes estén enteradas de los criterios y las alternativas que se estudiaron hasta obtener un diseño final aprobado por ambos.

- FILOSOFÍAS

Las filosofías entregadas en la ingeniería de detalle se enfocan en un tema en particular desglosando de una forma clara sus partes, sus variables y su comportamiento ante situaciones que posiblemente se darán durante el funcionamiento normal, “turn down” o arranque de la planta.

Las filosofías que comúnmente se entregan en esta fase del proyecto tales como operación de instrumentos, sistemas de control, de válvulas, de equipos específicos o operación general de la planta. En éstas se explica a detalle todas las variables que pueden influir en la operación ya sea de válvulas o equipos en específico dando también acciones correctivas para mantener la estabilidad y el buen funcionamiento.

Un ejemplo es la filosofía de operación de el quemador, dado que es un equipo critico del proceso en la filosofía de operación de equipo se establece de forma sencilla como es que funciona este, las reacciones que en éste ocurre, las variables que se ven involucradas y como es que el equipos se comportan en una operación normal, “turn down” o de arranque explicando que pasa cuando se den picos en las contracciones de hidrocarburos de la corriente de alimentación y que es lo que el equipo a partir de instrumentos de medición hace para volver a una operación normal

Durante la ingeniería de detalle dichos estudios y análisis ya deben de haber sido revisados y aprobados por todos los departamentos involucrados.

- CIERRE DE INGENIERIA DETALLE

Una vez finalizada la entrega de todos los documentos dentro de la ingeniería detalle se entrega un paquete de ingeniería de detalle el cual es integrado por todos los documentos en su última revisión.

Para la entrega del paquete de ingeniería de detalle al cliente, cada disciplina debe de checar los documentos duros correspondientes a su disciplina para verificar que estos no les falte alguna hoja, estén mal impresos o estén incompletos como por ejemplo que algún diagrama de flujo de proceso este incompleto o que alguna hojas de datos con datos de equipo faltantes.

El departamento de calidad es el encargo de preparar el paquete de ingeniería impreso.

En la junta de cierre se entrega tanto copia dura de todos los documentos así como copia electrónica de cada documento además de las simulaciones de proceso.

4. DISCUSIÓN

Durante el desarrollo del proyecto hubo varios factores que fueron decisivos para el éxito del proyecto y entrega en tiempo y forma de los documentos. Dichos factores son la buena comunicación y dinámica de trabajo del departamento de proceso, fomentando una comunicación continúa y clara con los demás departamentos se logró entregar en tiempo y forma todos los requisitos por parte del cliente, PEMEX.

Durante el desarrollo de la Ingeniería Básica del proyecto específicamente en el arranque del proyecto, Noviembre de 2015 comenzó con dos personas asignadas; el ingeniero de proceso encargado del proyecto y yo como ingeniero de proceso B, durante el desarrollo de la ingeniería Básica se sumó otro ingeniero de proceso junior. Al final de la ingeniería básica se contaba con un equipo formado por:

- Ingeniero de proceso encargado del proyecto
- ingeniero de proceso nivel junior
- ingeniero de proceso nivel A
- 2 Ingenieros de proceso nivel B

Dicho equipo de trabajo cerró la Ingeniería básica en Noviembre de 2017.

Durante el desarrollo de la Ingeniería Básica se trabajaron los documentos entregados por el licenciador desarrollándolos para que al final en la entrega del PDP final de la Ingeniería Básica se hiciera la conversión y así la firma encargada de la ingeniería de detalle entregó dos semanas después el paquete de Ingeniería de detalle.

Para la Ingeniería Básica se entregaron 61 documentos y se trabajó cerca de 4,200 H-H.

