

Diseño e implementación de un modelo estandarizado de análisis operacional en la refinería Barrancabermeja ECOPETROL S.A. usando los software PI DATALINK y PI VISION

Abdón David Barón Vergara

María Paula Velasco Cardozo

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingenieros Químicos

Director

Maria Paola Maradei Garcia

PhD. Química

Codirector

Edisson Campos Garzón

Magíster en dirección de empresas

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Físicoquímica

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2021

### **Agradecimientos**

*A Ecopetrol S.A. por brindarnos la oportunidad de iniciar nuestra construcción como profesionales en el mundo laboral.*

*A todo el equipo de análisis operacional integral, por acogernos como parte del equipo y por brindar su experiencia y conocimientos para direccionar este proyecto.*

*A la profesora Maria Paola Maradei, por su acompañamiento en la elaboración este proyecto.*

*Al ingeniero Edison Campos, por ser nuestro gran apoyo y guía en la compañía y en la vida. Gracias por acompañar nuestro proceso de aprendizaje durante la realización de esta práctica.*

*A todo el equipo de optimización, por su gran apoyo y entusiasmo. Gracias, por regalarnos la maravillosa experiencia de trabajar con ustedes*

### **Dedicatoria**

*Este logro es principalmente para Dios, por todas sus bendiciones otorgadas y por siempre estar a mi lado cuando más lo necesité durante este largo proceso.*

*Les agradezco con todo mi corazón a mis padres por todo su esfuerzo y sacrificio para que nunca me faltara nada y siempre ser mi apoyo incondicional.*

*A mis hermanas Zaira y Laura por siempre creer en mí y motivarme para nunca rendirme.*

*A Lucía, por ser un nuevo motor en mi vida y una fuente de inspiración, amor y alegría.*

*A todos mis familiares que se enorgullecen de este logro y siempre me apoyaron.*

*A mi abuelo El Pollo por demostrarme lo valiosa que es la vida y a mi abuela Rebeca por siempre cuidarme desde el cielo.*

*A Andrea, mi amor, compañera y mejor amiga, por todo su cariño y apoyo, y por motivarme para salir adelante y ser siempre mejor persona.*

***Abdón David Barón Vergara***

**Dedicatoria**

*A mi padre, porque es el ángel que me guía.*

*A mis hermanos, por motivarme y brindarme consejos.*

*A mis sobrinos, por ser la principal fuente de mi inspiración.*

*A Dios, por iluminar mi camino con la presencia de excelentes personas.*

*Y a mi madre, por su amor, entrega y disciplina, a ella le debo todo lo que soy.*

**María Paula Velasco Cardozo**

**Tabla de contenido**

Introducción .....	11
1. Objetivos.....	13
1.1. Objetivo General .....	13
1.2. Objetivos Específicos .....	13
2. Cuerpo del Trabajo .....	14
2.1. Marco Referencial .....	14
2.1.1. Flujo diario de la información en la refinería .....	15
2.1.2. Principios y conceptos ingenieriles .....	16
2.1.3. Software de información OSISOFT PI SYSTEM .....	19
2.2. Método.....	20
2.2.1. Fase 1. Conformación de equipo de análisis operacional integral .....	22
2.2.2. Fase 2. Identificación de variables de influencia en el desempeño operacional .....	22
2.2.3. Fase 3. Organización y distribución de la agenda .....	23
2.2.4. Fase 4. Construcción de pantallas de monitoreo .....	23
2.2.5. Fase 5. Construcción de herramienta de documentación .....	24
2.2.6. Fase 6. Divulgación de implementación y funcionamiento de las herramientas desarrolladas .....	24
2.3. Resultados y discusión .....	25
2.3.1. Conformación de equipo de análisis operacional integral.....	25
2.3.2. Identificación de variables de influencia en el desempeño operacional.....	25
2.3.3. Organización y distribución de la agenda.....	26
2.3.4. Construcción de pantallas de monitoreo .....	28
2.3.5. Construcción de herramienta de documentación.....	34
2.3.6. Divulgación de implementación y funcionamiento de las herramientas desarrolladas .....	36
3. Conclusiones .....	37
4. Recomendaciones .....	38
Referencias Bibliográficas .....	40
Apéndices .....	41

**Lista de Tablas**

	<b>Pag.</b>
<b>Tabla 1.</b> Sistemas y productos de la refinería de Barrancabermeja. ....	15
<b>Tabla 2.</b> Actividades realizadas durante la práctica empresarial .....	21
<b>Tabla 3.</b> Distribución de temas, tiempo de duración y número total de desviaciones. ....	27

**Lista de Figuras**

	<b>Pag.</b>
<b>Figura 1.</b> Diagrama de la metodología del proyecto.....	21
<b>Figura 2.</b> Distribución del comité de análisis operacional Integral.....	25
<b>Figura 3.</b> Registro de duración de las sesiones. ....	27
<b>Figura 4.</b> Estructura de datos PI TAGS y AF. ....	29
<b>Figura 5.</b> Menú principal herramienta desarrollada en este trabajo. ....	30
<b>Figura 6.</b> Pantalla de monitoreo para producción de gasolina motor regular. ....	31
<b>Figura 7.</b> a) Flujos volumétricos intermedios de producción de gasolina y b) Inventario de tanques, capacidad máxima y calidad en tanques almacenamiento de gasolina .....	32
<b>Figura 8.</b> a) Botones funcionales, convenciones y tablas de valores mostrados a la izquierda (cuadro rojo) de la b) Pantalla adicional, complementaria, de datos de calidad para gasolina motor regular.....	33
<b>Figura 9.</b> Reporte de datos de calidad de la unidad U-2700.....	34
<b>Figura 10.</b> Barra de control de tiempo.....	34
<b>Figura 11.</b> Gráfica de tendencia histórica.....	34
<b>Figura 12.</b> Herramienta de documentación.....	35

**Lista de Apéndices**

	<b>Pag.</b>
<b>Apéndice A.</b> Pantallas de monitoreo y pantallas adicionales de datos de calidad. ....	41
<b>Apéndice B.</b> Acta de reunión. ....	46

## Resumen

**Título:** Diseño e implementación de un modelo estandarizado de análisis operacional en la refinería Barrancabermeja ECOPETROL S.A. usando los software PI DATALINK y PI VISION\*

**Autor:** Abdón David Barón Vergara, Maria Paula Velasco Cardozo\*\*

**Palabras Clave:** Análisis operacional, monitoreo, seguimiento operacional.

**Descripción:** Los esfuerzos por desarrollar lineamientos estandarizados de análisis operacional en la refinería de Barrancabermeja Ecopetrol S.A., han logrado importantes avances en el seguimiento sistemático de las condiciones operacionales, no obstante, cada decisión pactada debe involucrar el conocimiento y apoyo de todas las áreas involucradas. La estimulación de formar grupos de discusión heterogéneos que aumenten la comunicación y la toma de decisiones sin desconocer ningún proceso genera un nuevo rumbo para el análisis operacional en la compañía y en camino el análisis implementado a uno que impulse la cooperación entre las áreas. Las continuas actualizaciones informáticas requieren revisiones constantes de las herramientas empleadas en las empresas, por ello, es necesario combinar antiguos trabajos adelantados por miembros de la compañía con las nuevas herramientas informáticas. Ante esto, este proyecto diseñó e implementó pantallas de monitoreo operacional en tiempo real. Por último, el proyecto sugiere un repositorio informático y documental de las acciones pactadas en las sesiones, con el objetivo de implementar estos datos como base de información en un modelo predictivo, así como de impulsar el análisis tradicional a uno de carácter integral. En este sentido, este proyecto busca potenciar y optimizar el análisis y la discusión operacional, permitiendo acelerar el esfuerzo de la compañía por incorporar un análisis integral óptimo.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Maria Paola Maradei Garcia. Doctora en Química. Codirector: Edison Campos Garzón. Magíster en Dirección de Empresas.

