

**DESARROLLO DE MATERIAL DE ENTRENAMIENTO PARA EL PERSONAL
OPERATIVO DE LA UNIDAD DE DESTILACIÓN DE CRUDO EN LA REFINERÍA
DE PETRÓLEO**

MARIA PAOLA GALVIS CÓRDOBA



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2017

**DESARROLLO DE MATERIAL DE ENTRENAMIENTO PARA EL PERSONAL
OPERATIVO DE LA UNIDAD DE DESTILACIÓN DE CRUDO EN LA REFINERÍA
DE PETRÓLEO**

MARIA PAOLA GALVIS CÓRDOBA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Ingeniera Química

Directora:

María Paola Maradei García

Ing. Química, Ph.D

Co-director:

Iván Felipe Barrera Rincón

Ing. Químico Staff, GP Colombia LTDA.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2017

AGRADECIMIENTOS

A la empresa GP Colombia LTDA. y su comunidad, por brindarme la oportunidad de ser parte de ellos y aprender durante estos seis meses de trabajo. Cada día fue un nuevo reto de aprendizaje como ingeniera química. Un agradecimiento especial a mis líderes de proyecto, Iván Barrera y Cristhian Cantillo quienes me brindaron su apoyo y afecto en todo momento. De igual manera, a nuestra gerente y amiga Clemencia Echeverry, por confiar siempre en mis capacidades y ser la guía para crecer como mejor persona.

A la Universidad Industrial de Santander, por ofrecerme la mejor calidad durante mis cinco años de formación como profesional, especialmente a mi directora de tesis Maria Paola Maradei, por su voto de confianza y a mis compañeros de carrera quienes hicieron de este camino, uno lleno de alegría.

A toda mi familia por el apoyo incondicional, especialmente a mis abuelos que son mi mayor orgullo, a mis padres, Jorge Galvis y Amparo Córdoba, porque por ellos hoy se cumple una meta más en mi vida, el esfuerzo realizado y sus enseñanzas aprendidas, me permiten decir hoy:

Muchas Gracias!

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. METODOLOGÍA.....	18
1.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	18
1.1.1. Conocimientos fundamentales.....	18
1.1.2. Unidad de Destilación de Crudo.	19
1.2. DESARROLLO	19
1.2.1. Entrenamiento de conocimientos fundamentales.	19
1.2.2. Manual de operaciones.....	20
1.2.3. Manual de procedimientos.....	22
1.3. REVISIÓN.....	22
1.3.1. Entrenamiento de conocimientos fundamentales.	23
1.3.2. Manual de operaciones.....	23
1.3.3. Manual de procedimientos.....	23
2. RESULTADOS	24
2.1. ENTRENAMIENTO DE CONOCIMIENTOS FUNDAMENTALES.....	24
2.1.1. Fundamentos de proceso (FND).	24
2.1.2. Fundamentos aplicados (FAP).	25
2.1.3. Fundamentos avanzados (FAV).	26
2.2. MANUAL DE OPERACIONES.....	27
2.2.1. Tecnología y diseño del proceso.	28

2.2.2. Descripción del proceso.....	30
2.2.3. Variables y control del proceso.....	31
2.2.4. Descripción de equipos.....	31
2.2.5. Procedimientos de arranque.....	31
2.2.6. Procedimientos de paro.....	32
2.2.7. Procedimientos de emergencia.....	32
2.2.8. Procedimientos especiales.....	32
2.2.9. Monitoreo y solución de problemas.....	32
2.2.10. Instrumentación.....	33
2.2.11. Muestreo y análisis de laboratorio.....	33
2.2.12. Sistemas de salud, seguridad y medio ambiente (HSE).....	33
2.2.13. Información adicional.....	33
2.2.14. Anexos.....	33
2.3. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS.....	34
2.3.1. Preparación para el arranque.....	35
2.3.2. Suministro de servicios.....	35
2.3.3. Purga con vapor y test de impermeabilidad.....	35
2.3.4. Puesta en marcha de la Tea y cabezal de combustible.....	36
2.3.5. Circulación en frío.....	36
2.3.6. Circulación en caliente.....	36
2.3.7. Preparación de la torre de destilación para operación normal.....	36
2.3.8. Trabajo en continuo.....	36
2.3.9. Estabilización de la unidad.....	36
3. CONCLUSIONES.....	38

4. RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
BIBLIOGRAFÍA.....	41
ANEXOS.....	43

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema general de la metodología.....	18
Figura 2. Estructura Manual de Operaciones.....	21
Figura 3. Secuencia de procedimientos principales para el arranque de la CDU.	22
Figura 4. Vista parcial de la presentación PowerPoint para el tema de Tambores y Reactores.	26
Figura 5. Vista parcial del test de preguntas para para el tema de Tambores y Reactores.	26
Figura 6. Vista parcial del contenido global del Manual de Operaciones con comentarios de la información faltante.	27
Figura 7. Vista parcial del capítulo de Tecnología y diseño del proceso.....	28
Figura 8. Vista parcial del procedimiento “Preparación de la torre de destilación para operación normal”, ejemplo de nota y advertencia.	35
Figura 9. Vista parcial del formato para la introducción a un procedimiento.	35

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Resumen de documentación para el proyecto de Combustibles Limpios.	43
Anexo B. Diagrama de bloques de proceso para la CDU.	44
Anexo C. Descripción general del proceso de la CDU.	45
Anexo D. Vista parcial de la plantilla desarrollada en Excel para la organización de la información necesaria para el manual de operaciones.	47
Anexo E. Estructura del entrenamiento de conocimientos fundamentales.	48
Anexo F. Ciclo de revisión general de documentos.	50
Anexo G. Nomenclatura de estado de documentos en el servidor.	52

LISTA DE ABREVIATURAS

TOPS	Technical Operator Performance Support
ISD	Instructional System Design
ADDIE	Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation
FCC	Fluid Catalytic Cracking
PTEX	Process Technology Exam
CAP	Competence Assurance Program
KM	Knowledge Management
CDU	Crude Distillation Unit
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram
PFD	Process Flow Diagram
OTS	Operator Training Simulator
IPF/IPS	Instrument Protection Function/System
FND	Módulo de Fundamentos de Proceso
FAP	Módulo de Fundamentos Aplicados
FAV	Módulo de Fundamentos Avanzados
BPSD	Barrels per Stream Day
HSE	Health, Safety and Environment

RESUMEN

TITULO: DESARROLLO DE MATERIAL DE ENTRENAMIENTO PARA EL PERSONAL OPERATIVO DE LA UNIDAD DE DESTILACIÓN DE CRUDO EN LA REFINERÍA DE PETRÓLEO*

AUTOR: GALVIS CÓRDOBA, Maria Paola**

PALABRAS CLAVE: Manual de operaciones, manual de procedimientos, unidad de destilación de crudo atmosférica.

DESCRIPCIÓN:

En este trabajo se describe el desarrollo de los documentos preliminares del manual de operaciones y manual de procedimientos para la Unidad de Destilación de Crudo perteneciente al cliente de la compañía GP Colombia LTDA. nombrado como *La Refinería*. Además se presenta la metodología de desarrollo del entrenamiento en conocimientos fundamentales realizado en conjunto con los demás desarrolladores a través de la práctica. Los tres documentos hacen parte del proyecto de Combustibles Limpios y tienen el fin de entrenar a los operarios de *La Refinería* para asegurar el buen funcionamiento de todas las unidades.

El entrenamiento en conocimientos fundamentales ya está siendo implementado en campo, en tanto los dos manuales están en fase preliminar y se consideran el modelo para seguir el desarrollo de las demás unidades.

El manual de operaciones es el documento de referencia para la operación de la unidad, aquí se explican procedimientos de manera general, se describe el control, monitoreo, solución de problemas, equipos, instrumentación y demás información que un operario necesita conocer. Por otro lado, el manual de procedimientos es la guía principal del operario para llevar a cabo cualquier operación de la unidad.

El seguimiento del desarrollo durante la práctica fue llevado a cabo por los ingenieros staff Iván Barrera y Cristhian Cantillo.

* Trabajo de grado en modalidad de Práctica Industrial.

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: María Paola Maradei García, Ingeniera Química, PhD. Iván Felipe Barrera Rincón, Ingeniero Químico Staff, GP Colombia LTDA.

ABSTRACT

TITLE: TRAINING MATERIAL DEVELOPMENT FOR THE WORKFORCE OF THE CRUDE DISTILLATION UNIT IN THE OIL REFINERY*

AUTHOR: GALVIS CÓRDOBA, Maria Paola**

KEY WORDS: Operating manual, procedures manual, atmospheric crude distillation unit.

DESCRIPTION:

Over this work, the development of preliminary operating manual and procedures manual is described, these documents are specific for the Crude Distillation Unit belonging to the GP Colombia LTDA. client named as *La Refinería*. In addition, the development methodology for a fundamental training is presented as a work completed together with the other developers through the internship. These three documents are part of the Clean Fuels project and are intended to train *La Refinería* operators to ensure smooth operation of all units.

The fundamental training is already being implemented in field, while the two manuals are in the preliminary phase and are considered the basis to follow the development of other units.

The operating manual is the reference document for the operation of the unit, here procedures are explained in a general way; the control, monitoring, troubleshooting, equipment, instrumentation and other information that an operator needs to know is described in this manual. On the other hand, the procedures manual is the main guide for operators when they need to perform any operation on the unit.

The follow-up of the development during the internship was carried out by the staff engineers Iván Barrera and Cristhian Cantillo.

* Bachelor Thesis presented as Industrial Internship.

** Physicochemical Engineering Department. Chemical Engineering School. Advisors: María Paola Maradei García, Chemical Engineer, PhD. Iván Felipe Barrera Rincón, Chemical Engineering Staff, GP Colombia LTDA.

