

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**"CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO DEL  
PERSONAL DE OPERACIONES PREVIO A LA  
OPERACIÓN DEL MEGA PROYECTO DE  
INGENIERÍA - PMRT"**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO  
ELABORADO POR**

**LENIN MANOLO CAIRE CAHUARI**

**ID0009-0000-1123-9453**

**ASESOR:**

**Dr. Ing. MAURO PEREZ ESTRELLA**

**ID000-0002-9077-7977**

**LIMA – PERÚ**

**2023**

---

Citar/How to cite	Caire Cahuari
Referencia/Reference	[1] L.M. Caire Cahuari, “ <i>Capacitación y entrenamiento del personal, de operaciones previo a la operación del mega proyecto de ingeniería -PMRT</i> ” [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2023.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

---

---

Citar/How to cite	(Caire Cahuari , 2023)
Referencia/Reference	Caire Cahuari, L. M.(2023). <i>Capacitación y entrenamiento del personal, de operaciones previo a la operación del mega proyecto de ingeniería -PMRT</i> [Trabajo de suficiencia profesional, de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

---

**CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO DEL  
PERSONAL DE OPERACIONES PREVIO A LA  
OPERACIÓN DEL MEGA PROYECTO DE  
INGENIERÍA - PMRT**

## **ii. DEDICATORIA**

A mi familia, por su apoyo incondicional en todo momento, y principalmente a mi madre por ser el principal soporte motivacional en cada etapa de mi crecimiento personal y profesional, lo cual es una de las principales razones para la materialización del presente trabajo.

A mi universidad de origen la Universidad Nacional de Ingeniería, a mi facultad de Ingeniería Química y Textil - FIQT y a toda la plana docente quienes fueron actores claves en mi adiestramiento intelectual en la materia y mi desarrollo profesional.

### **iii. AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor el Ing. Mauro Pérez Estrella, por la paciencia y la dedicación brindada, además del gran aporte intelectual del cual me valí en todo momento para la construcción de este trabajo.

A mi amigo y compañero de trabajo el Ing. Cesar Lazarte Hermitaño, por la confianza, el ánimo constante y los consejos brindados en cada etapa de mi crecimiento laboral y profesional.

A mi compañero de aulas universitarias y gran amigo el Ing. Kenyo Najarro Lozano, por los buenos consejos y la motivación constante que me brinda.

#### **iv. RESUMEN**

El gobierno peruano como parte de su sistema regulatorio a las organizaciones relacionadas con actividades de procesamiento de hidrocarburos, contempla tanto en el DS-051-93-EM como en la resolución 203-2020-OS/CD la exigencia e importancia de contar con un sistema de Gestión de Seguridad de Procesos en sus distintas operaciones. Considerándose la implementación de sistemas y/o estrategias de capacitación y entrenamiento del personal operativo como actividades claves para una operación segura y con el menor impacto negativo sobre el patrimonio, la salud de las personas y al medio ambiente.

Una capacitación empírica y deficiente del personal de operaciones, incapaz de identificar y de mostrar la mayoría de los escenarios de desviación de control y/o emergencias operativas que se podrían presentar una planta industrial, están sujetos a desencadenar en emergencias operativas mayores y/o eventos catastróficos perjudiciales para todos los grupos de interés de las compañías que invierten en proyectos nuevos.

Por ello en el presente informe se va a mostrar la importancia de cada una de las fases del desarrollo de un proyecto de ingeniería como lo es el Proyecto de Modernización de la Refinería Talara - PMRT, enfocándose principalmente en una etapa paralela a la ejecución de un proyecto, referido esencialmente a la etapa de capacitación del capital humano previo a ciclo de operación del proyecto, en donde se detallarán actividades ligadas al desarrollo de una estrategia de capacitación y entrenamiento para el personal de operaciones, donde se mostrará la etapa de elaboración de las herramientas de formación y la documentación operativa necesaria para la operación de las unidades de proceso, y el desarrollo de la metodología de aplicación de un entrenamiento en un Simulador de Entrenamiento de Operadores - OTS; siendo ambas actividades componentes estructurales del plan de capacitación del personal y preliminares a la puesta en marcha, operación y control de la unidad de procesamiento de residuos de vacío - Flexicoking del PMRT como caso de aplicación.

## v. ABSTRAC

The Peruvian government, as part of its regulatory system for organizations related to hydrocarbon processing activities, contemplates both in DS-051-93-EM and in resolution 203-2020-OS / CD the requirement and importance of having a Process Safety Management system in its different operations. Considering the implementation of training systems and strategies for operational crew as key activities for a safe operation and with the least negative impact on property, people's health and the environment.

An empirical and deficient training of operations personnel, unable to identify and show most of the control deviation scenarios and operational emergencies that an industrial plant could present, are subject to triggering in major operational emergencies and catastrophic events which cause damage to all stakeholders of companies that invest in new projects.

For this reason, this report will show the importance of each of the phases of the development of an engineering project such as the Talara Refinery Modernization Project - PMRT, focusing mainly on a stage parallel to the execution of a project, essentially referring to the human capital training stage prior to the project's operation cycle, where activities related to the development of a training and education strategy for operations personnel will be detailed, where the stage will be shown elaboration of the training tools and the necessary operational documentation for the operation of the process units, and the development of the methodology for applying training in an Operator Training Simulator - OTS; both activities are structural components of the training plan for operational crew and preliminary to the start-up, operation and control of the PMRT's vacuum's residue processing unit - Flexicoking as an application case.

## vi. INDICE

ii.	DEDICATORIA .....	i
iii.	AGRADECIMIENTOS.....	ii
iv.	RESUMEN .....	iii
v.	ABSTRAC.....	iv
vi.	INDICE .....	v
	<b>CAPITULO I: DATOS GENERALES DE LAS EMPRESAS DONDE SE LABORÓ COMO BACHILLER.....</b>	<b>1</b>
1.1	PETRÓLEOS DEL PERÚ – PETROPERÚ S.A .....	1
1.1.1.	Sector industrial.....	1
1.1.2.	Línea de productos.....	1
1.1.3.	Cultura organizacional .....	1
1.1.4.	Organigrama Funcional de la empresa.....	4
1.1.5.	Normativa empresarial .....	6
1.1.6.	Sistema de seguridad Industrial.....	7
1.1.7.	Gestión de impactos ambientales.....	8
1.2	AYESA PERÚ S.A.C. ....	8
1.2.1	Sector industrial.....	8
1.2.2	Línea de productos.....	9
1.2.3	Cultura organizacional .....	9
1.2.4	Organigrama Funcional de la empresa.....	11
1.2.5	Normativa empresarial .....	12
1.2.6	Sistema de seguridad Industrial .....	13
1.2.7	Gestión de impactos ambientales.....	14
1.3	ESTUDIO E INGENIERÍA APLICADA XXI S.A. ....	15
1.3.1	Sector industrial.....	15
1.3.2	Línea de productos.....	15
1.3.3	Cultura organizacional .....	15
1.3.4	Organigrama Funcional de la empresa.....	17
1.3.5	Normativa empresarial .....	18
1.3.6	Sistema de seguridad Industrial .....	18
1.3.7	Gestión de impactos ambientales.....	18

CAPITULO II: CARGOS Y FUNCIONES DESARROLLADAS COMO BACHILLER. ....	19
2.1  PETRÓLEOS DEL PERÚ – PETROPERÚ S.A .....	19
2.1.1  Cargo dentro de la organización .....	19
2.1.2  Responsabilidades.....	19
2.1.3  Personal a su cargo y sus responsabilidades.....	20
2.1.4  Función ejecutiva y/o administrativa .....	22
2.2  AYESA PERÚ S.A.C. ....	23
2.2.1  Cargo dentro de la organización .....	23
2.2.2  Responsabilidades.....	23
2.2.3  Personal a su cargo y sus responsabilidades.....	24
2.2.4  Función ejecutiva y/o administrativa .....	24
2.3  ESTUDIO E INGENIERÍA APLICADA XXI S.A. ....	25
2.3.1  Cargo dentro de la organización .....	25
2.3.2  Responsabilidades.....	25
2.3.3  Personal a su cargo y sus responsabilidades.....	26
2.3.4  Función ejecutiva y/o administrativa .....	26
2.3.5  Cronograma de realización de las actividades como bachiller .....	26
CAPÍTULO III: ACTIVIDAD TÉCNICA ASIGNADA Y LA FORMACIÓN PROFESIONAL. .	28
3.1  Labores y tareas sobre el tema asignado.....	31
3.2  Conocimientos técnicos de su especialidad requeridos para el cumplimiento de sus tareas, labores, funciones, etc. ....	49
3.3  Planteamiento de la realidad problemática de la actividad. ....	50
3.4  Antecedentes referenciales y objetivo de la actividad. ....	51
3.5  Marco teórico de los conocimientos técnicos requeridos. ....	54
3.5.1  Fases de desarrollo de un proyecto de ingeniería .....	54
3.5.2  Esquemas y procesos de refinación .....	60
3.5.3  Sistemas de control y seguridad de procesos.....	66
3.5.4  Sistema de gestión operativa .....	67
3.5.5  Simulador de entrenamiento de operadores – OTS .....	71
3.6  Objetivos y justificaciones del uso de las técnicas propuestas.....	71
3.7  Cálculos y determinaciones utilizadas en las aplicaciones. ....	74
3.8  Resultados y aportes técnicos de la actividad. ....	78
3.9  Análisis de resultados. ....	82

3.10	Evaluaciones y decisiones tomadas.....	84
3.11	Informe o reporte presentado como resultado de las tareas y labores realizadas. ....	85
3.12	Participación en actividades complementarias (Investigación, calidad total, seguridad industrial, etc.). ....	86
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.....		87
4.1	Contribuciones al desarrollo de la empresa .....	87
4.2	Conclusiones .....	88
4.3	Recomendaciones.....	89
4.4	Referencias bibliográficas.....	90
ANEXOS .....		93
ANEXO A: Criterios de evaluación.....		93
ANEXO B: Relación de temarios por curso del PBFEP0 .....		96
ANEXO C: Ejemplo de aplicación en simulador OTS .....		99

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1- 1:</b> Organigrama funcional de Petroperú S.A. ....	5
<b>Figura 1- 2:</b> Organigrama funcional Ampliado de Petroperú S.A. ....	6
<b>Figura 1- 3:</b> Organigrama funcional referencial de Ayesa Perú S.A.C. ....	12
<b>Figura 1- 4:</b> Organigrama de EIA XXI S.A. – Sucursal Perú. ....	17
<b>Figura 3 - 1:</b> Diagrama referencial de las etapas de desarrollo de un proyecto. ....	28
<b>Figura 3 - 2:</b> Ámbito de aplicación del PBFEO del PMRT. ....	29
<b>Figura 3 - 3:</b> Esquema resumen del PBFEO del PMRT. ....	31
<b>Figura 3 - 4:</b> Ciclo de operación de un proceso productivo. ....	35
<b>Figura 3 - 5:</b> Etapas de desarrollo y aplicación del OTS. ....	38
<b>Figura 3 - 6:</b> Plano de distribución del OTS - Unidad FCK del PMRT. ....	39
<b>Figura 3 - 7:</b> Esquemático HMI montados en las estaciones de control DCS. ....	40
<b>Figura 3 - 8:</b> Esquemático HMI montados en las estaciones FOD. ....	42
<b>Figura 3 - 9:</b> Gráfica de tendencia de variables de proceso. ....	44
<b>Figura 3 - 10:</b> Estación de entrenamiento de operadores del OTS. ....	45
<b>Figura 3 - 11:</b> Paneles de trabajo en estación del Instructor - Evaluador. ....	47
<b>Figura 3 - 12:</b> Representación del análisis de capas de protección - LOPA. ....	53
<b>Figura 3 - 13:</b> Esquema general de las etapas de desarrollo de un proyecto. ....	54
<b>Figura 3 - 14:</b> Etapas de la fase de Ingeniería de Detalle del Proyecto. ....	57
<b>Figura 3 - 15:</b> Representación global de esquemas de refinación. ....	61
<b>Figura 3 - 16:</b> Representación general de un SIS y BPCS. ....	64
<b>Figura 3 - 17:</b> Diagrama de bloques de un sistema SIS y BPCS. ....	65
<b>Figura 3 - 18:</b> Diagrama de general de un sistema de detección de fuego. ....	66
<b>Figura 3 - 19:</b> Componentes de sala de entrenamiento de operadores - OTS. ....	68
<b>Figura 3 - 20:</b> Distribución de aprobados por curso del PBEFO. ....	78
<b>Figura 3 - 21:</b> Promedio de aprobados - Resultados Iniciales y Finales. ....	79
<b>Figura 3 - 22:</b> Distribución de desaprobados por curso del PBEFO. ....	79
<b>Figura 3 - 23:</b> Gráfica de control U - Resultado inicial. ....	80
<b>Figura 3 - 24:</b> Gráfica de control U - Resultado final. ....	80
<b>Figura 3 - 25:</b> Distribución de desaprobados por grupos - Curso G del OTS. ....	81
<b>Figura 3 - 26:</b> Distribución de desaprobados del curso G - OTS. ....	81
<b>Figura C – 1:</b> PFD del Fondo de fraccionadora FCK-C-201 – Entorno OTS. ....	99
<b>Figura C – 2:</b> Reporte de control – Evaluación KPV del OTS. ....	100

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2 - 1:</b> Cronograma de realización de actividades por empresa.....	27
<b>Tabla 3 - 1:</b> Lista de acrónimos. ....	30
<b>Tabla 3 - 2:</b> Plan Base de Formación y Entrenamiento de Personal. ....	32
<b>Tabla 3 - 3:</b> Objetivos por etapas y niveles de capacitación.....	33
<b>Tabla 3 - 4:</b> Herramientas de formación para el entrenamiento Teórico - Técnico. ....	37
<b>Tabla 3 - 5:</b> Etapa de aceptación – Pruebas MAT. ....	41
<b>Tabla 3 - 6:</b> Etapa de aceptación – Pruebas FAT.....	43
<b>Tabla 3 - 7:</b> Etapa de aceptación – Pruebas SAT.....	45
<b>Tabla 3 - 8:</b> Formato genérico de entrenamiento en OTS – para evaluados.....	46
<b>Tabla 3 - 9:</b> Formato genérico de entrenamiento en OTS – para instructores. ....	48
<b>Tabla 3 - 10:</b> Herramientas de formación para el entrenamiento Práctico - Aplicado.....	49
<b>Tabla 3 - 11:</b> Resumen del personal objetivo del plan de formación.....	76
<b>Tabla 3 - 12:</b> Plazos programados para cada etapa del PBFEO. ....	76
<b>Tabla 3 - 13:</b> Resumen del cálculo de costo de capacitación del personal.....	77
<b>Tabla 3 - 14:</b> Resumen de costos por recursos y servicios usados en el PBFEO. ....	77
<b>Tabla A- 1:</b> Fichas de evaluación por curso y de aplicación a todos los grupos .....	93
<b>Tabla A- 2:</b> Resumen de criterios específicos de evaluación en simuladores OTS .....	94
<b>Tabla A- 3:</b> Resumen de evaluaciones por curso para cada participante – Ponderación .....	94
<b>Tabla A- 4:</b> Resumen de resultados final para los 09 grupos de aplicación.....	95
<b>Tabla B- 1:</b> Temario del Curso A .....	96
<b>Tabla B- 2:</b> Temario del Curso B .....	96
<b>Tabla B- 3:</b> Temario del Curso C .....	97
<b>Tabla B- 4:</b> Temario del Curso D .....	97
<b>Tabla B- 5:</b> Temario del Curso E.....	97
<b>Tabla B- 6:</b> Temario del Curso F.....	98
<b>Tabla B- 7:</b> Temario del Curso G .....	98
<b>Tabla C- 1:</b> Ejercicio de cambio de las bombas FCK-P-207A/B – Unidad FCK del PMRT.....	99
<b>Tabla C- 2:</b> Parámetros del proceso - Ejercicio cambio de las bombas FCK-P-207A/B.....	100

## **CAPITULO I: DATOS GENERALES DE LAS EMPRESAS DONDE SE LABORÓ COMO BACHILLER.**

### **1.1 PETRÓLEOS DEL PERÚ – PETROPERÚ S.A**

#### 1.1.1. Sector industrial

Es una empresa pública del estado peruano de administración privada la cual desempeña sus actividades en el sector de hidrocarburos, con operaciones en el campo del Upstream (con trabajos de extracción en los lotes petroleros 192 y 64 bajo contratos por licencia a terceros), en el Midstream (transportando crudo vía ductos, como son el Oleoducto Norperuano tramos I, II, Ramal norte y mediante flotas marítimas y fluviales contratadas, además de operar otros tres oleoductos de menor recorrido ubicados en la ciudad de Talara con recepción en su patio de tanques Tablazo), así mismo cuenta con operaciones en el Downstream (en sus refinerías de Iquitos, Conchán, Talara, El Milagro y Pucallpa, esta última en alquiler, además de realizar operaciones de distribución, comercialización de combustibles y otros derivados del petróleo) como parte de su integración vertical en el sector. Petroperú S.A. (2020)

#### 1.1.2. Línea de productos

Como principal giro del negocio la compañía comercializa combustibles derivados del petróleo como son el GLP, gasolinas, biodiesel, diésel, petróleos industriales, combustibles marinos y combustibles de aviación, Solventes (N°1 y 3), cementos asfálticos 40/50, 60/70, 120/150 y asfaltos líquidos RC-250, MC-30. Así mismo comercializa de manera no continua y por lotes ácido nafténico. Petroperú S.A. (2020)

### 1.1.3. Cultura organizacional

#### Visión

Con objetivos estratégicos de ser una empresa eficiente de buena gestión corporativa y de generar la confianza de sus grupos de interés como son los inversionistas de capital privado, la compañía declara en su Visión lo siguiente:

Ser una empresa líder de la industria peruana de hidrocarburos, autónoma e integrada, enfocada en la creación de valor con eficiencia; gestionando los negocios de forma ética y sostenible con productos de calidad internacional y desarrollando relaciones responsables efectivas con los grupos de interés. Petroperú S.A. (2019)

#### Misión

Enfocado a garantizar el abastecimiento de combustibles al mercado interno y poder cubrir la demanda de combustibles a nivel nacional y con altos estándares de calidad la compañía declara como misión lo siguiente:

Proveer hidrocarburos de calidad a los mercados nacional e internacional, administrando eficientemente sus recursos, realizando sus actividades con los mayores niveles de eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad, desarrollando innovación y responsabilidad socio-ambiental. Petroperú S.A. (2019)

#### Valores

Con miras a ser una empresa consciente, alineada y respetuosa de la legislación interna nacional la compañía tiene como sus principales valores lo siguiente. Petroperú S.A. (2019)

- a. Transparencia
- b. Integridad
- c. Eficiencia
- d. Enfoque en las personas
- e. Seguridad y sostenibilidad.

## Políticas

Es así como la empresa consiente de asegurar la calidad y competitividad de sus productos y servicios a fin de satisfacer las necesidades de su cartera de clientes, gestiona sus actividades cuidando del medio ambiente y la integridad física de sus trabajadores en cada una de sus operaciones. De la mano con lo antes mencionado, la compañía tiene el compromiso de gestionar cualquier impacto ambiental, social y/o económico sobre las comunidades aledañas en cada una de sus operaciones, además que promueve una comunicación constante de carácter informativo para dar a conocer sus procesos y el mínimo impacto negativo que tienen. Para lograrlo la compañía tiene implementada su política de gestión integrada de calidad, ambiente, seguridad y salud en el trabajo con ciertos compromisos enfocados en: la eficiencia de sus operaciones las mismas que están alineadas bajo conceptos de mejora continua y la gestión de sus aspectos ambientales, peligros y riesgos de sus procesos minimizando los impactos al medio ambiente y sobre la salud de sus trabajadores. Así mismo la compañía declara un compromiso claro de invertir en capacitación de su personal a la vez que les provee de los recursos necesarios para lograr los objetivos acordes su política integrada, la misma que todos los trabajadores tienen como responsabilidad su difusión y cumplimiento. Petroperú S.A. (2019)

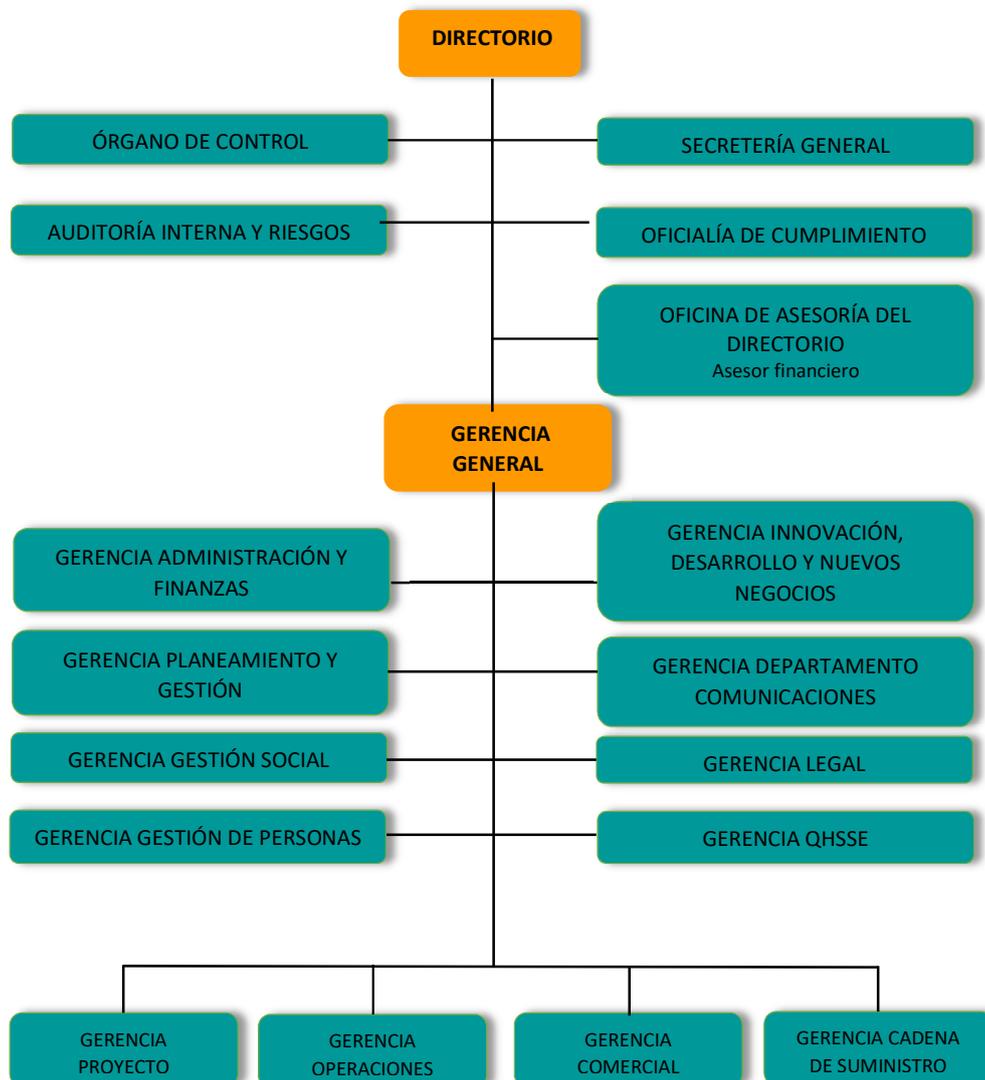
## Principios para el logro de calidad

Petroperú con el objetivo de estandarizar de manera práctica y efectiva sus procesos operativos y administrativos, manejar de manera eficiente el recurso humano y los presupuestos de distinta índole, agilizar las auditorías internas así como el mantenimiento sus certificaciones y tener herramientas de planificación con un potente medio de comunicación e interacción con sus grupos de interés y finalmente lograr tener una ventaja competitiva sobre otras compañías del sector se ha preocupado por implementar un sistema integrado de gestión corporativa SIG-C, la cual está definida como una “herramienta que permite gestionar corporativamente la protección del ambiente, la prevención de accidentes y el deterioro de la salud en el trabajo y la satisfacción de las necesidades de nuestros clientes”. Petroperú S.A. (2020)

Sumado a lo anterior y con miras de ofrecer productos y servicios de calidad la compañía tiene implementado certificaciones internacionales de calidad ISO 9001:2015 en sus operaciones de carga y descarga de hidrocarburos líquidos vía muelles de carga líquida y terminales marítimos, despacho de combustibles a camiones cisterna en sus distintas plantas de ventas, operaciones de importación de materias primas y exportación de productos entre otras operaciones. Así mismo para gestionar sus aspectos ambientales se tienen implementadas certificaciones ISO 14001:2015 y para gestionar la seguridad y salud en el trabajo las certificaciones ISO 45001:2018 en sus operaciones de almacenamiento, transporte, distribución, comercialización de hidrocarburos y refinación de crudos en sus principales refinerías y respectivas plantas de ventas de Talara, Iquitos y Conchán, como en otras operaciones más. Petroperú S.A. (2019)

#### 1.1.4. Organigrama Funcional de la empresa

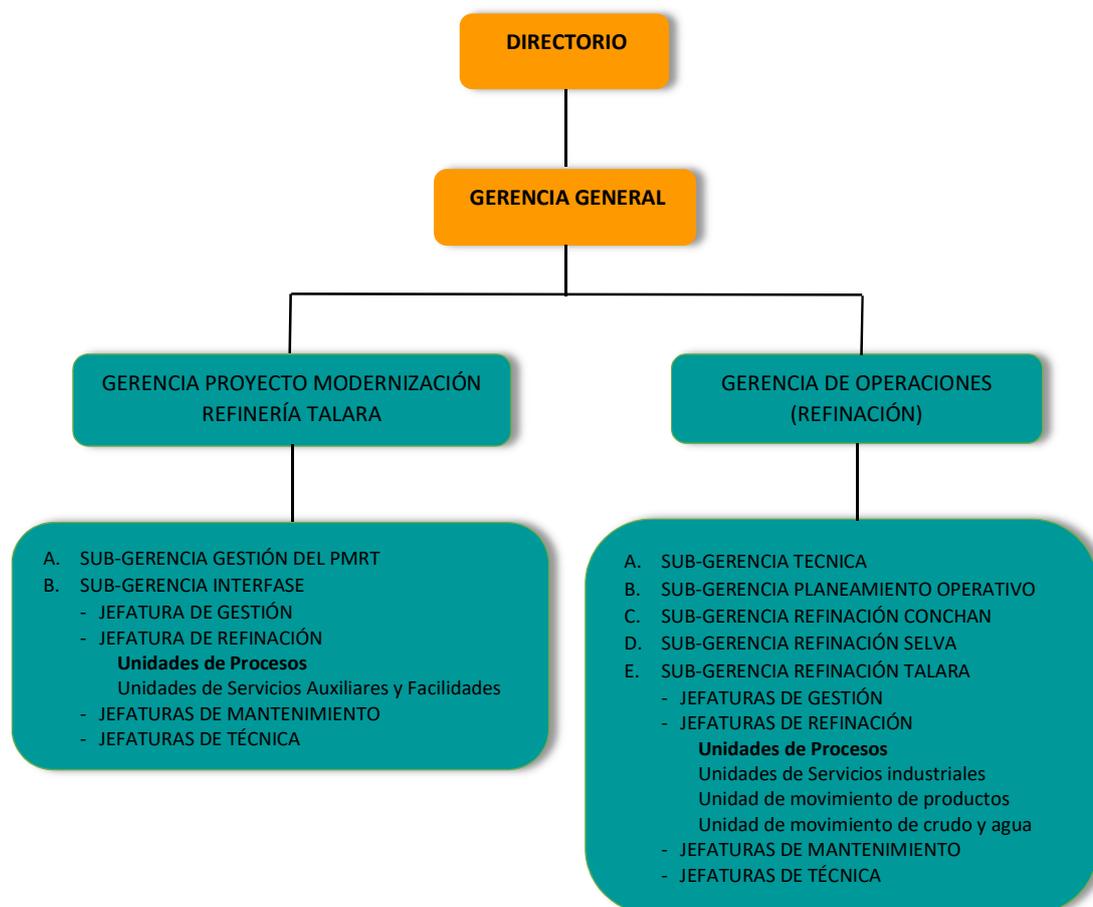
Como estructura general la organización presenta niveles funcionales como son el directorio, la gerencia general, sub gerencias, jefaturas y dentro de ellas las unidades operativas, tal y como se muestra en el siguiente organigrama.



*Figura 1-1: Organigrama funcional de Petroperú S.A.*

Nota: Organigrama de alto nivel sin detalle de las subgerencias y jefaturas operativas. Petroperú S.A. (2020)

Sin embargo, para una mejor ubicación de los cargos ocupados por quien redacta el presente informe, se ha adaptado el organigrama en función al manual de organización y funciones de Petroperú tal y como se muestra en la siguiente figura.



*Figura 1- 2:* Organigrama funcional Ampliado de Petroperú S.A.

Nota: Adaptación del Manual de organización y funciones. Petroperú S.A. (2020)

#### 1.1.5. Normativa empresarial

Petroperú comprometida con lograr altos estándares de gobierno corporativo que le permitan generar un mayor valor para la empresa y una mayor confianza de sus grupos de interés, establece normas, procedimientos y reglamentos internos, como parte de su normativa empresarial, con la transparencia necesaria para la correcta y proba administración de la empresa, siendo esta información de libre divulgación vía sus diferentes canales de comunicación (página web institucional, por ejemplo) y de fácil acceso para cualquier ente externo. Como normativas resaltantes podemos encontrar el estatuto social interno del directorio en donde se establece que para una administración y funcionamiento ordenado de la empresa es necesaria la conformación de comités

internos integrados por directores dependientes y no dependientes, los mismos que contarán con sus propias normativas internas, teniéndose así reglamentos internos para los comités de administración del directorio, el comité de auditoría y control del directorio, el comité de buenas prácticas de gobierno corporativo y el comité de innovación y desarrollo de negocios, todas las anteriores guiadas bajo los lineamientos descritos el reglamento de la junta general de accionistas, el código de buen gobierno corporativo y el reglamento de régimen interno de la organización y funcionamiento del directorio. Así mismo la compañía da a conocer sus memorias de desempeño y sostenibilidad anual bajo términos éticos y de transparencia alineados a su sistema y código de integridad. Petroperú S.A, (2020)

#### 1.1.6. Sistema de seguridad Industrial

En este ámbito según lo señala Petroperú S.A., (2020) la empresa tiene implementados certificaciones en los sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, ISO-45001: 2018, los mismos según lo explica Petroperú S.A., (2020) que en los últimos años fueron integrados desde las normas OSHAS 18001:2007 en sus operaciones de almacenamiento, transporte, distribución, y comercialización de hidrocarburos líquidos en sus principales refinerías y respectivas plantas de ventas de Talara, Iquitos y Conchán entre otras actividades.