### Abstract

**Title:** Design and implementation of a standardized operational analysis model at the Barrancabermeja's Ecopetrol S.A. refinery using PI DATALINK and PI VISION softwares\*

**Authors:** Abdón David Barón Vergara, Maria Paula Velasco Cardozo\*\*

**Keywords:** Operational analysis, monitoring, operational follow-up

**Description:** The efforts to develop operational analysis standardized guidelines in Barrancabermeja's Ecopetrol S.A. refinery have achieved considerable advances in the systematic monitoring of the operational conditions. However, each covenanted decision must involve full knowledge and support from each compromised area. The stimulation obtained by establishing heterogeneous discussion groups that enhance communication and facilitate the decision-making process generates a new course for the operational analysis process within the company, guarantying a better cooperation between each area. The outgoing software updates require constant reviews for the implemented tools, hence the importance of matching previous works forwarded by the company employees with the new computer tools available. Looking towards this approach, this project designed and implemented real time operational monitoring screens. Lastly, the project suggests a documentary software repository of each session's covenanted actions, with the goal of implementing this data as the base information for a predictive model, turning the traditional analysis process to an updated and comprehensive one at the same time. In this sense, this project looks forward to enhancing and optimizing the operational analysis and discussion, accelerating the company's efforts in incorporating an optimal comprehensive analysis.

---

\*Degree Work

\*\*Faculty of Physical-Chemical Engineering. School of Chemical Engineering. Director: Dr.Sc. Maria Paola Maradei Garcia. Codirector: Edisson Campos Garzón. Master in Business Administration.

## Introducción

El presente proyecto describe el diseño, construcción e implementación de una herramienta estandarizada para facilitar el acceso a la información relevante y así permitir la realización adecuada de un análisis operacional integral en la Gerencia Refinería de Barrancabermeja (GRB). Para ello, se recurrió a herramientas de seguimiento en tiempo real, así como de herramientas en manejo de datos.

El análisis operacional representa la esencia del control de la operación en la Gerencia Refinería Barrancabermeja S. A. y tiene como objetivo generar un hábito permanente de planeación, seguimiento, evaluación y análisis del comportamiento de la operación (Ecopetrol S.A., 2019). Este análisis es realizado por comités departamentales que reúnen un equipo de profesionales por cada área en sesiones sistemáticas diarias donde se discute y encamina la operación. Estas sesiones han permitido ampliar el análisis de la compañía y contribuir al desempeño operativo.

Sin embargo, pese a los esfuerzos de la compañía por implementar un adecuado ejercicio de análisis operacional, se han observado dificultades que afectan dicho proceso. Por ejemplo, al día de hoy la práctica se realiza de manera individual en cada departamento que compone a la refinería y no considera la operación conectada, integrada y sincrónica en la que opera la refinería de Barrancabermeja. Como consecuencia de ello, la práctica actual no tiene en cuenta los posibles efectos de las acciones asumidas en otras áreas. Además de no propiciar la integración de los diferentes departamentos ni la adecuada divulgación de la información relevante.

Para analizar esta problemática es necesario analizar y mencionar sus causas. Una de ellas es el manejo de metodologías, herramientas y fuentes de información operativas diferentes.

Fuentes de información distintas generan valores que no coinciden con los manejados por los demás miembros del comité. Estos contrastes afectan la credibilidad de la operación y generan gasto de tiempo adicional en las sesiones, no previsto, para revisar las discrepancias de la información. Adicionalmente, la ausencia de una agenda establecida, la no organización en los temas a tratar, y la falta de documentación/seguimiento de las decisiones pactadas, generan dificultades adicionales a las ya expuestas, que promueven deficiencias en el procedimiento de análisis operacional buscado por la empresa.

En este proyecto se presenta el diseño, construcción e implementación de una herramienta estandarizada que facilita el acceso a la información relevante y confiable para realizar un adecuado análisis operacional integral en la Gerencia Refinería de Barrancabermeja (GRB). El proyecto se realizó bajo el seguimiento de los objetivos de la compañía y la orientación brindada en la ejecución de la práctica empresarial. Asimismo, se construyeron pantallas de monitoreo en línea para las diferentes líneas de producción, implementamos un sistema de organización efectivo para las sesiones de análisis operacional integral, así como la organización de la documentación histórica de la información recopilada.

Complementar la formación académica de los autores y relacionar los mismos a la práctica industrial fue un interés académico y profesional. Así como conocer el contexto de las nuevas necesidades industriales del país.

En el marco de la realización del proyecto, surge un cúmulo de preguntas, como: ¿Cuáles son los factores que impulsan la toma de decisiones integrales diarias en el complejo industrial? ¿Qué temas deben ser tratados en las reuniones de análisis operacional integral? ¿Cómo optimizar el tiempo destinado a realizar las sesiones de análisis operacional integral? ¿Cómo

garantizar la documentación histórica de las sesiones? ¿Cómo apoyar el objetivo institucional de análisis permanente?

En efecto, el proyecto se centra en la ejecución y entrega de un modelo de análisis operacional integral en la refinería de Barrancabermeja.

- Apoyar la conformación del equipo de análisis operacional Integral en la refinería de Barrancabermeja.
- Identificar los factores de influencia sobre el desempeño y eficiencia operacional en la refinería de Barrancabermeja.
- Estructurar de manera efectiva la agenda a emplear en las sesiones de análisis operacional Integral.
- Construir pantallas de monitoreo que permitan acelerar y potenciar el ejercicio de análisis operacional Integral.
- Incorporar documentación que albergue históricamente las acciones pactadas en el ejercicio de análisis operacional integral diario.
- Divulgar la implementación y funcionamiento de las herramientas de apoyo a la sesión de análisis operacional Integral.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo General**

Diseñar, desarrollar e implementar un modelo de análisis operacional integral en la Refinería de Barrancabermeja que garantice sostenibilidad de la operación.

### **1.2. Objetivos Específicos**

- Apoyar la conformación del equipo de análisis operacional integral en la refinería de Barrancabermeja.
- Identificar los factores de influencia sobre el desempeño y eficiencia operacional en la refinería de Barrancabermeja.

- Estructurar de manera efectiva la agenda a emplear en las sesiones de análisis operacional integral.
- Construir pantallas de monitoreo que permitan acelerar y potenciar el ejercicio de análisis operacional integral.
- Incorporar documentación que albergue históricamente las acciones pactadas en el ejercicio de análisis operacional integral diario.
- Divulgar la implementación y funcionamiento de las herramientas de apoyo a la sesión de análisis operacional integral.

## **2. Cuerpo del Trabajo**

### **2.1. Marco Referencial**

La refinería de Barrancabermeja perteneciente a Ecopetrol S.A. es un complejo industrial de refinación de crudo ubicado en la ciudad de Barrancabermeja. Con 254 hectáreas de extensión, es la refinería más grande del territorio colombiano. Actualmente procesa crudos de distintas calidades para así obtener diferentes tipos de productos requeridos por el mercado nacional y suplir al país con el 85% del combustible utilizado (Ecopetrol S.A., 2020). Es considerada un icono de la industria nacional y el principal motor económico de la región. Los productos obtenidos en las diferentes líneas de producción se clasifican por sistemas: sistemas de petroquímicos, sistema de livianos, sistema de intermedios, sistema de gasolinas, sistema de medios y sistema de fondos (Ecopetrol s.a., 2019). Entre sus productos se destacan algunos de los mostrados en la Tabla 1.

Múltiples factores intervienen en la toma de decisiones de una compañía, por ello, los temas involucrando al personal, el sistema ambiental y las finanzas motivan las decisiones asumidas en el complejo industrial y ocupan una posición relevante en el modelo de análisis de la compañía.

**Tabla 1.***Sistemas y productos de la refinería de Barrancabermeja.*

Sistema	Productos
Petroquímicos	Bases lubricantes, parafinas, aromáticos y polietilenos
Livianos	GLP y PGR
Intermedios	DMO, GAO y GAOH
Gasolinas	Gasolina motor regular, gasolina extra.
Medios	Diesel, Jet y ALC
Fondos	Asfalto, crudo reconstituido, Arotar y Fuel Oil.

**2.1.1. Flujo diario de la información en la refinería**

El flujo de información operacional diaria de la refinería es un proceso de gran relevancia para la compañía. La refinería de Barrancabermeja presenta un conjunto sistemático de actividades para informar la operación diaria del complejo industrial, así:

- **Jefatura de Turno**

Las reuniones de entrega de turno son sesiones de 30 minutos, desarrolladas en tres momentos del día (6:00 a.m., 12:00 p.m. y 6:00 p.m.) donde se reportan eventualidades del día en cuanto a: operación, personas y gestión ambiental. Se conforma por los tableristas del centro de optimización de la refinería (COR) y el jefe de Turno, quien vela por las acciones diarias y participa como mediador de información en otras sesiones.