INTRODUCCIÓN

Antes del siglo 20, el modelo de enseñanza más común era el de “mentoría”, aquel con la experiencia y conocimiento suficiente enseñaba a quien iniciaba una nueva labor, pero con el desarrollo industrial se hizo necesario formular un modelo más estructurado que permitiera el entrenamiento de miles de personas lo más pronto y eficaz posible.

Hoy en día toda la industria requiere de personal operativo entrenado y con las capacidades suficientes para realizar su función, sin representar un riesgo en el desarrollo de la operación. Así pues cada que una industria realiza cambios en su tecnología o equipo de trabajo, ésta debe asegurarse de que quienes manipulan, controlan y en general operan los equipos, adquieran los conocimientos necesarios para desempeñarse de la mejor manera y mantener la seguridad y calidad del proceso necesarios. La Ingeniería Química reúne los conocimientos necesarios para el total entendimiento de las operaciones que se llevan a cabo en una refinería y tiene la responsabilidad de difundirlo a quienes lo requieran para evitar operaciones inseguras.

Con base a esto, la compañía GP Colombia LTDA., establecida en Bogotá desde noviembre de 2011, tiene el propósito de brindar servicios de consultoría e ingeniería en materia de desempeño del sector energético; principalmente para las compañías de petróleo y gas. Su misión es otorgar a sus clientes el poder para superar desafíos internos y externos, mejorar el desempeño de las organizaciones a través de entrenamiento personalizado y el desarrollo de soluciones flexibles. Dentro de las soluciones que la compañía ofrece están: sistemas de capacitación de usuarios finales, mejores prácticas para el desarrollo de manuales de entrenamiento y procedimientos en el área de operaciones, capacitación de

seguridad y mejora del proceso de mantenimiento, soporte técnico al desempeño operativo, entrenamiento virtual utilizando la plataforma GPiLEARN, mejora y apoyo al desempeño del personal [1] [2].

GP Colombia LTDA. trabaja bajo el modelo de Acompañamiento para el Desarrollo de Operaciones Técnicas (TOPS, por sus siglas en inglés). La metodología se orienta al mejoramiento de las capacidades y competencias del personal operativo de una planta, lo que implica una serie de actividades ocurrientes a través del tiempo y espacio real, es decir, no basta con un entrenamiento pasajero y distanciado de la cotidianidad [3].

El modelo TOPS surgió hace más de 25 años bajo la filosofía de Diseño de Sistemas Instruccional (ISD, por sus siglas en inglés) donde se reconocen como ejes principales del aprendizaje: analizar, diseñar, desarrollar, implementar y evaluar (más conocido como modelo ADDIE, por sus siglas en inglés). Además, el modelo de desempeño aplicado en la compañía introduce cuatro elementos específicos para el aprendizaje del adulto: comunicar, mostrar, practicar y proporcionar herramientas de búsqueda [4]. Estos elementos permiten generar en el personal operativo la capacidad de respuesta a situaciones que se presentan durante las operaciones diarias de la planta, no sólo como un mecanismo instintivo sino por el conocimiento de respuesta de la operación.

El modelo incluye herramientas de aprendizaje desarrolladas explícitamente para cada cliente. Algunas de las herramientas disponibles son:

- Diagramas grandes de control
- Manuales de proceso
- Manuales de procedimiento
- Programa de simulacros
- Guía de solución de problemas

En este proyecto que compete a *La Refinería* (nombrada así por motivos de confidencialidad) se trabaja en pro del proyecto interno de Combustibles Limpios donde se llevará a cabo la ampliación de las áreas de refinación y modernización de unidades.

La Refinería arrancó su funcionamiento desde 1960 como una compañía única en su país para el tratamiento del crudo y desde 1980 inició modificaciones en su estructura para aumentar capacidad de producción, implementar tecnología moderna y mejor calidad de producto. A partir del año 2014, *La Refinería* comenzó el proyecto de Combustibles Limpios en busca de aumentar la producción de dos de sus áreas y de la unión de éstas para alcanzar una mayor flexibilidad que le permita competir en el mercado global, hacer uso óptimo de la energía y mantener seguridad en el proceso [5]. A ello se agrega su interés de reducir la concentración de azufre en corrientes con alto contenido; es decir, dar mayor valor agregado a los productos y mejorar sus ingresos.

En este proyecto, además de la modernización de unidades preexistentes (alquilación, craqueo catalítico fluidizado (FCC, por sus siglas en inglés), entre otras), *La Refinería* llevará a cabo el montaje de nuevas unidades (destilación atmosférica y al vacío, recuperación de azufre, producción y recuperación de hidrógeno, tratamiento de aminas y aguas, entre otras) [6]. Tanto los operarios trabajando actualmente como los que deberán ser contratados, requieren un entrenamiento especializado y un acompañamiento prolongado para conocer los fundamentos de operación de dichas unidades.

En el año 2016, GP Strategies ha firmado un contrato por duración de 5 años para hacerse cargo de la documentación y entrenamiento en campo de las operaciones del proceso (no se incluyen procedimientos de mantenimiento) [7]. Como requisitos,

la compañía asegurará la entrega de documentos como herramientas de soporte (Anexo A), entrenamiento directo por instructores en campo, aseguramiento de competencias del personal, examinación del conocimiento de la tecnología y procedimientos del proceso (PTEX, por sus siglas en inglés) y entrega de cursos virtuales tipo e-Learning. El contrato inicia con el desarrollo de material de entrenamiento en conocimientos fundamentales para la operación de procesos en refinería y la construcción de manuales preliminares de operación y procedimientos para algunas unidades de proceso.

Los objetivos de esta práctica fueron desarrollar los manuales preliminares para la Unidad de Destilación de Crudo (CDU, por sus siglas en inglés) como guía para las demás unidades, y recolectar el trabajo realizado para el entrenamiento de conocimientos fundamentales. Con esto se entiende la importancia de que los operarios reciban un entrenamiento estructurado, y se adquiere conocimiento de la operación en planta de una unidad de destilación atmosférica de crudo.

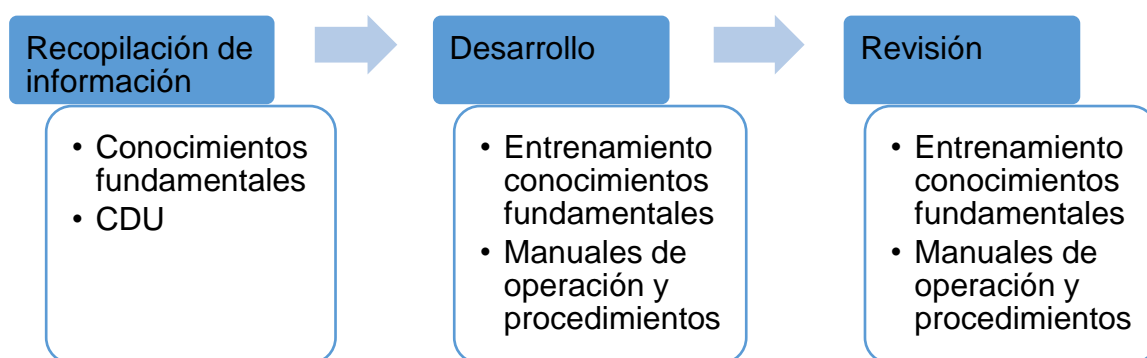
La CDU, hace parte del nuevo montaje planteado en *La Refinería* con el propósito de tratar 264,000 BPSD (barriles por día, por sus siglas en inglés) de crudo y trabajar en paralelo con la unidad ya existente de destilación de crudo; nafta estabilizada, keroseno, diésel liviano, diésel pesado y residuo atmosférico son producidos en la unidad [8]. El diagrama de bloques que representa el proceso se muestra en el Anexo B y la descripción general del mismo en el Anexo C.

El presente escrito reporta el trabajo desarrollado durante los pasados 5 meses, la recolección y organización de información de referencia, entendimiento de la unidad, desarrollo y revisión de los documentos preliminares de entrenamiento.

1. METODOLOGÍA

El desarrollo de la práctica se llevó a cabo en tres etapas generales como se observa en la Figura 1.

Figura 1. Esquema general de la metodología.



1.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

1.1.1. Conocimientos fundamentales. En este entrenamiento se incluyen todos los temas relacionados a la industria petroquímica que un operario afronta. Para este caso, el contenido se definió en conjunto con el cliente y se verificó que no existieran temas faltantes o sobrantes al interés del personal. El orden de entrega del entrenamiento también se evaluó en esta fase, cada paquete de entrenamiento fue agrupado según la complejidad y el avance que tendrán los alumnos en el entrenamiento. De las bases de datos de la compañía se recolectó la información más completa para ser adaptada a los requerimientos del cliente. Esta fase incluyó revisión y desarrollo de gráficos alusivos a los temas en la herramienta Microsoft Visio 2010.

1.1.2. Unidad de Destilación de Crudo. Para obtener la información referente a la CDU, *La Refinería* hizo entrega de documentación a través del servidor de la compañía que incluyó: narrativas de control, gráficos del Sistema de Control Distribuido (DCS, por sus siglas en inglés), matrices de causa y efecto, límites de operación, manual de operaciones, diagramas de instrumentación y tubería (P&IDs), diagramas de flujo de proceso (PFDs), planos de planta y manuales del vendedor de equipos.

Para la organización y facilidad de manejo de la información provista, la practicante desarrolló una plantilla macro en Microsoft Excel con el contenido del Manual de Operaciones. Aquí se relacionó la ubicación de la información de referencia para cada capítulo del manual y se resaltó sobre cuales no se tenía información suficiente. Esta nueva plantilla está siendo ahora usada para la revisión de información de las demás unidades gracias a que reduce el tiempo de revisión y permite dar un reporte escrito de esta fase. Una vista parcial de la matriz es mostrada en el Anexo D.