Por otro lado, tal y como lo explica Petroperú S.A., (2019) la compañía tiene implementado como parte de su sistema de gestión un reglamento interno de trabajo donde declara sus atribuciones y obligaciones con fines de concientizar a su personal de los distintos riesgos a los cuales se encuentra expuestos en los diferentes puestos de trabajo y sus respectivas medidas de prevención a adoptar, garantizar unas instalaciones seguras con sus respectivas medidas de prevención y protección contra accidentes, asegurar las competencias necesarias en los trabajadores a fin de promover una cultura de prevención de riesgos en las distintas fases o etapas de sus respectivos trabajos, sumado a todo ello tener implementados medidas de monitoreo de impactos sobre la salud de los trabajadores con exámenes médicos ocupacionales periódicos y así mismo dotarlos del aseguramiento con pólizas de seguro contra accidentes que pudieran

materializarse durante el desempeño de sus labores y finalmente lograr estar alienados con las exigencias de la legislación interna nacional tales como la Ley N° 29783 de “Seguridad y salud en el trabajo”.

#### 1.1.7. Gestión de impactos ambientales

Con respecto a este punto, Petroperú S.A., (2020) señala que más que gestionar los impactos ambientales, se enfoca con mayor énfasis en la gestión de sus aspectos ambientales como estrategia de carácter preventivo que va tener por consecuencia un impacto menor sobre el ambiente. Para ello Petroperú S.A., (2020) cuenta con certificaciones en los sistemas de gestión ambiental, ISO-14001:2015, en sus distintas sedes y para sus distintos procesos como son el almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de hidrocarburos líquidos, así como en sus principales refinerías y respectivas plantas de ventas de Talara, Iquitos y Conchán entre otras actividades.

Así mismo tiene implementado como parte de su sistema de Integrado de Gestión procedimientos específicos para la identificación de aspectos ambientales y evaluación de impactos ambientales a fin de plantear e implementar las estrategias necesarias en las distintas fases de la cadena del negocio y con ello definir los roles de cada dependencia y de los trabajadores de la compañía para prevenir impactos negativos mediante planes de monitoreo y control de sus emisiones, planes de contención de fugas y/o derrames y planes de manejo - disposición de sus residuos sólidos, los mismos que le permiten garantizar el cumplimiento de los límites máximos permisibles (LMP) de sus emisiones y los estándares de calidad ambiental (ECA) que exige la legislación interna nacional (Ley N° 28611 “Ley general del ambiente”, Ley N° 27446 “Ley del sistema nacional de evaluación del impacto ambiental y su reglamento” entre otras). Petroperú S.A., (2019)

## 1.2 AYESA PERÚ S.A.C.

### 1.2.1 Sector industrial

En otro orden de ideas, Ayesa S.A.C, (2017) es una compañía de capital privado de origen español conformada por varias empresas con independencia jurídica y organizativa, que desempeña funciones en los sectores de construcción, transporte, e

industria en donde ofrece servicios tecnológicos integrales en el ámbito de la ingeniería civil e industrial, dirección y supervisión de obras, consultoría en tecnologías de información y sistemas informáticos todos enfocados en brindar soluciones eficientes a sus clientes a nivel nacional y mundial.

### 1.2.2 Línea de productos

De igual manera, Ayesa S.A.C (2020) tiene como principal giro de negocio el ofrecer servicios de ingeniería y tecnología, teniendo entre sus principales servicios el desarrollo de estudios de ingeniería (de eficiencia energética, sostenibilidad, seguridad vial, transformación digital, etc.), diseños de ingeniería (en anteproyectos de obra, diseños conceptuales, ingeniería básica y de detalle de proyectos civiles e industriales, cálculo de estructurales, mecánica de suelos, etc.), servicios de supervisión (en construcciones, proyectos, montaje en industrias, auditorías técnicas, operación de infraestructuras, etc.), asesorías (en planificación económica, estudios de rentabilidad, gestión del cambio, optimización de procesos productivos, energías renovables, etc.), servicio de gestión de proyectos EPC e implantación de tecnologías de información.

### 1.2.3 Cultura organizacional

#### Visión

Ayesa con objetivos de contribuir a la reconstrucción y reactivación económica del Perú, impactada por el Covid-19 en el año 2020, declara contar con el compromiso de ser una empresa eficiente e innovadora en los servicios que ofrece, y menciona como visión alineada a la presente coyuntura lo siguiente:

En Ayesa ante un mundo incierto con un mañana diferente ideamos, creamos y aplicamos herramientas basadas en la inteligencia y el conocimiento que nos permita construir una vida mejor, porque queremos una sociedad más justa, en la que valga la pena vivir. Ayesa S.A.C, (2020)

## Misión

Enfocado en contribuir con el desarrollo y construcción de una sociedad más justa y homogénea que ofrezca los niveles mínimos de calidad de vida y que esté a la vanguardia del avance de la tecnología la compañía declara como misión lo siguiente:

En Ayesa trabajamos por construir un mundo más eficiente y justo, aplicando la ingeniería y la tecnología de manera integrada. Nuestra visión unificada de estos dos mundos nos permite crear las soluciones tecnológicas necesarias para una sociedad de futuro. Ayesa S.A.C, (2020)

## Valores

Con miras a ser una empresa empática con sus grupos de interés, comprometida en ofrecer sus servicios con altos estándares de calidad con arduo trabajo en equipo, y ser considerados como actores de cambio de talla internacional la compañía tiene como sus principales valores lo siguiente. Ayesa S.A.C, (2020)

- a. Sensible a las necesidades humanas
- b. Autoexigencia
- c. Solidaridad interna
- d. Cercanía
- e. Entrega
- f. Trascendencia

## Políticas

La compañía es consciente y está comprometida con el objetivo de promover mejores condiciones de trabajo, elevar los niveles de seguridad, salud y bienestar de sus trabajadores, el cuidado del ambiente y de ser responsable con la sociedad a través del cumplimiento de la legislación nacional interna en cada una de sus sedes y sus respectivas actividades; en conjunto con principios clave como ofrecer a sus colaboradores condiciones laborales optimas, aplicar y mantener un modelo de gestión integrado de calidad destinado a la mejora continua, garantizar la participación y derecho a consulta de sus trabajadores, involucrar a sus colaboradores externos en el compromiso

activo de la mejora de las condiciones de trabajo y dotar a la empresa de los medios necesarios para implantar y fomentar una cultura prevención de riesgos, enfermedades ocupacionales e impactos al ambiente a todo nivel jerárquico con el fin de mejorar continuamente la eficacia de su plan de seguridad, salud ocupacional, medio ambiente, responsabilidad social y asuntos comunitarios. Así mismo la dirección de la compañía está comprometida con desarrollar e implantar un plan de seguridad, salud ocupacional, medio ambiente y asuntos comunitarios específico para cada servicio y/o proyecto en base a la legislación y normas nacionales internas vigentes, así como a las normas internacionales ISO-45001, ISO-14001 e ISO-26000; que contribuyan al cumplimiento de los principios clave contenidos en su política integrada y a la consecución de los objetivos marcados en la misma.

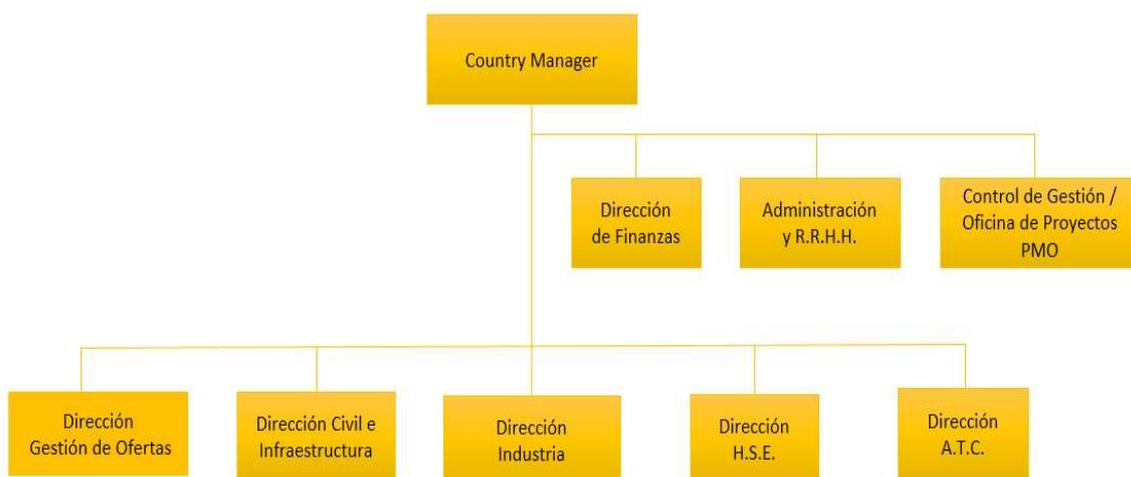
#### Principios para el logro de calidad

La dirección de cada una de las empresas del grupo Ayesa S.A.C (2020) con el objetivo de prestar servicios de calidad, en el plazo y al precio más competitivo del mercado nacional e internacional y con miras a aumentar el grado de confianza y satisfacción de sus grupos de interés asume la responsabilidad de implantar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la calidad que garantice dichos servicios. En línea con lo anterior todas las personas empleadas en la compañía asumen la responsabilidad y el compromiso en cuanto a la calidad de los servicios prestados, de acuerdo a los lineamientos recogidos en las distintas normas de su sistema de gestión integrado de calidad. Así mismo la empresa enfoca sus esfuerzos en concientizar que es responsabilidad de todas y cada una de las personas de la organización la tarea de conocer, aplicar y difundir de manera comprensible las normas de calidad, además de ser partícipes activos en programas de mejora continua de las mismas.

#### 1.2.4 Organigrama Funcional de la empresa

Como estructura general el organigrama de la organización que se presenta correspondiente a la sede de Ayesa Perú, con un representante general a la cabeza, unidades de gestión-soporte y unidades encargadas de manejar distintos contratos. Cabe indicar que el cargo ocupado de ingeniero de proyectos de quien redacta el presente

informe, se ubicó dentro de la dirección Industria bajo el contrato marco de ingeniería con la refinería la Pampilla en los años 2017 al 2019.



*Figura 1- 3:* Organigrama funcional referencial de Ayesa Perú S.A.C.

### 1.2.5 Normativa empresarial

El gobierno corporativo de Ayesa S.A.C, (2020) con el objetivo de aportar valor agregado y sostenible en el tiempo a la inversión de sus accionistas, está enfocada en garantizar los máximos niveles de calidad en los servicios que presta, actuando en todo momento con integridad y transparencia, alineado siempre a sus sistemas integrados de gestión y controlando todos los riesgos empresariales posibles; enfocándose en todo momento en satisfacer las necesidades de todos sus grupos de interés. Para ello dentro, de su estructura de gobierno se han implantado un consejo de administración de la matriz de Ayesa S.A.C. (2020) el cual tiene como función principal el desarrollo de los objetivos estratégicos y las políticas integradas del grupo Ayesa, así como los respectivos órganos de administración de las sociedades en las diferentes sedes del grupo las cuales tienen por objetivo la aplicación y cumplimiento de dichos objetivos y políticas. Así mismo éstas últimas son respetuosas de la intervención de empresas externas auditoras en ámbitos de verificación de balances económicos, estados de cuentas anuales, informes de gestión y los informes de auditoría independiente, siendo siempre esta información

clara y transparente de acuerdo con los requisitos legales y contables aplicables, la misma que está alineada en todo momento al código ético que tiene la compañía.

#### 1.2.6 Sistema de seguridad Industrial

La empresa tiene implementados certificaciones en los sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, ISO-45001:2018, para los distintos servicios que presta en cada uno de los contratos que administra, tanto para labores administrativas en sus oficinas principales y para labores de campo tanto en obras civiles como en industrias con actividades operativas; las mismas que le permite a la compañía estar alineados con las exigencias de la legislación interna nacional tales como a la Ley N° 29783 de “Seguridad y salud en el trabajo”. Por otro lado, Ayesa S.A.C, (2020) tiene implementado como parte de su sistema de gestión un reglamento interno de trabajo donde describe sus atribuciones y obligaciones con fines de concientizar a su personal de la existencia de distintos riesgos laborales a los cuales se encuentra expuestos y de las medidas que tienen implementadas ante éstos.

Declarando así como funciones y responsabilidades el garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores en todos los aspectos relacionados con su labor en sus lugares de trabajo e ir perfeccionando los niveles de protección existentes, ser vigilante de las modificaciones que puedan surgir en las condiciones de trabajo y adoptar las medidas necesarias para prevenir los nuevos riesgos laborales, implantar una cultura de intervención positiva ante actos y/o condiciones sub estándar a fin de tomar todas las medidas pertinentes que permitan corregirlas, implantar un comité de seguridad y salud en el trabajo con la autonomía necesaria para ejecutar los estudios, análisis y actividades de control a fin de identificar y controlar todos los riesgos laborales posibles sin excepción, implantar una cultura preventiva antes que correctiva concientizando a los trabajadores de la importancia del uso de sus las protecciones colectivas e individuales así como el estricto cumplimiento de los procedimientos y/o estándares en el trabajo a fin de que haya una mayor garantía de evitar accidentes laborales o adquisición de enfermedades por el trabajo, el practicar exámenes médicos a los trabajadores antes,

durante y al término de su contrato de una manera diferenciada acorde a los riesgos al que están expuestos en sus lugares de trabajo, entre otras más.

Tan importante como todo lo antes citado, es para Ayesa S.A.C. (2020) la capacitación y entrenamiento permanente de su personal, así como la toma en consideración de las competencias personales y profesionales, en materia de seguridad y salud en el trabajo, al momento de asignarles las labores y sus respectivos lugares de trabajo

### 1.2.7 Gestión de impactos ambientales

Para gestionar los aspectos e impactos ambientales que pueda generar la compañía en sus distintas actividades y/o servicios que presta en cada uno de los contratos que administra, cuenta con certificaciones en los sistemas de gestión ambiental ISO-14001 los cuales son aplicados a las labores administrativas en sus oficinas y para labores de campo tanto en obras civiles como en industrias, basadas en normas de calidad anualmente auditadas por entidades certificadoras que le contribuyen a optimizar la gestión de recursos, residuos y a reducir los impactos negativos al ambiente; los mismos que le permiten garantizar el cumplimiento de la legislación interna nacional (Ley N°28611 “Ley general del ambiente”, Ley N°27446 “Ley del sistema nacional de evaluación del impacto ambiental y su reglamento” entre otras).

Así mismo Ayesa en su compromiso con el medio ambiente, apuesta por la sostenibilidad y el uso responsable de los recursos naturales, implica a todos los que conforman (empleados y colaboradores) a seguir las buenas prácticas implantadas como el consumo sostenible y ambientalmente responsable, centrando sus esfuerzos en el uso de todos aquellos sistemas que permiten desarrollar el trabajo de manera más eficiente tales como la digitalización de la información, el uso de recursos informáticos para las comunicaciones, el uso de sistemas inteligentes de telecontrol, monitorización y detección remota de sus oficinas e instalaciones, la implantación de sistemas de ahorro de energía y el uso de las energías renovables que se traducen a fin de cuenta en una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Por otra parte, se tiene implantado una cultura de

reciclaje y gestión de residuos, para lo cual se dispone de puntos de acopio clasificados óptimamente para artículos, desechos, materiales peligrosos y no peligrosos ya consumidos o que se encuentran en desuso, y canalizando su disposición final a través de empresas especializadas. Ayesa S.A.C. (2017)

### **1.3 ESTUDIO E INGENIERÍA APLICADA XXI S.A.**

#### **1.3.1 Sector industrial**

EIA XXI S.A (2020) es una compañía de capital privado de origen español que desempeña funciones en los sectores de industrias con procesos continuos de producción como son el Petróleo y Gas, Energía, Tratamiento de aguas industriales, Siderometalurgia, Minería, Cemento y entre otras más donde ofrece servicios de ingeniería, dirección y supervisión de obras de construcción, ejecución de proyectos EPCM y EPC, así como en la dirección de puesta en marcha de todo tipo de instalaciones industriales.

#### **1.3.2 Línea de productos**

Es así como, EIA XXI S.A. (2020) tiene como principales líneas de negocio el ofrecer servicios de ingeniería en todos sus niveles (fase FEL, conceptual, básica y de detalle), servicios de supervisión (en construcción, montaje, precomisionado, comisionado, pruebas de garantía y puesta en marcha de instalaciones industriales), servicios de ingeniería de integración (de proyectos multidisciplinares en plataformas 3D), así como servicios de dirección y coordinación global de proyectos EPC (Ingeniería, adquisiciones y construcción) y EPCM (Ingeniería, adquisiciones, construcción y gestión).

#### **1.3.3 Cultura organizacional**

No se dispone de información respecto a la visión, misión y valores de la compañía, las mismas que no son de manejo público en sus canales digitales.

## Políticas

También, EIA XXI (2018) tiene el compromiso de promover altos estándares de calidad en las condiciones laborales con niveles adecuados de seguridad, cuidado de la salud de sus colaboradores, cuidado el medio ambiente y responsabilidad con el cumplimiento de la legislación vigente y normativa interna en cada una de sus sedes; tiene implementado una política de sistemas de gestión integrado certificados según normas y estándares internacionales (ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001), adoptando compromisos como el cumplimiento de los requisitos de sus clientes sujetos a juicios de valor del desempeño a fin de aplicar mejoras continuamente, la identificación de riesgos y oportunidades derivados de la actividad continua para tomar acción y gestionarlos adecuadamente sin excepción.

De igual manera, es importante dotar de los recursos necesarios a su personal a fin de cumplir eficazmente los objetivos de sus políticas, fomentar la formación por lo que EIA XXI (2020) promueve la concientización de los trabajadores sobre los compromisos asumidos en el desempeño de su labor en materias de calidad, seguridad en el trabajo y medio ambiente, aplicar y mantener su sistema de gestión integrado en cada una de sus actividades para lo cual se estará sujeto a procesos de auditoría interna o externa del mismo, ser transparentes con la información que brindan a sus grupos de interés y así garantizar su fiabilidad y rigor así como implantar espacios de consulta con los mismos a fin de que se garantice el cumplimiento de sus necesidades y expectativas, promover un uso responsable de los recursos naturales y minimizar la generación de residuos como actitudes preventivas de desarrollo sostenible y de cuidado del medio ambiente.

## Principios para el logro de calidad

En tal sentido, EIA XXI (2020) considera estratégicamente que son fundamentales los objetivos de ofrecer altos estándares de calidad en los servicios que presta, así como la internacionalización de sus operaciones, y los asume como objetivos irrenunciables por la aportación de valor que ofrecen, en conjunto con objetivos de seguridad y medio ambiente, claves en la operación de los sectores industriales de producción continua. Para lo cual ha implantado un sistema integrado de gestión a través de certificaciones

internacionales en los ámbitos de calidad según la ISO 9001:2015, ámbitos medio ambientales, según la ISO 14001:2015 y en ámbitos de seguridad de sus operaciones según la ISO 45001:2018. Así mismo EIA XXI tiene implantado como objetivo principal la aplicación de la mejora continua como eje de su actividad en cada uno de los proyectos que asume, lo que le ha permitido lograr una implantación sostenible en los diferentes sectores industriales.

#### 1.3.4 Organigrama Funcional de la empresa

Como estructura general el organigrama de la organización que se presenta corresponde a la sucursal en Perú de Estudios e Ingeniería Aplicada XXI S.A., con un representante legal a la cabeza y las respectivas divisiones diferenciadas entre ellas en función a las líneas de negocio de la empresa. Cabe indicar que el cargo ocupado de supervisor de ingeniería de quien redacta el presente informe, se ubicó dentro de la división de Supervisión en la unidad de montaje, a través de un contrato puntual con la refinería la Pampilla en los años 2016-2017.



*Figura 1- 4: Organigrama EIA XXI S.A. – Sucursal Perú.*

#### 1.3.5 Normativa empresarial

No se dispone de información respecto a este apartado.

### 1.3.6 Sistema de seguridad Industrial

EIA XXI (2020) tiene implementados certificaciones en los sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, ISO-45001:2018, para los distintos servicios que presta en cada uno de los contratos que administra, tanto para labores administrativas en oficinas y para labores de campo tanto en obras construcción como en industrias con actividades operativas; las mismas que le permite a la compañía estar alineados con las exigencias internacionales y a la legislación interna de sus distintas sedes.

### 1.3.7 Gestión de impactos ambientales

Para gestionar los aspectos e impactos ambientales que pueda generar, EIA XXI (2020) en sus distintas actividades y/o servicios que presta en cada uno de los contratos que administra en cada una de sus sedes a nivel internacional, cuenta con certificaciones en los sistemas de gestión ambiental ISO-14001:2015 los cuales son aplicados a las labores administrativas en sus oficinas y para labores de campo tanto en obras de construcción como en industrias con procesos continuos de producción; los mismos que le permiten garantizar el cumplimiento de las exigencias ambientales internacionales y estar alineados a la legislación interna de sus distintas sedes.

## **CAPITULO II: CARGOS Y FUNCIONES DESARROLLADAS COMO BACHILLER.**

### **2.1 PETRÓLEOS DEL PERÚ – PETROPERÚ S.A**

#### 2.1.1 Cargo dentro de la organización

Supervisor Junior de Procesos en la unidad de procesos de la Jefatura de Refinación, Sub Gerencia Interface dentro de la Gerencia Proyecto Modernización Refinería Talara.

#### 2.1.2 Responsabilidades

UNIDADES DE PROCESOS Y DE SERVICIOS AUXILIARES DE LA ANTIGUA REFINERÍA TALARA.

Como parte de los sistemas calidad y seguridad en la operación de las unidades de proceso, Petroperú tiene implementado un plan de entrenamiento previo a la asignación de su personal a las funciones de supervisión de sus operaciones por ello en los primeros meses de labor en esta compañía fueron las siguientes:

- a. Entrenamiento en campo y en sala de control de las unidades de procesos de refinación como son la unidad de Destilación Primaria - UDP, Destilación al Vacío - UDV y Craqueo Catalítico Fluido – FCC en aspectos de calidad de los productos destilados, condiciones operativas, maniobras de arranque y paro de las unidades, metas de producción, seguridad del proceso, gestión de aspectos ambientales y eficiencia energética.
- b. Entrenamiento en campo y en sala de control de las unidades de servicios industriales tales como la unidad de captación de agua de mar, generación de vapor, aire de planta, recuperación de condensado entre otros; así como en la unidad de recepción, preparación y despacho de bases asfálticas y asfaltos líquidos.
- c. Entrenamiento en la unidad de Movimiento de Crudo y Agua, en sus estaciones de bombeo 172 y 59 ubicadas en Pariñas y Overales respectivamente en la ciudad de Talara, así mismo en los oleoductos provenientes de las estaciones de bombeo 59, 72 y un tercero proveniente de la zona de Carrizo, siendo participe en actividades de fiscalización de compra de crudo de la zona (crudo ONO o Talara) por aforo y por unidades L.A.C.T.; así mismo se participó en las actividades de la unidad de

Laboratorio, complementándose ambas unidades para garantizar el suministro de crudo de la zona, bajo parámetros de calidad (tales como gravedad API, curvas de destilación, contenido de sales, agua, sedimentos, componentes azufrados, etc.) a fin de no afectar la integridad de las unidades de proceso, la calidad de los productos, los rendimientos y por ende los márgenes de refinación.

- d. Entrenamiento en campo y sala de control en la unidad de Movimiento productos donde se participó en actividades tales como alineación de tanques de recepción de productos fuera de especificación y/o en calidad, preparación de productos como gasolinas de diferente octanaje, diésel y petróleos industriales, transferencias entre tanques o a las plantas de ventas, así mismo se participó en las actividades de recepción de crudos de importación y despacho de buques de cabotaje vía su Terminal Submarino y Muelle de Carga Líquida, entre otras actividades como la toma de muestras, medición de temperaturas y niveles en tanques entre otros.

#### PROYECTO MODERNIZACIÓN REFINERÍA TALARA - PMRT, UNIDAD FLEXICOKING (FCK)

- a. Revisión de la ingeniería básica y de detalle de la unidad (balances de materia y energía; modos de operación de la unidad, narrativas de control, matrices causa efecto, etc.). Así como la revisión de la flexibilidad operativa de la unidad para sus diferentes casos de diseño (cargas de residual de vacío con 27.3% y 32.4% de CCR), evaluación de rendimientos de los destilados y determinación de las condiciones de operación de las secciones de Reacción, Fraccionamiento, Tratamiento de Flexigas y Manejo de Coke de la unidad, todo lo anterior como actividades preliminares a las pruebas de aceptación (MAT, FAT, y SAT) del simulador de procesos (OTS), el cual engloba una arquitectura de hardware y software para el entrenamiento de operadores de sala de control, que mediante un modelo de simulación dinámica del proceso permitirá emular las acciones del Sistema de Control Distribuido (DCS), Sistema de parada de emergencia (ESD) y el Sistema de fuego y gas (FGS) como si se tratase de una operación real y poder replicar dicho entrenamiento tanto en las pruebas de garantía del panel de control real como en las fases de comisionado, primer arranque y operación normal de la unidad, lo que permitirá a la operación reducir el riesgo de tomar acciones equívocas por parte de los operadores en el panel de control,

minimizar las consecuencias que estas puedan desencadenar y como parte del cumplimiento del artículo 16 - capítulo V, capacitación inicial de los empleados, de la resolución del consejo directivo de OSINERGMIN N° 203-2020-OS/CD “Disposiciones para la implementación de un sistema de gestión de seguridad de procesos en las instalaciones donde se realizan actividades de refinación y procesamiento de hidrocarburos”.

- b. Supervisión de actividades de precomisionado y comisionado de los sistemas instrumentados de la unidad, tanto en las pruebas de lazos de control y lógicas de control correspondientes al Sistema de Control Distribuido (DCS), las pruebas de enclavamientos de seguridad de procesos correspondientes al Sistema de Parada de Emergencia (ESD) y el Sistema de detección de Fuego y Gas (FGS); así mismo supervisión de la implementación del Simulador de Entrenamiento de Operadores (OTS) en todas sus etapas de pruebas de aceptación.
- c. Elaboración de instructivos de entrenamiento de operadores de sala de control a ser aplicados en el OTS, para realizar maniobras como el cambio de modos de operación, secuencias de arranque de planta, plan de acciones en emergencias operativas, correcciones de desviaciones de variables de proceso y actividades de paradas programadas y por emergencia de la unidad.
- d. Supervisión de actividades de precomisionado y comisionado de quipos rotativos (bombas centrífugas, compresor eléctrico triple etapa, turbo-soplador de aire, etc.), equipos estáticos (reactores, generadores de vapor, columnas de fraccionamiento, absorción y despojamiento, etc.) y paquetes de inyección de químicos de la unidad FCK. Participando en la supervisión de actividades como pruebas hidrostáticas, pruebas de hermeticidad y soplado de líneas de proceso, prueba de arranque de motores de bombas y compresores acoplados, desacoplados y con fluidos de prueba, prueba de estanqueidad de recipientes, y actividades de preservación de equipos.
- e. Coordinación en la implementación de la secuencia arranque, paros programados y paros de emergencia de las unidades proceso del PMRT - unidad FCK en específico y revisión de las implicancias con las unidades ubicadas aguas arriba y abajo de la unidad a fin de no afectar su normal operación.

- f. Participación en la implementación del sistema de gestión operativa de la nueva Refinería Talara – Revisión de instructivos operativos en general (Campo y Sala de control).

### 2.1.3 Personal a su cargo y sus responsabilidades

Sin personal a cargo en ambas posiciones, se desempeñaron las funciones como parte de grupos de trabajo bajo la dirección de coordinadores asignados por la jefatura Interfase del Proyecto Modernización Refinería Talara. En la posición de entrenamiento no se tuvo personal a cargo, sin embargo, si se contó con personal de soporte y de adiestramiento asignado por la Jefatura de Procesos de la antigua Refinería Talara, dicho personal (operadores técnicos de planta y sala de control) tenían como funciones lo siguiente:

- a. Operación de equipos rotativos (Bombas, Turbinas de vapor, compresores).
- b. Operación de equipos estáticos (Intercambiadores de calor, Filtros, etc.).
- c. Toma de muestras de crudo, destilados, efluentes de proceso, catalizador, etc.
- d. Entrega de equipos en condiciones seguras para trabajos de mantenimiento.
- e. Ejecutar maniobras operativas (manipulación de válvulas con diferentes propósitos).
- f. Seguimiento a las variables de procesos tanto en campo como en sala de control.

### 2.1.4 Función ejecutiva y/o administrativa

No se tuvieron recursos asignados como presupuestos o personal a cargo, sin embargo, si se realizaron informes de reporte y comunicación a las jefaturas inmediatas de actividades de entrenamiento y avance de trabajos por parte de contratistas:

- a. Informes de las actividades de entrenamiento en las distintas dependencias de la antigua refinería Talara (detallando de maniobras operativas, personal a cargo, actividades de mantenimiento, aspectos de seguridad y gestión de aspectos ambientales).
- b. Reportes y llenado de bitácoras con los eventos operativos, maniobras no rutinarias, variables de proceso, resultado de muestras del laboratorio y relación de permisos de trabajos de mantenimiento en ejecución correspondientes a las guardias.
- c. Reporte y seguimiento de avances de trabajos de los contratistas del PMRT en función a los cronogramas establecidos, para las pruebas de aceptación y actividades

relacionadas a la implementación de la sala de entrenamiento de operadores (OTS) de la unidad de conversión profunda (FCK).