- **Análisis operacional por áreas**

Son sesiones diarias conformadas por el equipo operativo de cada área liderado por el ingeniero de procesos. Allí se comunican los cambios y oportunidades operacionales del área, así como la divulgación de desviaciones que pueden llevar a alteraciones futuras. El ingeniero líder de procesos participa como mediador de información en otras sesiones.

- **Programación**

El equipo de programación proyecta los despachos de productos de acuerdo a la disponibilidad de cargas y estado de producción. Los miembros del equipo son los mediadores de información en otras sesiones.

- **Análisis de Calidad**

El equipo de control y seguimiento de calidad se encarga de recibir muestras en diferentes líneas y realizar el monitoreo de composición y parámetros de calidad, sus miembros son mediadores de información en otras sesiones.

### **2.1.2. Principios y conceptos ingenieriles**

La comprensión de los procesos de una forma globalizada y la relación de parámetros y diagramas resultaron ser el pilar fundamental en la elaboración de la práctica empresarial. Por ello, el estudio constante de la documentación operacional y conceptual de las plantas de la refinería fue una actividad esencial.

- **Balance de crudos de la refinería**

El balance de crudos de la refinería permite evaluar el desempeño de la unidad de recepción de materias primas basado en la administración de los crudos recibidos. El objetivo es controlar y minimizar las pérdidas de crudo en ésta. El indicador expresa las pérdidas de la unidad como porcentaje del movimiento diario total (Ecopetrol S.A., 2009f).

- **Destilación**

El proceso de destilación consiste en la separación de los hidrocarburos presentes en una mezcla a partir de sus puntos de ebullición. Conforme la presión aumenta, el punto de ebullición

para cada componente aumenta. La Refinería de Barrancabermeja lleva a cabo dos procesos de destilación: (Ecopetrol S.A., 2009b).

Destilación atmosférica: la función de la destilación es producir gases, naftas, Jet A1, ACPM, gasóleos y crudo reducido a partir del crudo cargado. El crudo ingresa a la torre en donde la parte vaporizada asciende por la torre y la parte líquida cae a los platos del fondo. La condensación de los vapores de hidrocarburos ocurre a medida que la temperatura en la torre se reduce, produciéndose corrientes laterales líquidas que se recuperan en los colectores de salida de la torre (Ecopetrol S.A., 2009c)

Destilación al vacío: las unidades de destilación al vacío operan bajo presiones negativas y procesan el crudo reducido obtenido en los fondos de las torres atmosféricas y algunos crudos cargados directamente. Su operación describe el mismo proceso de la torre atmosférica mencionado anteriormente (Ecopetrol s.a., 2009d).

- **Cracking Catalítico**

Es un proceso de ruptura catalítica para conversión de fracciones pesadas de hidrocarburos en productos más livianos y de mayor valor. La unidad carga aceites pesado como el DMO y DMOH, gasóleos, crudo reducido, naftas y corrientes secundarias como: GLP y SLOP. La función de este proceso es generar varios productos de mayor valor: ALC, butano, etano/etileno, nafta debutanizada, gas seco, propano y slurry (Ecopetrol s.a., 2009a).

- **Hidrotratamiento**

En los últimos años, las regulaciones impuestas a los combustibles han estado orientadas principalmente a limitar el contenido de azufre, el cual se ha visto drásticamente minimizado a fin de reducir la polución del aire (Fernández-Feal et al., 2009).

La refinería de Barrancabermeja cuenta con la unidad Prime G y Prime D, hidrotratadoras de Gasolina y Diesel, respectivamente. En estas plantas se disponen los productos de las unidades de destilación y craqueo catalítico en presencia de catalizadores compuestos de níquel-molibdeno y cantidades significativas de hidrógeno para el retiro de contaminantes mediante una reacción de hidrosulfuración y mejora de calidad de los productos (Ecopetrol S.A., 2009e). Estas plantas son las responsables de la entrega de combustibles de mejor calidad y con menor contenido de azufre en el territorio nacional.

El objetivo del hidrotratamiento es romper los enlaces de carbono-azufre presentes en la carga y saturar con hidrógeno las valencias libres resultantes. En este proceso, el objetivo es convertir tanto como sea posible el contenido de azufre orgánico en hidrocarburos y en  $H_2S$  (Pascual, 2018).

- **Aromáticos**

Consta de un proceso de transformación de nafta de bajo octanaje y bajo contenido de aromáticos a una gasolina de alto octanaje y alto contenido de aromáticos, empleando un proceso de selección de corte para la nafta y múltiples procesos de descontaminación por extracción líquido-líquido (Ecopetrol S.A., 2009g).

- **Rendimiento de gasolina**

El rendimiento de gasolina es resultado de la división de la producción neta de gasolina sobre la carga de crudos. La producción neta de gasolinas corresponde a los productos como alquilato de aviación, gasolina motor regular y extra, platformado y refinato de aromáticos (Ecopetrol S.A., 2019).

- **Rendimiento de medios**

El rendimiento de medios es resultado de la división de la producción neta de medios sobre la carga de crudos. La producción neta de medios corresponde a los productos como ACPM 3000-5000, ACPM HDT, Biodiesel B2 Extra, Queroseno y Turbosina Jet (Ecopetrol S.A., 2019).

### **2.1.3. Software de información OSISOFT PI SYSTEM**

PI SYSTEM es el sistema de registro para los datos operativos en tiempo real. Es un software que permite a la compañía recopilar, estandarizar, contextualizar y unificar grandes volúmenes de datos operativos. PI SYSTEM cuenta con múltiples herramientas y sistemas de organización de datos, así (Osisoft, 2017):

- **Pi Tag**

También llamados TAGS, son los puntos de almacenamiento de PI SYSTEM que registran la información del proceso en series de tiempo. Su sistema de búsqueda se basa en un código para cada dato (como posición de válvula, valor de flujo, reporte de laboratorio, etc.) y almacena sus reportes con una frecuencia instantánea. La arquitectura del código se desarrolla de acuerdo al área operativa a la que pertenece el dato, así, los códigos de una misma área operativa tienen una estructura de código similar, permitiendo una mejor búsqueda para el usuario. Los datos se almacenan en PI TAG de una forma horizontal, sin jerarquías o niveles.

- **Asset Framework (AF)**

Es un marco de activos que facilita la búsqueda y la divulgación de la información. Define la relación entre los datos para mejorar el acceso a la información, incorporando

metadatos y generando estructura de datos empleando plantillas que garantizan consistencia en toda la organización.

- **Pi Vision**

Es una herramienta informática que permite acceder a representaciones gráficas de los procesos y presentación de datos relevantes en el momento. Su interfaz le permite ser empleada desde cualquier dispositivo, además, permite la edición y construcción de pantallas de una forma rápida, fomentando la colaboración entre equipos. Su sistema lee únicamente los archivos almacenados en AF.

- **Pi Datalink**

Integra los PI TAGS y los AF almacenados en las bases de datos de PI SYSTEM con Microsoft Excel, lo que permite al usuario reportar los datos operativos de manera sencilla en hojas de cálculo.

- **Lab Viewer**

Es un software de consulta rápida que permite hacer control de pruebas y registros de resultados del laboratorio de la refinería de Barrancabermeja. Vincula el almacenamiento de datos empleando un PI TAG para poder visualizar los datos de LAB VIEWER en PI DATALINK.

## **2.2. Método**

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo durante la práctica empresarial en Ecopetrol S.A, la cual tuvo lugar entre enero y julio del 2020. La Figura 1 se presenta el desarrollo metodológico del proyecto y la Tabla 2 muestra las actividades realizadas durante la práctica empresarial.

**Figura 1.**

Diagrama de la metodología del proyecto.

**Tabla 2.**

Actividades realizadas durante la práctica empresarial.