1.2. DESARROLLO

1.2.1. Entrenamiento de conocimientos fundamentales. Este entregable se desarrolló según el contenido estipulado en el Anexo E. Bajo revisiones con quienes serán entrenadores en campo, se decidió que cada curso contendría: presentación del curso, programación, guía del estudiante, presentación PowerPoint, asignaciones para el estudiante y material de apoyo para el entrenador.

La guía del estudiante, que incluye la teoría que será evaluada sobre cada curso, fue redactada en secciones siguiendo un orden lógico de complejidad. Por ejemplo, para los cursos de equipos se tiene una estructura de: principio de operación, clasificación del equipo, componentes principales y recomendaciones de operación,

mantenimiento y solución de problemas. A través de cada documento se incluyeron gráficos alusivos a la teoría que facilitan la comprensión y memoria de lo explicado.

Dado que además de la guía escrita, los operarios atenderán a clases con instructores especializados en cada tema, se desarrollaron presentaciones tipo PowerPoint. Se añadieron los gráficos y frases más representativas del tema junto con notas complementarias de teoría como apoyo para el entrenador.

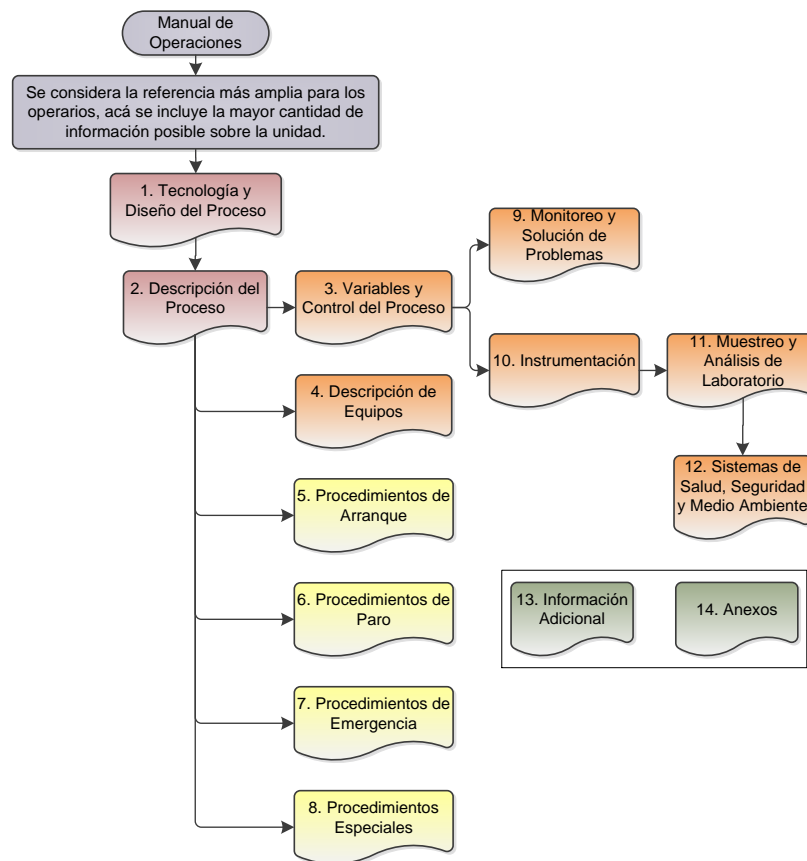
Finalmente, los estudiantes (personal operativo) serán evaluados a través de un test de preguntas de selección múltiple que se desarrolló según pautas de escritura. El contenido de cada pregunta se generó de manera que el estudiante tuviera conocimiento previo gracias a las herramientas de estudio (guía del estudiante y presentaciones PowerPoint). Se generó para cada curso, una base de datos de preguntas amplia y de esta se recopilaban 20-25 preguntas para desarrollar un pre test y un post test; el primero será implementado antes de cada curso para estudiar el conocimiento inicial de los operarios y el segundo, al finalizar cada curso para evaluar el progreso y conocimiento final de los mismos.

1.2.2. Manual de operaciones. El manual inicia con dos capítulos que contextualizan al operario sobre el funcionamiento de la unidad; posteriormente se describen capítulos con información específica a la operación normal de la unidad como el control y los equipos. Además, se presentan los procedimientos de manera que el operario pueda tener una visión general de los pasos a realizar en determinadas situaciones. Al entender estos capítulos se espera que el operario ahora pueda entrar a información más avanzada como el monitoreo, la instrumentación, el muestreo y los sistemas de salud, seguridad y medio ambiente (HSE, por sus siglas en inglés) que competen a la operación normal de la unidad en pro de mantener la calidad y seguridad del proceso. Finalmente, se da espacio a

capítulos con información complementaria. La estructura adquirida para el desarrollo de este manual se muestra en la Figura 2.

Siguiendo el contenido esperado en cada capítulo y la recopilación de información desarrollada en la fase anterior, se creó la tabla de contenido global para el manual de operaciones donde se resaltó toda aquella información faltante o por revisar con el cliente. Finalmente, se prosiguió a redactar cada capítulo cerciorándose de que todo fuera congruente con la información plasmada en los diagramas de proceso (PFDs y P&IDs) entregados por *La Refinería* y de que quedaran resaltados los espacios de aquella información faltante.

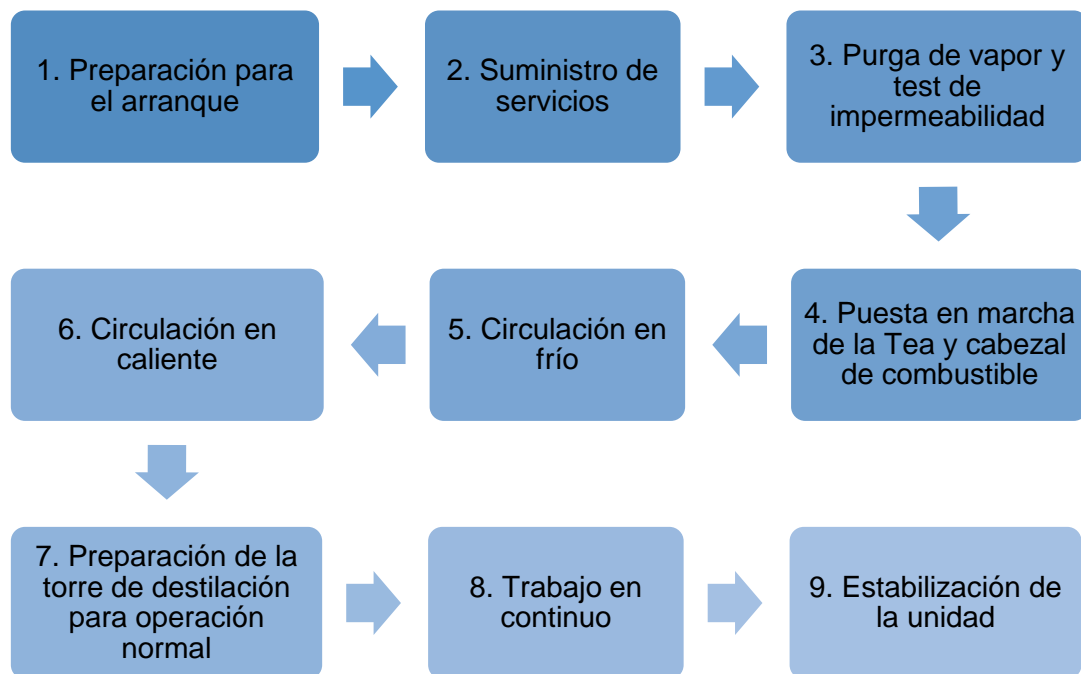
Figura 2. Estructura Manual de Operaciones.



1.2.3. Manual de procedimientos. Para la práctica se trabajó el procedimiento de arranque de la unidad. Del manual de referencia se tomó el paso a paso y se estructuró según la metodología de la compañía. El formato del manual de procedimientos corresponde a un listado de instrucciones claras y precisas, cada una con espacio para marcar cuando el paso ha sido completado y para relacionar el número de P&ID en el cual se encuentra algún equipo o instrumento que se nombre.

El arranque de la unidad corresponde a nueve grandes procedimientos que suceden uno tras otro como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Secuencia de procedimientos principales para el arranque de la CDU.



1.3. REVISIÓN

Cada entregable tiene un ciclo de revisión (el ciclo de revisión más general se muestra en el Anexo F).

1.3.1. Entrenamiento de conocimientos fundamentales. La revisión técnica de este entrenamiento se realizó directamente con las personas que serán entrenadores en campo. Dado que éstas se encontraban en Estados Unidos, la revisión consistió en cargar los documentos generados por primera vez al servidor de la compañía (siguiendo nomenclatura Anexo G). Según el conocimiento y experiencia de cada entrenador, se realizaron cambios de contenido y forma en la guía del estudiante y las presentaciones. Para este entrenamiento no se realizó revisión de editor como sí se tiene para los demás manuales.

1.3.2. Manual de operaciones. La revisión realizada por los ingenieros staff Ivan Barrera y Cristhian Cantillo se enfocó en asegurar que el manual contuviera todo el contenido esperado por el cliente y que aquella información reportada como faltante, realmente no hubiera sido entregada por *La Refinería*. Con los capítulos terminados, se revisó la información reportada como faltante; varios temas como “simulación para el entrenamiento a operarios (OTS, por sus siglas en inglés)”, “funciones de protección a instrumentos (IPFs)” fueron determinados como no aplicables a la unidad o encontrados en la referencia. Además, la practicante propuso cambios en el orden de los capítulos (procedimientos especiales junto con los demás procedimientos y no después de monitoreo) para favorecer la lógica de complejidad resultando en la Figura 2.