## **2.2 AYESA PERÚ S.A.C.**

### **2.2.1 Cargo dentro de la organización**

Ingeniero de Proyectos de la Dirección Industria, destacado a la Refinería la Pampilla dentro de la Gerencia de Ingeniería y Desarrollo, en la Jefatura de Ingeniería de Proyectos.

### **2.2.2 Responsabilidades**

- a. Organizar Kick-off Meeting con involucrados (Especialistas, procesistas, el cliente y otros) para definir del alcance del proyecto a ejecutar.
- b. Elaborar estimados de inversión, propuestas de inversión para la aprobación de presupuestos en los comités de Inversiones.
- c. Coordinar reuniones de lanzamiento de proyectos (KOM) y adjudicación de proyectos (evaluación de propuestas técnicas y cotizaciones económicas).
- d. Revisar los expedientes de ingeniería básica y simular los procesos a ser implementados por los proyectos, en las unidades de Destilación, Movimiento de productos y Operaciones de despachos (estaciones de carga de camiones cisterna de gasolinas, diésel, GLP y asfaltos).
- e. Revisar los expedientes de ingeniería de detalle (diagramas de flujo de procesos - PFDs, tuberías e instrumentos - PIDs, hojas de datos de equipos e instrumentos, planos isométricos, planos de implantación, metrados, etc.), contraste con estándares de diseño propios del cliente, normas técnicas internacionales API y nacionales NTP.
- f. Coordinaciones con las diferentes áreas de la planta (Mantenimiento de equipos estáticos, dinámicos, eléctricos y de instrumentos entre otros) para la integración de la ingeniería en sus distintas fases (durante el desarrollo de la ingeniería de detalle, ejecución de la obra, comisionado y entrega final de los proyectos).
- g. Selección y evaluación técnica de los distintos materiales a adquirir para cada disciplina (materiales eléctricos, mecánicos, de instrumentación entre otros).
- h. Gestionar las actividades de procura del proyecto, compras de materiales y adjudicación de servicios (Adjudicaciones directas - Contratos Marco).

- i. Elaboración de Pliego de condiciones particulares para la adjudicación de mano de obra de construcción (como etapa inicial de los procesos de licitación para la realización de los proyectos).
- j. Supervisar y realizar el seguimiento del avance los proyectos a los contratistas de ingeniería y construcción. (durante el desarrollo y ejecución del proyecto).
- k. Supervisar la ejecución de los trabajos (cumplimiento de plazos, gestión de facilidades, permisos de trabajo, aspectos de seguridad, calidad, auditorías, etc.).
- l. Gestionar el pre- comisionado, comisionado y supervisar de puesta en servicio de los proyectos previo a la entrega final de las instalaciones a los usuarios.
- m. Revisar los Dossier de calidad de la obra previo a la aprobación final del cliente.
- n. Recopilar información de campo y elaborar los planos As Built en función a los Red Line y Dossier de calidad de ejecución de la obra en su etapa constructiva.
- o. Realizar los controles económicos, capitalizaciones y cierres técnicos de los proyectos.
- p. Gestionar los proyectos a través de herramientas SAP y Ms Project.

### 2.2.3 Personal a su cargo y sus responsabilidades

Sin personal a cargo en esta posición, como supervisor de campo bajo la dirección de los coordinadores de proyectos de RELAPAS.A.A., asignados por la jefatura de Ingeniería. Los trabajos fueron realizados en conjunto con otros compañeros destacados de otras disciplinas de ingeniería tales como Electricidad, Civil, Mecánica, Instrumentación, Procura entre otros al mismo nivel de responsabilidad.

### 2.2.4 Función ejecutiva y/o administrativa

- a. Elaboración de documentos de administración del proyecto como actas de constitución y de cambios de alcance, dando detalles de la magnitud de los trabajos a realizar, los plazos de ejecución y los estimados de inversión.
- b. Elaboración de reportes de resúmenes ejecutivos de seguimiento de avance de los proyectos en sus distintas etapas (avances programados vs el realizado, valorizaciones ejecutadas por el pago a contratistas, etc.).

- c. Aplicación del sistema de Gestión del cambio a las modificaciones, reemplazos y/o renovaciones ejecutadas por los proyectos a fin de monitorear la trazabilidad de los activos industriales, asegurar que se han implementado habiendo sido previamente identificados, analizados y minimizados los posibles riesgos que puedan ocasionar daños a las personas, al medio ambiente y los propios activos de la refinería.
- d. Gestión de la documentación de autorización de ejecución de trabajos por parte de las contratistas en las unidades de proceso de la refinería (gestión de permisos de ingreso de equipos especializado a refinería y gestión de permisos de trabajo).

## **2.3 ESTUDIO E INGENIERÍA APLICADA XXI S.A.**

### **2.3.1 Cargo dentro de la organización**

Supervisor de Ingeniería dentro de la división de Supervisión en la unidad de montaje, destacado a la Refinería la Pampilla dentro de la gerencia de Ingeniería y Desarrollo, en la Jefatura de Ingeniería de Proyectos.

### **2.3.2 Responsabilidades**

- a. Revisión de expedientes de Ingeniería básica, simulación de procesos para los proyectos de las unidades de Destilación y Movimiento de productos.
- b. Revisión de expedientes de detalle (Diagramas de flujo de procesos - PFDs, Diagrama de Tuberías e Instrumentos - PIDs, Hojas de datos de equipos, Planos isométricos, Planos de Implantación, Metrados, etc.), contraste con estándares de diseño y normas técnicas.
- c. Coordinaciones con las diferentes áreas de la planta (Mantenimiento de equipos estáticos, dinámicos, eléctrico e instrumental entre otros) para la integración de la ingeniería en sus distintas fases (durante el desarrollo de la ingeniería de detalle, ejecución de la obra, comisionado y entrega final de los proyectos).
- d. Selección y evaluación técnica de los distintos materiales a adquirir para cada disciplina (materiales eléctricos, mecánicos, de instrumentación entre otros).
- e. Elaboración de Pliego de condiciones particulares para adjudicación de mano de obra (Como etapa inicial de los procesos de licitación para la construcción de los proyectos).

- f. Supervisión de contratistas de Ingeniería y Construcción. (Durante el desarrollo y ejecución del proyecto), seguimiento del avance los proyectos.
- g. Supervisión de ejecución y avance de los trabajos (Plazos, facilidades, permisos de trabajo, aspectos de seguridad, auditorías, etc.).
- h. Gestión de pre- comisionado, comisionados y supervisión de puesta en servicio de los proyectos para su entrega final a los usuarios.
- i. Revisión del Dossier de calidad de la obra previo a la aprobación final del cliente.
- j. Levantamiento de información de campo y elaboración de planos As Built en función a los Red Line y Dossier de calidad de ejecución de la obra en su etapa constructiva.

### 2.3.3 Personal a su cargo y sus responsabilidades

Sin personal a cargo en esta posición, como supervisor de campo bajo la dirección de los coordinadores de proyectos asignados por la jefatura de Ingeniería de RELAPAS.A.A.

### 2.3.4 Función ejecutiva y/o administrativa

Aplicación del sistema de Gestión del cambio a las modificaciones, reemplazos y/o renovaciones ejecutadas por los proyectos a fin de monitorear la trazabilidad de los activos industriales, asegurar que se han implementado habiendo sido previamente identificados, analizados y minimizados los posibles riesgos que puedan ocasionar daños a las personas, al medio ambiente y los propios activos de la refinería.

### 2.3.5 Cronograma de realización de las actividades como bachiller

Se detallan la relación de empresas en donde se laboró como bachiller desde las más anteriores a las más recientes en orden descendente tal y como se muestra en la siguiente Tabla 2-1:

**Tabla 2- 1:**

Cronograma de realización de actividades por empresa.

EMPRESA U ORGANIZACIÓN	ACTIVIDAD DESARROLLADA	PERIODO	
		DESDE	HASTA
ESTUDIO E INGENIERÍA APLICADA XXI S.A.	Supervisión de Proyectos en la Refinería la Pampilla.	21-11-2016	03-09-2017
AYESA S.A.C.	Supervisión de Proyectos en la Refinería la pampilla.	04-09-2017	31-01-2019
PETROPERÚ S.A.	Entrenamiento en las unidades de procesos de Antigua Refinería Talara.	01-02-2019	31-12-2019
	Participación de las actividades de precomisionado y comisionado en el PMRT.	01-01-2020	Actualidad

Fuente: Elaboración propia.

### CAPÍTULO III: ACTIVIDAD TÉCNICA ASIGNADA Y LA FORMACIÓN PROFESIONAL.

Como propósito inicial del informe de suficiencia profesional se pretende mostrar una descripción teórica e introductoria de las distintas etapas de desarrollo de un proyecto de inversión de capital del rubro de ingeniería y construcción aplicable a cualquier sector productivo, como otro ámbito más de participación de un profesional de la Ingeniería Química, tanto en su etapa de concepción, desarrollo e implementación hasta sus etapas de operación y recepción de las instalaciones por parte del personal de operaciones responsables de su manejo; incluyendo además las etapas de elaboración de la documentación operativa procedimentada y la capacitación del personal designado para la operación del proyecto.

Por otro lado, para una mejor ubicación de la etapa en la que se ha participado y desempeñado funciones dentro de la implementación del Proyecto de Modernización de Refinería Talara – PMRT y sobre el cual se fundamenta el presente informe de suficiencia, se muestra a continuación un diagrama de desarrollo de un proyecto en el tiempo en el cual se señala que nos encontraríamos por concluir la fase de implantación - construcción y estaríamos previos a la puesta en marcha u operación de los activos, tal y como se aprecia en la siguiente Figura 3-1:

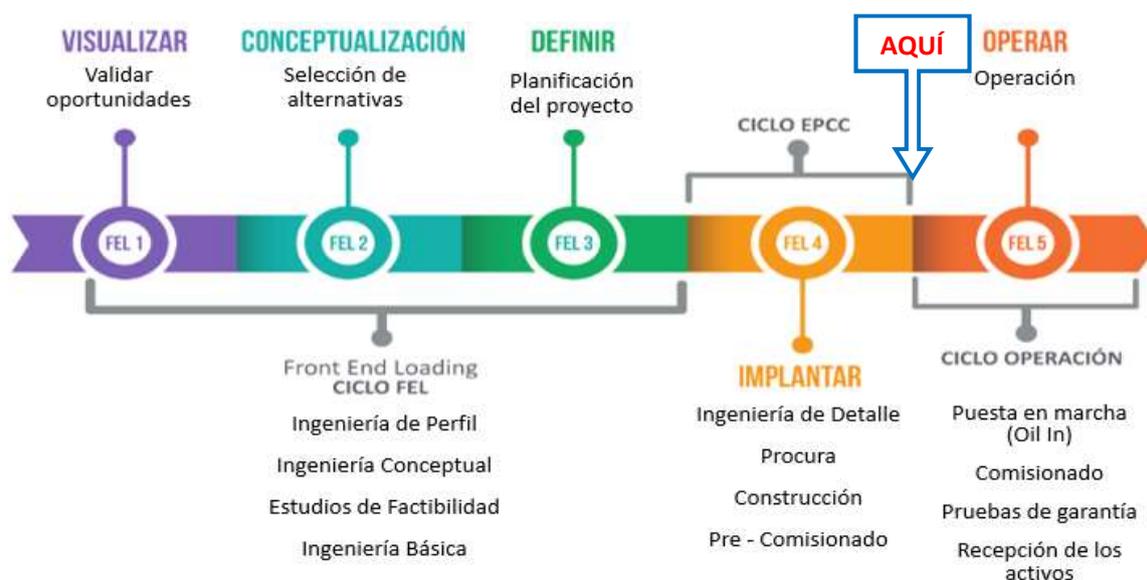
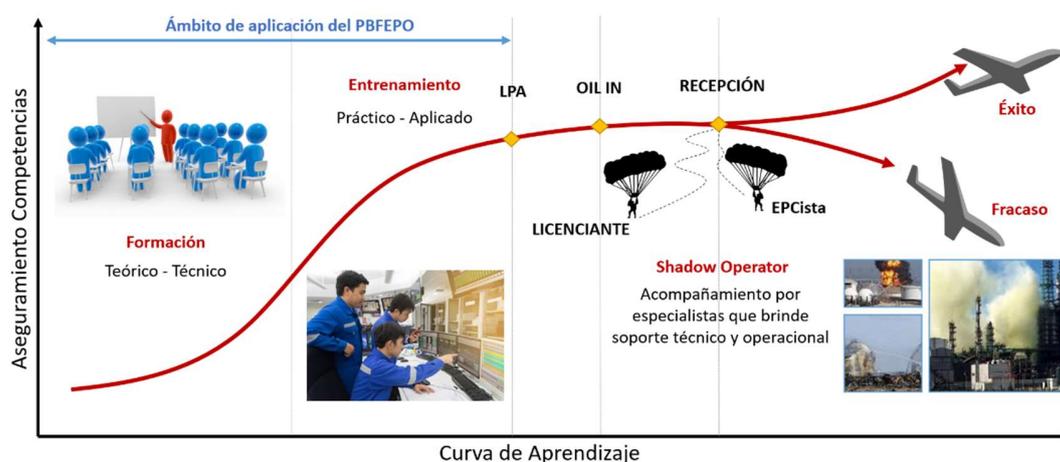


Figura 3 - 1 Diagrama referencial de las etapas de desarrollo de un proyecto.

Nota: Adaptación del diagrama de barras de la Metodología FEL Construcción Q.I. (2021)

Y como propósito principal del presente informe se va a detallar la importancia de la capacitación y entrenamiento del personal operativo para el adecuado reconocimiento, manejo, control e inspección de los activos implementados con el proyecto para garantizar una operación con altos estándares de eficiencia y seguridad que permitirán reducir el riesgo de toma de decisiones equívocas por parte del personal operador y minimizar las consecuencias que estas puedan desencadenar, todo lo anterior como actividades necesarias y previas a la etapa o al ciclo de operación del proyecto. Puesto que quien redacta el presente informe previamente ha desempeñado funciones dentro del área de ingeniería de proyectos en la Refinería la Pampilla y a la fecha dentro del Proyecto de Modernización de la Refinería Talara (PMRT) en el complejo de conversión profunda, en la unidad de procesamiento de residuos de destilación al vacío (Flexicoking - FCK); unidad que a la fecha de redacción del informe se encontraría en el término de su construcción, con actividades de pre comisionado en paralelo y con las herramientas de formación del personal en procesos de revisión y aceptación, siendo parte del equipo encargado de supervisar la implementación del plan de formación del personal y el desarrollo de las antes mencionadas herramientas de formación, participando en la elaboración de la documentación operativa previas a la puesta en marcha de la unidad y encargado de supervisar las pruebas de aceptación de su Simulador de Entrenamiento de Operadores (OTS); siendo estas actividades los componentes principales para el desarrollo del “Plan Base de Formación y Entrenamiento del Personal de Operaciones - PBFEO” implementado para el PMRT, el cual se va a mostrar en el presente informe.



*Figura 3 - 2 Ámbito de aplicación del PBFEO del PMRT.*

Nota: Diagrama de aseguramiento de competencias planteado para el PMRT.

Por otro lado, a lo largo del desarrollo del plan del informe de suficiencia se irán mencionando y repitiendo diferentes denominaciones técnicas propias del desarrollo de un proyecto y de la ingeniería asociada al proceso, por lo cual para una mayor comprensión a la posterior redacción se presenta un listado de acrónimos técnicos usados en la actividad técnica asignada del presente informe de suficiencia tal y como se muestra en la Tabla 3-1.

**Tabla 3 -1**

*Lista de Acrónimos*

<b>Acrónimo</b>	<b>Meaning</b>	<b>Significado</b>
CCR	Conradson Carbon Residue	Residuo de Carbón Conradson
DCS	Distributed Control System	Sistema de Control Distribuido
ESD	Emergency Shutdown System	Sistema de Parada de Emergencia
DFS	Design Functional Specification	Especificación Funcional del Diseño
FAT	Factory Acceptance Test	Pruebas de Aceptación en Fábrica
FCK	Flexicoking Process	Proceso Flexicoking
FGS	Fire and Gas System	Sistema de Fuego y Gas
FOD	Field Operated Devices	Dispositivos Operados en Campo
HMB	Heat & Material Balance	Balance de Materia y Energía
HMI	Human Machine Interface	Interfaz Hombre-Máquina
IV	Instructor Variable	Variable del Instructor
KPV	Key Performance Variable	Variables principales de desempeño
LPA	-	Listo para Arranque
LS	Low Pressure Steam	Vapor de Media Presión
MAT	Model Acceptance Test	Pruebas de Aceptación del Modelo
MS	Medium Pressure Steam	Vapor de Media Presión
NFPA	National Fire Protection Association	Asociación Nacional de Protección contra el Fuego
OIL IN	-	Ingreso de Carga - Hidrocarburo
OTS	Process Training Simulator System	Simulador de Entrenamiento de Operadores
PBFEP	-	Plan Base de Formación y Entrenamiento del Personal de Operaciones
PID	Piping and Instrumentation Diagram	Diagrama de Tuberías e Instrumentos
PFD	Process Flow Diagram	Diagrama de Flujo de Procesos
PMRT	-	Proyecto de Modernización de Refinería Talara
QHSE	Quality, Health, Safety and Environment	Calidad, Salud, seguridad y Medio Ambiente
RV	Vacuum Residue	Residual de Vacío
RFTL	-	Refinería Talara
SAT	Site Acceptance Test	Pruebas de Aceptación Final en Sitio
TOJ	Training On Job	Entrenamiento en el puesto de trabajo

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1 Labores y tareas sobre el tema asignado

A continuación, se describen las labores y tareas relacionadas con el tema asignado y que sirvieron para el desarrollo del presente informe, el cual tiene por objeto describir y establecer una estrategia de capacitación y entrenamiento para el personal de operaciones de Petroperú en la sede Refinería Talara; el cual tuvo aplicación en las etapas previas a la puesta en marcha del proyecto de modernización de la Refinería Talara – PMRT, así como se aprecia en la Figura 3-3. Dicha estrategia de capacitación y entrenamiento se desarrolló a través de dos grandes componentes, comprendiendo el primero a el diseño y desarrollo del plan de formación y la elaboración de las herramientas requeridas para su ejecución; y el segundo la implementación y entrenamiento en simuladores OTS. Dicho plan de formación fue implementado con orientación al sector de hidrocarburos acorde a las tecnologías de proceso de las cuales se conforma el PMRT, y para el cual se desarrollaron las siguientes actividades:

- a. Diseñar la estructura del Plan Base de Formación y Entrenamiento del Personal de Operaciones (niveles y grados de formación), el mismo que está conformado por etapas de capacitación (formación en gabinete y entrenamiento en puesto de trabajo) y soportado por diversas herramientas de formación con distintos grados de instrucción general y específica (selección de la documentación técnica y elaboración de documentación operativa procedimentada). Tal como se aprecia en la Figura 3-3 y la Tabla 3-2.



*Figura 3 - 3 Esquema resumen del PBFEO del PMRT.*

Nota: Esquema con las etapas de capacitación teórica y práctica planteados para el PMRT.

Es preciso mencionar que, dentro de la estrategia para el aseguramiento de competencias del personal se consideró la contratación de empresas especialistas para la supervisión de cada etapa de capacitación y para la certificación del personal. Contando así con la compañía ISS INTERNATIONAL SPA para las etapas de formación y de entrenamiento TOJ, con la compañía HONEYWELL para la etapa de entrenamiento en OTS y con el CONSORCIO ODI para el servicio de operación asistida posterior a la aplicación del PBFEP0 y durante las pruebas pre arranque, puesta en marcha y maniobras de estabilización del PMRT.

**Tabla 3 - 2**

*Plan Base de Formación y Entrenamiento de Personal.*

<b>PLAN BASE DE FORMACIÓN Y ENTRENAMIENTO DE PERSONAL</b>			
<b>ETAPAS DE CAPACITACIÓN</b>	<b>HERRAMIENTAS DE FORMACIÓN</b>		
<b>ETAPA DE FORMACIÓN</b>	A. Curso integral de QHSE.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reglamento interno de seguridad y salud en el trabajo.</li> <li>• Matrices IPERC, Ambientales.</li> <li>• Ley N°-29783, DS-043-2007-EM.</li> </ul>	<b>INSTRUCCIÓN GENERAL</b>
	B. Introducción a refinería.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esquema integral de refinación – Casos operación.</li> <li>• Bases de diseño del proceso de refino.</li> </ul>	
	C. Curso básico de procesos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de operaciones.</li> <li>• PIDs Y PFDs.</li> </ul>	
	D. Procesos y operación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimientos de arranque y parada de la unidad.</li> <li>• Instructivos de operación de equipos.</li> <li>• Procedimientos operativos.</li> </ul>	
	E. Condiciones de emergencia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matrices causa efecto ESD, FGS.</li> <li>• Procedimientos operativos de emergencia.</li> <li>• Procedimientos de arranque y parada de la unidad.</li> </ul>	
<b>ETAPA DE ENTRENAMIENTO</b>	F. Entrenamiento en el puesto de trabajo – TOJ.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instructivos de operación de equipos.</li> <li>• Procedimientos operativos de emergencia.</li> <li>• PIDs Y PFDs.</li> </ul>	<b>INSTRUCCIÓN ESPECÍFICA</b>
	G. Entrenamiento con simuladores OTS.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de especificación funcional – OTS.</li> <li>• Cuaderno de ejercicios Operadores / Instructores.</li> <li>• Manual de componentes del Experion – Honeywell.</li> </ul>	

Fuente: Elaboración propia.

Para dicho “Plan Base de Formación y Entrenamiento del Personal de Operaciones - PBFEPPO”, se estableció una etapa macro de formación teórica - técnica y otra etapa de entrenamiento práctico – aplicado, y para cada una de estas etapas se contempló cursos específicos con sus respectivos temarios que se describen con mayor detalle en el Anexo B. Así mismo para cada una de las diferentes etapas de capacitación se definieron objetivos diferenciados los cuales se pueden apreciar en la Tabla 3-3, y en adición se prestablecieron diferentes criterios de evaluación (ver Anexo A) para la medición del desempeño del personal a lo largo del proceso de formación y determinar su condición final de apto o no apto para formar parte del personal a participar en las etapas de comisionado, puesta en marcha, las pruebas de garantía y la operación normal del PMRT.

**Tabla 3 - 3:**

*Objetivos por etapas y niveles de capacitación.*

<b>OBJETIVOS POR ETAPAS Y NIVELES DE CAPACITACIÓN</b>	
<b>I. ENTRENAMIENTO TEÓRICO – TÉCNICO</b>	
(1) Formación general para personal operativos, administrativos y de mantenimiento.	
(2) Formación específica para personal operativo exclusivamente.	
A. Curso integral de QHSE. (1)	Concientizar al personal acerca de realizar toda actividad en forma segura, responsable con el medio ambiente, y con altos estándares de calidad. A fin de resguardar la salud de las personas, minimizar el impacto al medio ambiente y maximizar la rentabilidad del negocio.
B. Introducción a refinería. (1)	Homogenizar los conocimientos básicos de refinación del personal experimentado y personal nuevo proveniente de diferentes industrias con diferente experiencia previa. Presentar el esquema de refino del PMRT, e interiorizar en el personal que toda actividad y/o decisión que se tome en sus puestos de trabajo tendrán impactos significativos en las diferentes unidades ubicadas aguas arriba y/o abajo.
C. Curso básico de procesos. (2)	Presentar al personal previamente seleccionado y asignado la unidad de proceso en específico, detallando sus bases de diseño, los equipos principales, las materias primas e insumos químicos, los productos terminados, las condiciones

de operación, los Utilities requeridos, los principales efluentes y demás. A fin de conocer como está constituida la unidad, saber cómo funciona y sus principales objetivos.

- D. Procesos y operación.  
(2) Presentar y detallar los procedimientos de operación de la unidad para cada uno de sus etapas dentro del ciclo de operación de un proceso productivo (Ver Figura 3-4), a fin de instruir al personal y dotarlos del conocimiento previo para la manipulación y operación del equipamiento instalado en su unidad.
- E. Condiciones de emergencia.  
(2) Concientizar de los probables problemas y fallas que se pueden presentar durante la operación de la unidad, mostrar las capas de protección con los que cuenta unidad a nivel prevención y mitigación (Ver Figura 3-12) e instruir al personal respecto del cómo actuar ante estos eventos.

### OBJETIVOS POR ETAPAS Y NIVELES DE CAPACITACIÓN

#### II. ENTRENAMIENTO PRÁCTICO – APLICADO

- (3) Formación específica para personal operativos que desempeñe labores en planta.  
(4) Formación específica para personal operativo que desempeñe labores en sala de control.

- F. Entrenamiento en el puesto de trabajo – TOJ.  
(3) Localizar la unidad respecto de otras y sus respectivos límites de batería, identificar la ubicación de los equipos y su interconexión a través del recorrido de las líneas de proceso, así como reconocer la instrumentación instalada componentes de los sistemas DCS, SIS y FGS. Así mismo simular el uso de los procedimientos e instructivos operativos a usarse en una futura situación real. Con el fin de familiarizar al personal con la infraestructura donde llevará a cabo sus funciones.
- G. Entrenamiento con simuladores  
OTS. (4) Simular el monitoreo y operación del proceso desde las estaciones de control, a fin de familiarizar a los operadores con los esquemas de control, el panel de atención de alarmas, las respuestas de las diferentes estrategias de control, las acciones y efectos de los sistemas de seguridad SIS y FGS, así como las acciones requeridas de ejecutar por el personal de planta. Además, poder simular el uso de los procedimientos e instructivos operativos a usarse en una futura situación real y adiestrarse en saber cómo responder en las diferentes etapas de operación del proceso.

- b. Revisar las bases de diseño de la unidad (calidad de las cargas a procesar, especificación de los productos y subproductos, la demanda de servicios industriales, los insumos químicos, etc.), la ingeniería básica y de detalle de la unidad (modos de operación de la unidad, narrativas de lazos control, matrices causa efecto, HMBs, PFDs, PIDs, SIFs, información técnica de equipos de proveedores especialistas, etc.), así mismo revisar la documentación técnica de los sistemas instrumentados de la unidad correspondientes al DCS (esquemáticos de control y diagramas de lazo de instrumentación acordes a las normas ANSI/ISA 5.1-5.4, ISA 5.3 y Global Practice propios de la compañía), analizar los enclavamientos de seguridad de procesos correspondientes al ESD y revisión de las lógicas de accionamiento del FGS. Y en adición analizar la flexibilidad operativa de la unidad para sus diferentes casos de diseño en su estado estacionario, evaluar el rendimiento de los productos de interés y la determinación de las condiciones óptimas de operación de la unidad (ventanas operativas y guías de control). Siendo las actividades antes descritas necesarias y útiles para la selección de la documentación técnica y la elaboración de la documentación operativa procedimentada que serían usadas como herramientas de formación tanto para el nivel de formación teórico - técnico y el nivel práctico - aplicado (ver tablas 3-4 y 3-10).



*Figura 3 - 4 Ciclo de operación de un proceso productivo.*

Nota: Elaboración propia.

- c. Elaborar y revisar de las distintas herramientas de formación y documentación operativa para cada una de las etapas del ciclo operativo de la unidad de proceso que se aprecia en la Figura 3-4, acorde con lo que exige el artículo 12 del capítulo IV de la resolución del consejo directivo de OSINERGMIN N°203-2020-OS/CD, lo cual contempla los manuales de operaciones, procedimientos de maniobras de arranque y parada de la unidad, así como los instructivos de operación de equipos (puesta en marcha, operación y puesta fuera de servicio para entregas a mantenimiento), procedimientos de operación de unidades paquetizadas (equipos mecánicos mayores, skid de dosificación de productos químicos, etc.) y los procedimientos de respuesta ante emergencias operativas (ya sea por fallas en unidades aguas arriba, aguas abajo, por falla de suministros y otros eventos).