El desarrollo de la ingeniería de detalle empezó desde Septiembre de 2016 con la digitalización de DTI's y DFP's entregados por el licenciador para su

desarrollo del detalle e implementación de arreglos en tuberías así como también se homologó con las disciplinas y demás plantas la forma en que se presentarían dichos diagramas, se trabajó en el desarrollo del diseño de equipos y la hidráulica de estos debido a que estaba fuera del alcance del licenciador. Para esta etapa se contaba con:

- Ingeniero de proceso encargado del proyecto
- ingeniero de proceso nivel junior
- ingeniero de proceso nivel A
- Ingenieros de proceso nivel B

Para la Ingeniería de Detalle se entregaron 441 documentos y un total de alrededor de 50,000 H-H.

Durante el ejercicio como ingeniero dentro de las diferentes áreas de la firma de Ingeniería se viven varios retos dentro de ésta, por ejemplo:

- Falta de comunicación dentro del equipo de trabajo así como con otras áreas.
- Cambios de último momento por el cliente o comentarios al diseño por otras áreas.
- Carencia de fluidez de los documentos actualizados de unas áreas hacia las demás áreas involucradas, lo que tiene como consecuencia que se tengan diferentes versiones de un documento.
- Procedimientos de calidad largos, que pueden llegar a entorpecer el flujo de documentos con las demás áreas
- Criterios ambiguos y una falta de coherencia dentro del departamento de proceso.
- Falta de responsabilidad, unión y compromiso en el equipo de trabajo.
- El ritmo de entrega de documentos a veces puede ser muy acelerado, ignorando que el trabajo interdisciplinario puede complicarse.
- Sobre pensar diseños, pues a la larga el ingeniero deja de ver el camino simple y práctico.
- Gran cantidad de información a digerir, ya sean guías de trabajo o

adoctrinamiento sumado al trabajo.

- Falta desarrollo de inteligencia emocional y herramientas sociales de las personas.
- Bases de datos de otros proyectos incompletas y sin fuente de información.
- Una estructura obsoleta y filosofía del trabajo que no va de acuerdo al ritmo de la actualidad.

Después de lo anterior enlistado, se puede ver la importancia que tiene para los recién egresados el aprender el uso de herramientas de proyectos para trabajar mejor en equipo, pues en el campo laboral la interacción con personas de diferentes rubros es una constante. Es de suma importancia recalcar que “Independientemente de si te agrada una persona o no se debe de trabajar en conjunto con el fin de lograr una meta establecida”.

Hay que estar conscientes que existen firmas de ingeniería con una forma de trabajo muy cuadrada y con una filosofía de trabajo obsoleta que no funcionan fuera de este ámbito, que pueden llegar a tener lemas como: “El último trabajador en irse del trabajo es el mejor empleado”, lo que no es necesariamente cierto y sumado a esto el favoritismo y otros factores más impiden el buen desarrollo de los profesionistas para lograr el éxito del proyecto.

La experiencia desarrollada dentro de este proyecto fue de constante aprendizaje sobre las demás áreas, como es que funcionan y como éstas aportan con su trabajo al desarrollo de un proyecto tan grande y complejo como lo fue la planta de recuperación de azufre de la Refinería de Tula, Hidalgo.

Es importante contar con una idea de cómo es y como se vive el proceso de desarrollar ingeniería básica y de detalle en un firma de ingeniería, con el fin de que el recién egresado tenga una buena integración al campo laboral sin el miedo y temor ante ésta.

5. CONCLUSIONES

El objetivo de esta tesina es transmitir a través de la experiencia como es que funciona una firma de ingeniería y que su aprendizaje, brindará herramientas para poder realizar con éxito tareas asignadas en cualquier firma de Ingeniería a un recién egresado.

Durante el proyecto de la Planta de Recuperación de Azufre en la Refinería “Miguel Hidalgo” siempre encontré con situaciones recurrentes que afectaban al proyecto como lo fue la falta de comunicación a cualquier nivel de la firma e incluso con el licenciador y ante tales el ingeniero de proyecto realizaba acciones correctivas como juntas interdisciplinarias o inclusive el solo hecho de una comida da paso a generar un vínculo que ayudara en el desarrollo del proyecto.