Temática	Actividades
Conformación del equipo de análisis operacional integral	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planeación de la sesión “Análisis operacional Integral” a cargo de la coordinadora de procesos Marggy Santos, Edna Guerra, gerente de producción Nelson Angulo y líder de Optimización Edison Campos Garzón.</li> <li>✓ Asistencia diaria en las sesiones de análisis operacional Integral con el propósito de apoyar la recolección de información y la divulgación de los resultados de la sesión entre los entes involucrados.</li> </ul>
Reconocimiento de operación del complejo Industrial y empleo de sus herramientas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reconocimiento e identificación de los procesos llevados a cabo en el complejo industrial a cargo el Ing. Oscar Gallardo.</li> <li>✓ Capacitación en la estimación del margen del complejo industrial a cargo del Ing. Hamilton Cañas.</li> <li>✓ Participación en sesiones de identificación del Software de toma de muestras por parte del departamento de seguimiento de calidad SiLab.</li> <li>✓ Capacitación en el software Pi VISIÓN, PI DATALINK OSISoft por parte del Ing. David Badillo Corena.</li> <li>✓ Sesiones diarias de vinculación de datos en el repositorio AF dirigidas por el Ing. David Badillo Corena.</li> <li>✓ Reuniones recurrentes entre los ingenieros de procesos, tableristas y jefe de turno para incorporar información relevante en la herramienta desarrollada.</li> </ul>
Actividades complementarias en Área de Optimización	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Construcción de un Dashboard integral de cuatro indicadores: finanzas, HSE, activos y disponibilidad de personal en PowerBI Microsoft para toma de decisiones a nivel gerencial.</li> <li>✓ Capacitación en la estrategia de coordinación de actividades “Bullet Journal” por parte de la Ing. María Helena Suarez</li> <li>✓ Coordinación y logística de la sesión semestral de integración de la compañía: Ritual 2020-I</li> <li>✓ Capacitación en estudios de evaluación comparativa Solomon con personal de la GRC (Refinería de Cartagena)</li> <li>✓ Construcción de un prontuario de la operación general de la refinería con vínculos a los manuales operativos como herramienta de estudio para los futuros aprendices.</li> </ul>

---

Capacitación complementaria Universidad Ecopetrol	✓ Realización de cursos de formación en principios teóricos de extracción y refinación de crudos.
---	---

---

### ***2.2.1. Fase 1. Conformación de equipo de análisis operacional integral***

La conformación del comité de análisis operacional integral se fundamentó en obtener un grupo de trabajo con conocimientos heterogéneos compuesto de profesionales especializados en diferentes campos de la refinería, bajo el objetivo de lograr una adecuada integración de la información manejada en cada sector de la empresa. El coordinador de ingenieros de procesos, líder de producción y líder de optimización dirigieron la elección de miembros del comité guiados por el perfil profesional, las aptitudes individuales y el cargo desempeñado en la refinería. Cada miembro del comité se desempeñó como representante de las sesiones de análisis operacional por departamento y las demás sesiones que conforman el flujo de información de la compañía.

### ***2.2.2. Fase 2. Identificación de variables de influencia en el desempeño operacional***

Se llevaron a cabo diferentes sesiones en las cuales el equipo de análisis operacional integral determinó, de manera conjunta, las variables de alta influencia en el desempeño operativo de la refinería. En un principio, la elección se determinó realizando una revisión de los factores reportados por cada departamento que presentaban desviaciones de manera recurrente y, como consecuencia, no permitían un adecuado desempeño operacional. La sesión integral inició bajo la dirección de las variables acordadas, sin embargo, en el ejercicio mismo, se encontraron temas que a consideración del equipo debían ser incluidos en la agenda diaria. En consecuencia, los temas a tratar variaron de manera paralela a la evolución de las sesiones.

### **2.2.3. Fase 3. Organización y distribución de la agenda**

Una vez definidos los sistemas operacionales, los temas acordados y las variables a tratar, surgió la necesidad de establecer un hilo conductor para la sesión debido a la complejidad y gran cantidad de información manejada. Por lo tanto, con el objetivo de realizar reuniones efectivas se estableció la secuencia de los temas a tratar, y se acordó un tiempo límite global para la sesión, así como un determinado tiempo de intervención para cada punto en la agenda. Todo ello, bajo la dirección de un moderador. La funcionalidad de la sesión se ve reflejada por los compromisos adquiridos y su seguimiento. Por consiguiente, se dispuso de un tiempo inicial para revisar los compromisos de la reunión anterior y los objetivos del día. Asimismo, un tiempo final para validar los nuevos compromisos adquiridos.

### **2.2.4. Fase 4. Construcción de pantallas de monitoreo**

En primer lugar, se realizó una revisión de la operación general de la refinería, así como de la operación específica de las unidades involucradas en cada línea de producción, empleando los manuales de operación dispuestos para cada planta. De la misma manera, se realizó una capacitación en el software PI SYSTEM empleado por la refinería para el almacenamiento y control de datos dirigido por el ingeniero líder en Big Data de la compañía. La capacitación se complementó con la revisión de los manuales de funcionamiento de dicho software. Se recopilaron los valores en tiempo real de las variables operacionales de influencia en cada proceso de las diferentes líneas de producción mediante el uso de los TAGS en la herramienta PI DATALINK. Algunos de los datos recopilados presentaban inconsistencias en la fecha y hora de su último registro, por ello, se revisó y actualizó el código fuente de los datos apoyados del personal especializado en el tema. Adicionalmente, algunas de las variables requeridas no

contaban con un almacenamiento en el sistema, por lo que surgió la necesidad de crear su registro.

Los activos en el sistema PI DATALINK no presentan una jerarquía de datos, por lo que, una vez recopilados y actualizados los datos necesarios, se desarrollaron sesiones diarias con especialistas en Big data para diseñar la estructura en el nuevo repositorio de activos AF. Asimismo, se migró la información de PI DATALINK a este nuevo repositorio. Finalmente, con toda la información almacenada y estructurada en AF, se empleó la herramienta PI VISION con el objetivo de construir los diagramas de cada producto, en los que se plasman las variables operacionales a los que cualquier usuario de la compañía puede acceder.

#### ***2.2.5. Fase 5. Construcción de herramienta de documentación***

De acuerdo a la organización y distribución de la agenda definida, se diseñó una herramienta utilizando macros de Excel en Visual Basic, con el objetivo de apoyar el desarrollo eficaz de las sesiones y generar un repositorio de información histórica de lo documentado en cada sesión. Asimismo, se documentaron las sesiones en archivos formato PDF para enviar a asistentes y externos interesados en la información allí consolidada.

#### ***2.2.6. Fase 6. Divulgación de implementación y funcionamiento de las herramientas desarrolladas***

Con el objetivo de poner en práctica y dar a conocer las herramientas diseñadas, se llevaron a cabo exposiciones a diferentes miembros del comité y externos, donde se explicó su funcionamiento general y la manera de acceder a ellas.

## 2.3. Resultados y discusión

### 2.3.1. *Conformación de equipo de análisis operacional integral*

En la Figura 2 se muestra la distribución del comité de análisis operacional integral. La conformación del comité de análisis operacional Integral involucró las dependencias consideradas esenciales en la operación de la refinería: jefatura de turno, coordinación de procesos, economía, balance e inventarios, laboratorio de calidad, CPO-PPG (Coordinación de programación), CPO-PPD (Materias primas), CPO-PRC (Refinación de crudos), CPO-PRF (Refinación de fondos) y CPO-PPQ (Petroquímica). El comité de análisis operacional integral está conformado por, al menos, un miembro de las 10 dependencias establecidas. Lo anterior favorece la condición de diversidad entre las especialidades de la refinería y la adecuada integración de la información.

#### **Figura 2.**

*Distribución del comité de análisis operacional Integral.*



### 2.3.2. *Identificación de variables de influencia en el desempeño operacional*

La validación de los balances de las unidades permite oficializar y verificar la información volumétrica diaria de la refinería y brinda la información necesaria para llevar a cabo acciones correctivas. Los ingenieros de procesos aprueban los balances diarios

desarrollando el plan de cargas, producciones y nivel de los tanques de almacenamiento; de acuerdo a la demanda nacional y a las necesidades del negocio. Además, generan los vistos buenos al balance de planta en cada unidad, verificando la consistencia de los registros operativos y estudiando los posibles desvíos entre líneas según las necesidades. También, verifican la calidad de los productos, asegurando el cumplimiento de la normatividad ambiental y los estándares de calidad definidos por la empresa para cada producto. Finalmente, calculan los rendimientos de los sistemas, comparando los valores con los esperados en el plan de producción y reportan los resultados obtenidos en el informe diario de gerencia (IDG).

De acuerdo al estudio del comité integral, las variables de mayor influencia en la operación son: la carga diaria a las unidades, producciones totales, desviaciones en las líneas intermedias, desvío en las composiciones de los flujos, nivel de tanques de almacenamiento y el porcentaje de rendimiento de los sistemas.