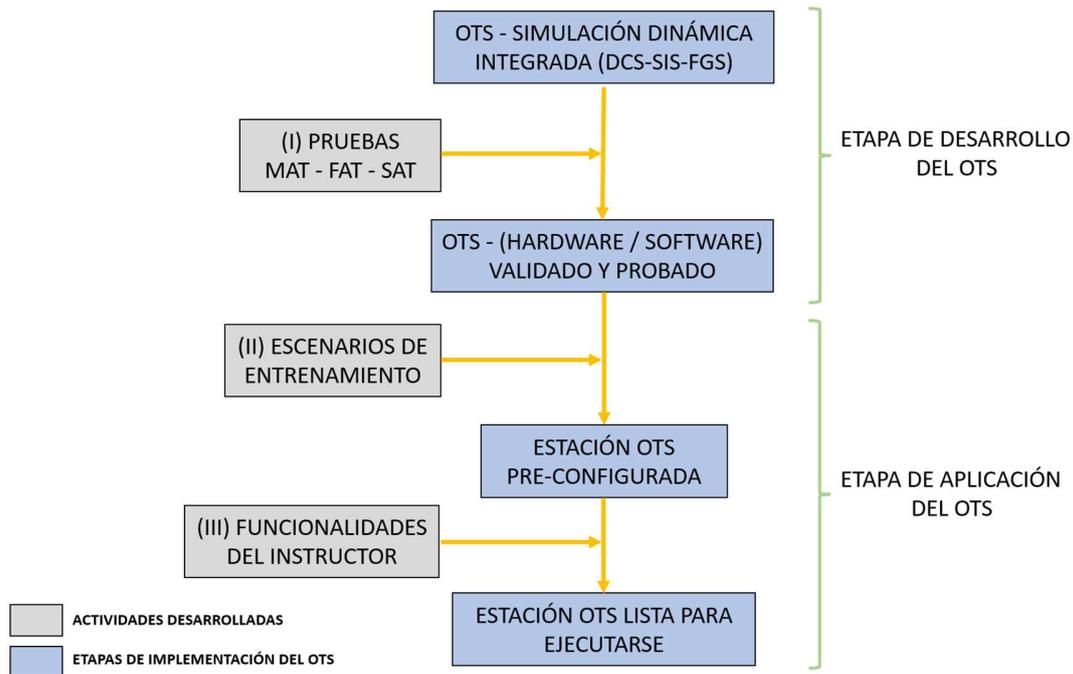
**Tabla 3 - 4:***Herramientas de formación para el entrenamiento Teórico - Técnico.*

<b>HERRAMIENTAS DE FORMACIÓN POR ETAPAS Y NIVELES DE CAPACITACIÓN</b>		
<b>I. ENTRENAMIENTO TEÓRICO - TÉCNICO</b>	<b>INFORMACIÓN TÉCNICA REQUERIDA</b>	<b>HERRAMIENTAS DESARROLLADAS</b>
A. Curso integral de QHSE.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reglamento interno de seguridad y salud en el trabajo.</li> <li>• Política de seguridad y medio ambiente.</li> <li>• Procedimiento para la gestión de permisos de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matrices IPERC.</li> <li>• Matrices ambientales.</li> <li>• Mapas de riesgos.</li> </ul>
B. Introducción a refinería.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esquema de refinación del PMRT.</li> <li>• Bases de diseño del PMRT.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de refinación.</li> </ul>
C. Curso básico de procesos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama PFDs.</li> <li>• Diagramas P&amp;IDs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de Operaciones.</li> </ul>
D. Procesos y operación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama PFDs.</li> <li>• Diagramas P&amp;IDs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimientos de arranque y parada de la unidad FCK.</li> <li>• Instructivos de operación de equipos.</li> </ul>
E. Condiciones de emergencia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matrices causa-efecto del SIS y FGS.</li> <li>• Narrativas de control.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimientos de emergencia de la unidad FCK.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, como segundo componente del Plan Base de Formación y Entrenamiento del Personal de Operaciones que desempeñarían labores en la sala de control, se participó de la implementación de los Simuladores de Entrenamiento de Operadores del PMRT, desde su etapa de desarrollo hasta la etapa de su aplicación. En donde se desarrollaron actividades como la supervisión de las pruebas de aceptación (MAT, FAT, y SAT) hasta la etapa de planificación de la metodología de funcionamiento y posterior aplicación del OTS; las cuales permitieron el desarrollo de los diferentes formatos de aplicación y evaluación, en

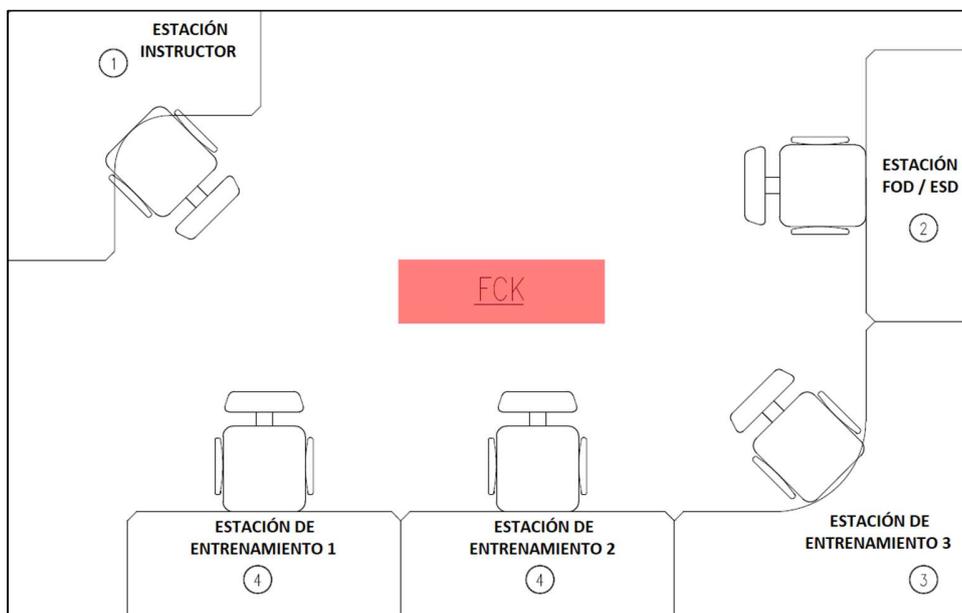
donde se definieron las funcionalidades del instructor – evaluador y se listaron las respuestas esperadas de parte del personal evaluado para cada uno de los diferentes escenarios de entrenamiento en dicho simulador. Tales etapas de desarrollo y aplicación se muestran en la Figura 3-5.



*Figura 3 - 5 Etapas de desarrollo y aplicación del OTS.*

Nota: Elaboración propia.

Así mismo es preciso indicar que dicho Simulador de Entrenamiento de Operadores implantado y sobre el que se trabajó las etapas de desarrollo y aplicación antes mencionadas están principalmente constituidas por la estación de entrenamiento del personal de operaciones, la estación de simulación de los dispositivos manipulados en campo FOD, la estación de configuración y manipulación de los sistemas de seguridad de procesos ESD y la estación de supervisión del instructor – evaluador, tal y como se aprecia en la distribución de la Figura 3-6.

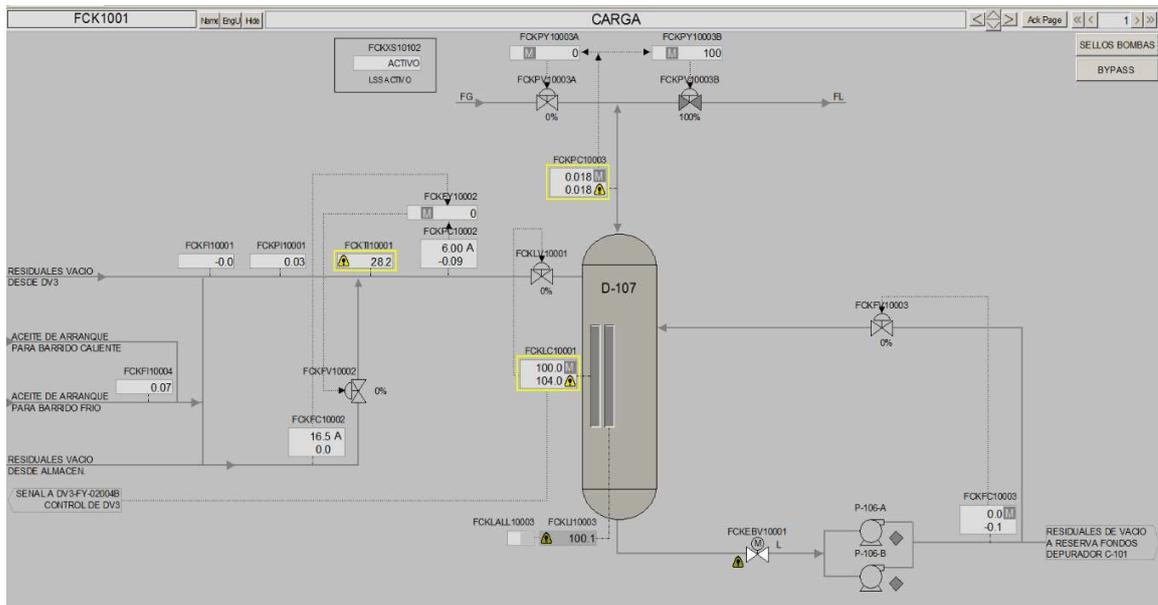


*Figura 3 - 6 Plano de distribución del OTS - Unidad FCK del PMRT.*

Nota: Elaboración propia.

Como parte de las etapas de desarrollo del OTS se detallan en los siguientes ítems las actividades que se realizaron durante las pruebas del simulador (I), acorde a la Figura 3-5:

- a. Supervisión del proceso de pruebas MAT del OTS en sus distintas etapas desde la revisión de los protocolos de aceptación, la verificación del alcance del modelo (donde se revisa el paquete de simulación, los esquemáticos gráficos HMI, equipos de proceso, válvulas, controladores e indicadores se corresponden con los PIDs), la verificación de las condiciones del estado estable o estacionario (donde se revisa las distintas variables de operación y se contrastan con los valores de los balances de materia y energía para los distintos casos de diseño del proceso), la verificación de los gráficos del equipamiento montado en campo (donde se revisa la representación del equipamiento y sus interconexiones, se verifica la integración e interconexión entre equipos mayores y menores, la disposición de objetos y animaciones dinámicas comparados con los esquemáticos HMI reales del DCS), verificar la respuesta dinámica de algunas variables de control más críticas del proceso ante perturbaciones partiendo del estado estacionario (donde se validan la correcta acción de los lazos de control en concordancia con sus narrativas y/o lógicas de control asociadas).



*Figura 3 - 7 Esquemático HMI montados en las estaciones de control DCS.*

Nota: Captura tomada del proceso en un estado estacionario bajo rangos de control sin alarmas.

- b. Así mismo como parte de las pruebas MAT se tuvo que verificar la simulación de fallas nativas o malfuncionamiento de equipos o instrumentos y así poder verificar la respuesta dinámica del modelo ante dichas perturbaciones (donde se verifica la respuesta dinámica del modelo ante perturbaciones generadas por dichas fallas para equipos específicos como válvulas de control o válvulas motorizadas, transmisores, bombas, variables asociadas a intercambiadores de calor, y con criterios de aceptación correspondientes con el comportamiento similar al de la planta real en términos de variaciones de flujo, deterioro del desempeño de equipos, ruido en las señales, severidad de fugas o según corresponda a la falla nativa ejecutada), y finalmente verificar la disposición y funcionalidad de los dispositivos (equipos e instrumentos) que son operados de forma manual en campo (FODs) acorde a los PIDs y las especificaciones funcionales de diseño (DFS) del OTS tal y como se aprecia en la Figura 3-8.

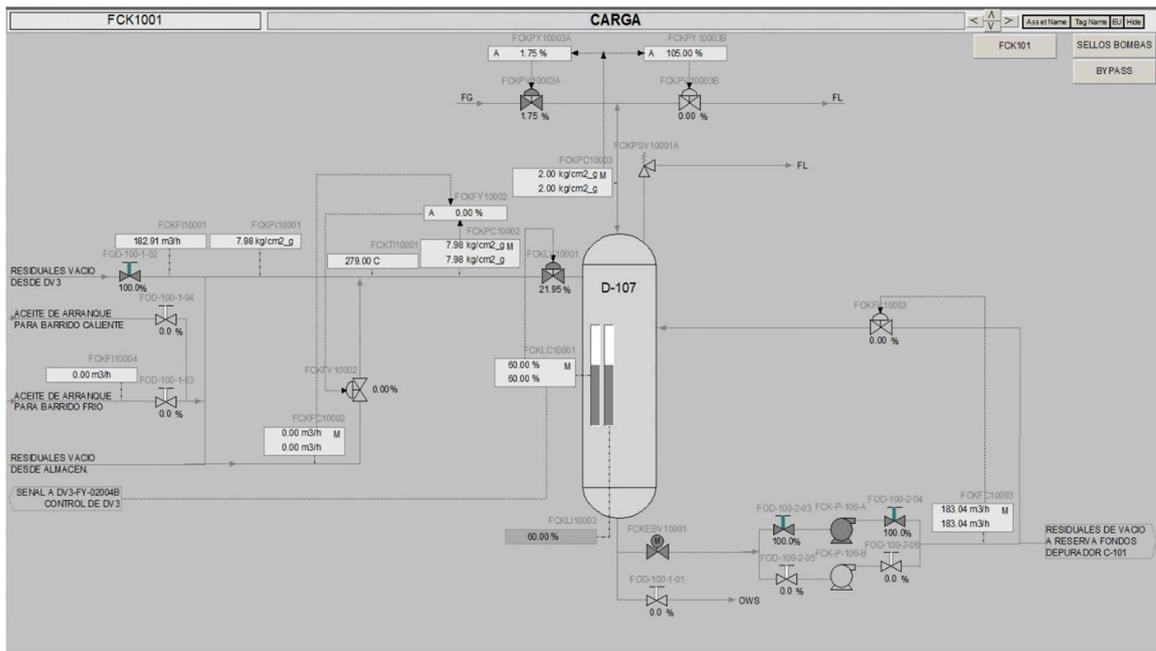
Tabla 3 - 5

*Etapa de aceptación – Pruebas MAT*

<b>PRUEBAS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN - ETAPA MAT</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Descripción de la prueba</b>	<b>Criterio de Aceptación</b>
1	Revisión de la interface HMI - esquemáticos de control, gráficos del instructor, descripción del sistema. Explicación general de uso el software de simulación.	
2	Prueba MAT-01. Alcance del modelo.	El alcance del modelo del simulador y los gráficos HMI coincide con lo marcado en los DTI.
3	Prueba MAT-02. Condiciones de estado estable. Balance de materia y energía.	El modelo de proceso se encuentra en estado estable y cumple con el criterio de error permitido (+/- 5% para variables críticas y +/- 10% para variables no críticas).  $Error = \left( \frac{Valor\ del\ Modelo - Valor\ de\ Referencia}{Rango\ del\ Instrumento} \right) \times 100\%$
4	Prueba MAT-03. Verificar los gráficos de Campo.	Los gráficos de campo deben seguir los estándares especificados en el FDS.
5	Prueba MAT-04. Respuesta dinámica de variables clave.	Las variables perturbadas deben responder dinámicamente en la dirección correcta y con el mismo orden de magnitud e inercias de la variable real.
6	Prueba MAT-05. Fallas nativas del simulador para intercambiadores de calor, válvulas de control, transmisores y bombas (malfuncionamientos).	El modelo del simulador debe presentar comportamiento similar al de la planta real según corresponda ante la falla nativa ejecutada.
7	Prueba MAT-06. Dispositivos operados desde campo - FODs.	La ubicación de las FODs se debe corresponder con lo marcado en los DTIs y las funcionalidades deben ser similares a las reales.

Fuente: Elaboración propia.

Es preciso indicar que la implementación de los simuladores de entrenamiento de operadores se desarrollaron a través de uno de los trabajos complementarios del contrato EPC de construcción de las Unidades Auxiliares del PMRT, el cual estuvo a cargo del Consorcio Cobra SCL UA&TC, quien a su vez subcontrató de la compañía Honeywell para la implementación de los diferentes OTS para las unidades más complejas como son la unidad de Hidrotratamiento de Diesel – HTD, unidad de Craqueo Catalítico Fluido – FCC, la unidad de Reformación Catalítica – RCA y la unidad Flexicoking – FCK. Para las cuales la contratista Honeywell y el cliente final establecieron diferentes criterios de aceptación de los diferentes OTS, tal y como se describen en las Tablas 3-5, 3-6 y 3-7.



*Figura 3 - 8 Esquemático HMI montados en las estaciones FOD.*

Nota: Captura tomada del proceso en un estado estacionario bajo rangos de control sin alarmas.

- c. Participación en la supervisión del proceso de pruebas FAT del OTS desde la verificación del levantamiento de no conformidades de las pruebas MAT, verificación de las condiciones iniciales para el arranque en frío de la unidad de proceso (donde se verifican las condiciones iniciales esperadas tales como equipos motorizados apagados, equipamiento y recipientes vacíos, temperaturas y presiones ambientales, controladores en manual con OP = 0%, válvulas de aislamiento con 0% de apertura, dispositivos a ser manipulados manualmente en el campo – FODs y las variables a ser manipuladas por el instructor - IVs en su posición por defecto), verificación y aprobación de las secuencias de arranque de la unidad de proceso (donde se verificó que el modelo de simulación, los controles y los gráficos de campo implementados en la estación del operador son capaces de ejecutar los procedimientos de arranque real de la unidad, validándose además que la dinámica del proceso y los tiempos de respuesta corresponden a los esperados en un escenario real – Ver Figura 3-9), verificación y aprobación de las secuencias de parada de la unidad de proceso (donde se verificó que el modelo de simulación es capaz de exhibir respuestas dinámicas adecuadas en términos de dirección e inercia ante los procedimientos de un parada programada de la unidad).

Tabla 3 - 6

*Etapa de aceptación – Pruebas FAT.*

PRUEBAS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN - ETAPA FAT		
Ítem	Descripción de la prueba	Criterio de Aceptación
1	Reunión de arranque las pruebas FAT.	
2	Prueba FAT-01. Revisión del formulario de no conformidades de las pruebas MAT.	El formulario de no conformidades de la MAT será revisado y cerrado durante las pruebas FAT.
3	Prueba FAT-02. Condiciones de estado inicial para arranque de la planta en frío.	El modelo se presentará con las siguientes condiciones iniciales: * Todos los equipos motorizados apagados. * Todos los equipos vacíos. * Presión y temperatura ambiente. * Todos los controladores en modo manual y con OP = 0% y las válvulas de aislación a 0%. * Todos los FOD y las IVs en su posición por defecto.
4	Prueba FAT-03. Ejecución del procedimiento de arranque de la unidad.	El modelo representa adecuadamente la dinámica del proceso esperado durante los procedimientos de arranque de la planta.
5	Prueba FAT-04. Ejecución del procedimiento de parada de la unidad.	El modelo exhibe respuestas dinámicas adecuadas, en términos de dirección e inercia, ante un paro programado de la planta.
6	Prueba FAT-05. Validación de las variables a ser manipuladas por el instructor.	El modelo responde adecuadamente a cada variable seleccionada por el instructor.
7	Prueba FAT-06. Validación de escenarios de entrenamiento.	La respuesta del modelo ante la ejecución de los escenarios y las acciones correctivas es la esperada.

Fuente: Elaboración propia.

- d. Así mismo como parte de las pruebas FAT, se realizó la verificación y aprobación de las variables a ser manipuladas por el instructor (donde se verifican que dichas variables están representadas adecuadamente y generan una respuesta adecuada en el proceso cuando se activan partiendo en todo momento desde el estado estable o estacionario), así como la verificación y aprobación de escenarios de entrenamiento para casos de emergencias operativas (en donde ante el fallo de suministros como vapor MS y LS, de electricidad, aire de instrumentos, agua de enfriamiento, amina absorbidora de H<sub>2</sub>S, corte de alimentación a la unidad, pérdida de circulación en líneas de transferencia, entre otras y las acciones correctivas correspondientes, el modelo ofrece las respuestas adecuadas a las esperadas en un escenario real).



Figura 3 - 9 Gráfica de tendencia de variables de proceso.

Nota: Captura tomada del proceso en un escenario de arranque en frío de la unidad de craqueo catalítico.

- e. Supervisión en el proceso de pruebas de aceptación SAT del OTS en cada una de sus etapas desde la revisión de los protocolos de aceptación, verificación del equipamiento del OTS en su totalidad – ver Figura 3-10 (donde se verificó que tanto los componentes del hardware y software por cada licencia estén completos y funcionen bien y que los componentes se encuentren instalados acorde a la arquitectura del diseño), verificación y aprobación del encendido y apagado de los equipos (donde se verificó la normalidad del arranque del equipamiento, la carga del modelo de simulación y el apagado normal del OTS), validación y aprobación de las condiciones iniciales (donde se verificó las condiciones iniciales para el arranque en frío y para el estado estable o estacionario de la unidad, donde además se verifica la correcta carga y comunicación de la interfaz gráfica del DCS y la correspondencia de valores de entradas ya sean análogos/digitales y sus respectivos controladores con las corrientes de proceso de los PFDs para las condiciones de inicio).

Tabla 3 - 7

*Etapa de aceptación – Pruebas SAT.*

PRUEBAS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN - ETAPA SAT		
Ítem	Descripción de la prueba	Criterio de Aceptación
1	Reunión de arranque para las pruebas SAT.	
2	Prueba FAT-01. Verificar equipos en su totalidad (Hardware y Software).	Los elementos de Hardware y Software están completos y funcionan correctamente.
3	Prueba FAT-02. Validar y aprobar el encendido y apagado de los equipos.	Encender e iniciar exitosamente el simulador de entrenamiento de operadores - OTS.
4	Prueba FAT-03. Validar y aprobar condiciones iniciales.	Se revisará la correcta carga de cada escenario de entrenamiento y la comunicación de la interfaz gráfica del DCS.
5	Prueba FAT-04. Validar y aprobar la resolución de las no conformidades de las pruebas FAT.	El formulario de no conformidades de la FAT será revisado y cerrado durante el desarrollo de las pruebas SAT.

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo como parte de las pruebas SAT, se realizó la verificación del levantamiento de las no conformidades de las pruebas FAT (donde se verifica la corrección de las observaciones encontradas durante las pruebas de aceptación en fábrica).



*Figura 3 - 10 Estación de entrenamiento de operadores del OTS.*

Nota: Captura tomada a la estación del operador previo a las pruebas SAT.

Por otra parte, para las etapas de aplicación del OTS se detallan en los siguientes ítems las actividades que se realizaron para el desarrollo de los cuadernos de ejercicios para el personal de operaciones, conformado por los escenarios de entrenamiento y los formatos de aplicación - evaluación en dicho simulador (II), acorde a la Figura 3-5:

- a. Selección de los escenarios de entrenamiento y desarrollo de los procedimientos de respuesta para eventos rutinarios y no rutinarios con diferente nivel de criticidad y/o emergencias operativas de la unidad ya sea por el fallo de suministros o por eventuales desviaciones del proceso, la pérdida de alimentación principal al proceso, fallos en equipos e instrumentos, emergencias por incendios focalizados y entre otras más. Así mismo se establecieron escenarios de entrenamiento y sus respectivos procedimientos para la simulación de las distintas etapas del ciclo de operación del proceso como son la operación en el estado estacionario, operación a mínima carga o Tur Down de la unidad, maniobras de arranque inicial de la unidad, re arranque desde condiciones seguras o de espera en caliente (Safe park - Hot Stand By) y parada normal de la unidad.

### **Tabla 3 - 8:**

*Formato genérico de entrenamiento en OTS – para evaluados.*

<b>Formato de aplicación – Personal de Operaciones</b>	
1. Título del ejercicio:	Se describe el escenario de entrenamiento.
2. Objetivo técnico:	Se detalla el propósito del ejercicio.
3. Condición inicial:	Se describe condición inicial del proceso, ya sea estado estacionario, arranque en frío, o parada de la unidad.
4. Duración de la prueba:	Tiempo estimado de superación del evento.
5. Procedimiento de referencia:	Documentación de consulta, y de revisión previa. En donde se detalla las secuencias de pasos a seguir para superar el evento.
6. Elemento que inicia el escenario:	Se detalla la causa que origina el evento, fallo de instrumentos, suministros, o equipos.
7. Respuestas del modelo:	Se detalla la respuesta inmediata de las distintas variables del proceso relacionadas al ejercicio, la activación de alarmas, el disparo enclavamientos de seguridad de procesos, así como la respuesta de los lazos de control relacionados

Fuente: Elaboración propia.

- b. Elaboración de los formatos de aplicación y evaluación para el personal de operaciones por cada uno de los escenarios de entrenamiento, los mismos que van soportados por los procedimientos de respuesta. En la Tabla 3-8 se muestra dicho formato y en el mismo se detallan la metodología de llenado de los respectivos apartados.

Así mismo, como otra de las etapas de aplicación del OTS se detallan en los siguientes ítems las actividades que se realizaron para el desarrollo de los cuadernos de ejercicios para instructores, conformados por el manual de aplicación del OTS con las funcionalidades del instructor – evaluador y los formatos de aplicación en donde se detallan las premisas del escenario de entrenamiento y en adición las esperadas de parte del personal evaluado (III), acorde a la Figura 3-5:

- a. Elaboración del manual de uso y aplicación del Simulador de Entrenamiento de Operadores OTS, en donde se describen las distintas funcionalidades del instructor tales como definir las condiciones iniciales de los ejercicios, preconfiguración del escenario de entrenamiento, inducción de fallas en el ejercicio, ejecución de actividades ligadas al personal de planta tales como la manipulación de válvulas manuales o la operación de paneles de arranque y parada de equipos mediante el uso de la estación del FOD y a previo requerimiento del personal evaluado, desviación señales iniciadoras de los sistemas de seguridad y rearme de enclavamientos de procesos mediante el uso de la estación ESD y a previo requerimiento del personal evaluado, así mismo la generación de tablas y reportes del desempeño del personal en proceso de evaluación.



*Figura 3 - 11 Paneles de trabajo en estación del Instructor - Evaluador.*

Nota: Captura de la estación de manipulación de motores y válvulas de bloqueo de corte por emergencia.

- b. Elaboración de los formatos de aplicación y evaluación para instructores por cada uno de los escenarios de entrenamiento (ver ejemplo en el Anexo C), los mismos que van soportados por los procedimientos de respuesta. Así mismo en la Tabla 3-9 se muestra dicho formato y en el mismo se detallan la metodología de llenado de cada apartado.

**Tabla 3 - 9:**

*Formato genérico de entrenamiento en OTS – para instructores.*

<b>Formato de aplicación – Instructor</b>				
1. Título del ejercicio:	Se describe el escenario de entrenamiento.			
2. Objetivo técnico:	Se detalla el propósito del ejercicio.			
3. Condición inicial:	Se describe condición inicial del proceso, ya sea estado estacionario, arranque en frío, o parada de la unidad.			
4. Duración de la prueba:	Tiempo estimado de superación del evento.			
5. Procedimiento de referencia:	Documentación de consulta, y de revisión previa. En donde se detalla las secuencias de pasos a seguir para superar el evento.			
6. Elemento que inicia el escenario:	Se detalla la causa que origina el evento, fallo de instrumentos, suministros, o equipos.			
7. Respuestas del modelo:	Se detalla la respuesta inmediata de las distintas variables del proceso relacionadas al ejercicio, la activación de alarmas, el disparo enclavamientos de seguridad de procesos, así como la respuesta de los lazos de control relacionados			
8. Acciones a ejecutar por el evaluado:	Se describe las acciones esperadas acorde a los procedimientos.			
9. Criterios de evaluación:	Se puntualizan los aspectos a evaluar, como los tiempos para las acciones, el monitoreo de variables con el uso de tendencias, la secuencia de respuesta al evento, y la operación dentro rango de control esperado.			
10. Variables evaluadas:	TAG	Min.	Máx.	Unidades
Variable 1				
Variable 2				
11. Puntuación para aprobación:	Acorde a la complejidad del escenario de entrenamiento desde 0 hasta 100%.			

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, como producto de la participación en las etapas de desarrollo y aplicación del Simulador de Entrenamiento de Operadores, permitió la elaboración de las herramientas de formación y/o documentación operativa a ser usada en el OTS para la etapa de entrenamiento práctico – aplicado que se detallan en la Tabla 3-10 (ítem G).

**Tabla 3 - 10**

*Herramientas de formación para el entrenamiento Práctico - Aplicado.*

<b>HERRAMIENTAS DE FORMACIÓN POR ETAPAS Y NIVELES DE CAPACITACIÓN</b>		
<b>II. ENTRENAMIENTO PRÁCTICO – APLICADO</b>	<b>INFORMACIÓN TÉCNICA REQUERIDA</b>	<b>HERRAMIENTAS DESARROLLADAS</b>
F. Entrenamiento en el puesto de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagramas P&amp;IDs.</li> <li>• Diagramas de implantación de equipos.</li> <li>• Planos isométricos de recorrido de tuberías.</li> <li>• Manual de especificación funcional del OTS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimientos de arranque y parada de la unidad FCK.</li> <li>• Instructivos de operación de equipos.</li> </ul>
G. Entrenamiento con simuladores OTS.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de componentes del sistema Experion de Honeywell.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuadernos de ejercicios de operadores.</li> <li>• Cuaderno de ejercicios de instructores.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

### **3.2 Conocimientos técnicos de su especialidad requeridos para el cumplimiento de sus tareas, labores, funciones, etc.**

Refinación de petróleo.

Como materia fundamental para la comprensión de la tecnología del Flexicoking, sobre la cual se desarrolla el presente informe como caso de aplicación, es imprescindible el uso la bibliografía relacionada con la refinación del petróleo (Downstream) bajo un esquema de refino de alta complejidad de conversión profunda o de coquización, que convierten las fracciones pesadas y menos valiosas del petróleo mediante procesos de craqueo térmico en cortes más livianos y de mayor valor agregado.

Balance de materia y energía.

Para el entendimiento de los casos de diseño de las unidades de procesamiento, la calidad de las cargas a ser procesadas, los rendimientos, la demanda de los servicios auxiliares, el consumo energético requerido, subproductos y efluentes generados, se hace imprescindible el uso de los conceptos de balance de materia y energía de la unidad caso de estudio y así como la adecuada lectura de diagramas de bloques y diagramas de flujo de proceso.

Fenómenos de transferencia y reactores químicos.

Para la identificación de las condiciones óptimas de operación de los distintos equipos de transferencia de cantidad de movimiento, masa y de calor se hace necesario el uso de conceptos de funcionamiento y diseño de intercambiadores de calor, columnas de destilación, columnas de absorción, reactores endotérmicos de craqueo térmico y exotérmicos de combustión - gasificación, turbomáquinas como compresores y sopladores, bombas centrífugas y de desplazamiento positivo, así como la mecánica de fluidos en tuberías.

Instrumentación y control de procesos.

Como información técnica y de alta representatividad de la unidad de proceso, se hace imprescindible la lectura y comprensión de los diagramas de tuberías e instrumentos (PIDs), donde se detallan los instrumentos montados en campo y las estrategias de control implementadas tanto en el DCS como en el OTS, así como también es imprescindible la correcta interpretación de las narrativas de control del proceso, las lógicas de actuación de los sistemas instrumentadas de seguridad y los sistemas de detección de fuego y gas.

### **3.3 Planteamiento de la realidad problemática de la actividad.**

Ante un cambiante y creciente parque automotor cada vez más exigente y demandante de hidrocarburos derivados del petróleo de alta calidad, al mejor precio y con alta disponibilidad, el mercado nacional de comercialización de dichos derivados se ve reducido a contadas fuerzas de producción de dichos productos como son las refinerías la Pampilla, Talara, Conchán, Iquitos y otras contadas compañías importadoras, las cuales según regulación del ente fiscalizador del sector OSINERGMIN están sujetas al cumplimiento de brindar combustibles bajo parámetros de calidad y con inventario suficiente para suplir al mercado nacional, por lo que interrupciones de distinta índole en sus procesos continuos de producción afectarían a la balanza comercial de dicho sector y con lo cual estas empresas incurrirían en el incumplimiento de las regulaciones, costes adicionales de reprocesamiento y por ende en el pago de penalidades que finalmente afectarían los estados financieros de dichas compañías y lo mismo que no sería bien visto por sus principales grupos de interés.