1.3.3. Manual de procedimientos. Al término de la práctica, el manual preliminar fue revisado técnicamente por el ingeniero staff Ivan Barrera. La revisión formal se realizará fuera del marco de la práctica con ingenieros líderes de la sede Houston, EEUU.

2. RESULTADOS

2.1. ENTRENAMIENTO DE CONOCIMIENTOS FUNDAMENTALES

El entrenamiento obtenido bajo el trabajo de todos los desarrolladores consta de tres grandes paquetes (Anexo E):

- Fundamentos de proceso (FND por sus siglas en inglés)
- Fundamentos aplicados (FAP por sus siglas en inglés)
- Fundamentos avanzados (FAV por sus siglas en inglés).

La practicante tuvo participación en el desarrollo del FAP; a continuación se da una descripción detallada de cada paquete.

2.1.1. Fundamentos de proceso (FND). En este paquete los operarios podrán ampliar sus conocimientos básicos de química, física y manejo de documentación. Se dividió en tres módulos así:

- 100 - Fundamentos en refinería: consta de un solo curso que trata temas de química básica como propiedades de la materia, mezclas, reacciones químicas, clasificación de los compuestos y variables de proceso como presión, temperatura, composición y flujo.
- 200 - Diagramas de flujo y documentos en general: contempla un curso que describe los diferentes tipos de diagramas de proceso (bloque, PFDs, P&IDs, etc), sus componentes e información relevante.
- 300 - Procesos: se divide internamente en dos cursos. El primero trata procesos físicos como destilación, absorción, desorción, etc. El segundo trata procesos químicos como craqueo térmico, reformado de nafta, entre otros.

Todo este paquete tiene una duración aproximada de 5 días.

2.1.2. Fundamentos aplicados (FAP). Este paquete enseña la aplicación en refinería de los temas de conocimiento básico vistos en el paquete anterior, para esto se divide en los siguientes módulos:

- 400 - Equipos: contiene diez cursos para diez diferentes equipos, cada uno abarca descripción de operación, componentes, monitoreo, mantenimiento y solución de problemas. La practicante realizó los cursos específicos a tambores y reactores e intercambiadores de calor, además realizó actualizaciones y modificaciones en los cursos de bombas y torres. Ejemplos de los documentos realizados se dan en la Figura 4 y la Figura 5
- 500 - Procesos: en este módulo se tratan dos grandes cursos: procesos de refinería, y elementos de catálisis y químicos. Dentro del primero se incluyen procesos como destilación de crudo, alquilación, isomerización, FCC, sistemas auxiliares, entre otros. Para cada uno se da información de productos, equipos principales y variables de proceso. En el segundo curso se incluye la importancia de los catalizadores, sus principales características, manipulación e información sobre compuestos que inhiben su acción.
- 600 – Instrumentación y control: se incluyen dos cursos. Instrumentación en procesos que trata la información referente a transmisores, indicadores, medidores, analizadores, transductores y medición de variables. Control en procesos que explica los lazos de control, los sistemas de control, las válvulas de control, alarmas y sistemas computarizados de control en planta.

El entrenamiento de este paquete tiene una duración de aproximadamente 15 días.

Figura 4. Vista parcial de la presentación PowerPoint para el tema de Tambores y Reactores.

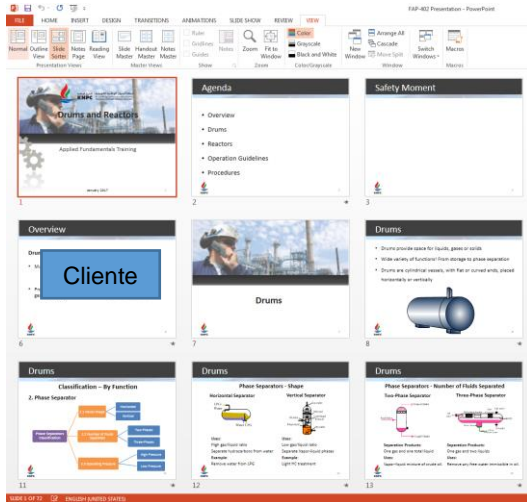


Figura 5. Vista parcial del test de preguntas para para el tema de Tambores y Reactores.

Post-Assessment	Full-Name:- _____
Drums and Reactors	Date: - - - - -
	Score: - - - - -

The purpose of this assessment is to survey the efficiency of the Drums and Reactors Course.

Directions: -Read each question carefully and select the correct answer for each. If not stated otherwise, each question has only one correct answer.

- Drums are designed to support the continuous operation of downstream equipment by:
 - reducing the speed of the incoming stream
 - increasing the pressure of the outgoing stream
 - providing residence time
 - purifying incoming streams
- Separators are designed with a variety of components. Which of the following does NOT have the purpose of improving the separation?
 - Mist eliminator
 - Manhole
 - Coalescer pack

2.1.3. Fundamentos avanzados (FAV). Este paquete trata temas de mayor complejidad y requiere que los operarios hayan alcanzado un entendimiento de los paquetes anteriores. Se divide en tres módulos principales de la siguiente manera:

- 700 - Solución de problemas en procesos de refinería: el curso abarca un gran número de los principales problemas que ocurren en los procesos de refinación, sus posibles causas y las acciones a realizar.
- 800 - Buenas prácticas de operación: este módulo se secciona en tres cursos, comunicación, control de calidad y corrosión.
- 900 - Procedimientos estándar: el objetivo de este módulo es familiarizar a los operarios con los mayores procedimientos de operación, puesta en marcha, arranque, parada y manejo de emergencias. La importancia de este módulo radica en que varias unidades serán puestas en marcha por primera vez.

El entrenamiento sobre este paquete dura aproximadamente 6 días.

2.2. MANUAL DE OPERACIONES

Se obtuvo un documento preliminar que consta de 14 capítulos referentes a la CDU. Este preliminar aún tiene información específica faltante dado que se necesita un experto en campo que recolecte dicha información. Para el propósito de la práctica, el documento permite evidenciar cuál es la información más relevante que no ha sido entregada y tener la oportunidad de debatir con el cliente sobre la información requerida para el resto de unidades. La Figura 6 muestra parte de la tabla de contenido que se entregará al cliente y la Figura 7 presenta una vista de la estructura general de un capítulo en desarrollo.

Con este preliminar se ha planteado una estructura de capítulos y contenido que se espera sea estudiada en conjunto con *La Refinería* para proseguir de igual modo con las demás unidades. A continuación se explica cada capítulo desarrollado y se presenta el estado según la información disponible.

Figura 6. Vista parcial del contenido global del Manual de Operaciones con comentarios de la información faltante.

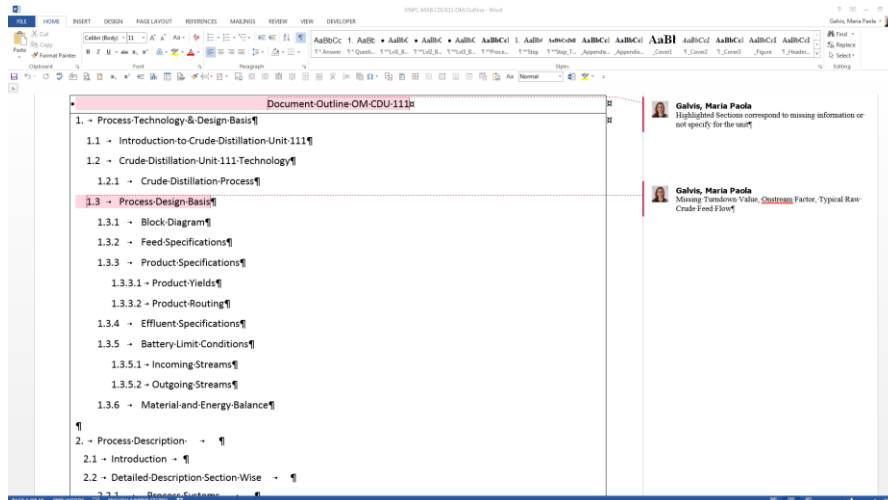
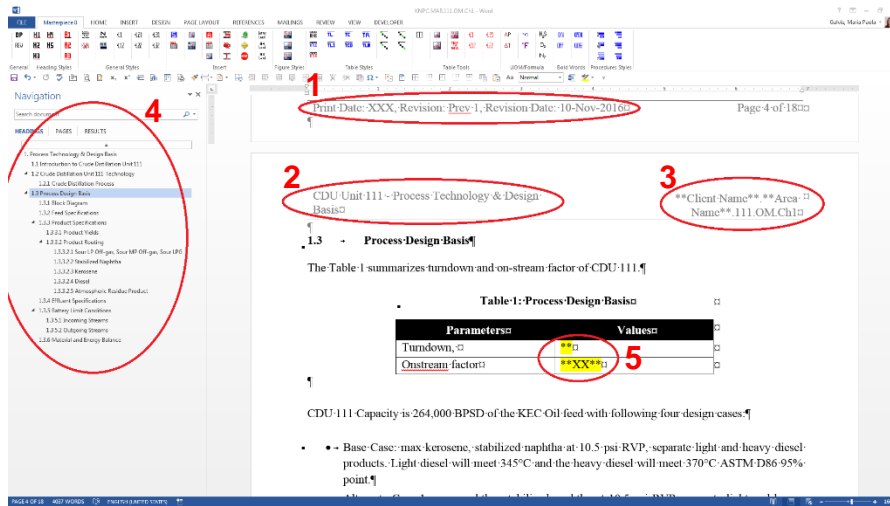


Figura 7. Vista parcial del capítulo de Tecnología y diseño del proceso.