El ejercicio de análisis operacional integral de la refinería recopila las validaciones de los balances y se apoya en variables adicionales para el ejercicio de análisis general. Dentro de estas variables se encuentran: a) el seguimiento a control ambiental, donde se revisan las fugas y escapes, los efluentes y el nivel de cuerpos de agua aledaños a las instalaciones, b) la economía, donde se revisa el estado financiero general de la refinería mediante el reporte de indicadores como el margen operativo y, c) la salud ocupacional, donde se reportan eventualidades ligadas a la vida, salud y seguridad de los trabajadores como promoción de un trabajo sano y seguro.

### ***2.3.3. Organización y distribución de la agenda***

Se estableció un tiempo global para cada sesión de 50 min repartidos de la siguiente manera: Un total de 40 min repartidos a lo largo de los temas tratados, para los cuáles, su orden y distribución de tiempo se observan en la Tabla 3. Adicionalmente, se estableció un tiempo

adicional de 5 minutos al inicio de cada sesión para realizar el seguimiento de los compromisos previos y 5 minutos finales para consolidar los compromisos asumidos durante la sesión. Cualquier extensión de este tiempo, deberá aprobarse por el moderador. La **Figura 3** presenta el registro de la duración total de las reuniones.

**Tabla 3.**

*Distribución de temas, tiempo de duración y número total de desviaciones.*

Tema	$\theta$ ( $\mu\nu$ )*	$\delta$ **
1. HSE personas y ambiental	3	12
2. Servicios Industriales	2	11
3. Disponibilidad de crudos	2	1
4. Balance general de la refinería	1	4
5. Margen	1	17
6. Sistema de livianos	2	17
7. Sistema de gasolinas	8	8
8. Sistema de intermedios	2	10
9. Sistema de medios	8	46
10. Sistema de fondos	8	62
11. Balance de hidrógeno	2	12
12. Petroquímicos	1	17

\* Tiempo de sesion, \*\* Número total de desviaciones

**Figura 3.**

*Registro de duración de las sesiones.*

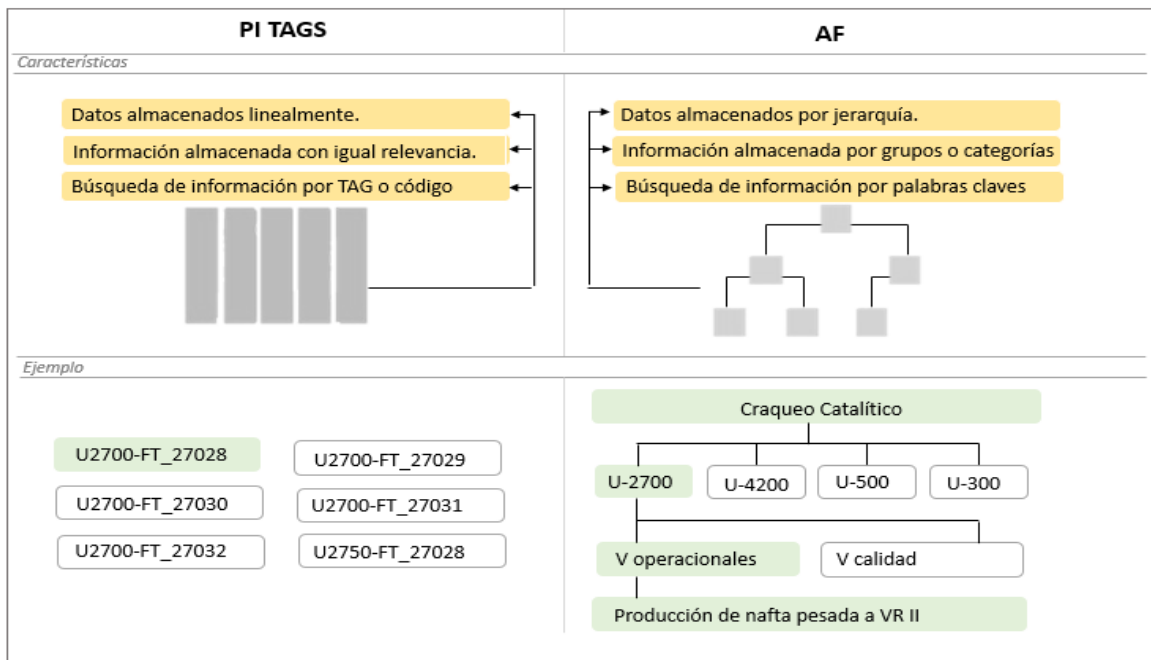


Los resultados expuestos en la Figura 3 corresponden a las evidencias obtenidas en la puesta en marcha de la agenda fija (a partir de mayo hasta agosto del 2020). Los primeros registros de duración reportaron sesiones de más de 1 hora. Sin embargo, a medida que se realizaron más sesiones implementando la agenda propuesta, el seguimiento y revisión de compromisos, las pantallas de monitoreo y las herramientas de documentación. Se evidenció que la duración de cada sesión se aproximó al tiempo global propuesto, logrando así, una constante y notable mejora en la efectividad de la reunión. Además, se observó que la revisión de los sistemas de medios y fondos reportaron la mayor cantidad de compromisos asignados. Por ende, un mayor tiempo fue dispuesto para su revisión. Esto se debe a la relevancia de estos sistemas en la operación de la refinería, ya que en ellos se concentran los productos de mayor valor ofrecidos.

La organización de los temas en la agenda mejoró notablemente la ejecución de la reunión. No obstante, eventualidades de carácter prioritario requerían de mayor tiempo de discusión, razón por la cual, la agenda sufría cambios de acuerdo a los posibles escenarios.

#### ***2.3.4. Construcción de pantallas de monitoreo***

Se recopilaron los PI TAG de las variables estudiadas para cada producto, empleando las herramientas PI DATALINK y LAB VIEWER en dos archivos Excel; un archivo enfocado en variables operativas y un segundo archivo para datos de calidad. La compañía está en proceso de migración de datos de PI TAGS a AF. Por ello, el equipo de trabajo del presente proyecto fue pionero en la construcción de un repositorio de datos, enviando los PI TAG almacenados en los archivos Excel al nuevo repositorio AF, construyendo una base de datos organizada y estructurada de manera jerárquica. La Figura 4 explica la nueva estructura de los datos.

**Figura 4.***Estructura de datos PI TAGS y AF.*

Una vez que los datos se migraron a la estructura AF según se explica en la Figura 4, se llevó a cabo la construcción de 11 pantallas de monitoreo que proyectan los flujos volumétricos, las calidades de los productos, rendimientos y cargas a las unidades. Las 11 pantallas de monitoreo corresponden a seis diagramas para líneas de producción entregadas por la GRB (gasolina motor regular, diésel B2E, jet 1A, GLP, combustóleo y producción de aromáticos), así como un diagrama para la línea de tratamiento de sodas y finalmente, cuatro pantallas adicionales con información de calidad complementaria para las líneas de gasolina motor regular, diésel B2E, jet 1A y GLP (Ver apéndice A).

Siguiendo el objetivo de generar una herramienta de consulta para cualquier nivel y para cualquier miembro de la compañía, las pantallas vinculan elementos gráficos de representación de las unidades y los equipos, así como convenciones de colores que permiten diferenciar visualmente la información y la trazabilidad de los productos. Teniendo esto presente, y buscado

la manera de ofrecerle al usuario una herramienta intuitiva y fácil de utilizar, así como una manera sencilla de acceder a las pantallas de monitoreo, se diseñó una interfaz inicial desde la cual se puede acceder a través de vínculos a cada pantalla, las cuales están agrupadas por sistemas de producción. (Ver Figura 5).