Descrito lo anterior y con el objetivo de prevenir dichas interrupciones en la producción de dichas refinerías, éstas ven por conveniente el estandarizar de manera práctica y efectiva sus procesos operativos y administrativos bajo sistemas integrados de gestión corporativa (fundamentadas en normas certificadas internacionalmente de calidad, seguridad industrial, salud en el trabajo y responsabilidad ambiental), a fin de manejar de manera eficiente sus unidades de procesamiento así como a su capital humano, siendo este último el principal responsable de las tomas de decisiones en las operaciones, el mismo que por una insuficiente capacitación o por un entrenamiento deficiente podría incurrir en errores y desencadenar situaciones anormales en la operación, incluso con impactos considerables en la salud de los trabajadores, impactos al ambiente y/o poblaciones aledañas. Por lo que se hace imprescindible, a fin de reducir el riesgo de toma de decisiones equívocas y minimizar las consecuencias que estas puedan desencadenar, el contar con un plan de formación del personal operativo nuevo a través de la sistemas procedimentados (como indica la resolución del consejo directivo de OSINERGMIN N°203-2020-OS/CD) y en adición con el uso de herramientas de entrenamiento basada en simuladores, que le permitan integrarse con un alto nivel de instrucción y competencia a la operación de plantas de procesamiento existentes o que tomaran rol en proyectos de refinerías nuevas como lo es el PMRT.

### **3.4 Antecedentes referenciales y objetivo de la actividad.**

Asimismo, Ayrál, T (2013) explica que la industria de las aerolíneas considerada una de las actividades comerciales con un alto riesgo de operación por la responsabilidad que tienen los pilotos, al tener a su cargo el manejo de equipos complejos, con un alto valor de inversión, y aún de más importancia que es la vida de muchas personas a bordo; es una de las más interesadas y comprometidas con la relevancia de la capacitación y entrenamiento constante de su personal. Siendo los simuladores de vuelo y su logística de aplicación asociada una estrategia altamente eficaz para el entrenamiento de sus pilotos, la misma que les permite recrear eventos atípicos y de emergencia, como fallas de motores y aterrizaje forzosos sobre el agua, en las cuales los pilotos deben dedicar cierta cantidad de tiempo a dicho entrenamiento, para poder mantener y renovar sus certificaciones.

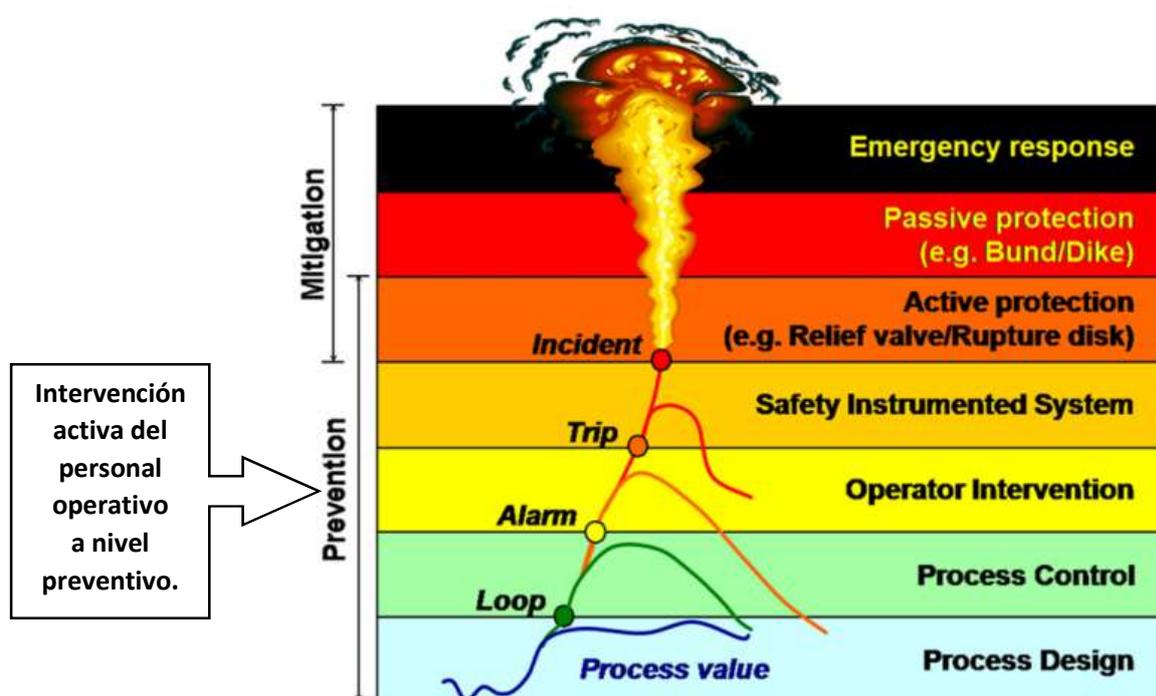
También, Fernández, J (2006) dice que es de conocimiento público que muchos eventos o situaciones anormales ya sean incidentes o accidentes en las industrias son causados por condiciones o actos inseguros, siendo ésta última constituida por el factor humano y la más saltante causa raíz de dichos eventos ya sea por desconocimiento, por omisión o por una capacitación insuficiente del personal respecto al cumplimiento de los procedimientos operativos, instructivos de trabajos u cualquier otra documentación de índole operacional, que desencadenan en daños a nivel económico, en la salud del personal, perjuicios al ambiente y comunidades aledañas.

En adición, la industria de hidrocarburos considerada una de las operaciones de más alto riesgo por el manejo de combustibles, en donde de presentarse una situación anormal en sus operaciones podrían desencadenar siniestros como incendios u explosiones con pérdidas humanas y pérdidas económicas cuantiosas; por lo cual se les hace imprescindible la implementación de diferentes sistemas de control, monitoreo y una variedad de capas de seguridad en sus procesos a niveles de prevención y de mitigación los mismos que contemplan un nivel considerable de participación del personal operativo para su efectividad, tal y como se aprecia en la Figura 3-12.

Por otro lado, los entes regulatorios y fiscalizadores internos de las actividades del sector hidrocarburos, conscientes de la magnitud de las consecuencias causadas por situaciones anormales en estos procesos, se ven en la necesidad de exigir a dichas industrias el contratar

y mantener vigente el pago de pólizas de seguros para casos de siniestros, las mismas que vienen reglamentadas bajo la resolución ministerial N°195-2010 MEN/DM.

Y es con todo lo antes descrito que se vuelve de vital importancia el minimizar el riesgo de materialización de decisiones equívocas por parte del personal operativo a través de planes de formación y entrenamiento, puesto que el personal operativo tiene una alta responsabilidad en el manejo de las unidades de procesos y más aún si se trata de tecnologías nuevas para la cual el personal no cuenta con la experiencia mínima requerida.



*Figura 3 - 12 Representación del análisis de capas de protección - LOPA.*

Nota: Método de evaluación de riesgos semicuantitativo de procesos Tao, F. (2017)

Es por ello que el presente informe pretende mostrar la relevancia de implementar un Plan Base de Formación y Entrenamiento del Personal que describa las diversas herramientas de formación, documentación técnica debidamente procedimentada, para las distintas etapas del ciclo de operación de un proceso productivo; en donde se detalle los distintos niveles de capacitación del tipo general o específica al puesto de trabajo, los mismos que partirán desde una formación teórica en gabinete hasta un entrenamiento práctico en las unidades de proceso y será afianzado con el uso de simuladores para entrenamiento del personal (OTS). Puesto

que todo lo antes descrito se vuelve necesario y recomendable previo al ciclo de operación de proyectos de ingeniería del sector de hidrocarburos como lo es el PMRT.

### 3.5 Marco teórico de los conocimientos técnicos requeridos.

#### 3.5.1 Fases de desarrollo de un proyecto de ingeniería

Las compañías cuyo Core Business o principal línea de negocio no es el desarrollo de proyectos, optan por la subcontratación de empresas especializadas en ello para el desarrollo e implantación como lo es el caso del PMRT (proyecto de ejemplo del presente informe), es así que se puede representar a modo de resumen en grandes bloques las etapas de desarrollo de un proyecto, destacando sus principales actividades y los tipos o clases de estimados de inversión acorde al nivel de desarrollo de los estudios de ingeniería así como se muestra en la Figura 3-13.

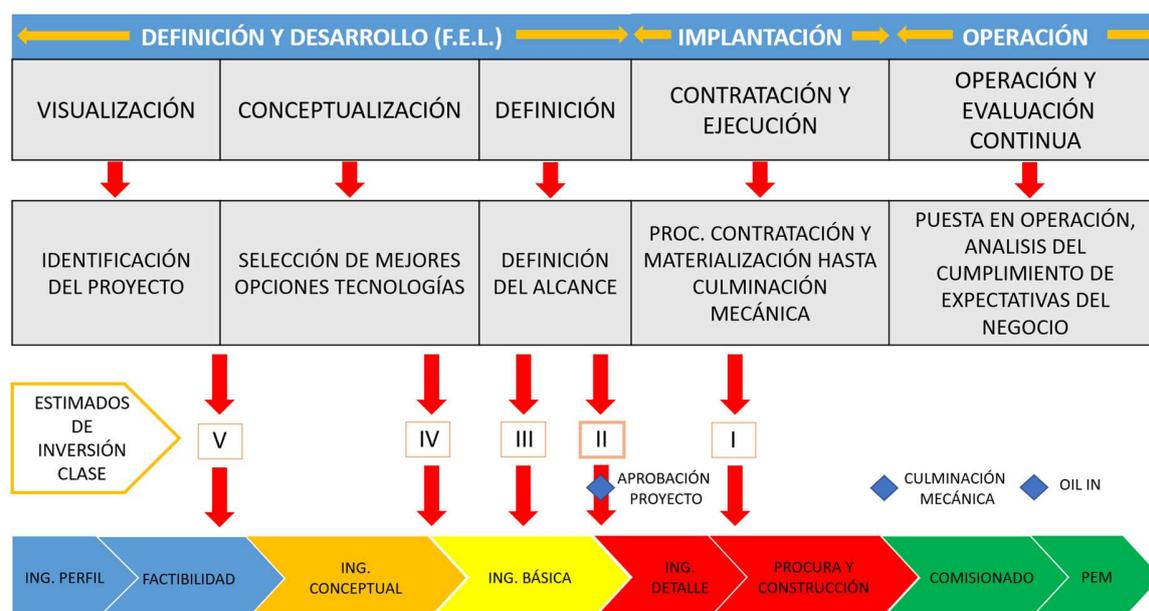


Figura 3 - 13 Esquema general de las etapas de desarrollo de un proyecto.

Nota: Adaptación con estimados de inversión y con principales actividades, Arria, N (2011)

#### A. Ingeniería de perfil

También conocida como etapa de visualización, es en esta fase que se identifican iniciativas, requerimientos y oportunidades de negocio, estimando el potencial económico, productivo y rentable sobre el proyecto. Se generan las opciones técnicas y económicamente factibles de las propuestas o ideas para el proyecto. Así mismo, según González, J (2012) en

este nivel de ingeniería se identifican los riesgos generales y las mejores estrategias que permitan optimizar los resultados de proyecto. Se presenta un estimado de inversión de clase V con rango de precisión esperado de entre -30% a +50%. Al finalizar esta fase, se genera un escenario para su posterior aprobación.

#### B. Estudios de Prefactibilidad y Factibilidad

Los estudios de Prefactibilidad, según Tume, K (2005) tienen por objetivo el realizar una investigación a nivel macro que permita contar con información sobre el proyecto a realizar, mostrando las alternativas que se tienen y las condiciones que afectan al proyecto y sobre los cuales éste tiene impacto, en aspectos de carácter técnico, económico-financiero, social, ambiental, legal y entre otros. Explica además el mencionado autor que se evalúan las alternativas más convenientes identificadas a nivel de perfil del proyecto, que permitirán determinar si existe alguna alternativa estratégica alineada con los objetivos que se pretenden. Se analizan la disponibilidad de los principales recursos que requiere el proyecto y se realizan sondeos de mercado que reflejen de forma tentativa las posibilidades del nuevo bien o servicio, en lo concerniente a la aceptación por parte del futuro público objetivo. Incluyendo la evaluación de posibles tecnologías, momento de la inversión, localización y tamaño del proyecto que permitan una mejor definición del mismo y sus componentes.

Por otro lado, Tume, (2005) indica que un estudio de factibilidad se refiere al análisis financiero, económico y social de una inversión, así como de la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señalados en el estudio de prefactibilidad, dada la selección previa de una alternativa tecnológica. Este estudio sirve para recopilar datos relevantes sobre el desarrollo del proyecto y en base a ello tomar la mejor decisión, ya sea para la aceptación de continuar con el desarrollo de un nivel mayor de ingeniería y su respectiva implementación o en su defecto el rechazo del proyecto. En dicho estudio la asignación de los recursos se realiza en función de aspectos operativos (referidos al recurso humano), técnicos (referidos a las herramientas, conocimientos, habilidades y/o experiencia previa) y económicos (referidos a los recursos económicos y financieros necesarios para su desarrollo).

### C. Ingeniería conceptual

Una vez aprobado la ingeniería de perfil (fase FEL I) y los recursos necesarios, se continua con la fase de conceptualización. Y en esta fase según González, J (2012) es donde se evalúan, seleccionan, documentan y jerarquizan los escenarios u opciones y finalmente se opta por aquel que genere mayor valor. Se inicia la planificación del proyecto con la ingeniería conceptual, se define y selecciona la alternativa tecnológica. Se profundiza en la identificación de los riesgos para minimizar la incertidumbre en los Stakeholders. Se elabora un estimado de inversión de clase IV mejor definido con rango de precisión esperado de entre -15% +30%.

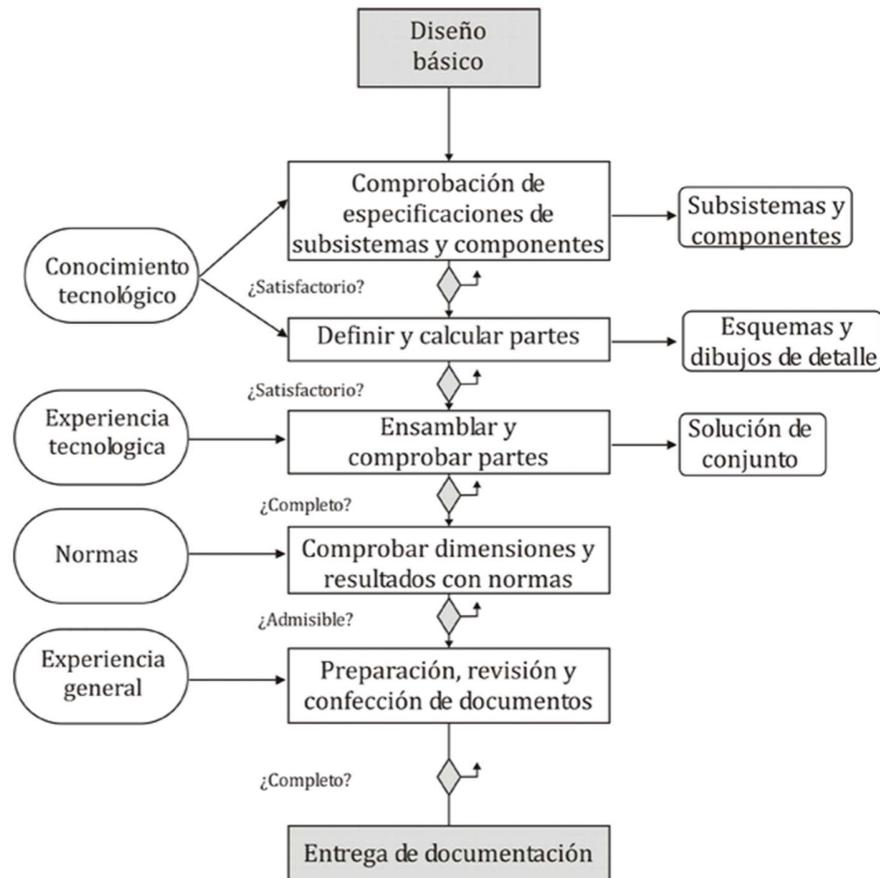
### D. Ingeniería básica

Una vez aprobado la ingeniería conceptual y los recursos necesarios, González (2012) señala que se continua con la fase de definición donde se realiza la ingeniería básica para completar el alcance, la planificación y el diseño de la opción seleccionada. Se profundiza en la evaluación de los riesgos para minimizar la incertidumbre en los Stakeholders. Se afinan los estimados de inversión a unos de clase III y clase II (Ingeniería básica al 60% y 100% respectivamente) hasta precisar la solución estratégica de contratación e implantación con rango de precisión esperado de entre -5% a +15%, para asegurar que el proyecto esté bien estructurado y listo para solucionar su autorización y los recursos para su ejecución. Se elabora el plan de ejecución para la EPCC.

### E. Ingeniería de detalle

Para Pacheco, A (s/f) la ingeniería de detalle tiene como objetivo obtener la documentación del diseño definitivo de la instalación a implantar, estrictamente necesaria para proceder con la realización de las actividades de construcción del proyecto. Así mismo es la fase en la que quedan definidos todos y cada uno de los componentes que conforman el proyecto, de tal manera que los documentos que se desarrollan han de ser los suficientes para materializarse bajo la dirección de cualquier equipo de construcción propio o subcontratado. Suelen identificarse cinco etapas generales para el desarrollo de este nivel de ingeniería, así como se muestra en la Figura 3-14 en donde se realicen la comprobación de especificaciones del diseño básico previo, se definen y calculan cada una de las partes que la conforman, se

ensamblan y comprueban las partes, se comprueban las dimensiones y resultados con el uso de normas y/o estándares; y en una etapa final donde se preparen, revisen y confeccione toda la documentación o expediente final.



*Figura 3 - 14 Etapas de la fase de Ingeniería de Detalle del Proyecto.*

Nota: Pacheco, A (s/f)

En esta etapa de ingeniería se define toda la documentación multidisciplinaria en su totalidad, con el detalle técnico y económico necesario para su posterior transformación en una realidad. En este sentido la precisión que se requiere es alta, no permitiéndose errores importantes ni valores estimativos, ya que por lo general para considerar que un proyecto está bien calculado y diseñado, solo se admite desviaciones entre el presupuesto de inversión estimado y la inversión con rangos de precisión esperado no son superiores a un 5% (estimado de inversión clase I).

## F. Procura y Construcción

Etapa en la que se realizan los distintos tipos de adquisiciones mediante contratos de distinta índole (contratos marco, puntuales, licitaciones y demás), es donde se adquieren los principales activos tales como los equipos de procesos, tuberías de interconexión, equipos de instrumentación, sistemas de centralización y procesamiento de datos, etc.; así mismo es donde se definen las bases para contratación de la mano de obra calificada para la construcción para las distintas disciplinas que involucra el proyecto a implantar, el término de la construcción de dicha implantación es denominado también como la culminación mecánica, hito que da paso a las etapas de comisionamiento.

La realización de esta etapa incluyendo la del desarrollo de ingeniería de detalle suelen ser manejadas con recursos propios o a través de la contratación de terceros y con distintas estrategias de ejecución ya sea de forma independiente o en conjunto a través de contratos del tipo EPC (Engineering, Procurement and Construction) y/o contratos del tipo EPCM (Engineering, Procurement and Construction Management), donde el cliente solo concentra sus esfuerzos en establecer bien las bases del proyecto y la supervisión del mismo, puesto que las compañías contratistas serían las encargadas del diseño de ingeniería, las adquisiciones y la construcción.

## G. Pre comisionado y Comisionado

Dichas etapas se llevan a cabo de forma secuencial después de la construcción o culminación mecánica del Proyecto y consisten en una serie de diversas comprobaciones, inspecciones y pruebas que se ejecutan para declarar la refinería como lista para la admisión de carga (Oil in o Gas in). El término Pre comisionado por lo general Spa, I (2016) indica que se refiere a todas las inspecciones y pruebas a realizar, en una planta / unidad, después de la construcción mecánica en "condiciones estáticas" sin energizar. Mientras que el término Comisionado, en general, se refiere a todas las inspecciones y pruebas a realizar al final de la etapa de precomisionado, en una planta / unidad y/o parte de éstas, en "condiciones dinámicas". Lo cual significa que las inspecciones y pruebas se llevan a cabo, por medio de

fluidos auxiliares, tales como: agua, aire, vapor, etc., una vez que la planta / unidad está en un estado energizado.

#### H. Gestión operativa y Capacitación del personal

En esta etapa se documenta todas las actividades necesarias para el óptimo funcionamiento del proyecto, desde los procedimientos operacionales, los reglamentos internos de seguridad y salud en el trabajo, los planes y estrategias de monitoreo de aspectos e impactos ambientales, la seguridad de los procesos, etc. Así mismo en esta etapa es donde se prepara al personal responsable de la operación y óptimo funcionamiento de los nuevos activos del proyecto a través de distintos planes de entrenamiento y capacitación a nivel teórico y práctico a fin de que la eficiencia con la que se opere sea la más alta, con altos estándares de seguridad y genere la mayor rentabilidad posible.

#### I. Puesta en marcha

Etapa en la cual las diferentes unidades de procesamiento entran en servicio de manera secuencial desde las unidades de servicios auxiliares o “Utilities”(sistemas de generación de vapor, agua de enfriamiento, electricidad, comunicaciones, etc.), hasta las principales unidades de proceso (ingresar carga o materia prima conocida también como “Oil In” para el caso de procesos de la industria del refino) en una manera segura, confiable y donde las actividades operativas no tengan impacto negativo en la salud de las personas, impacto al medio ambiente y a las comunidades aledañas, aplicando procedimientos de seguridad y operativos detallados, validados y aprobados. Dicha etapa finalizará cuando las unidades estén operando a carga de diseño a condiciones operacionales de manera estabilizada y producciones se encuentren dentro de las especificaciones de calidad y cantidad de manera permanente y continúa.

#### J. Pruebas de garantía y recepción de activos

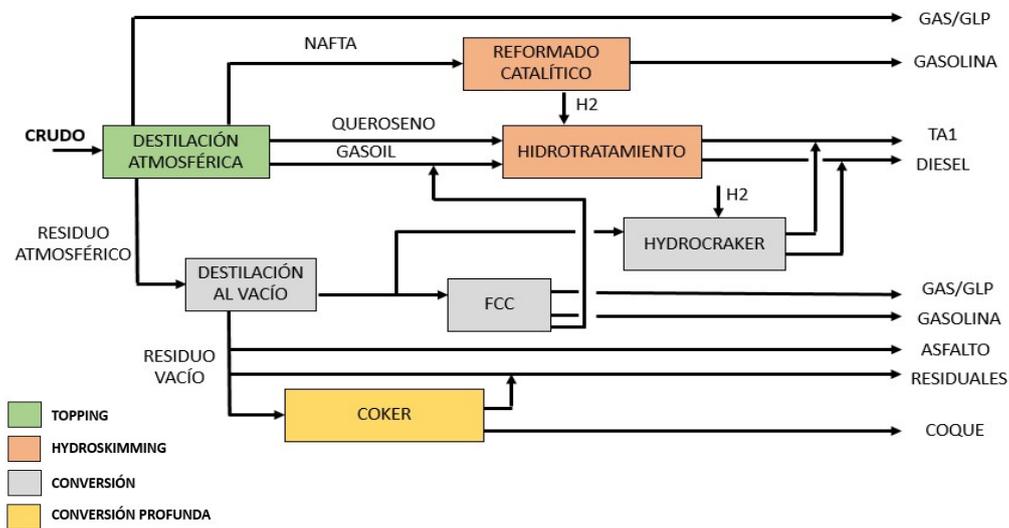
En esta etapa se cuenta con las unidades de proceso en su operación inicial a baja capacidad y es en donde se realizan distintas pruebas a diferente escala (máxima carga y mínima carga o Turn Down) y que serán válidas si el promedio de los resultados alcanza o supera los parámetros y condiciones de proceso, cumplen o superan las especificaciones de calidad de los productos, que superan al menos el volumen mínimo de producción y logre

alcanzar los rendimientos garantizados. Las mismas por lo general son efectuadas durante un periodo continuo, establecido para cada unidad de proceso respectivamente. Por otro lado, para el caso de los procesos licenciados, estos deben cumplir con las especificaciones técnicas de calidad de los productos obtenidos con el desempeño más óptimo de los equipos adquiridos como parte de la licencia. Por su parte las interconexiones entre las diferentes unidades pasan por pruebas hidráulicas en cuanto a capacidades de flujo, presión, temperatura, etc. que son responsabilidad de la compañía contratada y encargada de la construcción e integración de las unidades de proceso.

Una vez se alcancen las condiciones operacionales establecidas contractualmente y se obtengan las producciones dentro de las especificaciones de calidad, volúmenes y cierres de balances máxicos especificados, no existan restricciones hidráulicas y/o limitaciones de equipos y se logren alcanzar las pruebas de garantías, se procederá a la recepción de los activos (unidades de proceso, soporte, etc.), cumpliendo lo establecido en los protocolos y procedimientos de aceptación previamente acordados y aprobados por el usuario final en conjunto con el contratista ejecutor del proyecto.

### 3.5.2 Esquemas y procesos de refinación

Las características de configuración y operación de cada refinería son únicas y están determinadas principalmente por su ubicación, su diseño, la dieta de crudos elegida para refinar, las especificaciones de calidad de los productos refinados acordes al requerimiento del mercado (variedad de octanajes y la inclusión de alcoholes en gasolinas, la inclusión de biocarburantes como el biodiesel, el contenido de azufre en los combustibles, etc.). Es así que la configuración de un esquema de refino denota el conjunto específico de unidades de procesos que la componen, la capacidad de procesamiento de sus distintas unidades, así como la especificación técnica de las materias primas y los productos terminados por cada unidad; además de las estrategias de interconexión de dichas unidades que les permitan obtener mayor valor agregado y el más alto margen de refinación.



*Figura 3 - 15 Representación global de esquemas de refinación.*

Nota: Adaptación de esquema de refino Energía, C (s/f)

Los procesos de refino pocas veces cuentan con configuraciones idénticas, es así que dichas configuraciones se pueden clasificar en grupos con características similares, definidas según su complejidad. Mientras más compleja sea la refinería, mayor es la intensidad de las inversiones de capital (en insumos, materias primas, infraestructura, tecnología, automatización, etc.), así como su capacidad de agregar valor al petróleo crudo mediante la conversión de más fracciones de crudo pesado en productos livianos de alto valor, y la producción de combustibles conforme a las más exigentes especificaciones técnicas de calidad de carácter medioambiental (como el bajo contenido de azufre en Gasolinas y el Diesel).

#### A. Topping - Destilación atmosférica

En este esquema de refino y según Minas, D.G (2017) es donde sólo realiza la destilación del petróleo crudo y ciertas operaciones de soporte esenciales para su funcionamiento. La misma no posee la capacidad de modificar el patrón de rendimiento natural de la dieta de crudos que procesa. Sólo realizan el fraccionamiento del crudo por diferencia de puntos de ebullición en gases livianos y combustibles de refinería como la nafta, destilados medios

como el kerosene, solventes, diésel y combustibles residuales. Parte de la nafta puede ser apropiada en ciertos casos para gasolinas con índices de octano bajos. En este esquema de refino, Spa, I. (2016) menciona que no se dispone de instalaciones para el control de los niveles de azufre del producto y, por lo cual, no pueden producir combustibles con muy bajo contenido de azufre. Tal y como se muestra en la Figura 3-15 este esquema de refino básicamente produce destilados intermedios, que sirven como carga para otras unidades de proceso.

#### B. Hydroskimming: Hidrotratamiento de naftas y de destilados medios

Tal y como muestra la figura 3-7 Minas, D G (2016) dice que este esquema de refinación incluye al esquema Topping de destilación del crudo y los servicios de soporte; así mismo incluyen el proceso de reformado catalítico, el hidrotratamiento y blending de productos. Dichos procesos permiten convertir destilados intermedios como la nafta en gasolina y controlan el contenido de azufre de los productos. Es así que, Spa, I. (2016) dice que el proceso de reformado catalítico convierte la nafta de destilación atmosférica de tal modo que cumpla con las especificaciones de índices de octano de la gasolina y a la vez genera subproductos como el hidrógeno que sirven como insumo para las unidades de hidrotratamiento. Y por su parte las unidades de hidrotratamiento extraen el azufre de los gases livianos, la gasolina y el diésel, tal que permitan cumplir con las especificaciones que exigen los mercados y ofrecer además la flexibilidad de procesar crudos más ácidos con mayor contenido de azufre.

Al igual que el esquema Topping, las refinerías con esquema de Hydroskimming no poseen la capacidad de modificar el patrón de rendimiento natural de la dieta de crudos que procesan.

#### C. Conversión: Craqueo catalítico e Hidrocraqueo.

Como se muestra en la Figura 3-15 Minas, D G (2016) nos menciona que este esquema de refinación incluye al esquema Topping de destilación del crudo y Hydroskimming; así mismo incluyen los procesos de Destilación al vacío, Craqueo catalítico y/o Hidrocraqueo. Estos dos últimos procesos de conversión, según Spa, I. (2016) transforman las fracciones pesadas del petróleo crudo (principalmente gasóleo de destilación al vacío) en cortes de

refinación más livianos que se incluyen en la formulación de gasolinas, combustibles pesados, diésel y materias primas para la industria petroquímica.

A diferencia de los dos anteriores esquemas, las refinerías de conversión si poseen la capacidad de modificar los patrones de rendimiento natural de los crudos que procesan, acorde a la demanda del mercado de destilados livianos. Sin embargo, éstas aún generan ineludiblemente, productos pesados de bajo valor, como el combustible residual y asfaltos.