Muchas veces al principio de un proyecto se toma información, criterios y bases de diseño de proyectos pasados con el fin de tener un punto de partida y que en muchas ocasiones es un gran avance para el proyecto lo que lleva a la importancia de ser más organizado y tener un historial de todos los documentos hojas de datos para que en el futuro estos documentos que se creen sirvan a futuros ingenieros como un punto de partida en proyectos similares.

Es importante mencionar que todo el trabajo que se haga debe tener sustento, bases, alternativas estudiadas que al final ayuden a obtener el mejor resultado para el diseño de equipos y que no solo te ayude a formar tus criterios propios sino que despertarán la curiosidad a ser proactivo e interactuar con el equipo de trabajo, preguntar sobre todo, no tener miedo a pedir información, estudiar y que se de un esparcimiento del conocimiento.

Tener vínculos con los compañeros de trabajo ayuda en la dinámica de trabajo, debido a la complejidad de ésta en cualquier nivel de la empresa. Hace que sean importantes estos vínculos para que un proyecto llegue a su meta de manera exitosa.

Asimismo es importante considerar que aunque varias firmas de ingeniería siguen el lema “el último trabajador en irse del trabajo es el mejor empleado” esto no siempre es lo ideal o lo correcto porque lo importante es lograr desarrollar todas las habilidades de los diferentes empleados que beneficiarán tanto a la firma de ingeniería así como también a cada individuo, lo que hará del trabajo una experiencia enriquecedora y que garantizará el éxito del proyecto.

Es importante remarcar la importancia de trabajar en habilidades y herramientas de comunicación que para la mayoría del gremio de la ingeniería pasan inadvertidas pero que la falta de éstas pueden llegar a entorpecer el trabajo.

Es importante estar consciente que cuando uno se incorpora al campo laboral se tiene la percepción que se sabe todo pero la realidad es diferente.

Lo más gratificante de trabajar en una firma de Ingeniería o en cualquier lugar es que siempre se puede aprender algo que a veces no tendrá nada que ver con el área en la que uno se desempeña pero esos pequeños detalles son los que abren la mente y ayudan a pensar fuera de lo ordinario.

6. REFERENCIAS

1. Fundamental and Practical Aspects of the Claus Sulfur Recovery Process P.D. Clark, N.I. Dowling and M. Huang, Alberta Sulfur Research Ltd., Calgary, Alberta, Canada
2. Sulfur production report by the United States Geological Survey
3. Gas Processors Suppliers Association (GPSA) (1987), *Gas Processors Suppliers Association Engineering Data Book*, 10th Edition, Gas Processors Suppliers Association. (See Volume II, Section 22)
4. The Role of Claus Catalyst in Sulfur Recovery Unit Performance Terry McHugh, Ed Luinstra and Peter Clark, presented at Sulphur 98 conference in Tucson, Arizona, November 1998.
5. J.H. Gary and G.E. Handwerk(1984), *Petroleum Refining Technology and Economics*, 2nd Edition, Marcel Dekker, ISBN 0-8247-7150-8.
6. Arthur Kohl and Richard Nielson (1997), *Gas Purification*, 5th Edition, Gulf Professional Publishing, ISBN 0-88415-220-0.
7. Howard F. Rase (2000), *Handbook of Commercial Catalysts: Heterogeneous Catalysts*, 1st Edition, CRC Press, pp. 240 - 242, ISBN 0-8493-9417-1.
8. J. Smith Nigel (2002), *Engineering Project Management*, 2nd Edition, Blackwell Science, ISBN-0-632-05737-8.
9. <https://www.apm.org.uk/>
10. <https://www.epa.gov>
11. <http://sulfur.nigc.ir/en/sulfurfacts/physicalproperties/viscosity>
12. <http://www.progressiveengineer.com/howFirmsOperate.html>
13. <http://www.wisegEEK.com/what-is-an-engineering-firm.htm>
14. <http://www.wisegEEKedu.com/what-is-an-an-engineering-firm.htm>
15. https://www.ica.com.mx/es_ES/acerca-de-nosotros
16. <http://www.theprojectdefinition.com/detailed-engineering/>
17. <http://site.iugaza.edu.ps/ajamassi/files/2011/03/Engineering-Project-Management.pdf>
18. <http://education.jlab.org/itselemental/ele016.html>
19. <https://www.ecured.cu/Azufre>
20. <https://www.webelements.com/sulfur/history.html>
21. <http://www.infoplease.com/encyclopedia/science/sulfur-uses.html>
22. <https://chemengineering.wikispaces.com/Claus+process>