**Figura 5.**

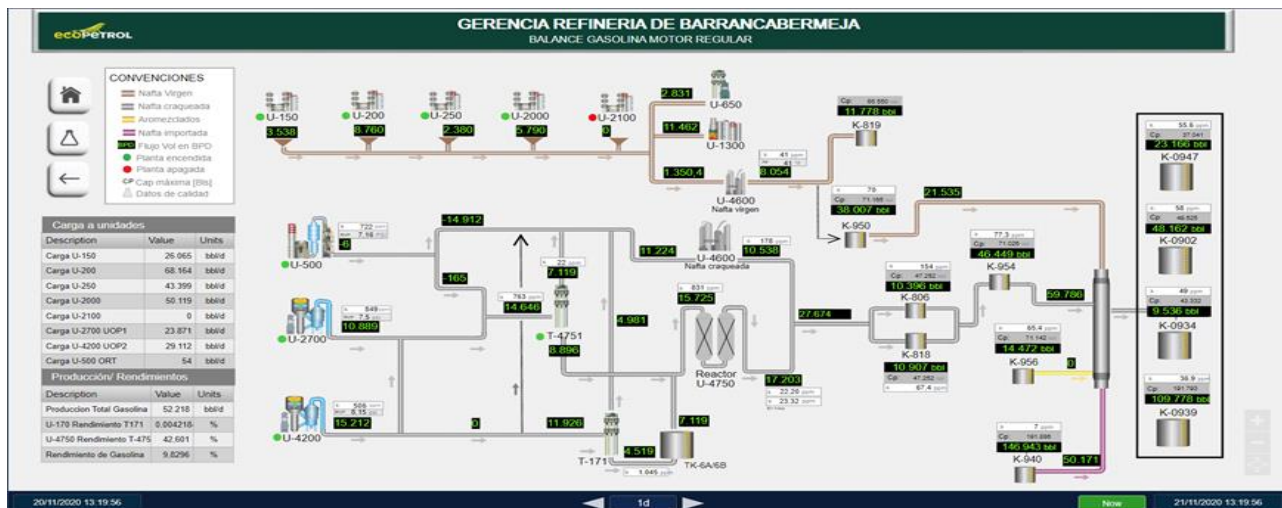
*Menú principal herramienta desarrollada en este trabajo.*



Cada pantalla condensa la información más relevante de su respectivo proceso. La Figura 6 detalla la información relacionada con la producción de gasolina motor regular en la GRB. En dicho diagrama se presentan los datos en tiempo real de flujos volumétricos en las corrientes intermedias, inventarios de tanques de almacenamiento, carga a unidades, y así mismo, datos de calidad significativos para el proceso. Además, se utilizó una convención de colores en cada diagrama para diferenciar los productos transportados en las diferentes corrientes.

**Figura 6.**

*Pantalla de monitoreo para producción de gasolina motor regular.*



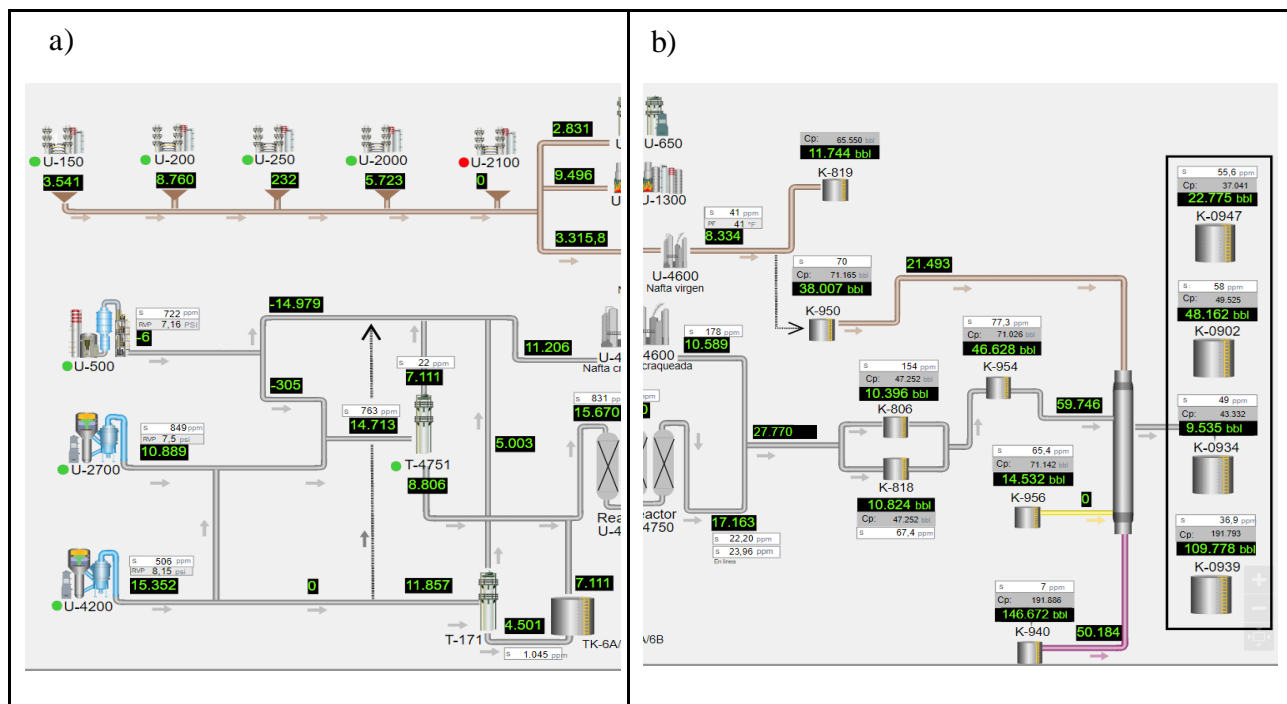
Con el fin de explicar con más profundidad los elementos presentes en las pantallas de monitoreo y sus funciones, se dividió la Figura 6 en diferentes secciones. En la Figura 7 se puede observar con más detalle los flujos volumétricos de las líneas intermedias, que se encuentran con un formato de texto en color verde y fondo negro, las unidades correspondientes a dichos valores son barriles/día (BPD). También, se representan los datos de calidad más relevantes para cada producto para su rápido seguimiento y toma de decisiones en caso de presentarse alguna irregularidad (Ver recuadros ubicado en la parte superior de las líneas intermedias). Para la gasolina motor regular estos valores corresponden al contenido de azufre (S) y la presión de vapor Reid (RVP).

Asimismo, se observa el inventario actual de los tanques de almacenamiento (Ver valores superiores a los tanques de almacenamiento). Por acuerdo general, estos valores poseen el mismo formato de los flujos volumétricos, sin embargo, las unidades correspondientes al inventario son los barriles. Adicionalmente, muestra la capacidad máxima (CP) y los datos de calidad más relevantes de cada tanque en un recuadro ubicado en la parte superior del mismo. Los símbolos

de colores verde o rojo, observados al costado inferior izquierdo de algunas unidades, representan su estado actual. Si el color es verde significa que la unidad está en funcionamiento, y si el color es rojo, la unidad se encuentra fuera de servicio en el momento.

**Figura 7.**

a) *Flujos volumétricos intermedios de producción de gasolina y b) Inventario de tanques, capacidad máxima y calidad en tanques almacenamiento de gasolina*



Las tablas de valores ubicados en la Figura 8 a) presentan un resumen de los valores más relevantes de cada producción: carga total a las unidades principales, producciones totales y rendimientos. También se detalla un cuadro de convenciones que incluye el color usado para las diferentes corrientes involucradas en el proceso, unidades y otros datos importantes presentes en cada pantalla de monitoreo.

Asimismo, se incluyen tres botones funcionales ubicados en el costado superior izquierdo de la interfaz de la pantalla para que el usuario se desplace a través de la herramienta. De arriba hacia abajo, el primer botón le permite al usuario dirigirse directamente al menú inicial mostrado

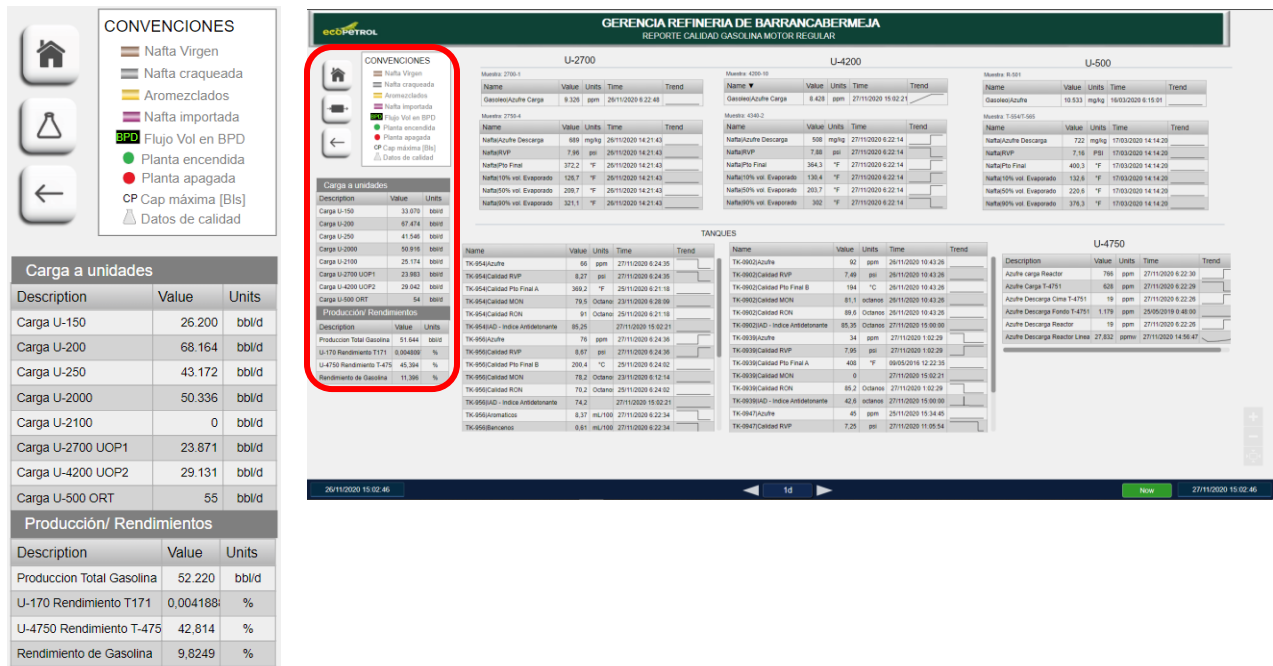
anteriormente (Figura 5), el segundo botón contiene el vínculo hacia una pantalla adicional, donde se amplía y se complementa la información de calidad mostrada en los diagramas, permitiendo al usuario acceder a todos los datos correspondientes a la calidad de los diferentes productos (Figura 8 b), por último, el tercer botón permite retroceder a la pantalla anterior.