1) Pie de página, estado del documento. 2) Encabezado, unidad y nombre del capítulo. 3) Encabezado nombre del documento. 4) Acceso rápido Microsoft Word, contenido del manual. 5) Formato contenido faltante, entre asteriscos y resaltado.

2.2.1. Tecnología y diseño del proceso. Este capítulo incluye una descripción general de la unidad en la refinería, su principal objetivo, su capacidad y la tecnología usada en el proceso.

Sobre la capacidad de la CDU se presentan los términos *Turndown*, que define la proporción de la capacidad de uso a la capacidad de diseño de la unidad y *Onstream factor*, que establece la razón entre los días anuales de operación y los días anuales calendario en que opera la unidad.

Dentro de la tecnología usada se incluyen:

- Trenes de intercambiadores de calor tipo tubos y coraza, que trabajan por integración energética; es decir corrientes calientes aguas abajo proveen el calor transferido a corrientes frías aguas arriba.
- Dos desaladores que trabajan bajo campo eléctrico para favorecer la aglomeración del agua con sales y facilitar su separación.

- Dos hornos, cada uno con dos celdas de radiación, donde la llama producida en 12 quemadores (24 en total, 12 por cada celda) irradia calor a los tubos. Los tubos se encuentran en orientación horizontal y realizan cuatro pasos por la sección de convección donde en contacto con los gases de combustión, se precalientan antes de la sección de radiación. La combustión se realiza con una relación de 16.05 lb aire/lb combustible y 10% de exceso de aire.
- Una torre de destilación atmosférica de 55 platos que trabaja con una diferencia de temperatura de 30°C y una caída de presión de 7.2 psig. La torre incluye 3 *pumparounds* para el control del reflujo interno de la columna.
- Tres torres despojadoras de compuestos livianos, uno por suministro de calor por rehervidor tipo termosifón y dos por suministro de vapor de agua.
- Sistema de compresión de gases de cima compuesto por: Dos compresores alternativos de un solo paso con motor eléctrico que operan con una caída de presión de 56.28 psig, enfriadores tipo tubos y coraza, y un separador de 3 fases.
- Una torre estabilizadora de nafta que trabaja bajo el principio de destilación. La columna consta de 35 platos y opera con una caída de presión de 7.1 psig

Este capítulo además presenta:

- Especificación de los diferentes modos en que puede operar la unidad. Cada modo de operación implica una producción máxima de keroseno o nafta y una composición de diésel pesado diferente. La composición se reporta según el punto final de ebullición de la muestra; es decir, con la temperatura a la cual se evapora el 95% de la corriente se conoce la cantidad de pesados contenidos.
- Especificaciones del alimento: crudo fresco de tanques de almacenamiento y nafta virgen de tres unidades de hidrotreamiento aguas abajo.

- Especificaciones de cada producto según cada modo de operación: Nafta estabilizada, keroseno, diésel liviano, diésel pesado, diésel combinado y residuo atmosférico.
- Especificaciones de corrientes efluentes diferentes a productos como gases de combustión, agua contaminada y coque residual.
- Producción en BPSD y kg/h de cada producto para cada modo de operación (rendimiento).
- La ruta de cada producto hacia las unidades aguas abajo con sus correspondientes condiciones de presión y temperatura.
- Condiciones de presión y temperatura de flujos en los límites de la unidad.
- Balance de materia y energía que falta ser suministrado por el cliente en formato Excel.

2.2.2. Descripción del proceso. Este capítulo se enfocó en la descripción detallada de los sistemas en que está dividido el proceso:

- Precalentamiento y desaladores
- Precalentamiento de crudo desalado y tambor flash
- Precalentamiento de crudo después de destilación flash y horno
- Columna de destilación y despojadores
- Compresor de gases de cima
- Estabilizador de nafta

Además se redactó la información sobre servicios industriales, sistemas auxiliares, paquetes externos y se realizó una lista de los diagramas PFDs y P&IDs existentes de la unidad. Varios de los servicios industriales y sistemas auxiliares están pendientes de información dado que en muchos casos son generales a toda la refinería y dicha información será proporcionada más adelante en el proyecto.

2.2.3. Variables y control del proceso. Este capítulo reúne toda la información de la filosofía de control de la unidad. Se dividió en una explicación del objetivo global de control en la unidad, una visión general del control en cada sistema explicado en el capítulo 2 y en descripciones detalladas de los lazos de control conectados al DCS; estas últimas narrativas incluyen objetivo, funcionamiento y aspectos operacionales de cada uno. Además se describen los lazos de control avanzado y las narrativas de interlocks (IPFs). Este capítulo es el más extenso dado el número de lazos de control en la unidad.

2.2.4. Descripción de equipos. Este capítulo recopila información de los equipos más críticos en la unidad: compresor de gases de cima, desaladores, hornos y turbina de vapor. Para cada uno de ellos se explica: información general, capacidad, datos de diseño, condiciones de operación normal, procedimientos de paro, arranque y emergencia.

Para la descripción mecánica e información de diseño solo se tiene el manual específico del vendedor para los hornos. El cliente debe proveer los manuales del vendedor de cada equipo para llevar a cabalidad el desarrollo de este capítulo.

Además se realizaron tablas de equipos secundarios con características principales de cada uno. Hace falta información de equipos como filtros y silenciadores.

2.2.5. Procedimientos de arranque. Este capítulo proporciona la información necesaria para el procedimiento de arranque por primera vez de la CDU, pero se resalta que el manual específico de procedimientos tiene un nivel de detalle más elevado y una escritura más directa por lo que este último debe ser la guía principal.

En este preliminar se planteó la posibilidad de tener otros tipos de arranque: después de una parada corta y después de una parada de emergencia. La

realización de los dos últimos tipos de arranque depende de si el cliente los considera aplicables a la unidad.

2.2.6. Procedimientos de paro. Al igual que el capítulo anterior se organizaron los pasos necesarios para una parada de la unidad. Se debe definir si existe diferencia entre parada parcial y parada prolongada para la CDU.

2.2.7. Procedimientos de emergencia. Estos procedimientos incluyen fallas de: proceso (ej. falta de alimentación de crudo), equipos (ej. ruptura en el horno), servicios industriales (ej. falta de energía eléctrica en la unidad), DCS y procedimientos en casos relacionados a situaciones HSE. Esto facilita la búsqueda de información en caso de un daño específico. No se tiene información para los dos últimos casos y debe ser consultado con el cliente si aplican a la CDU.

2.2.8. Procedimientos especiales. Estos procedimientos son específicos para la unidad. Se clasificaron según relación al proceso, a equipos o a situaciones HSE. Del último no existe información disponible hasta el momento. Ejemplos de estos procedimientos son: los modos de operación de los desaladores según mantenimiento, la decoquización en los hornos o la despresurización del circuito del estabilizador de nafta.

2.2.9. Monitoreo y solución de problemas. Este capítulo es una amplia recolección de problemas que se pueden presentar en la unidad, sus posibles causas y los sistemas de protección que se accionarán. Se reportaron 22 posibles casos; cada uno contiene diferentes tablas que tratan una desviación diferente. Un ejemplo son las posibles desviaciones en la alimentación de crudo a la entrada de la unidad (nula, baja o alta alimentación).

2.2.10. Instrumentación. Este capítulo contempla desde los sistemas de control de la unidad como DCS y PLC hasta listados de cada uno de los instrumentos existentes con Tag y ubicación. Además se redactó la información disponible sobre sistemas de comunicación, energía y de control local. Para ciertos sistemas se encontró muy poca información por lo cual se dejó en revisión para consultar con el cliente.

2.2.11. Muestreo y análisis de laboratorio. Este capítulo ha sido adicionado por petición del cliente y constituye una recopilación del detalle de ubicación de toma de muestras, método de análisis y rangos esperados de características.

2.2.12. Sistemas de salud, seguridad y medio ambiente (HSE). Éste capítulo se dividió en cuatro secciones de peligros y medidas de prevención según implican: sistemas de la unidad, medio ambiente o fuego y químicos. Se explican las prácticas de seguridad más comunes en refinerías (permisos en el trabajo, aislamiento de energía, tarjetas de permiso de trabajo, plan de respuesta a emergencias, entre otros) y los sistemas de contingencia a incendios. El capítulo se encuentra redactado con información genérica a espera de datos específicos como número y ubicación de los equipos de seguridad.

2.2.13. Información adicional. Este capítulo fue presentado para complementar los capítulos anteriores, en este preliminar se introdujo información sobre: corrosión y su control en la unidad. Como ejemplo, en el sistema de cima de la torre se tiene un control de corrosión que inyecta inhibidores base amina y agua de lavado y busca mantener un pH de mínimo 5 en condición de arranque y entre 7-8 en operación normal.

2.2.14. Anexos. Según se tiene previsto este último capítulo contendrá: diagramas de bloque, PFDs, P&IDs, plano de la refinería, red de canal de agua lluvia, lista de

unidades de medición, planos de ubicación de lavabos de ojos, duchas de seguridad, sistemas de *pumparounds* y estación de emergencia manual, diagramas de causa y efecto, y un glosario de términos. Cabe aclarar que solo se desarrolló la tabla de contenido en el marco de esta práctica.

2.3. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

Este manual es una recopilación y adaptación de todos los procedimientos requeridos en cada unidad. En el preliminar realizado durante la práctica, se construyeron nueve documentos que corresponden a los pasos mayoritarios para el procedimiento de arranque por primera vez de la CDU.

Se presenta el paso a paso de cada procedimiento de manera sencilla, directa y con lógica secuencial. Cada paso contiene una sola instrucción a realizar por el operario. Se incluyen anotaciones para que el operario tenga un mayor entendimiento del porqué es necesaria dicha acción y qué consecuencias trae. Se incluyen recuadros de tipo advertencia o precaución cuando el fallo de alguna instrucción puede ocasionar daños en las personas o los equipos respectivamente (Figura 8).