#### D. Conversión profunda: Coquización

Como se muestra en la Figura 3-15 Minas, D G (2016) indica que este esquema de refinación incluye a los esquemas de Topping, Hydroskimming y Conversión; así mismo incluye procesos de coquización (Delay coking, Fluidcoking, Flexicoking, etc.). Éstas últimas poseen la capacidad craquear térmicamente todo el aceite residual las fracciones pesadas del petróleo crudo (principalmente residual de destilación al vacío) a flujos livianos más valiosos que sirven como alimentación o carga adicional a otros procesos de conversión (como al craqueo catalítico, hidrot ratamiento, etc.); y así mismo generan como principal residuo final el coque de petróleo, de uso comercial en las industrias de fundición. Spa, I. (2016)

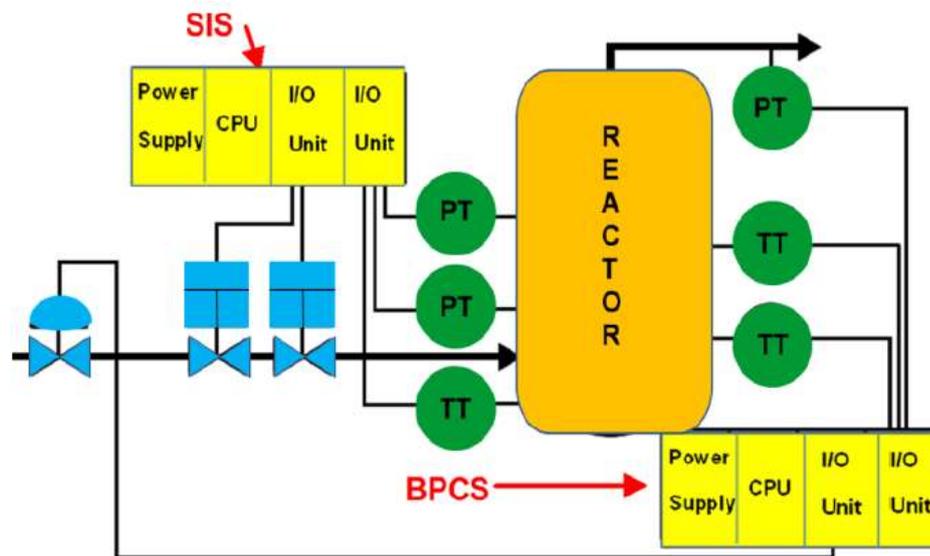
Al igual que el esquema de conversión, las refinerías de conversión profunda si poseen la capacidad de modificar los patrones de rendimiento natural de los crudos que procesan y por ende generan un mayor margen de refinación.

### 3.5.3 Sistemas de control y seguridad de procesos

#### A. Sistema de control básico de procesos - BPCS

Este sistema según Medrano (2016) es una capa de automatización que permite el control de un proceso y que mantiene las variables dentro de los valores normales de operación, responsable de asegurar que el proceso se desempeñe consistentemente de acuerdo con el fin para el cual fue diseñado. Por lo que, si éste presentase problemas, ocasionaría rápidamente una anomalía en el proceso y los parámetros de operación de esa sección saldrían de especificación. El BPCS por lo general están conformados por una combinación de sensores de campo, actuadores o elementos de control final y un cuarto de control que consta de

computadoras que se comunican sobre una variedad de dispositivos interconectados – cableados y buses de comunicación digital como se aprecia en la Figura 3-16.



*Figura 3 - 16 Representación general de un SIS y BPCS.*

Nota: Imagen tomada de la revista Pecsén, L (s/f)

Los sistemas de control básicos de procesos están diseñados para satisfacer diferentes objetivos industriales relacionados con la operación y el monitoreo del sistema, y por lo general contemplan el desarrollo de arquitecturas y/o algoritmos (Narrativas de control) para mantener un proceso específico dentro de un rango deseado, una interfaz de supervisión HMI que permite el monitoreo de los datos del proceso y el funcionamiento de los equipos a través de una consola de operación centralizada, y así mismo dicho sistema ofrece el registro y almacenamiento de datos históricos y en tiempo real de las diferentes variables del proceso. Así por ejemplo se pueden mencionar al SCADA (supervisión, control y adquisición de datos) o al DCS (sistema de control distribuido) como sistemas de control comúnmente usados en la industria.

#### B. Sistema de seguridad de procesos – SIS

Un SIS, según Pecsén, L (s/f) es una capa de protección de un complejo industrial que se deriva de un análisis y evaluación de riesgos específico (que se rigen por estándares ANSI/ISA S 84.01/IEC 61511), el cual una vez que detecta que una variable del proceso ha

alcanzado un valor peligroso predeterminado, realizará las acciones correctivas para conducir el estado de las instalaciones a una condición segura. En caso que no se disponga de SIS en las instalaciones, o que se disponga de SIS, pero éste no actúa o lo hace incorrectamente, entonces se generará en el proceso una situación de riesgo que finalmente puede provocar la ocurrencia de un accidente grave en las instalaciones.



*Figura 3 - 17 Diagrama de bloques de un sistema SIS y BPCS.*

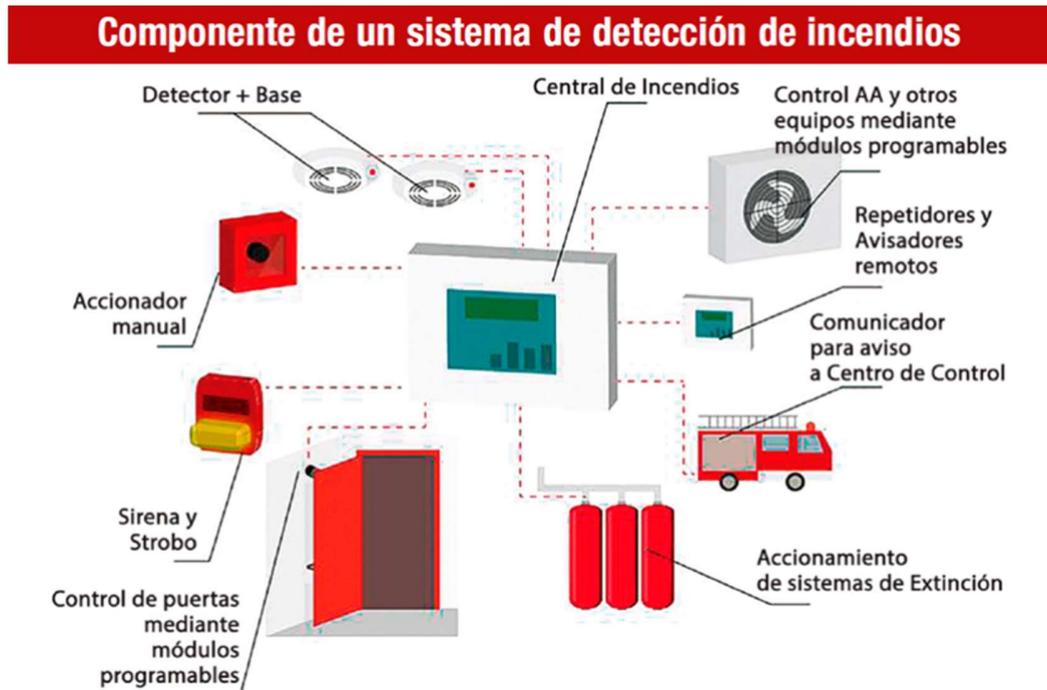
Nota: Imagen tomada de la revista Pecten, L (s/f)

Es un sistema compuesto por sensores, procesadores lógicos y elementos finales de control que tiene el propósito de implementar las funciones de seguridad necesarias para llevar al proceso a un estado seguro, cuando se han violado condiciones predeterminadas. Y si bien es cierto las Figuras 3-16 y 3-17 nos muestran que un sistema instrumentado de seguridad y el sistema de control BPCS constan de los mismos elementos, es necesario decir que actúan de diferente manera, dado que el sistema de control regula y controla el proceso, mientras que sistema instrumentado brinda seguridad al proceso. Pecten, L (s/f)

### C. Sistema de fuego y gas – FGS

Los sistemas de fuego y gas (Fire & Gas) según lo explica Process Safety Management (s/f) son un conjunto de herramientas diseñados para proteger equipos y personas sin evitar el incidente, pero sí minimizándolo, permiten proteger de eventos inflamables y tóxicos a las instalaciones de procesos frente a un escenario de pérdida de contención de materiales peligrosos ya sean por derrames o fugas de productos químicos, mezcla de gases nocivos, hidrocarburos inflamables, y demás. Y si bien es posible minimizar el riesgo de una planta con sistemas instrumentados de seguridad (SIS), un sistema de fuego y gas (FGS) se constituye como la última capa de seguridad a nivel preventivo que, en caso de falla, desencadenará un evento peligroso produciendo fugas tóxicas, incendios o explosiones con potencial daño a las personas, a las instalaciones y con cuantiosas pérdidas económicas;

además que a la vez es una capa de mitigación que intenta minimizar las consecuencias y evitar un “efecto dominó” en caso de presentarse el evento.



*Figura 3 - 18 Diagrama de general de un sistema de detección de fuego.*

Nota: Imagen tomada de la revista. Oreja, C. (2019)

### 3.5.4 Sistema de gestión operativa

#### A. Procedimientos e instructivos de operación

Son documentos que detallan la funcionalidad de los equipos, sistemas o unidades paquete trabajando de forma individual, así como su operación en conjunto en sistemas o circuitos más complejos, donde se especifica las condiciones de operación y la secuencia de pasos a seguir dentro de las diferentes etapas del ciclo de operación de un proceso productivo (ya sea puesta en marcha, operación normal y por emergencias, puesta fuera de servicio y entrega a mantenimiento). Dichos documentos suelen ir acompañados con Check Lists o documentos de verificación donde se indique que se han cumplido con todos los pasos necesarios para una operación eficiente y segura.

## B. Manual de operaciones

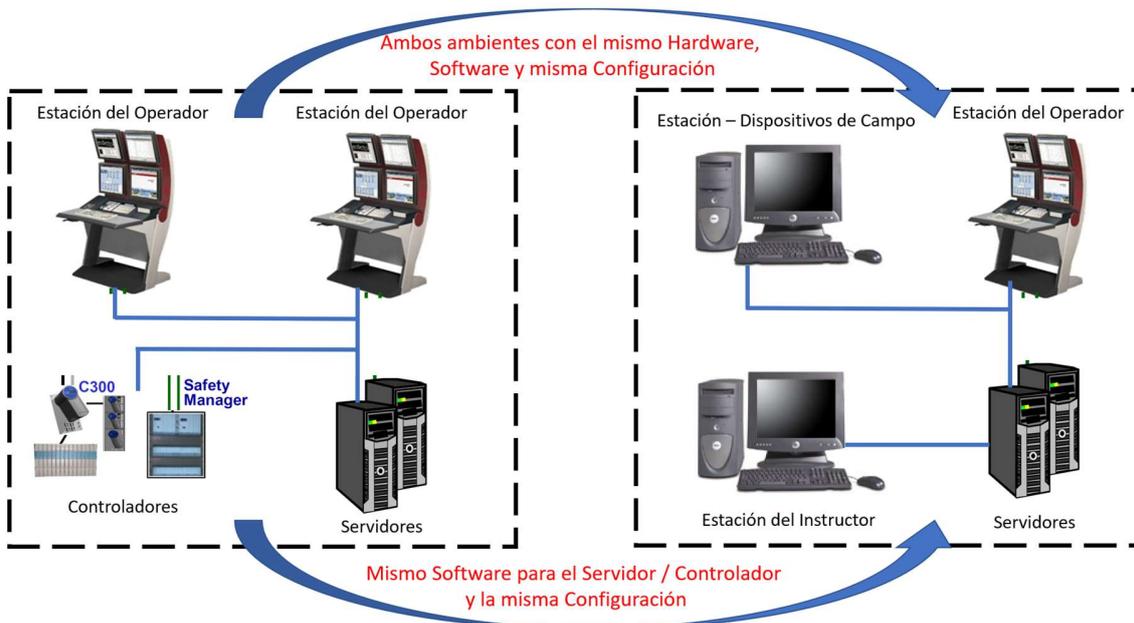
Documento operativo donde se compilan toda la información relacionada con el proceso, desde una breve introducción de la unidad, las bases consideras para el diseño, la descripción detallada del proceso, las condiciones de operación de los equipos y de los Utilities, las especificaciones de las materias primas y productos, la descripción de las estrategias de control y los sistemas de seguridad del proceso, los aspectos de seguridad y medio ambiente relacionados a la unidad y demás.

## C. Formatos operativos y planes de capacitación del personal

Documentación necesaria para el registro y monitoreo del correcto funcionamiento de los activos y su correcta supervisión, tales como las bitácoras del personal operativo, reportes de rondas operativas, libro de entrega y recibo de relevos en las guardias, Check Lists para las distintas operaciones, matrices de monitoreos de aspectos de seguridad y ambientales, reporte de especificación de materias primas y los productos, entre otros. Así mismo y si bien es cierto los planes de capacitación no se rigen bajo una norma, estos se desarrollan en función al objetivo de cada proyecto en las diferentes industrias y normalmente cuentan con una formación teórica y práctica, las mismas que deben ser controlables y medibles.

### 3.5.5 Simulador de entrenamiento de operadores – OTS

Un OTS, según lo señala Yokogawa (s/f) es un sistema constituido por software y hardware que proporcionan una planta virtual en su computadora, lo que permite a los operadores de una planta de procesos capacitarse en las operaciones de la planta antes de su puesta en marcha y durante todo el ciclo de vida del mismo. El OTS permite a los operadores de planta adquirir experiencia en un entorno fuera de línea, no intrusivo, que no origina ningún daño en la planta real, aplicable tanto para operadores de planta experimentados como para personal nuevo sin experiencia.



*Figura 3 - 19 Componentes de sala de entrenamiento de operadores - OTS.*

Nota: Adaptación de los componentes de un OTS Solutions, T. (2013)

#### A. Hardware y software del simulador

Como parte del Hardware instalado se debe de contar con la misma estación de trabajo para el operador que cuente las mismas características de interacción, una estación para las actividades del instructor desde donde se inducen los ejercicios de entrenamiento, un servidor de almacenamiento del modelo de simulación del proceso, y una estación que simule e funcionamiento de equipos e instrumentación propias del campo de operaciones (operables de forma manual) tal y como se puede apreciar en la Figura 3-19.

Por otra parte a nivel de software, normalmente las compañías contratistas ofrecen cierto número de licencias para cierto número de estaciones de entrenamiento con diferentes niveles de permisos para operación y configuración, además la configuración del software que va contener el modelo de simulación del proceso suele ser el mismo con el que cuenta el sistema de control distribuido real, con las lógicas de control precargadas que va a simular el comportamiento de la planta a nivel de realidad virtual, así mismo las etiquetas, los esquemáticos de navegación y los paneles de control de alarmas son los mismos con los que cuenta la planta real de tal manera que el sentido de realismo sea el máximo propuesto.

## B. Prestaciones del sistema OTS

Muy aparte de que un OTS aporta una excelente capacitación inicial, puesto que se utiliza para enseñar a los operadores a reconocer y reaccionar ante eventos específicos de la planta con un gran nivel de realismo y sentido de urgencia para reaccionar a las distintas perturbaciones en los ejercicios de entrenamiento (debido a que la planta virtual reproduce los comportamientos del proceso con entornos operativos idénticos), este sirve según Solutions, T. (2013) para capturar y transferir conocimientos entre los operadores de la planta puesto que toda experiencia previa puede ser almacenada y representada en dicho sistema, por otra parte permite afianzar los conocimientos del personal puesto que en su interacción toman conciencia de las respuestas o desviaciones del proceso respecto a las decisiones operativas que van tomando y que finalmente se traducen en mejoras operacionales.

Así mismo, según lo expone Yokogawa (s/f) a nivel preoperacional un OTS ofrece la flexibilidad de poder simular y revisar los procedimientos escritos previo a la puesta en marcha de la unidad y de ser corregidos a tiempo; y más importante aún es que permite constatar las narrativas de control implementadas y sus grados de respuesta, y así mismo permite identificar las principales limitaciones del proceso y/o lógicas de control antes de la puesta en marcha de la unidad. Finalmente, las antes mencionadas prestaciones del simulador se traducen significativamente en la productividad y la eficiencia la operación y como no en la reducción del período inicial de puesta en marcha de la unidad.

## C. Bases de simulación

Las bases sobre la cual se diseña y fundamenta el simulador de un proceso está comprendido principalmente por detallar y especificar los distintos componentes con los cuales se sostiene un proceso productivo tales como; la lista de las materias primas y sus respectivas características físicas y químicas (tanto para servicios auxiliares y cargas principales), los tipos y capacidades de los equipos mayores que conforman el proceso y sus respectivas condiciones de operación (para equipos rotativos como bombas, compresores y equipos estáticos como separadores, columnas de separación, reactores, intercambiadores de calor y entre otros), la especificación de los parámetros de la calidad de los productos a

obtenerse, los cálculos de balance de materia y energía del proceso, los diagramas de flujo de procesos y los diagramas de tuberías e instrumentos que indican e interconectaran mediante las diferentes corrientes del proceso a los diferentes equipos o procesos unitarios, los lazos y narrativas de control implementados, así como los sistemas y/o secuencias lógicas de seguridad de la planta, los sistemas de detección de fuego y gas implementados; y por supuesto los respectivos esquemáticos de navegación, control y monitoreo del panel de control. Toda la información antes descrita servirá para que el simulador, con ecuaciones de estado adecuadas y previamente seleccionadas puedan reproducir los diferentes efectos y cambios en las condiciones de operación del proceso ante distintas perturbaciones de ciertas variables de control en un estado dinámico y cambiante.

#### D. Escenarios de entrenamiento

El simulador de entrenamiento de operadores por lo general ofrece escenarios de entrenamiento desde los más básicos hasta los más complejos, como por ejemplo la simulación en el estado estacionario y operación en un sistema dinámico donde se pueden visualizar la respuesta de las distintas variables de operación ante la perturbación de una variable de control, la simulación de las actividades iniciales para el arranque de la unidad de procesos, la simulación de fallos del equipamiento y la instrumentación, la simulación de las actividades que conlleva la parada programada de la unidad y los escenarios de emergencias operativas, las mismas que van a permitir identificar el comportamiento de las variables de operación de los distintos equipos en tiempo real, las alarmas y seguridades del proceso así como la obtención de tendencias o gráficas históricas del comportamiento de las variables para su análisis posterior.

#### E. Pruebas de aceptación del OTS

Pruebas de aceptación del modelo - MAT: donde se verifica el alcance del modelo, las condiciones del estado estable o estacionario, los gráficos del equipamiento montado en campo, la respuesta dinámica de algunas variables de control más críticas del proceso ante perturbaciones partiendo del estado estacionario, se verifica la simulación de fallas nativas o malfuncionamiento de equipos o instrumentos y así poder verificar la respuesta dinámica del modelo ante dichas perturbaciones, y finalmente verificar la disposición y funcionalidad de

los equipos e instrumentos que son operados de forma manual en campo acorde a los PIDs y las especificaciones funcionales de diseño del OTS.

Pruebas de aceptación en fabrica – FAT: donde se verifica el levantamiento de no conformidades de las pruebas MAT, las condiciones iniciales para el arranque en frío de la unidad de proceso, las secuencias de arranque y parada de la unidad de proceso, las variables a ser manipuladas por el instructor, los escenarios de entrenamiento para casos de emergencias operativas y las acciones correctivas correspondientes ante fallos por suministros de vapor, electricidad, aire de instrumentos, agua de enfriamiento, corte de alimentación a la unidad y entre otras más en donde el modelo debe ofrecer las respuestas adecuadas a las esperadas en un escenario real.

Pruebas de aceptación en sitio – SAT: donde se verifica el equipamiento del OTS (hardware y software), el encendido y apagado de los equipos (la normalidad del arranque del equipamiento), la carga del modelo de simulación y el apagado normal del OTS, las condiciones iniciales para el arranque en frío y para el estado estable o estacionario de la unidad, la correcta carga y comunicación de la interfaz gráfica del sistema de control y la correspondencia de valores de entradas y salidas análogas o digitales y sus respectivos controladores con las corrientes de proceso de los PFDs para las condiciones de inicio, y finalmente la verificación del levantamiento de las no conformidades de las pruebas FAT.

### **3.6 Objetivos y justificaciones del uso de las técnicas propuestas.**

#### IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La construcción de nuevos procesos productivos de refinación de alta complejidad que fueron implementados a través del Proyecto de Modernización de la Refinería de Talara - PMRT, el mismo que fue declarado de necesidad pública y de interés nacional por la Ley N° 30130 en el año 2013, demandó de manera inherente un grupo numeroso de personal calificado en estas nuevas tecnologías para que pueda operarlos de manera eficiente y segura. Es así que Petroperú luego de un amplio proceso de reclutamiento pudo concluir que en el Perú no se tiene el personal suficiente y con experiencia en el rubro de hidrocarburos que esté calificado y con las competencias mínimas requeridas para la operación de procesos modernos como son el Craqueo Catalítico Fluido – FCC, Unidad de Hidrotratamiento de Naftas y Diesel, Conversión de Residuos de Vacío – Flexicoking y entre otros. Sin embargo, como parte del cumplimiento del Estudio de Impacto Ambiental del PMRT se priorizó la contratación de personal del ámbito nacional y no extranjero para la operación de sus unidades de proceso, encontrándose que el personal que fue reclutado contaba con diferentes niveles de experiencia en el rubro, con diferentes grados de instrucción y de formación en distintas disciplinas. Por lo que se hizo necesario establecer estrategias para la capacitación y el desarrollo de herramientas para el entrenamiento del personal existente y para el personal nuevo con la finalidad de homogenizar su nivel de conocimiento y su adiestramiento para la futura operación del proyecto.

#### OBJETIVO GENERAL

Implementar una estrategia de capacitación y entrenamiento del personal operativo para el adecuado reconocimiento, manejo y control de los activos implementados a través de proyectos de ingeniería en la industria de procesos productivos de alto riesgo previos a su ciclo de operación que permitan garantizar una operación con altos estándares de eficiencia y seguridad, además de reducir el riesgo de toma de decisiones equívocas por parte del personal operador y minimizar las consecuencias que estas puedan desencadenar.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Detallar la implementación del Plan Base de Formación y Entrenamiento de Personal implementado para la instrucción de los trabajadores responsables de la operación y control de las unidades de proceso del PMRT. Donde se describen las etapas de capacitación y herramientas desarrolladas para dicho fin.
- b. Describir de forma introductoria el proceso de implementación y aplicación de un Simulador de Entrenamiento de Operadores – OTS de la unidad Flexicoking del PMRT, el cual conforma parte de las herramientas implementadas para plan base de formación y entrenamiento del personal.

## JUSTIFICACIONES

Prevenir situaciones anormales ya sean incidentes o accidentes en las industrias, causados por condiciones o actos inseguros, siendo la última atribuida al factor humano como causa raíz de dichos eventos. Ya sea por desconocimiento, por omisión o por una capacitación insuficiente del personal respecto al cumplimiento de los procedimientos operativos, instructivos de trabajos o cualquier otra documentación de índole operacional, que conlleven daños a nivel económico, salud del personal, perjuicios al ambiente y comunidades aledañas.

Anticipar la experticia o experiencia del personal nuevo que demanda la implantación de un proyecto de ingeniería dada su envergadura, puesto que el personal proveniente de distintas industrias posee distintos grados de instrucción, son de diferentes especialidades y no necesariamente conocen del sector al cual se están integrando, lo cual hace estrictamente necesario homogenizar los conocimientos y el adiestramiento requerido para la correcta operación de los nuevos activos que trae el proyecto.

### **3.7 Cálculos y determinaciones utilizadas en las aplicaciones.**

Si bien es cierto no se realizaron cálculos técnicos para el desarrollo del presente informe, si se pre establecieron premisas dentro del plan de formación tales como:

- a. Para la evaluación de la estrategia de capacitación y del plan de formación PBFEO se estableció un control estadístico del proceso por atributos con la finalidad de determinar si los porcentajes de desaprobados por cada grupo de capacitación se logran ajustar a los límites de control exigidos por la compañía (lo cual se aprecia en las Figuras 3-23 y 3-24).
- b. El plan de formación PBFEO es revisado si luego de aplicarse a los grupos de capacitación, los porcentajes de desaprobados excede los límites de control establecidos (15% como máximo de no aptos en su aplicación inicial y 5% posterior a la aplicación de los planes de acción de cierre de brechas).
- c. Así mismo se preestableció con el área RR.HH. la contratación de personal en una cantidad superior a la requerida a fin de que luego de aplicarse el plan de formación no se tenga un déficit de personal apto que demande de un proceso de selección y contratación adicional, que vaya en contra con el plazo establecido por su principal contratista del PMRT – Técnicas Reunidas, la cual delimitó los plazos en los cuales requería al personal de operaciones debidamente capacitado y certificado para poder participar de las actividades de comisionamiento del proyecto.
- d. Los bloques de instrucción general y específica del plan de formación, responden a que éste será usado por la compañía para capacitar a personal no solo de operaciones sino de otras áreas de soporte como de laboratorio, mantenimiento, seguridad, procesos y otras más pero delimitado solo hasta el Curso B como parte de la instrucción general (Ver Tabla 3-2); sin embargo el plan de formación integral está diseñado y es evaluado con los resultados obtenidos por el personal de operaciones únicamente (lo cual se muestra el apartado 3.8 del presente informe).
- e. El planteamiento de los 07 cursos que contempla el plan de formación responde a la las exigencias contractuales del PMRT, a lo declarado en su política de gestión integrada de calidad, ambiente, seguridad y salud en el trabajo; y en adición a lo que exige el artículo 12 del capítulo IV de la resolución del consejo directivo de OSINERGMIN N°203-2020-OS/CD.

- f. Para la certificación del aseguramiento de competencias del personal se considera la contratación de empresas especializadas para la supervisión de cada etapa de capacitación. Contratándose a las compañías ISS INTERNATIONAL SPA y HONEYWELL para las etapas de formación y de entrenamiento (06 primeros cursos) y de entrenamiento en los simuladores OTS (Curso G) respectivamente.
- g. Los planes de acción para el cierre de brechas consideran el reforzar los cursos desaprobados con repasos en gabinete y con evaluaciones prácticas en su mayoría, en donde se debe absolver las dudas y consultas con el objetivo de afianzar el entendimiento y aprendizaje del personal.
- h. Los cronogramas de ejecución y dictado de los cursos programados del plan de formación están delimitados a las fechas en las que la principal contratista del PMRT – Técnicas Reunidas, iniciará sus actividades de comisionado, por lo que los plazos de ejecución del plan de formación son revisados posterior a su aplicación y serán ajustados a un escenario en el que las unidades de proceso ya se encuentren en servicio y de acuerdo a las necesidades de contar con nuevos profesionales debidamente capacitados.
- i. El plan de formación PBFEP0 y sus cursos programados fueron diseñados para una etapa previa a la operación del PMRT, por lo que deberá ser revisado y complementado con etapas de entrenamiento en las diferentes unidades de proceso ya en servicio e incluir el entrenamiento por guardias acompañadas con horarios rotativos que si consideren las condiciones de trabajo reales.
- j. El plan de formación PBFEP0 no contempla la instrucción de las tecnologías implantadas por los paquetes de las Unidades Auxiliares y Trabajos Complementarios a cargo de la segunda contratista principal del PMRT – COBRA SCL. Dado que a la fecha de elaboración del plan de formación dichos paquetes se encontraban en sus fases iniciales de desarrollo del proyecto.
- k. Con el objeto de homogenizar los conocimientos relacionados con la refinación y la concepción general del PMRT, se determinó que las evaluaciones son de igual aplicación tanto para personal profesional universitario y personal con instrucción técnica sin diferenciación, sin embargo esto debería ser revisado y mejor direccionado una vez se concluya con la aplicación del plan de formación.

- l. El plan de formación PBFEPO fue dirigido para el personal existente de la sede de refinería Talara de Petroperú y para el personal adicional que se requirió contratar a fin de cubrir los puestos adicionales de la nueva organización que demandó la implementación del PMRT. Es así que en su concepción inicial el programa de formación se programó para un total de 767 trabajadores de diferentes categorías los cuales están clasificados por niveles en la Estructura Básica de la Organización.

**Tabla 3 - 11**

*Resumen del personal objetivo del plan de formación.*

<b>DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL POR CATEGORÍAS</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Nivel de clasificación</b>	<b>Descripción por Nivel</b>	<b>Cantidad de trabajadores</b>
1	N1	GERENTE GENERAL	0
2	N2	GERENCIA DE REFÍNERIA	1
3	N3	GERENCIAS POR DEPARTAMENTO	6
4	N4	JEFATURAS	25
5	N5	SUPERVISORES	311
6	N6	TECNICOS	424
<b>Total de trabajadores - TT =</b>			<b>767</b>

Fuente: Elaboración propia.

- m. Para el desarrollo del PBFEPO, se estableció una etapa macro de formación teórica - técnica y otra etapa de entrenamiento práctico – aplicado, y para cada una de estas etapas se programó diferentes plazos duración que se describen en la Tabla 3-12.

**Tabla 3 - 12**

*Plazos programados para cada etapa del PBFEPO.*

<b>PLAN BASE DE FORMACIÓN Y ENTRENAMIENTO DE PERSONAL</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Curso</b>	<b>Etapas de Capacitación</b>	<b>Cantidad de Semanas</b>
1	A	CURSO INTEGRAL DE QHSE	1
2	B	INTRODUCCIÓN A REFINERÍA	2
3	C	CURSO BÁSICO DE PROCESOS	2
4	D	PROCESOS Y OPERACIÓN	3
5	E	CONDICIONES DE EMERGENCIA	2
6	F	ENTRENAMIENTO EN PUESTO DE TRABAJO – TOJ	4
7	G	ENTRENAMIENTO CON SIMULADORES OTS	4

Fuente: Elaboración propia.

- n. Para la determinación de costos de capacitación se consideraron la remuneración semanal por cada puesto a nivel organizacional junto con la cantidad de semanas de dedicación exclusiva para actividades de capacitación. Por otro lado, se incluyeron los costos fijos por el uso de los diferentes recursos y servicios contratados que se usaron en las distintas etapas de proceso de capacitación los cuales se detallan en la Tabla 3.14, y en la Tabla 3.13 se detallan los costos unitarios de capacitación por cada puesto en la organización. Los valores numéricos no se precisan por restricciones de la empresa.