**Figura 8.**

a) Botones funcionales, convenciones y tablas de valores mostrados a la izquierda (cuadro rojo) de la b) Pantalla adicional, complementaria, de datos de calidad para gasolina motor regular.

(a)

(b)



La Figura 9 detalla la información de calidad complementaria para la unidad U-2700, la imagen contiene dos tablas de valores para la carga y descarga de la unidad. Cada tabla presenta el último valor reportado para los indicadores del producto, así como su unidad de medida, fecha y hora de la actualización y la tendencia de estos valores. Sumado a esto, el usuario tiene la oportunidad de visualizar todos los datos de la pantalla en el periodo de tiempo que desee, manipulando la línea temporal ubicada en la zona inferior (Figura 10). Igualmente, el usuario

puede ampliar la información de cada dato, haciendo doble clic sobre él, para visualizar la línea de tendencia histórica del mismo (Figura 11).

**Figura 9.**

*Reporte de datos de calidad de la unidad U-2700.*

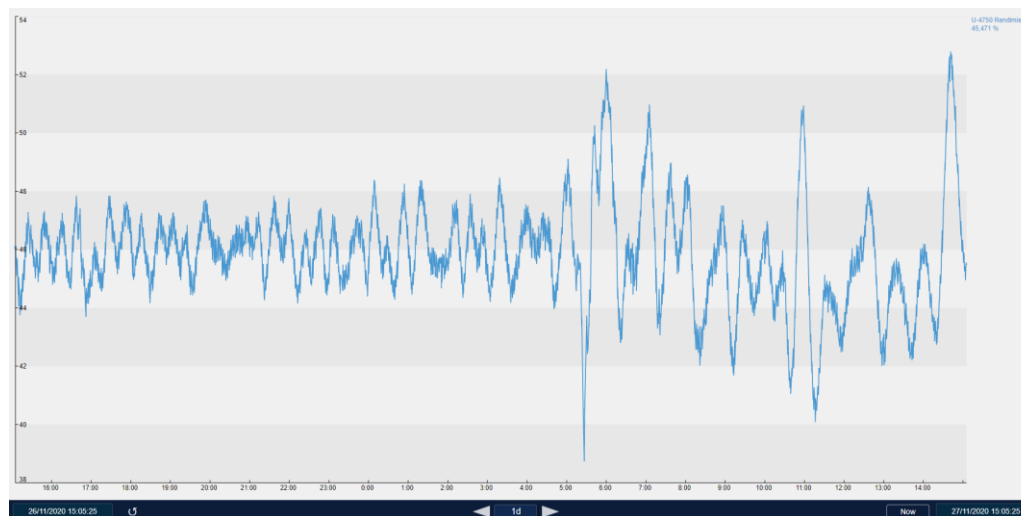
U-2700				
Muestra: 2700-1				
Name	Value	Units	Time	Trend
Gasoleo Azufre Carga	9.326	ppm	26/11/2020 6:22:48	
Muestra: 2750-4				
Name	Value	Units	Time	Trend
Nafta Azufre Descarga	689	mg/kg	26/11/2020 14:21:43	
Nafta RVP	7,96	psi	26/11/2020 14:21:43	
Nafta Pto Final	372,2	°F	26/11/2020 14:21:43	
Nafta 10% vol. Evaporado	126,7	°F	26/11/2020 14:21:43	
Nafta 50% vol. Evaporado	209,7	°F	26/11/2020 14:21:43	
Nafta 90% vol. Evaporado	321,1	°F	26/11/2020 14:21:43	

**Figura 10.**

*Barra de control de tiempo.*



**Figura 11.** Gráfica de tendencia histórica.



### 2.3.5. Construcción de herramienta de documentación

La herramienta de documentación construida en Excel, permite hacer seguimiento de la duración, asistencia, roles y cargos de los participantes en cada sesión. Asimismo, permite

almacenar las acciones y compromisos acordados en cada sesión de acuerdo a la desviación reportada. De esta forma, se genera un repositorio de información que permite consultar desviaciones pasadas y las acciones que se realizaron para redireccionar su curso.

La herramienta se construyó empleando Visual Basic como lenguaje de programación y realiza un seguimiento y control de la duración de la sesión empleando un cronómetro y sistemas de alarmas sobre el tiempo de cada intervención. Además, contiene una sección que incluye la distribución de la agenda. (Figura 12). Asimismo, cuenta con espacios dispuestos para consignar las desviaciones reportadas, las acciones asumidas para hacer frente a la desviación y la persona a cargo de la ejecución de la acción, así como un tablero de control de la información relevante, un espacio de toma de asistencia y un enlace directo para envío rápido de un resumen de la información del día a los asistentes de la sesión vía correo. Además, se realizó un breve resumen de lo tratado en cada sesión que incluye: asistentes, duración, acciones pactadas y cumplimiento de acciones anteriores. Lo anterior se consignó en un documento a manera de acta de reunión, enviado diariamente a diferentes niveles de la compañía. (Ver apéndice B).

**Figura 12.**  
*Herramienta de documentación.*

**AGENDA**

1. HSE personas y ambiental	4. Balance General de la refinería	7. Gasolina	10. Sistema de fondos
2. Servicios Industriales	5. Margen	8. Sistema de intermedios	11. Balance de H2
3. Disponibilidad de crudos	6. Sistema de livianos	9. Sistema de medios	12. Petroquímicos
			13. Consignación de compromisos

**COMPROMISOS DE LA SESIÓN ANTERIOR**

Nº	Sistema	Desviación	Acción	Responsables	Estado
1	HSE personas y ambiental	Presencia de fenol en efluente PTAR	Continuar acciones para mitigar fuentes de contaminación (Fenol) e incremento de temperatu	Ambiental	
2	Margen	Inventarios de Diesel	Realizar ajustes operacionales como control de T95	Refinación de crudo	
3	Margen	Disponibilidad del E-2010 B/D	Seguimiento a disponibilidad del E-2010 B/D	Jefe de Turno	
4	Sistema de livianos	Inventarios de GLP	Reportar resultados de las muestras tomadas de ácido gastado en planta de ácido	Laboratorio ,Oswal	
5	Sistema de livianos	Disminución de producción de livianos	Seguimiento a los trabajos de escape en evaporador de Orthoflow	CRK III y Jefe de Tu	
6	Gasolina	Disminución de rendimientos de nafta virgen	Revisar rendimientos de nafta virgen.	Refinación de crudo	
7	Gasolina	Aumento de RVP de nafta craqueada	Realizar ajuste de RVP (8 psi) de nafta craqueada en UOPI	CRK I	
8	Gasolina	Especificaciones de gasolina extra	Revisar K-003 (visto bueno) en tanques de almacenamiento gasolina extra y preparación (con	Materias primas	
9	Sistema de medios	Incremento de azufre en el sistema de Jet	Revisar ajustes en cortes de la U-150 como normalización de valores de azufre en corriente de	Refinación de crudo	
10	Sistema de medios	Contenidos de azufre en tanques de almacen	Evaluar alineamiento del K-911 al K-823 como carga HDT	Materias primas y ri	
11	Sistema de fondos	Preparación de Fuel Oil	Realizar seguimiento a las acciones de calidad en preparación de Fuel Oil (Punto de inflamaci	Materias primas, Ri	
12	Sistema de fondos	Consumo de nafta en preparación de crudo H	Realizar preparación de crudo reconstituido con 16 Kbls (mín) de fondos de vacío y un 20% de	Materias primas y F	
13	Balance de hidrogeno	Disponibilidad de hidrogeno en comida Prime	Evaluar puesta en servicio de C-556 para asegurar comida en Prime D	Refinación de crudo	

**Control de tiempo**

Finalizar reunión

**2.3.6. *Divulgación de implementación y funcionamiento de las herramientas desarrolladas***

Se llevó a cabo la divulgación de la información entre la comunidad potencial en el empleo de las herramientas desarrolladas en diferentes sesiones programadas. Allí, se evidenció una respuesta positiva por parte del personal hacia el proyecto realizado, así como un alto interés en la utilización de las herramientas y su compromiso por su constante actualización.