Cada procedimiento inicia con un recuento del propósito, los prerrequisitos, las precauciones, las referencias y las definiciones necesarias (Figura 9). El formato en el que se presenta el manual es apropiado para evitar saltos de instrucciones, falta de información y en general, minimizar errores que afectan la seguridad.

Figura 8. Vista parcial del procedimiento “Preparación de la torre de destilación para operación normal”, ejemplo de nota y advertencia.

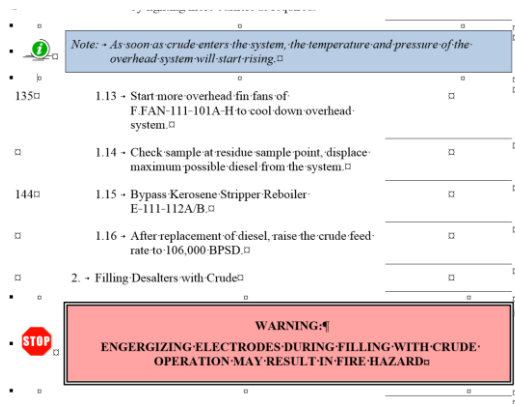


Figura 9. Vista parcial del formato para la introducción a un procedimiento.

Procedure Title:	CDU 111 Startup – Preparation for Startup		
Prepared By:		Procedure No:	
Approved By:		Issue Date:	

Purpose	To safely, prepare CDU for normal startup
Prerequisites	<ul style="list-style-type: none"> Main Plant and associated piping maintenance work completed Fire and gas detection and protection systems in service Power available Utilities available Chemical Injection Pre- Startup Activities completed Permits related to activity need to be signed off/de- isolated as per [redacted] policies and procedure
Safety Precautions	Wear appropriate PPE per safety procedures Potential exposure to: <ul style="list-style-type: none"> High temperatures Chemical dosing (demulsifying, caustic and liming amine) This process must comply with all applicable safety and

2.3.1. Preparación para el arranque. En este primer procedimiento el operador corrobora el estado mecánico de los instrumentos y equipos, la disponibilidad de los implementos de seguridad personal y herramientas de trabajo, se debe verificar que los permisos correspondientes hayan sido firmados e informar a otras unidades pertinentes del arranque de la CDU.

2.3.2. Suministro de servicios. Se especifican los pasos necesarios para iniciar el suministro de: aire de instrumentos, aire de planta, agua de proceso, agua potable, nitrógeno, vapor de alta, de media y de baja presión.

2.3.3. Purga con vapor y test de impermeabilidad. La purga (retirar aire) de los equipos y tuberías, se lleva a cabo hasta alcanzar en ellos concentraciones de oxígeno por debajo de los límites de explosividad (alrededor de 0.25 %vol) asegurándose de que ningún equipo se encuentre a presiones superiores a las de diseño y se corrobora que el vapor utilizado salga a temperatura de saturación. Además se debe llevar a cabo el test de impermeabilidad aumentando la presión de los equipos hasta 10-15psig y verificar que no exista ningún escape.

2.3.4. Puesta en marcha de la Tea y cabezal de combustible. Se describen los pasos para inicializar el sistema de Tea y gas combustible. Los cabezales deben estar totalmente libres de oxígeno y combustible. Cualquier trabajo a altas temperaturas debe detenerse y las válvulas de venteo se deben cerrar.

2.3.5. Circulación en frío. Se permite el paso de diésel de arranque por equipos específicos con el fin de alcanzar nivel en los tanques y la columna; además de drenar agua y probar la instrumentación. Toda la circulación se realiza sin suministrar calor a la unidad.

2.3.6. Circulación en caliente. Desde este punto se enciende el horno para generar vapores en la unidad y drenar agua acumulada.

2.3.7. Preparación de la torre de destilación para operación normal. Este procedimiento es el más extenso en donde se comienza a intercambiar el diésel de arranque por crudo a tratar, se aumenta gradualmente el flujo de alimentación a la unidad, se preparan los sistemas de cimbras, *pumparounds* y despojadores. Acá el flujo se mantiene en circulación en la torre, es decir, no hay salida constante.

2.3.8. Trabajo en continuo. Este paso se realiza cuando la unidad esta lista para ingresar crudo de manera constante a la torre de destilación. Se detiene la circulación en la torre, es decir, los productos ya no son regresados a la columna, sino que son retirados para seguir el tratamiento aguas abajo. Se ponen en marcha los desaladores encendiendo el sistema de electrodos y de recirculación de agua.

2.3.9. Estabilización de la unidad. Hasta el momento, la unidad está siendo cargada con un flujo menor al de operación normal, este paso consiste en primero aumentar el flujo de alimentación al 50% del diseño, iniciar el estabilizador de nafta

y el compresor de gases de cima, y finalmente alimentar el 100% del diseño. Por último se realiza una inspección final de la unidad para asegurar el buen funcionamiento de todos los equipos y se monitorea la calidad de productos hasta alcanzar la requerida.

3. CONCLUSIONES

El paquete de entrenamiento de conocimientos fundamentales que ofrece la compañía GP Colombia LTDA. permite un recorrido de todos los conceptos aprendidos en la ingeniería química de manera aplicada a la industria de la refinería. A través de la práctica se evidenció la importancia de enseñar estos conceptos de manera sencilla para que los operarios puedan entenderlos y aplicarlos correctamente favoreciendo la calidad y seguridad de los procesos.

La información necesaria para realizar el manual de operaciones para la CDU incluye documentos de referencia, pero además debe haber apoyo en campo de un experto que pueda proveer información faltante, sin éste último es posible realizar un preliminar más no un documento final, tal como ocurrió en la práctica.

Los preliminares de manual de operaciones y manual de procedimientos elaborados en esta práctica permitieron generar una base para el desarrollo de las próximas unidades del proyecto, con estos se puede hacer ver al cliente la necesidad de información y colaboración en campo. Para la practicante, la elaboración de los manuales le permitió tener un amplio conocimiento de una unidad de destilación de crudo atmosférica que será puesta en marcha por primera vez.

Los pasos condensados en el preliminar del manual de procedimientos demuestran la condición de estado dinámico de un proceso petroquímico, el desarrollo de este documento permitió conocer específicamente el arranque real de una unidad de destilación de crudo atmosférica donde se requiere más que solo la alimentación del crudo a tratar.

4. RECOMENDACIONES

Se recomienda para todo entrenamiento con operarios, tener un conocimiento claro sobre los procesos a enseñar para así, poder realizar material sencillo y claro para que ellos como estudiantes puedan sacar provecho de cada documento. Por ejemplo, durante la práctica surgió la necesidad de simplificar la información relacionada a la mecánica de los equipos y llevarla al nivel que los operarios implementarán en campo.

En proyectos como el trabajado en esta práctica, donde no hay contacto directo con el cliente, se recomienda que previo al desarrollo de cada documento el cliente tenga clara cuál es la función de estos y la información que se requiere. La revisión de información y la realización de un documento preliminar como el realizado en esta práctica es un buen método de acercamiento y centralización de las expectativas empresa-cliente, para así evitar reproceso y lentitud del proyecto.

Se recomienda iniciar la elaboración de cualquier documento de entrenamiento con la recopilación, organización y clasificación de información, tal como se realizó en esta práctica. Esto permite que el desarrollador tenga un mapa mental de los recursos con que cuenta y disminuye el tiempo de producción de cada material.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RWD Technologies, LLC., «BusinessWire,» 22 Septiembre 2008. [En línea]. Disponible en: <http://www.businesswire.com/news/home/20080922005007/es/>. [Último acceso: 02 Enero 2017].
- [2] General Physics Colombia LTDA., *Programa de Inducción y Reinducción Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo*, Bogotá, 2010.
- [3] GP Strategies Corporation, *Technical Operator Performance Support (TOPS)*, Columbia, MD.
- [4] GP Strategies Corporation, *Understanding TOPS*, Bogotá, 2015.
- [5] KNPC, «KNPC Our history,» [En línea]. Disponible en: <http://www.knpc.com.kw/en/AboutKNPC/Pages/OurHistory.aspx>. [Último acceso: 29 Octubre 2016].
- [6] KNPC, «KNPC Clean Fuels Project CFP,» [En línea]. [Último acceso: 29 Octubre 2016].
- [7] GP Strategies Corporation, «GP Strategies News,» 08 Septiembre 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.gpstrategies.com/news/gp-strategies-awarded-five-year-contract-with-kuwait-national-petroleum-company-knpc-for-training-services>. [Último acceso: 28 Octubre 2016].
- [8] KNPC Clean Fuels Project, «Operating Manual U-111 Crude Distillation Unit,» Kuwait, 2016.

BIBLIOGRAFÍA

General Physics Colombia LTDA., Programa de Inducción y Reinducción Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, Bogotá, 2010. Acceso restringido usuarios GP Strategies Corporation.

GP Strategies Corporation, GP Strategies News. [En línea]. Recuperado en 08 Septiembre 2016. Disponible en: <https://www.gpstrategies.com/news/gp-strategies-awarded-five-year-contract-with-kuwait-national-petroleum-company-knpc-for-training-services>.

GP Strategies Corporation, Technical Operator Performance Support (TOPS), Columbia, MD. Acceso restringido usuarios GP Strategies Corporation.

GP Strategies Corporation, Understanding TOPS, Bogotá, 2015. Acceso restringido usuarios GP Strategies Corporation.

KNPC Clean Fuels Project, Operating Manual U-111 Crude Distillation Unit, Kuwait, 2016. Acceso restringido usuarios GP Strategies Corporation.

KNPC, KNPC Clean Fuels Project CFP. [En línea]. Recuperado en: 29 Octubre 2016. Disponible en: <http://www.knpc.com.kw/en/AboutKNPC/Pages/OurHistory.aspx>.