**Tabla 3 - 13**

*Resumen del cálculo de costo de capacitación del personal.*

<b>DETERMINACIÓN DE COSTOS POR PERSONA CAPACITADA EN FUNCIÓN AL NIVEL DE PUESTO ORGANIZACIONAL</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Cantidad de Semanas</b>	<b>Remuneración semanal por Nivel Organizacional</b>	<b>Costo Fijo Unitario</b>	<b>Costo de Capacitación</b>
1	S1	R1	CFu	$S1XR1 + CFu$
2	S2	R2	CFu	$S2XR2 + CFu$
3	S3	R3	CFu	$S3XR3 + CFu$
4	S4	R4	CFu	$S4XR4 + CFu$
5	S5	R5	CFu	$S5XR5 + CFu$
6	S6	R6	CFu	$S6XR6 + CFu$

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3 - 14**

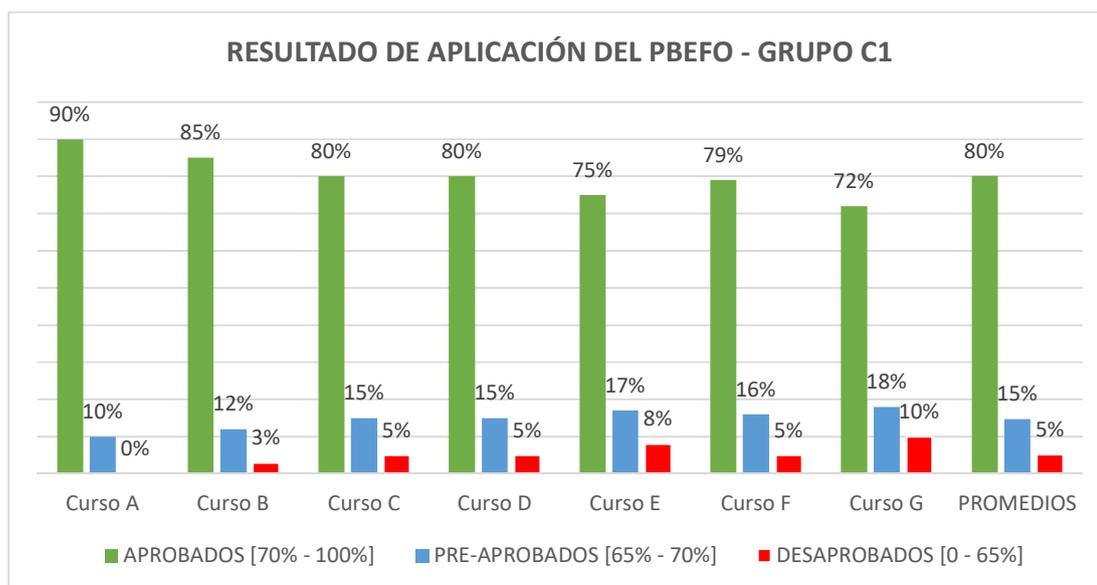
*Resumen de costos por recursos y servicios usados en el PBFEP0.*

<b>DETERMINACIÓN DEL COSTO FIJO DE CAPACITACIÓN</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción del Recurso o Servicio</b>	<b>Costos totales</b>	<b>Costos Fijo Total CFT</b>	<b>Costo Fijo Unitario CFu</b>
1	HABILITACIÓN DE AULAS DE CAPACITACIÓN	CF1	$\sum_{i=1}^n CF_i$	$\frac{CFT}{TT}$
2	MOBILIARIO, PAPAELERÍA, OTROS.	CF2		
3	INSTRUCTORES PARA CAPACITACIÓN	CF3		
4	SUPERVISIÓN DE CAPACITACIÓN GENERAL	CF4		
5	SUPERVISIÓN DE CAPACITACIÓN EN OTS	CF5		
7	INVERSIÓN POR IMPLEMENTACIÓN DE SIMULADORES OTS	CF6		

Fuente: Elaboración propia.

### 3.8 Resultados y aportes técnicos de la actividad.

Producto de la implementación y aplicación del PBFEO al personal de operaciones existente y contratado para la operación del PMRT, se obtuvo información del desempeño de cada uno de los grupos de personal evaluado por cada etapa de capacitación, así como se muestra en la Figura 3-20:



*Figura 3 - 20 Distribución de aprobados por curso del PBFEO.*

Nota: El gráfico muestra los resultados del grupo C1 incluyendo el promedio en general.

Así mismo se realizó un monitoreo especial al personal que no logró el rendimiento esperado por un mínimo margen (entre 65 y 70% de calificación) y al personal que obtuvo un rendimiento mucho menor para el cual se establecieron planes de acción con el objetivo de cerrar brechas de aprendizaje, lo cual se puede evidenciar en la Figura 3-21 en donde se muestran los resultados por cada grupo en su aplicación inicial y los resultados finales posterior a la aplicación de los planes de acción. Puesto que dentro de los lineamientos de la alta gerencia se prestableció que el PBFEO debía contemplar un promedio máximo de desaprobados de 15% en su aplicación inicial y con la ejecución de los planes de acción lograr un resultado final de personal no apto menor al 5% como máximo dado que el número personal reclutado era limitante y el horizonte para aplicación del PBFEO previo a la puesta en marcha del PMRT estaba con los plazos ajustados a lo prestablecido contractualmente con el EPECISTA – Técnicas Reunidas.

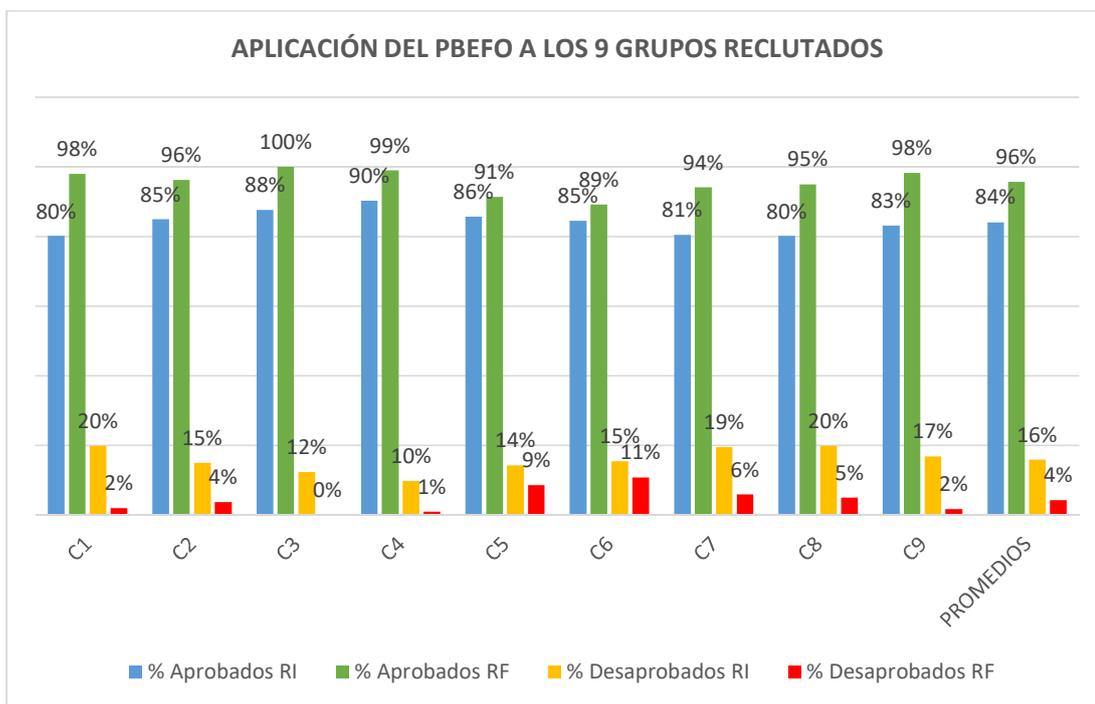


Figura 3 - 21 Promedio de aprobados - Resultados Iniciales y Finales.

Nota: El diagrama muestra los resultados antes y después de la aplicación de los planes de acción.

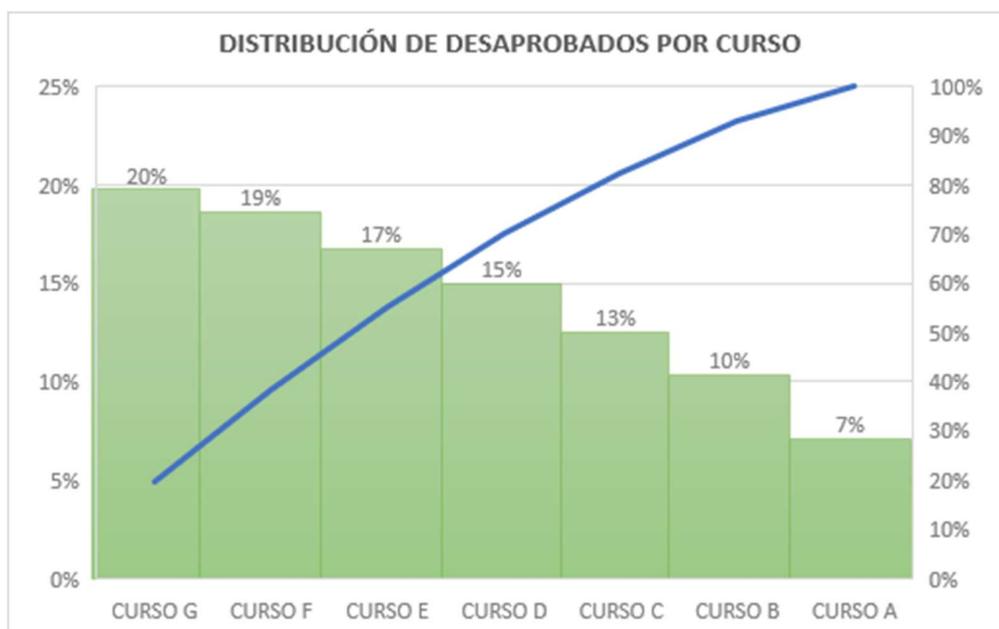


Figura 3 - 22 Distribución de desaprobados por curso del PBEFO.

Nota: El diagrama muestra el promedio global de desaprobados de los 9 grupos de aplicación.

Por otro lado, como parte de la evaluación de la calidad del proceso de implementación y aplicación del PBFEP, se elaboraron graficas de control por atributos para muestras variables dado que los grupos de aplicación tuvieron un número de participantes diferente, lo cual se aprecia en las Figuras 3-23 y 3-24.

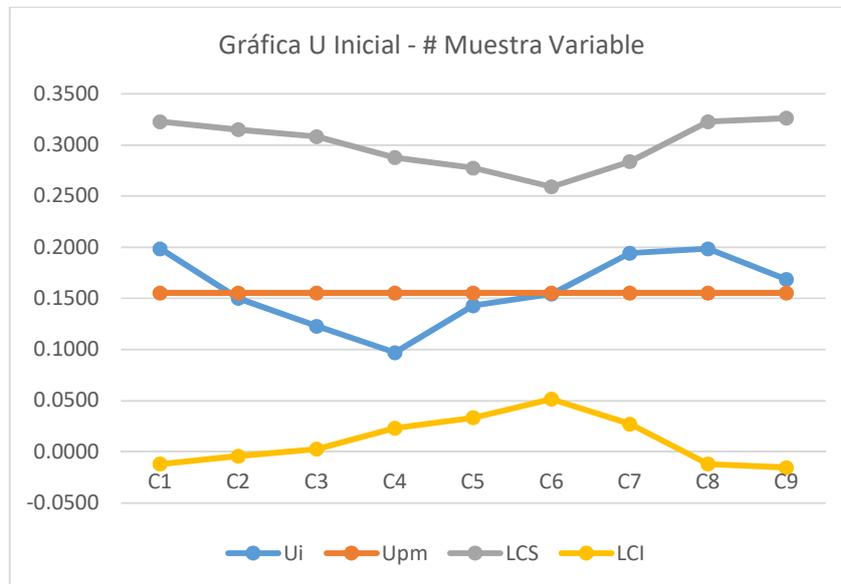


Figura 3 - 23 Gráfica de control U - Resultado inicial.

Nota: La gráfica muestra los promedios de desaprobados de los 9 grupos de aplicación.

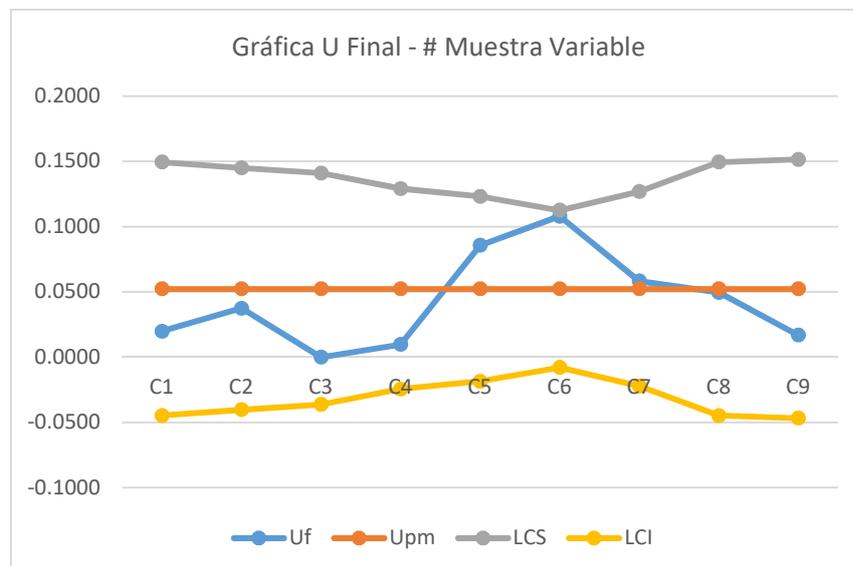


Figura 3 - 24 Gráfica de control U - Resultado final.

Nota: La gráfica muestra los promedios de desaprobados de los 9 grupos de aplicación.

Por último, para el proceso de implementación y aplicación del entrenamiento en los diferentes simuladores del PMRT, se obtuvieron los siguientes resultados para los 9 grupos de personal reclutado y el resumen de desaprobados del OTS de la unidad FCK:

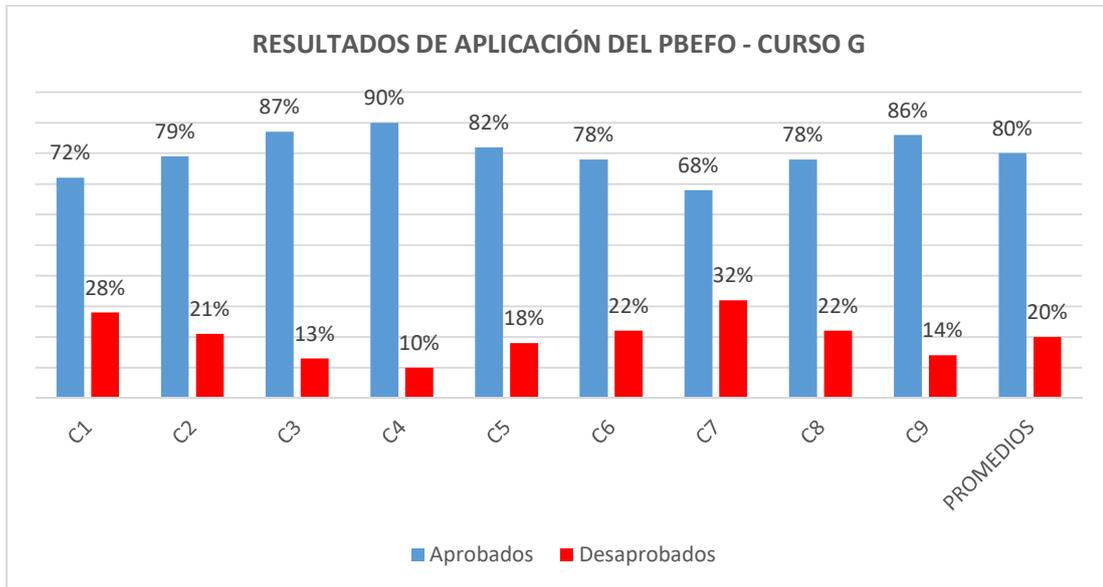


Figura 3 - 25 Distribución de desaprobados por grupos - Curso G del OTS.

Nota: El diagrama muestra los promedios de desaprobados de los diferentes OTS del PMRT.

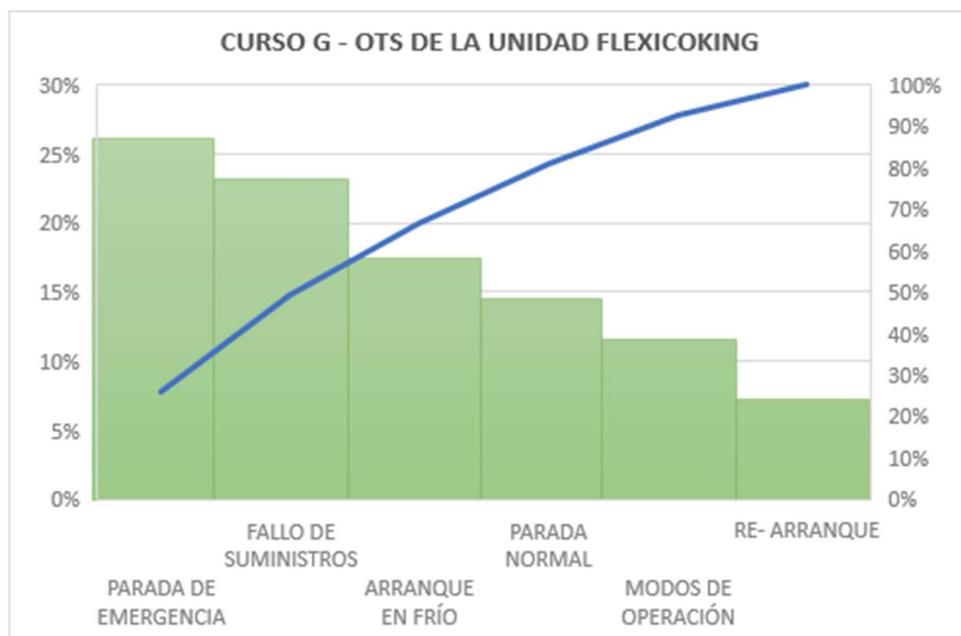


Figura 3 - 26 Distribución de desaprobados del curso G - OTS.

Nota: El diagrama muestra los porcentajes de desaprobados de la unidad Flexicoking - FCK.

### 3.9 Análisis de resultados.

- a. En la Figura 3-20 se puede apreciar que en promedio el 80% del personal llegó a superar las etapas de capacitación en sus diferentes niveles, hubo un 15% que no logró cerrar ligeras brechas de aprendizaje (calificación entre 65 y 70%) y un 5% que logró un rendimiento menor a lo esperado; en línea con ello, para los dos últimos casos se ejecutaron como planes de acción la programación de sesiones adicionales con instructores dedicados y las visitas a instalaciones operativas existentes a fin de identificar los conceptos no claros y absolver dudas o consultas.
- b. Por otro lado, luego de un conjunto de entrevistas al personal que logró un rendimiento menor a lo esperado, se pudo atribuir en su mayoría que se debió a que el personal era en su mayoría recién contratado con poca experiencia laboral y proveniente de otras industrias diferentes al sector de hidrocarburos y de operaciones, y en una minoría de casos que el personal contaba con formación técnica básica y no relacionada a la industria química.
- c. Así mismo el personal que formó parte de los planes de acción, cuyo objetivo fue superar y cerrar las brechas de aprendizaje, logró superar los diferentes cursos de capacitación casi en su totalidad como se aprecia en la Figura 3-21, esto último responde a los esfuerzos de la compañía en pro de la homogenización del nivel de adiestramiento de su capital humano responsable de la operación de sus activos más importantes, valorando las diferentes capacidades y destrezas de su personal previamente seleccionado por el personal de recursos humanos en ámbitos de dirección de grupos o el criterio técnico básico de mantenimiento de equipos e instrumentos por ejemplo.
- d. Así mismo la Figura 3-22 muestra que a medida que se avanza en los niveles de capacitación, va avanzando la complejidad y la cantidad de información necesaria a manejar. Por ello se ve que el número de desaprobados aumenta de forma progresiva. Así mismo se aprecia que el curso G presenta el mayor índice de desaprobados, puesto que es el curso que demanda un mayor nivel de análisis a nivel de proceso, de control y automatización.
- e. La grafica U inicial, Figura 3-23, de control estadístico del proceso de capacitación por atributos muestra los puntos dentro de sus límites de control superior e inferior

respectivamente y con ligeras variaciones respecto del promedio porcentual de desaprobados exigidos por el proyecto el cual pide como requisito un nivel máximo de 15% de desaprobados en su aplicación inicial. Así mismo a nivel de RR.HH. se delimitó a tener un máximo de 5% de personal no apto para participar de la operación del proyecto, para el cual la gráfica U final, Figura 3-24, muestra que luego de un proceso de reforzamiento del personal que obtuvo una calificación cercana a la mínima aprobatoria se logró el objetivo de reducir el personal no apto a un 5% en promedio general.

- f. En las Figuras 3-23 y 3-24 muestran una tendencia satisfactoria puesto que sólo en casos puntuales se presentan un porcentaje de desaprobados cercano al 20% y el promedio esta conforme a lo exigido por el proyecto 15% y con un plan de reforzamiento se logra reducir a un 5% en promedio de personal no apto para el proyecto.
- g. Por otro lado, se puede apreciar el Figura 3-25 que en promedio el 20% del personal que participó del entrenamiento en los distintos simuladores de proceso del PMRT no obtuvo la calificación mínima esperada, esto se puede atribuir a que la Refinería Talara no tenía precedentes de capacitación con este tipo de herramientas, así mismo el manejo de la interfaz de control demandaba una capacitación adicional que facilite la navegación entre los diferentes esquemáticos que agilice una intervención rápida del operador ante cualquier perturbación del proceso, y dado que dicha capacitación previa fue dictada solo a un nivel básico y posiblemente sea uno de los factores a implementar en próximos programas de capacitación.
- h. Como se aprecia en la Figura 3-26, el personal que paso por el entrenamiento en el OTS de la unidad FCK registró altos porcentajes de desaprobados en los cursos de respuesta a emergencias por fallo de suministros, puesta en marcha y parada de emergencia de la unidad, esto se puede atribuir a que la experiencia previa en este proceso es nula, los planes de respuesta son amplios a comparación de otras unidades y dado que esta tecnología se conforma de 4 subunidades de gran envergadura.

### **3.10 Evaluaciones y decisiones tomadas.**

- a. Dado que el PMRT se conformaba de nuevas tecnologías de refinación en comparación a las antiguas unidades de proceso de la Refinería Talara, se realizó una evaluación del nivel de experiencia del personal propio respecto de estas tecnologías, encontrándose que solo se contaba con experiencia para esquemas refinación de Topping (Destilación Primaria y al Vacío) y conversión (Craqueo Catalítico Fluido), sin embargo el PMRT estaba diseñado para esquemas de refino más complejos de Hydroskimming y de Conversión Profunda; lo cual hizo necesario la contratación de compañías especializadas y con experiencia de operación de otras refinerías para que desempeñen el rol de instructores y para que ejecuten el PBFEO, es así que se realizó la contratación de la compañía ISS INTERNATIONAL SPA para las etapas de formación y de entrenamiento TOJ y a la compañía HONEYWELL para la etapa de entrenamiento en OTS.
- b. Debido a que el PMRT demandaba un grupo numeroso de personal calificado previo a las actividades de arranque de las unidades de proceso, el área de RR.HH. optó reclutar a un número superior al exigido contractualmente y del cual se debía seleccionar el personal apto para el proyecto. Es así que se delimitó que como máximo el 5% del personal podía ser descartado y que el PBFEO debía contemplar la inclusión de planes de acción para reforzamiento de los conocimientos del personal con ligeras brechas de aprendizaje y no debía exceder un 15% de personal no apto en su aplicación inicial.
- c. Dado que el PBFEO se diseñó para aplicarse previo a la operación del PMRT y de forma periódica para el reforzamiento del conocimiento del personal y para aplicarse cada que se contrate personal nuevo; se vio por conveniente que las compañías contratadas deban programar un curso de formación de formadores para que éstos adquieran las aptitudes y sean capaces de instruir dicho plan de formación y entrenamiento en un futuro próximo.
- d. Debido a que el PMRT estaba diseñado para implementar un sistema de control distribuido – DCS para el monitoreo y control de sus procesos, y que el mismo iba a ser implementado por la compañía Honeywell, se optó por incluir dentro del PBFEO el entrenamiento con simuladores de procesos OTS, Curso G, y en adición

la contratación de la misma compañía para el dictado del curso dado que eran dueños del Know-How y serían los más indicados para la implementación de los diferentes OTS y la instrucción del entrenamiento del personal en el mismo.

### **3.11 Informe o reporte presentado como resultado de las tareas y labores realizadas.**

- a. Plan Base de Formación y Entrenamiento del Personal de operaciones - PBFEPO.
- b. Formatos de aplicación del entrenamiento en los diferentes simuladores OTS del PMRT.
- c. Fichas de evaluación del personal participante del PBFEPO.
- d. Cuadernos de ejercicios para los instructores y los instructivos de evaluación de operadores aplicados al OTS de la unidad FCK.
- e. Manual de operaciones de la unidad FCK y de su respectivo OTS.
- f. Procedimiento de arranque y parada de la unidad FCK.
- g. Procedimientos operativos de cambio de modos de operación de la unidad FCK.
- h. Instructivos específicos para la operación de equipos de la unidad FCK (puesta en marcha, operación y puesta fuera de servicio o entrega a mantenimiento).
- i. Graficas HMI revisadas y validadas para los distintos sistemas instrumentados DCS, ESD y FGS de la unidad FCK.
- j. Informe detallado de las pruebas realizadas, con la lista de observaciones y/o no conformidades (punch list) que se encontraron durante las pruebas MAT, FAT y SAT del OTS de la unidad FCK y la lista de actividades o compromisos pendientes de realizar y entregar por parte de la contratista principal y de Petroperú previo a la aceptación final de las pruebas en mención.

### **3.12 Participación en actividades complementarias (Investigación, calidad total, seguridad industrial, etc.).**

- a. Participación en el entrenamiento MAC de introducción a la interfaz HMI del sistema de control distribuido (DCS) del PMRT, impartido la compañía Honeywell.
- b. Participación en la revisión de matrices IPERC y de las matrices de identificación de aspectos y de evaluación de impactos ambientales de la unidad FCK.
- c. Participación en curso de capacitación de trabajos en altura, trabajos en espacios confinados, trabajos en caliente, higiene industrial, riesgos eléctricos, atmosferas y materiales peligrosos.
- d. Participación en curso de capacitación de gestión de sistemas contraincendios acordes con las normas internacionales NFPA 11, 20, 10 Y 25.
- e. Participación en curso de capacitación de Seguridad basada en el comportamiento.
- f. Participación en curso de capacitación de emisión de permisos de trabajo y análisis de trabajo seguro - ATS.
- g. Participación en simulacros de emergencia por la pérdida de contención y/o fuga de productos derivados del petróleo crudo.
- h. Participación en prácticas contraincendios, manipulación de extintores de polvo químico seco de 30 libras, adiestramiento en el uso de mangueras contraincendios de 150 y 250 GPM, así como en el uso de monitores fijos de agua y espuma contraincendios.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

### 4.1 Contribuciones al desarrollo de la empresa

- a. La principal contribución con la empresa se atribuye a la implementación del plan base de formación y capacitación del personal de operaciones, de aplicación para todo personal ya sea existente o nuevo que se requiera incorporar a la operación de las distintas unidades de proceso del PMRT. El mismo que contempla una instrucción integral de la industria de refinación orientada a un esquema de refino de conversión profunda sobre el cual esta conceptualizado la nueva refinería Talara.
- b. En segundo lugar, otra contribución está relacionado con la elaboración e implementación de la documentación técnica procedimentada para cada una de las etapas del ciclo de operación de sus procesos como son el arranque de las unidades, la operación normal, las condiciones de emergencia y las paradas programadas. Las mismas que sirvieron para las actividades de formación y serían de utilidad en la operación real del PMRT para sus diferentes unidades de proceso y de servicios auxiliares.
- c. En adición, otra contribución ligada al objetivo de adiestramiento del personal es la supervisión de la implementación de los diferentes OTS del PMRT, principalmente en la etapa de sus pruebas en sitio (SAT), con lo cual se garantizó que los simuladores OTS cumplan con todo lo exigido en las bases de diseño y sean recepcionados con toda la documentación técnica completa y necesaria para su correcto funcionamiento.
- d. Finalmente, otra contribución relacionada con los simuladores de proceso OTS y con el plan de formación radica en la elaboración de sus herramientas de entrenamiento (tales como los formatos de ejercicios de aplicación, ventanas operativas de control y formatos de evaluación a través de KPVs); y así mismo la supervisión del proceso de aplicación del simulador en la etapa de capacitación del personal de operaciones de la unidad Flexicoking principalmente.

## 4.2 Conclusiones

- a. La estructura y la secuencia de aplicación del plan base de formación y entrenamiento del personal de operaciones responden al objetivo de homogenizar los conocimientos de sus operadores, puesto que un 84% del personal logró superar el marcador mínimo aprobatorio en la fase inicial y un 96% del personal en la fase final luego aplicarse los planes de acción de cierre de brechas de aprendizaje.
- b. El hecho de lograr un 96% de personal que logró superar el plan base de formación es indicador de que la estructura planificada, las herramientas de formación y los planes de acción de cierre de brechas de aprendizaje son en gran medida los adecuados para la consecución de los objetivos planteados.
- c. El plan base de formación y capacitación es aplicable para cualquier personal nuevo con diferente experiencia profesional y que, de no lograr el rendimiento requerido, es factible superar las brechas con los planes de acción preestablecidos.
- d. Los resultados son aptitudinales y cuantitativos solo a nivel teórico y de simulación, ya que los mismos no consideran aspectos como las condiciones o ambientes de trabajo de una operación real y tampoco consideran la evaluación de habilidades blandas del personal.
- e. Es inherente que ante a la falta de experiencia previa del manejo de las nuevas tecnologías de los diferentes procesos del PMRT, la capacitación teórica a nivel de gabinete y entrenamiento práctico en los simuladores OTS no son los suficientes para que el personal operativo pueda ofrecer respuestas totalmente adecuadas durante las diferentes etapas del ciclo de operación del proyecto, por lo que se hace necesario contar con una operación asistida y de supervisión ya sea propia o contratada.