7. GLOSARIO

1. Bulk material: Material de tuberías que se refiera a un conjunto de material pequeño ya sean juntas, tuberías, juntas, codos, t's, válvulas, etc.
2. Chequeo cruzado: Revisión de un documento por parte de varias disciplinas, además de la de origen.
3. Flashear o Flasheo: Fenómeno cuando un líquido saturado se separa en dos estados, debido a un cambio de presión en el proceso.
4. Gas Ácido: Gas que mezclado con agua puede formar disoluciones acidas. Los gases ácidos mas comunes son el Acido sulfhídrico (H_2S) y Dióxido de Carbono (CO_2).
5. Gas de Cola: Gas residual del proceso, éste puede tratarse en una planta de tratamiento de gas residual (TGTU).
6. Hysys, Aspen: Programa para simulación de procesos.
7. Ingeniería Básica: también es conocida como FEED (Front End Engineering Design), en dicha fase se toman los parámetros e información del cliente en la ingeniería conceptual y se hacen los cálculos pertinentes a equipos claves o información requerida para el desarrollo del proyecto (diseño de equipo, verificación de hidráulicas de servicios así como también de las plantas, estimados de servicios, especificación de bombas, etc.). En esta etapa se desarrolla el Balance de Materia y Energía y los Diagramas de Tuberías e Instrumentación (DTI).
8. Ingeniería de Detalle: etapa donde se desarrolla la información necesaria para poder llevar a cabo la construcción del proyecto. En esta etapa se crean las órdenes de compra de todo el "bulk material" (es decir tuberías, juntas, codos, t's, válvulas, etc.). La ingeniería de detalle se limita a verificar las bases de diseño pero entregando todos los documentos para la construcción después de incorporar la información de proveedores
9. Know-how: Es el saber cómo de las cosas.

10. Process Design Package (PDP): Conjunto de entregables integrado por todos los documentos de la ingeniería básica en su última revisión. Este paquete debe de ser revisado y comentado tanto por la firma de ingeniería así como el cliente durante un plazo corto de tiempo antes de la junta de cierre.
11. Promax: Programa para simulación de procesos.
12. Rack: Estructura que sostienen líneas de tuberías de proceso y servicio en la planta y la refinería.
13. Revamp: Proyecto que consiste en aumentar la capacidad actual de producción de una planta o refinería ya existente a la deseada por el cliente.
14. Sketch: Bosquejo de equipos y/o servicios de tuberías, que usualmente es hecho a mano.
15. Turn down: Es el caso en el cual la planta esta en sus condiciones mínimas de funcionamiento.
16. Take Off: Conteo, en la firma de ingeniería es un conteo de algún material de interés y se hace sobre diagramas de tuberías e instrumentación.
17. Wasteheat Boiler: También conocida como Caldera de Recuperación.

ANEXO I: LISTA DE ACRONIMOS, NOMENCLATURA Y SIGLAS.

1. BD-Bases de Diseño
2. DFP-Diagramas de Flujo de Proceso
3. DTI-Diagramas de Tubería e Instrumentación
4. EPA- United States Environmental Protection
5. ET-Balance de materia y Energía
6. FEED - Front End Engineering Design
7. HD-Hojas de Datos
8. MTD - Metric Tons Per Day
9. OSHA- Occupational Safety & Health Administration
10. PDP - Process Design Package
11. PL-Arquitecturas de Control
12. PMI - Project Management Institute
13. USEPA - United States Environmental Protection Agency

"AND THE REST IS RUST AND
STARDUST."

— VLADIMIR NABOKOV
(LOLITA)