KNPC, KNPC Our history. [En línea]. Recuperado en 29 Octubre 2016]. Disponible en: <http://www.knpc.com.kw/en/AboutKNPC/Pages/OurHistory.aspx>.

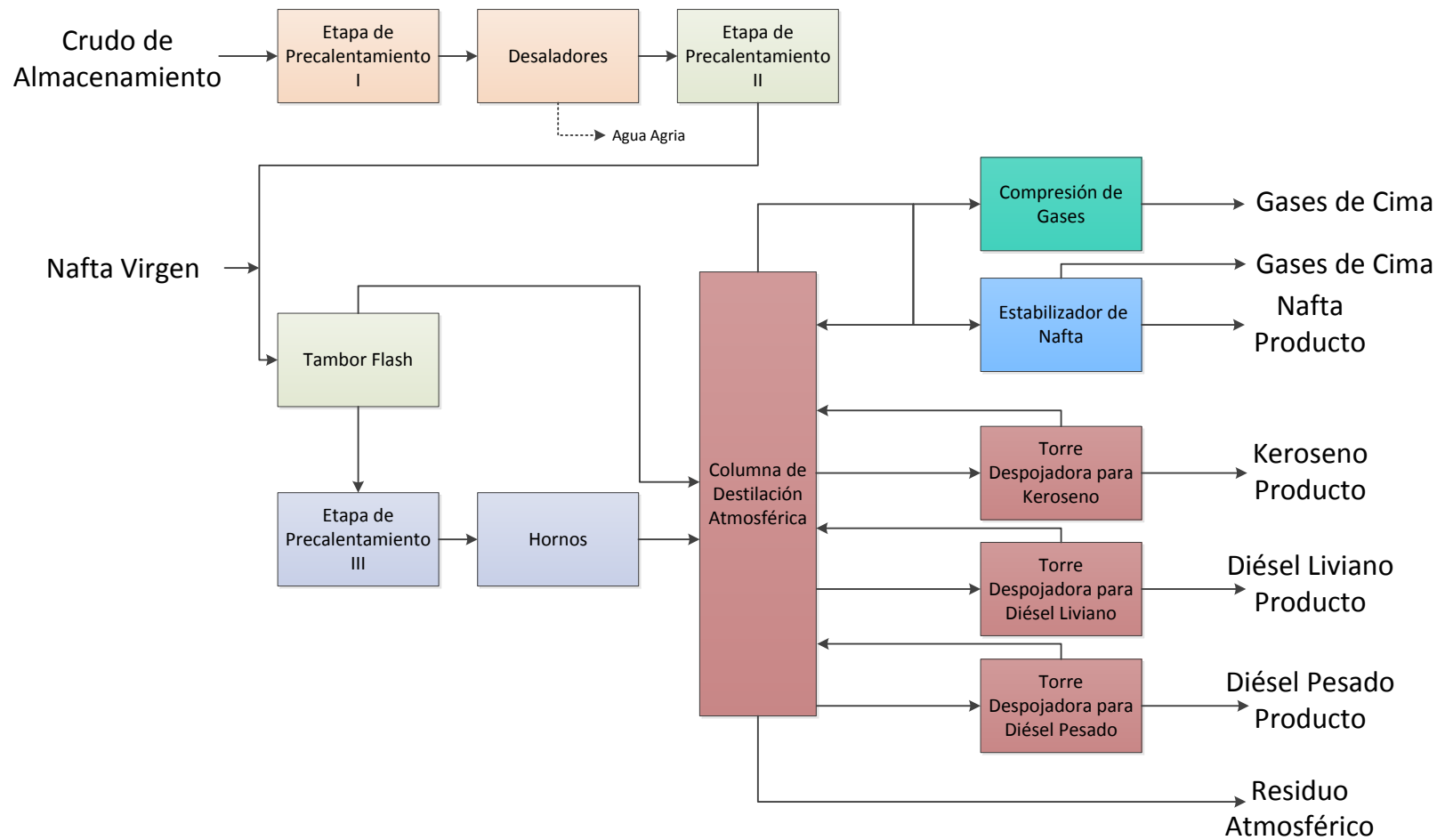
RWD Technologies, LLC., BusinessWire. [En línea]. Recuperado en 22 Septiembre 2008. Disponible en:
<http://www.businesswire.com/news/home/20080922005007/es/>.

ANEXOS

Anexo A. Resumen de documentación para el proyecto de Combustibles Limpios.

Título de Documento	Número Total de Archivos
Manual de Conocimientos Fundamentales	1
Manual Técnico de Catálisis	1
Manual de Operación	160
Manual de Procedimientos	2628
Manual General de Operación	3
Lista de Chequeo de Equipos	81
Diagrama de Bloques para el Manejo de Emergencias	83
Simulacros	105
Lista y Diagrama de Ciegos (Incluyendo Válvulas de Aislamiento)	97
Manual de Líneas de Tránsito entre Áreas	40
Manual CLT	15
Instrucciones Permanentes	75
Estructura de Revisión en Campo	129
Manual de Entrenamiento	160

Anexo B. Diagrama de bloques de proceso para la CDU.



Anexo C. Descripción general del proceso de la CDU.

La unidad recibe continuamente crudo de los tanques de almacenamiento y nafta virgen proveniente de diferentes unidades. El tratamiento inicia con un precalentamiento y la desalación del crudo, este primer procedimiento tiene como objetivo retirar la mayor cantidad de sales posible, que de permanecer durante la refinación provocarían grandes problemas de corrosión, envenenamiento de catalizadores, ensuciamiento en intercambiadores y contaminación de producto en equipos aguas abajo. Compuestos como el NaCl, MgCl₂ y CaSO₄ se encuentran normalmente disueltos en el agua residual que contiene el crudo, para retirarlos se ponen en contacto agua de proceso, crudo y una pequeña cantidad de químico demulsificante para facilitar el decantamiento, se hace pasar todo a través de una válvula de mezcla que permita mejorar el contacto y finalmente se envía a grandes tanques de coalición (desaladores).

En los desaladores la emulsión crudo-agua pasa por los distribuidores y llega al centro de un campo eléctrico que hace que pequeñas gotas de agua se junten y formen unas de mayor tamaño. Éstas, por su densidad, caen al fondo del recipiente de donde agua salada es drenada de manera constante. El crudo libre de sales en un 90-96% es retirado por el tope para pasar al segundo tren de precalentamiento, ser mezclado con nafta virgen y llegar al tambor flash donde se retiran vapores que se inyectan directamente a la zona flash de la columna de destilación atmosférica. La corriente líquida de crudo desalado es precalentada una última vez en el tercer tren de calentamiento antes de entrar a los hornos donde es llevado hasta una temperatura de 371°C, listo para ingresar a la columna de destilación.

Los vapores de cima que salen de la columna de destilación, pasan por un condensador y se acumulan en un separador de tres fases. Del separador se obtiene una fase vapor de productos livianos (C₁-C₄) que es enviada a la sección

de compresión de gases, una fase acuosa que es enviada a tratamiento de aguas agrias (agua residual con contenido de ácidos y gases) y una fase líquida (nafta inestable) de la cual, parte es enviada a la sección de estabilización de nafta y parte es regresada a la torre como reflujo.

La estabilización de nafta se da en una torre despojadora con rehervidor, éste provee el calor necesario para la separación de compuestos livianos como propanos y butanos de la corriente de nafta inestable. Al reducir la composición de compuestos livianos en la nafta se ajusta su presión de vapor y se obtiene nafta estabilizada según estándares de almacenamiento y producción de gasolina. Este rehervidor trabaja por integración energética utilizando la corriente de fondos de la columna de destilación como medio de calentamiento.

El keroseno, diésel liviano y diésel pesado, son extraídos de la columna en platos intermedios, llevados a sus respectivas torres despojadoras de livianos y entregados a las líneas de producto de la unidad. Por último, residuo atmosférico es extraído de los fondos de la columna y enviado a la unidad de destilación al vacío.

La extracción de productos en platos intermedios de la columna, provoca una disminución del reflujo interno (flujo de líquido). Para compensar esto, mantener el equilibrio de fases para la separación y evitar que la columna se seque, la columna consta de tres *pumparounds* donde se extrae líquido, se enfría y se regresa a la columna platos arriba de la extracción de productos intermedios. Esto provoca mayor condensación de vapores platos arriba y por lo tanto compensación del reflujo interno.

Anexo E. Estructura del entrenamiento de conocimientos fundamentales.