### 4.3 Recomendaciones

- a. Si bien es cierto el plan base de formación y capacitación está direccionado a la operación de los diferentes procesos del PMRT, en éste se debería hacer extensivo una etapa de capacitación relacionada con el mantenimiento autónomo - básico de equipos y de la instrumentación a fin de facilitar la respuesta inmediata por parte del personal operativo ante mínimas fallas en los instrumentos o equipos de la planta y anticiparse a una perturbación o impactos mayores en el proceso.
- b. No es una directiva de la estrategia de capacitación del PBFEO, pero se recomienda que dicha capacitación y entrenamiento sea impartido a los trabajadores de manera constante cada cierto periodo de tiempo, dado que ésta se elaboró a requerimiento del proyecto de modernización PMRT, sin embargo, el plan de formación es aplicable en cualquier etapa del ciclo de operación del proyecto.
- c. Revisar la estrategia de capacitación PBFEO, dado que ésta no fue diferenciada para personal con formación universitaria y personal técnico, dado que se evidenció notables diferencias en la comprensión de los conceptos del proceso de refinación. Y se considera que, de diferenciarse los temarios y los tipos de evaluación, éste tendría mejores resultados y un mayor impacto.
- d. El plan de formación no contempla la evaluación de habilidades blandas, por lo que éste se debe soportar con el proceso de selección previo por parte del área de recursos humanos de la compañía como requisito para la contratación de nuevos profesionales.
- e. Se recomienda diseñar programas de entrenamiento específicos por cada unidad de proceso y para cada puesto en específico donde el personal de operaciones desempeñará funciones tanto para supervisores y operadores de campo, así como para supervisores y operadores de sala de control. Y dentro de dichos programas incluir el presente plan de formación como una instrucción base de afianzamiento de conceptos relacionados con la refinación en general y al PMRT para una concepción macro del negocio.

#### 4.4 Referencias bibliográficas

- AYESA S.A.C. (Setiembre de 04 de 2017). Código Ético. 2017.
- AYESA S.A.C. (02 de Enero de 2019). Política integrada de seguridad, salud ocupacional, medio ambiente y responsabilidad social.
- AYESA S.A.C. (14 de Mayo de 2019). Reglamento interno de seguridad y salud en el trabajo.
- AYESA S.A.C. (30 de Octubre de 2020). *COVID-19*. Obtenido de Nuestra Visión:  
<https://www.ayesa.com/es/covid-19>
- AYESA S.A.C. (14 de Noviembre de 2020). *Misión y valores*. Obtenido de  
<https://www.ayesa.com/es/nosotros/mision-y-valores>
- AYESA S.A.C. (14 de Noviembre de 2020). *Qué hacemos?* Obtenido de  
<https://www.ayesa.com/es/que-hacemos>
- Ayral T, D. J. (2013). Operator Training Simulators for Brownfield Process Units Offer Many Benefits. *Hydrocarbon Processing*.
- Construcción, Q. I. (2 de Febrero de 2021). *Metodología FEL*. Obtenido de  
<https://www.qdinco.com.mx/metodologia-fel/>
- EIA XXI S.A. (29 de Mayo de 2018). Política del sistema de gestión integrado de calidad, medio ambiente y seguridad y salud en el trabajo de EIA XXI.
- EIA XXI S.A. (20 de Noviembre de 2020). *Certificaciones*. Obtenido de  
<https://www.eia21.com/sobre-eia21/certificaciones/>
- EIA XXI S.A. (20 de Noviembre de 2020). *Historia*. Obtenido de <https://www.eia21.com/sobre-eia21/historia/>
- EIA XXI S.A. (20 de Noviembre de 2020). *Líneas de negocio*. Obtenido de  
<https://www.eia21.com/lineas-de-negocio/servicios/>
- Energía, C. N. (s.f.). REFINO, LOGÍSTICA Y COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETROLEO. España.
- Fernandez J.D., P. L. (2006). *Análisis de la importancia de la capacitación en la prevención de accidentes laborales y el aumento de la productividad*. Chía: Universidad de La Sabana.

- Gonzalez, J. V. (2012). *Metodología de gerencia de proyectos bajo enfoque FRONT-END-LOADING FEL*. CARACAS.
- Medrano, L. (08 de Agosto de 2019). *El Sistema Básico de Control de Procesos*. Obtenido de <https://www.lopezmedrano.com.mx/sistema-basico-de-control-de-procesos/>
- Minas, D. G.-M. (2017). *Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético - Refinerías*. Lima.
- NÉSTOR ARRIA - PDVSA. (Octubre de 2011). *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/fcomputacional/mejores-practicas-en-proyectos-de-inversin-de-capital-pdvsa>
- Oreja, C. D. (2019). Nociones básicas de un sistema de detección de incendios. *REVISTA INNOVACIÓN SEGURIDAD*.
- Pacheco, J. (s.f.). *ACADEMIA*. Obtenido de [https://www.academia.edu/8132943/TEMA\\_4\\_INGENIER%C3%8DA\\_DE\\_DETALLE](https://www.academia.edu/8132943/TEMA_4_INGENIER%C3%8DA_DE_DETALLE)
- Pecsen, L. G. (s.f.). Sistemas Instrumentados de Seguridad - SIS. *GN - La Revista del Gas Natural*.
- Petroperú S.A. (16 de Setiembre de 2019). Manual de Gestión.
- Petroperú S.A. (01 de Abril de 2019). Manual de organización y funciones.
- Petroperú S.A. (01 de Febrero de 2019). Política de gestión integrada de calidad, ambiente, seguridad y salud en el trabajo.
- Petroperú S.A. (08 de Agosto de 2019). Procedimiento de identificación de aspectos ambientales y evaluación de impactos ambientales.
- Petroperú S.A. (01 de Febrero de 2019). Reglamento interno de seguridad y salud en el trabajo.
- Petroperú S.A. (11 de Noviembre de 2020). *Brochure Institucional*. Obtenido de [https://www.petroperu.com.pe/Docs/spa/files/quienes\\_somos/brochure-institucional.pdf](https://www.petroperu.com.pe/Docs/spa/files/quienes_somos/brochure-institucional.pdf)
- Petroperú S.A. (20 de Noviembre de 2020). *Buen gobierno corporativo*. Obtenido de <https://www.petroperu.com.pe/buen-gobierno-corporativo/>
- Petroperú S.A. (19 de Noviembre de 2020). *Certificaciones*. Obtenido de <https://www.petroperu.com.pe/socio-ambiental/principal/sistemas-de-gestion/certificaciones>

- Petroperú S.A. (20 de Noviembre de 2020). *Organigrama funcional de la empresa*. Obtenido de <https://www.petroperu.com.pe/acerca-de-petroperu-s-a-/organizacion/>
- Petroperú S.A. (19 de Noviembre de 2020). *Productos*. Obtenido de <https://www.petroperu.com.pe/productos>
- Petroperú S.A. (19 de Noviembre de 2020). *Qué hacemos?* Obtenido de <https://www.petroperu.com.pe/>
- Petroperú S.A. (19 de Noviembre de 2020). *Sistema integrado de gestion corporativa*. Obtenido de <https://www.petroperu.com.pe/socio-ambiental/principal/sistemas-de-gestion/sistema-integrado-de-gestion-corporativa/>
- Process safety & Management. (s.f.). *Process safety & Management*. Obtenido de <https://psymingenieria.com/seguridad-procesos/fire-gas/>
- Solutions, T. A.-H. (2013). Operator training simulators for bronwfield process units offer many benefits. *HYDROCARBON PROCESSING*.
- SPA, I. I. (2016). *Manual de Formación de Introducción Básica a la Refinería*.
- SPA, I. I. (2016). *Manual de Formación Proceso y Operacion* .
- Tao, F. (13 de Octubre de 2017). Applying Layer of Protection Analysis (LOPA) to Accelerator Safety Systems Design. Barcelona, Cataluña, España: ICALEPCS2017.
- Tume, K. V. (2005). *ESTIMACION DE COSTOS DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL. PIURA*.
- Yokogawa. (s.f.). *Yokogawa - Co. Innovating tomorrow*. Obtenido de [https://www.yokogawa.com/solutions/solutions/energy-management/operator-training-simulator/#Resources\\_\\_References](https://www.yokogawa.com/solutions/solutions/energy-management/operator-training-simulator/#Resources__References)

## ANEXOS

### ANEXO A: Criterios de evaluación

Como parte de la estrategia de implementación y aplicación del PBFEP0 al personal de operaciones del PMRT se pre establecieron ciertos criterios de evaluación para cada uno de los cursos contemplados en el plan de formación, a fin de que el objetivo de adiestramiento sea medible y representativo, es así que se elaboraron fichas de evaluación por curso y para cada uno de los 09 grupos de aplicación, así como se muestra en la Tabla A-1:

**Tabla A - 1:**

*Fichas de evaluación por curso y de aplicación a todos los grupos*

<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN POR CURSO</b>					
<b>GRUPO:</b>		<b>Del C1 al C9</b>		<b>CURSO:</b>	
				<b>Del A al G</b>	
<b>Participante</b>	<b>Evaluación Escrita (50%)</b>	<b>Evaluación Practica (40%)</b>	<b>Participación por Conocimientos Previos (10%)</b>	<b>Promedio Ponderado</b>	<b>Mínimo Aprobatorio</b>
1	Calificación 1	Calificación 2	Calificación 3	0 - 100%	70%
2	Calificación 1	Calificación 2	Calificación 3	0 - 100%	70%
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
n-1	Calificación 1	Calificación 2	Calificación 3	0 - 100%	70%
n	Calificación 1	Calificación 2	Calificación 3	0 - 100%	70%
<b>Promedios =</b>	Promedio 1	Promedio 2	Promedio 3	Promedio Grupal	70%
<b>Total Desaprobados Menor a 70%</b>		<b>Total Pre-aprobados Entre 65% y 70%</b>		<b>Total Aprobados Mayor a 70%</b>	

Fuente: Elaboración propia.

En adición, para el entrenamiento de operadores en los simuladores OTS del PMRT la Tabla A-2 muestra los criterios específicos que fueron exigidos para considerar que el personal cuenta con las habilidades necesarias para monitoreo del proceso, identificación de

problemas y ofrecer respuestas inmediatas ante perturbaciones. Dichos criterios fueron ponderados con diferentes pesos dado su nivel de criticidad e importancia.

**Tabla A - 2:**

*Resumen de criterios específicos de evaluación en simuladores OTS*

<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN PRÁCTICA EN SIMULADOR OTS - CURSO G</b>		
<b>Ítems</b>	<b>Criterios de evaluación</b>	<b>Peso de las acciones esperadas</b>
1	Identificación y descarte de perturbaciones del proceso	30%
2	Respuestas inmediatas y contingencias de control	30%
3	Atención y respuesta ante alarmas de diferente prioridad	20%
4	Elaboración de gráficas de tendencia para monitoreo de variables	10%
5	Control de variables y restablecimiento de la estabilidad del proceso	10%

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, para poder ponderar la calificación y condición final del participante, se pre establecieron diferentes pesos para cada uno de los cursos del plan de formación, dado que la instrucción impartida si bien es cierto es bastante amplia tiene por objeto orientar a que el personal adquiera conocimientos específicos orientados a las operaciones de procesos de refinación del PMRT, así como se muestra en la Tabla A-3:

**Tabla A - 3:**

*Resumen de evaluaciones por curso para cada participante – Ponderación*

<b>PONDERACIÓN DE CALIFICACION POR PARTICIPANTE</b>			
<b>PARTICIPANTE:</b>	<b>Nombre</b>	<b># DE GRUPO:</b>	<b>C1 al C9</b>
<b>Curso</b>	<b>Promedio Ponderado</b>	<b>Peso Por Curso</b>	<b>Resultado Parcial</b>
Curso A	PP-A	P1 = 5%	PP-A x P1
Curso B	PP-B	P2 = 5%	PP-B x P2
Curso C	PP-C	P3 = 10%	PP-C x P3
Curso D	PP-D	P4 = 15%	PP-D x P4
Curso E	PP-E	P5 = 20%	PP-E x P5
Curso F	PP-F	P6 = 25%	PP-F x P6
Curso G	PP-G	P7 = 20%	PP-G x P7
<b>Mín. Aprobatorio =</b>	70%	<b>Ponderado Final =</b>	PP-FINAL
<b>Condición =</b>	Aprobado (Menor a 70%) Pre-Aprobado (Entre 65% y 70%) Desaprobado (Mayor a 70%)		

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para dar respuesta a lo exigido por la compañía se elaboraron cuadros resumen que nos indiquen el número de personas aptas para desempeñar funciones en la operación del PMRT y el número de personas no aptas, así como se muestra en la Tabla A-4:

**Tabla A - 4:**

*Resumen de resultados final para los 09 grupos de aplicación*

<b>RESUMEN DE RESULTADOS POR GRUPO</b>				
<b>GRUPO</b>	<b>N° PARTICIPANTES</b>	<b>DESAPROBADOS</b>	<b>PRE-APROBADOS</b>	<b>APROBADOS</b>
C1	Z1	D1	PR1	A1
C2	Z2	D2	PR2	A2
C3	Z3	D3	PR3	A3
C4	Z4	D4	PR4	A4
C5	Z5	D5	PR5	A5
C6	Z6	D6	PR6	A6
C7	Z7	D7	PR7	A7
C8	Z8	D8	PR8	A8
C9	Z9	D9	PR9	A9
<b>Total de grupos</b>	<b>Total de participantes</b>	<b>Total Desaprobados Menor a 65%</b>	<b>Total Preaprobados Entre 65% y 70%</b>	<b>Total Aprobados Mayor a 70%</b>

Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO B: Relación de temarios por curso del PBFEPO

### Tabla B - 1:

#### *Temario del Curso A*

---

**CURSO A: CALIDAD, HIGIENE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE - QHSE**

---

1. Política de Seguridad y medio ambiente
2. Conceptos básicos sobre seguridad e higiene en el trabajo
3. Orden y limpieza en las áreas de trabajo
4. Manejo de herramientas y equipo
5. Manejo seguro en espacios confinados
6. Excavaciones
7. Izajes de carga
8. Trabajos en altura
9. Equipos de protección personal
10. Trabajos eléctricos
11. Trabajos en Caliente
12. Equipos móviles
13. Productos Químicos
14. Prevención y combate de incendio
15. Peligros - Riesgos
16. Seguridad basada en el comportamiento
17. Matrices IPERC - Ambientales
18. Gestión de permisos de Trabajo
19. Análisis de trabajo seguro

---

Fuente: Elaboración propia.

### Tabla B - 2:

#### *Temario del Curso B*

---

**CURSO B: INTRODUCCIÓN A REFINERÍA**

---

1. Introducción al petróleo crudo
2. El petróleo crudo y tipos de productos
3. Esquemas de refinación
4. Introducción a los procesos de refinación
5. Procesos y equipos de conversión - conversión profunda
6. Procesos y equipos de hidrotreatmento
7. Los catalizadores y su aplicación
8. Ensayos y pruebas analíticas en refinación
9. Rendimientos y Especificaciones de los productos
10. Las condiciones de operación y las variables de proceso
11. Unidades de tratamiento y regeneración de Aminas
12. Utilidades y Servicios auxiliares - Operaciones de soporte

---

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla B - 3:**

*Temario del Curso C*

---

**CURSO C: BÁSICO DE PROCESO**

---

1. Bases de diseño de proyectos de Refinación
2. Esquema general de refinación - PMRT
3. Descripción y funcionalidades de los Procesos
4. Filosofía de control y objetivos de los Procesos
5. Introducción básica de lectura de PFDs y P&IDs
6. Reconocimiento de Procesos con PFDs y P&IDs
7. Descripción detallada de las nuevas unidades de proceso del PMRT
8. Descripción detallada de las nuevas unidades auxiliares del PMRT

---

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla B - 4:**

*Temario del Curso D*

---

**CURSO D: PROCESO Y OPERACIÓN**

---

1. Instructivos y procedimientos operativos
2. Operación de equipos estáticos - Filtros, Intercambiadores, etc.
3. Operación de equipos dinámicos - Bombas, Agitadores, Compresores, Sopladores, etc.
4. Operación de paquetes de inyección de químicos
5. Secuencias de arranque de Parada Unidades de separación - DP1 / DV3 / RG1 / RG2
6. Secuencias de arranque de Parada Unidades de Hidrotratamiento - HTN / HTD / HTF
7. Secuencias de arranque de Parada Unidades de Conversión - FCC / RCA / TGL
8. Secuencias de arranque de Parada Unidad de Conversión Profunda- Flexicoking
9. Secuencias de arranque de Parada Unidades de servicios auxiliares
10. Operación de unidad de Movimiento de Productos, Crudo y Agua
11. Operaciones por Muelles de carga Líquida y Terminal submarino
12. Monitoreo y control de procesos

---

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla B - 5:**

*Temario del Curso E*

---

**CURSO E: CONDICIONES EMERGENCIA Y SOLUCIONES**

---

1. Instructivos y procedimientos operativos de respuesta a emergencias
  2. Introducción a los sistemas de ESD y F&G
  3. Niveles de protección de seguridad - LOPA
  4. Sistemas instrumentados de seguridad - Interlock de procesos
  5. Sistemas de parada segura - Safe Park
  6. Matrices Causa - Efectos
  7. Problemas de funcionamiento típicos y medidas correctivas
  8. Desviaciones, diagnóstico y control de procesos
-

9. Emergencias por falla de Servicios auxiliares - Agua, Aire, Vapor, Electricidad, etc.
10. Parada por emergencias operativas
11. Respuesta a emergencias por pérdidas de contención.

---

Fuente: Elaboración propia.

### **Tabla B - 6:**

#### *Temario del Curso F*

---

#### **CURSO F: TOJ - TRAINING ON JOB**

---

1. Reconocimiento de sistemas, circuitos y líneas de proceso.
2. Reconocimiento de equipos menores y equipos críticos del proceso.
3. Simulación de alineamiento de circuitos y operación de equipos.
4. Simulación de puesta en servicio y rotación de equipos rotativos y estáticos.
5. Simulación de preparación de equipos para entrega a mantenimiento.
6. Simulación de arranque y parada de la unidad de proceso
7. Simulación de ejercicios de emergencias operativas

---

Fuente: Elaboración propia.

### **Tabla B - 7:**

#### *Temario del Curso G*

---

#### **CURSO G: ENTRENAMIENTO EN SIMULADOR - OTS**

---

1. Entrenamiento en el entorno de simulación - Experion de Honeywell
2. Descripción de Narrativas de control
3. Interacción con lazos de control en el simulador
4. Ejercicios de monitoreo y control de variables
5. Entrenamiento en el entorno del sistema instrumentado de seguridad -ESD
6. Entrenamiento en el entorno de gestión de alarmas
7. Entrenamiento en el entorno de monitoreo y control de Fuego y Gas - FGS
8. Ejercicios de operaciones rutinarias
9. Ejercicios de modos de operación - Turn Down / Modo seguro - Safe Park
10. Ejercicios de emergencias operativas

---

Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO C: Ejemplo de aplicación en simulador OTS

En la Tabla C-1 se muestra el detalle de un ejercicio aplicable a nivel de planta y OTS:

**Tabla C - 1:**

*Ejercicio de cambio de las bombas FCK-P-207A/B – Unidad FCK del PMRT.*

<b>Formato de aplicación – Instructor</b>																					
1. Título del ejercicio:	Ejercicio de cambio de las bombas FCK-P-207A/B																				
2. Objetivo técnico:	Realizar el cambio de bombas críticas sin generar perturbaciones de efecto significativo al proceso.																				
3. Condición inicial:	Operación normal en estado estacionario a máxima carga 22.6 KBPD.																				
4. Duración de la prueba:	30min - Incluye estabilización.																				
5. Procedimiento de referencia:	INSO2-111 v.1 Operación de bombas de aceite de lavado de HHKGO FCK-P-207-AB																				
6. Elemento que inicia el escenario:	Fuga por sello de la bomba accionada por motor eléctrico FCK-P-207A.																				
7. Respuestas del modelo:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incremento en el nivel de fondos de la fraccionadora FCK-C-201.</li> <li>2. Alarma por paro del motor de la bomba eléctrica FCK-P-207-A.</li> <li>3. Alarma por baja presión en el cabezal de descarga de las bombas.</li> </ol>																				
8. Acciones a ejecutar por el evaluado:	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El estudiante indica al operador del puesto “B” que prepare la bomba de respaldo P-207-B (tipo turbina).</li> <li>▪ Después de 10 minutos, el operador del puesto “B” indica que la bomba de respaldo se encuentra lista para poner en servicio (verificado alineamiento y turbina ha sido calentada a la T° de operación).</li> <li>▪ Verificar Set Point del TC-22101 es 160°C – En el saturador de vapor.</li> <li>▪ Realiza la apertura de las XV-22101-A/B empleando el HS-214B.</li> <li>▪ Después de 1 min, el operador del puesto “B” indica que la bomba se encuentra en servicio, en operación normal.</li> <li>▪ Monitorear RPM en SI81621 y flujo de descarga en FCK-FC-22201.</li> <li>▪ Solicita al operador del puesto “B” poner F/S bomba P-207-A.</li> <li>▪ Desactiva el HS-214B y realiza el rearme del interlock IS-214.</li> <li>▪ Verifica que luego de la parada de la bomba el switch de campo queda en posición OFF.</li> </ul>																				
9. Criterios de evaluación:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Restablece las condiciones normales de la unidad.</li> <li>2. No violó un límite alto-alto o bajo-bajo. Puntos controlados y respectivas Ventanas operativas.</li> </ol>																				
10. Variables evaluadas:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">TAG</th> <th style="text-align: center;">Mín.</th> <th style="text-align: center;">Máx.</th> <th style="text-align: center;">Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nivel de fondos FCK-C-201</td> <td style="text-align: center;">FCK-LC-20203</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">70</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td>Presión de descarga de la bomba</td> <td style="text-align: center;">FCK-PI-22103</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">kg/cm2</td> </tr> <tr> <td>Flujo de HHKGO</td> <td style="text-align: center;">FCK-FC-22201</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td style="text-align: center;">35</td> <td style="text-align: center;">m3/hr</td> </tr> </tbody> </table>		TAG	Mín.	Máx.	Unidades	Nivel de fondos FCK-C-201	FCK-LC-20203	50	70	%	Presión de descarga de la bomba	FCK-PI-22103	10	12	kg/cm2	Flujo de HHKGO	FCK-FC-22201	25	35	m3/hr
	TAG	Mín.	Máx.	Unidades																	
Nivel de fondos FCK-C-201	FCK-LC-20203	50	70	%																	
Presión de descarga de la bomba	FCK-PI-22103	10	12	kg/cm2																	
Flujo de HHKGO	FCK-FC-22201	25	35	m3/hr																	
11. Puntuación para aprobación:	Acorde a la complejidad del escenario de entrenamiento desde 0 hasta 100%.																				

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo la Tabla C-2 muestra las principales variables que se ven afectadas en el proceso, y que serán discutidas luego de haberse aplicado el ejercicio en el simulador OTS.

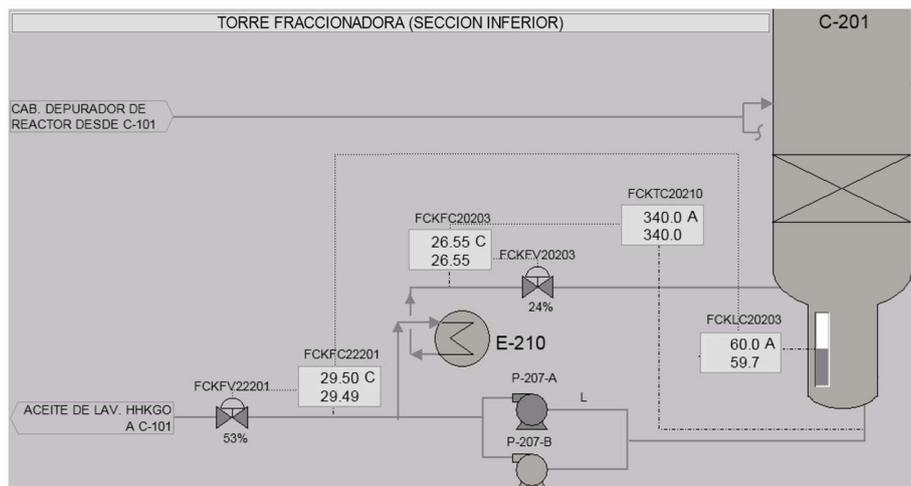
**Tabla C - 2:**

*Parámetros del proceso - Ejercicio cambio de las bombas FCK-P-207A/B.*

<b>Parámetro del proceso</b>	<b>Respuesta esperada y razonamiento</b>
Nivel de fondo de FCK-C-201 / LC-20203	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si no se alcanza a poner la P-207-B en servicio, el nivel se incrementa al sacar la P-207-A. Si las dos bombas se encuentran en servicio, el nivel puede bajar.</li> </ul>
Presión de descarga PI-22103	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puede bajar si no se pone la bomba de turbina E/S antes de sacar la P-207-A y activa el IS-214 por baja-baja presión (<math>&lt; 9.95 \text{ kgf/cm}^2</math>). La bomba de turbina demora en alcanzar la presión nominal de descarga, en comparación de la bomba eléctrica.</li> </ul>
Flujo de HHKGO FC-22201	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se incrementa temporalmente al estar las dos bombas en servicio. El incremento de flujo con la bomba de turbina es más lento en comparación de la bomba eléctrica.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

La Figura C-1 muestra un entorno resumido del proceso a nivel de PFD en el OTS de interacción directa con el operador de sala de control, en donde se aplica el ejercicio en mención, y en este se puede apreciar la columna de fraccionamiento principal de la unidad Flexicoking del PMRT, se aprecia las bombas de fondos FCK-P-207AB, un generador de vapor FCK-E-210, válvulas de control de flujo que están en un arreglo en cascada con los controladores de temperatura y nivel de fondos del fraccionador.



*Figura C - 1 PFD del Fondo de fraccionadora FCK-C-201 – Entorno OTS.*

Nota: La imagen es una captura de una estación de control del OTS de la unidad FCK - PMRT.

Finalmente en el simulador OTS como parte de las estrategias de evaluación del desempeño del operador, se pueden establecer y generar reportes para el monitoreo de las principales variables que el operador debe procurar cuidar durante el ejercicio y para lo cual se le establecen ventanas operativas (límites inferior y superior a las variables) que garanticen la estabilidad del proceso, provean el máximo desempeño de los equipos, y que no violen los límites integridad del proceso (operación en niveles de alarma o disparo de los sistemas de seguridad ESD). Así para el ejemplo en mención la Figura C-2 muestra el monitoreo del nivel de fondos de la fraccionadora FCK-C-201 durante la operación de un cambio de bombas.

[Key Performance Variable Evaluation Report](#)

Evaluation: Ejercicio de cambio de bombas de fondo FCK-P-207

Operator: Instructor

Instructor: N/A

Grade: **Pass**

**Evaluation Summary**

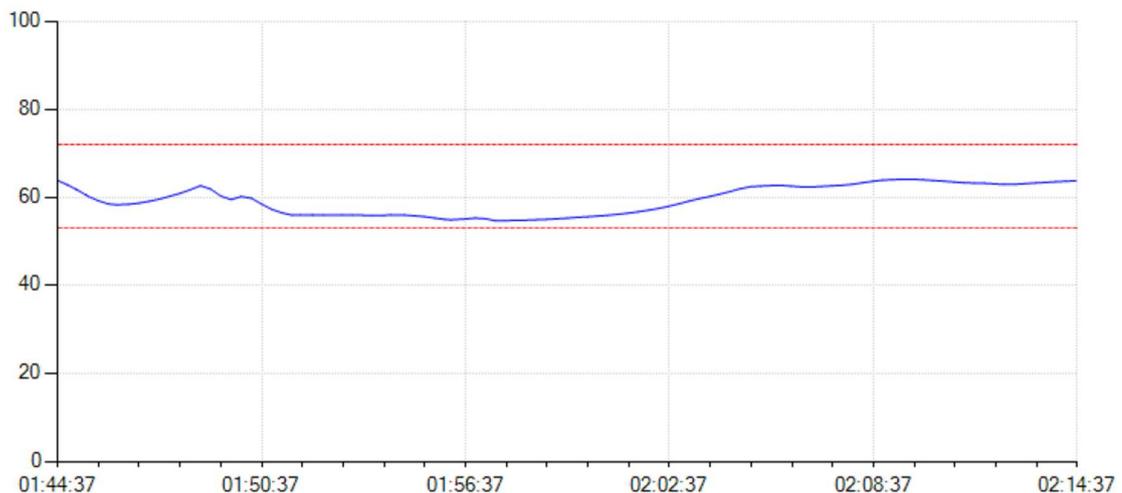
Evaluation Description:	Ejercicio de cambio de bombas de fondo FCK-P-207
Evaluation Conditions:	PP_FCC - SteadyState_REV4
Duration (Wall Clock):	Start - 15:19:05 End - 00:00:00
Duration (Simulation):	Start - 01:44:37 End - -00:00:01
Score:	100.0% (150/150) achieved. 70% required.

**Details:**

**FCKLT20203.PV(%)**

Score: 100.0% (50/50)

FCK-C-201\_VSL\_LEVEL TRASMITER



*Figura C - 2 Reporte de control – Evaluación KPV del OTS.*

Nota: La imagen es una captura de la estación del instructor del OTS de la unidad FCK - PMRT.