Introducción (IND)	Fundamentos de Proceso (FND)		
	100- Fundamentos en Operaciones de Refinería	200-Diagramas de Flujo y Documentos en General	300-Procesos

001-Orientación del Proyecto 12 horas	100- Fundamentos en Operaciones de Refinería 6 horas	200-Diagramas de Flujo y Documentos en General 6 horas	301-Procesos Físicos 12 horas
--	---	---	----------------------------------

002-Preparación de Procedimientos de Seguridad 6 horas			302-Procesos Químicos 6 horas
---	--	--	----------------------------------

003-Peligros y Seguridad 6 horas

Fundamentos Aplicados (FAP)		
400-Equipos	500-Procesos	600-Instrumentación y Control

401-Válvulas y Accesorios 4 horas	501-Procesos de Refinería 24 horas	601-Instrumentación en Procesos 12 horas
--------------------------------------	---------------------------------------	---

402-Tambores y Reactores 6 horas	502-Elementos de Catálisis y Químicos 6 horas	602-Control en Procesos 12 horas
-------------------------------------	--	-------------------------------------

403-Tanques de Almacenamiento 6 horas
--

Fundamentos Aplicados (FAP)		
400-Equipos	500-Procesos	600-Instrumentación y Control

404-Torres/Columnas 6 horas

405-Intercambiadores de Calor 6 horas
--

406-Hornos 6 horas

407-Bombas 6 horas

408-Compresores 6 horas

409-Turbinas 6 horas

410-Conductores Eléctricos 2 horas

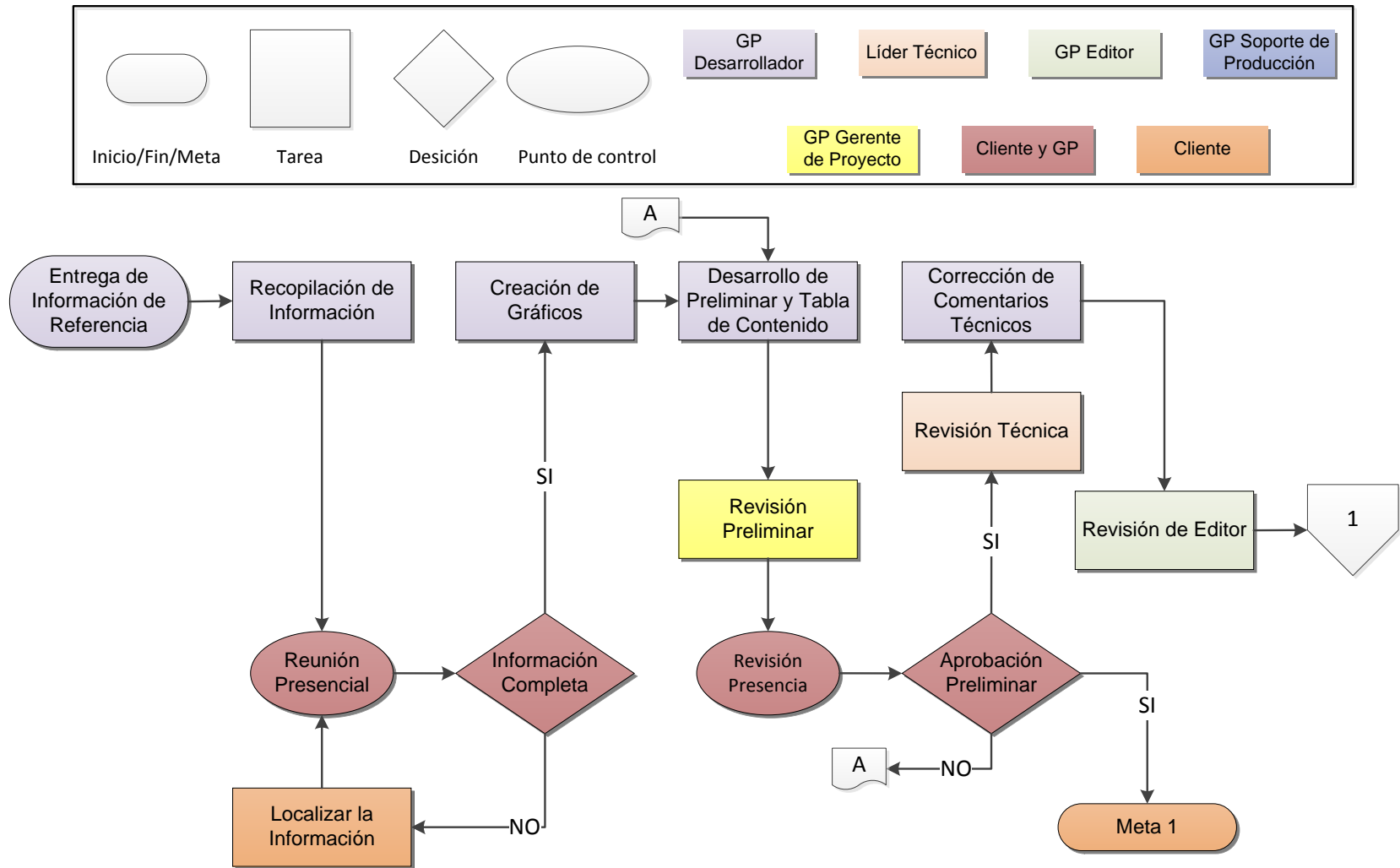
Fundamentos Avanzados (FAV)		
700-Solución de Problemas	800-Buenas Prácticas de Operación	900-Procedimientos Estándar

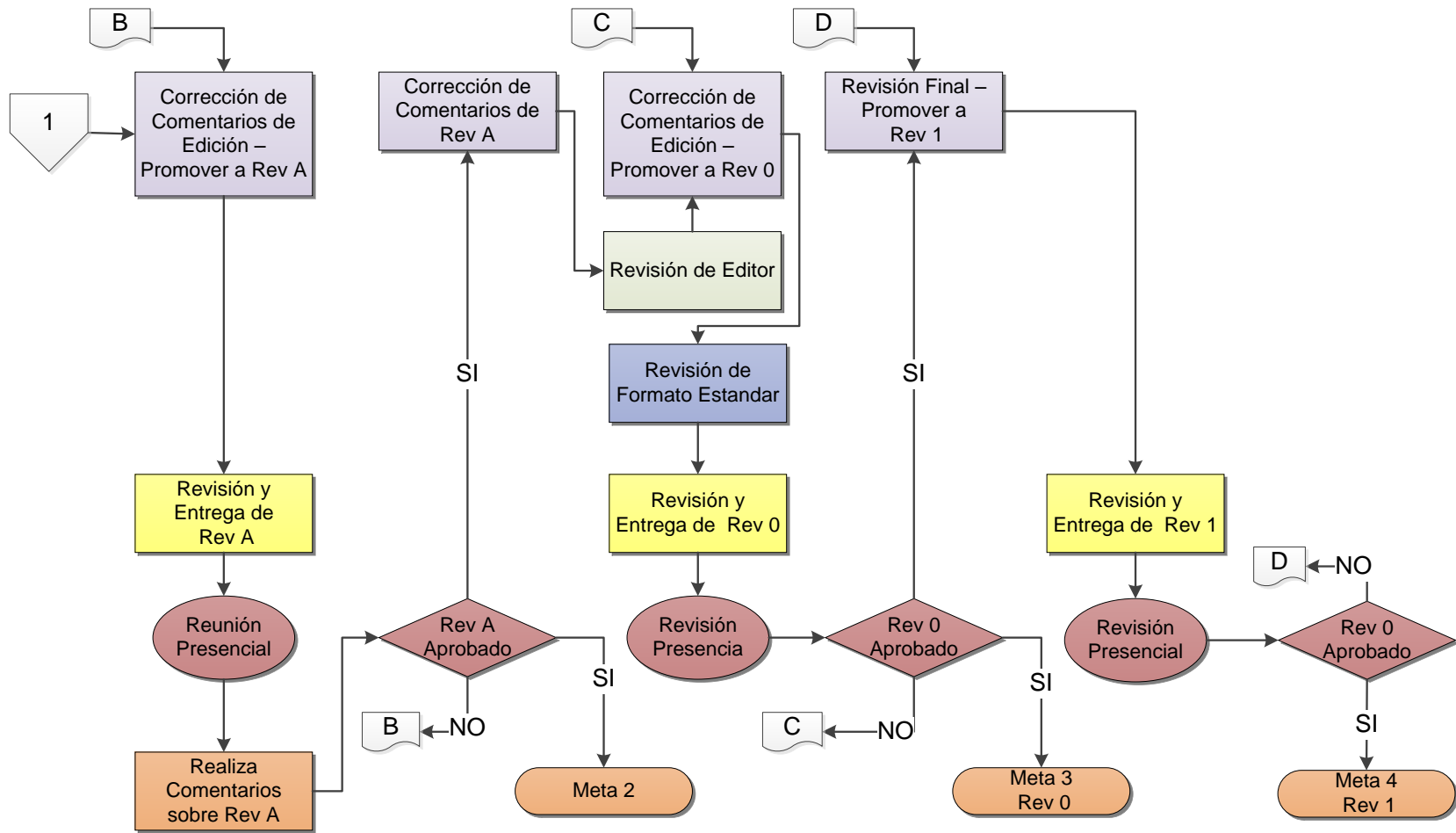
700-Solución de Problemas 18 horas	801-Comunicación, Coordinación y Manipulación de Operaciones 1 hora	901-Puesta en Marcha 6 horas
---------------------------------------	--	---------------------------------

802-Control de Calidad 3 horas	902-Arranque, Pare y Manejo de Emergencia 6 horas
-----------------------------------	--

803-Corrosión 2 horas

Anexo F. Ciclo de revisión general de documentos.





Anexo G. Nomenclatura de estado de documentos en el servidor.

Código	Estado	Responsable	Responsable
1)	Desarrollo Preliminar	DEV	Desarrollador
2)	Revisión Técnica	TL	Líder Técnico
3)	Corrección Comentarios Técnicos	DEV	Desarrollador
4)	Revisión del Editor	ED	Editor
5)	Desarrollo Rev A	DEV	Desarrollador
6)	Revisión Rev A	MAN-Cliente	Gerente-Cliente
7)	Rev A Aprobada	MAN-Cliente	Gerente-Cliente
8)	Corrección Comentarios Rev A	DEV	Desarrollador
9)	Revisión del Editor Rev A	ED	Editor
10)	Desarrollo Rev 0	DEV	Desarrollador
11)	Revisión Soporte de Producción Rev 0	PS	Soporte de Producción
12)	Revisión Rev 0	MAN-Cliente	Gerente-Cliente
13)	Rev 0 Aprobada	MAN-Cliente	Gerente-Cliente
14)	Desarrollo Rev 1	DEV	Desarrollador
15)	Revisión Rev 1	MAN-Cliente	Gerente-Cliente
16)	Rev 1 Aprobada	MAN-Cliente	Gerente-Cliente