### 3. Conclusiones

Se diseñó, se desarrolló y se implementó un modelo de análisis operacional de carácter integral en la Refinería de Barrancabermeja mediante la conformación de un comité de trabajo especializado y la aplicación de nuevas herramientas informáticas.

Se brindó apoyo logístico en la conformación del comité de análisis operacional integral, conformando un equipo de trabajo con conocimientos heterogéneos y procurando contar con al menos un profesional perteneciente a una de las 10 dependencias de la refinería identificadas como esenciales para la operación diaria.

Se identificaron seis factores con incidencia en el desempeño operacional de la refinería de acuerdo a la revisión de los reportes de operación diarios.

Se realizó la organización y distribución de la agenda, para ello, se determinó el orden de los temas a tratar, el tiempo global de las sesiones y su distribución a lo largo cada uno de los temas. De esta forma se identificó que los temas que más interfieren en el desempeño operacional son: sistema de medios y sistema de fondos.

Se construyó una herramienta de monitoreo en tiempo real para seis procesos de producción de la refinería, empleando los softwares informáticos LAB VIEWER, PI DATALINK Y PI VISION. Asimismo, se llevó a cabo la recopilación y organización de los datos operacionales en un nuevo repositorio bajo una organización jerárquica.

Se diseñó una herramienta en Excel que permite controlar y gestionar de manera eficiente el desarrollo de las sesiones. Además, se implementó el uso actas de reunión, elaboradas al finalizar cada sesión con la información relevante discutida.

La divulgación del nuevo modelo de análisis operacional integral, generó respuestas positivas en los grupos de trabajo. Con esto, se fortaleció el objetivo de la compañía en su búsqueda de herramientas de manejo adecuado de la información.

#### **4. Recomendaciones**

Debido a la incidencia de los temas a tratar en sistema de medios y sistema de fondos, es preciso que se amplíe el equipo de análisis operacional a fin de aumentar el personal en estos sistemas e intensificar el análisis. Asimismo, revisar las acciones asumidas en el pasado y relacionar las desviaciones que podrían reincidir para los mismos sistemas

Ante el sistema de control desarrollado para la sesión y teniendo en cuenta las limitaciones de Excel en el almacenamiento de datos, se debe contemplar la idea de desplazar esta información a un sistema que resulte adecuado para un mayor volumen de datos.

Considerando la naturaleza dinámica y cambiante de la operación de la refinería de Barrancabermeja, los diagramas representados en las pantallas de monitoreo pueden quedar desactualizados y no mostrar la realidad del proceso, es por esto, que se debe mantener una constante revisión de las pantallas y en caso tal de ser necesario, aplicar las actualizaciones o modificaciones pertinentes.

El proceso de análisis operacional integral resultó más eficaz y eficiente empleando las pantallas de monitoreo, así como las demás herramientas construidas para el manejo de información, por ello, se recomienda continuar con el proceso de orientación a los miembros del complejo industrial en su uso y manipulación.

Se recomienda revisar las dinámicas de producción durante el año 2020 y la caída de demanda de combustibles durante la contingencia por el coronavirus SARS-CoV2, y tenerlas en cuenta para posibles escenarios futuros similares.

### Referencias Bibliográficas

- Ecopetrol S.A. (2009a). Manual de descripción de procesos de la unidad UOP2.
- Ecopetrol S.A. (2009b). Manual de descripción de procesos de la unidad U-150.
- Ecopetrol S.A. (2009c). Manual de descripción de procesos de la unidad U-200.
- Ecopetrol S.A. (2009d). Manual de descripción de procesos de la unidad U-250.
- Ecopetrol S.A. (2009e). Manual de descripción de procesos de la unidad U-4750.
- Ecopetrol S.A. (2009f). Manual de descripción de procesos de la unidad de materias primas.
- Ecopetrol S.A. (2009g). Manual de descripción de procesos de la unidad U-1500.
- Ecopetrol S.A. (2019). Metodología para el análisis operacional integral de la refinería de Barrancabermeja.
- Ecopetrol S.A. (2020). Refinación y petroquímica.  
<https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/NuestraEmpresa/QueHacemos/RefinacionYPetroquimica>
- Fernández-Feal, C., Fernández-Feal, L., Escudero, P., & Pérez-Prado, J. R. (2009). Evolución del contenido de azufre en la gasolina comercializada en Galicia (España) como consecuencia de la aplicación del real decreto 1700/2003. *Informacion tecnologica*, 20(1), 53–65.  
<https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.3986it.08>.
- Osisoft. (2017). Visualizar datos de pi system.
- Pascual, F. R. (2018). Unidad de hidrotreamiento de la refinería de Repsol de A Coruña. 1–41.

Apéndices

Apéndice A. Pantallas de monitoreo y pantallas adicionales de datos de calidad.

Figura A1.  
Pantalla de monitoreo para producción de diésel B2E.

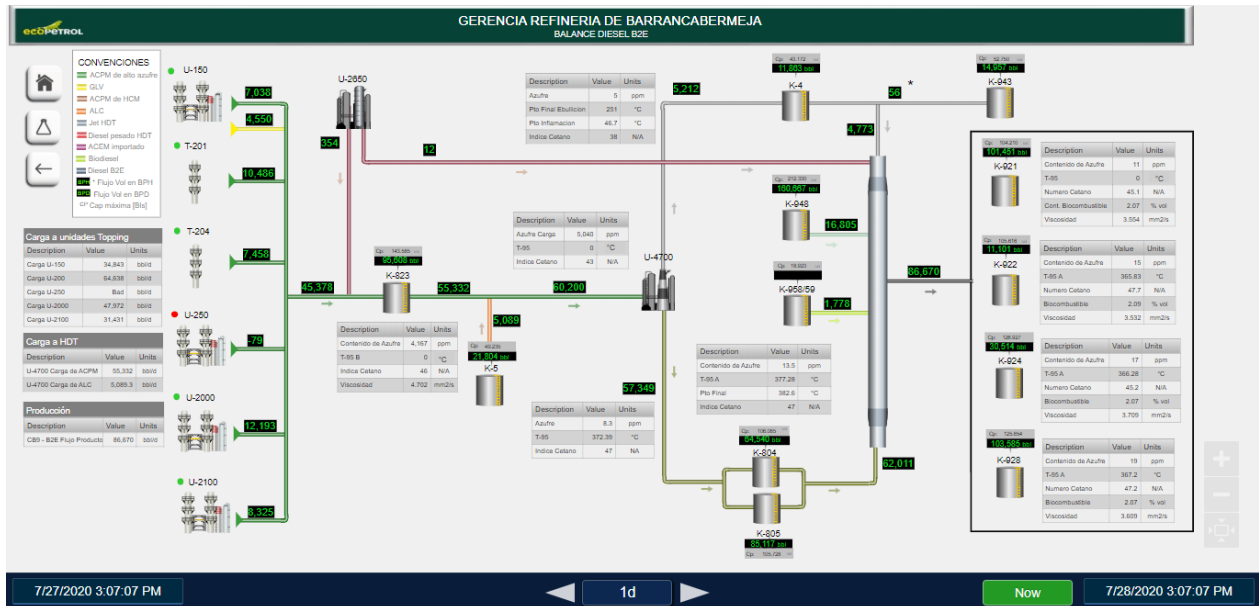
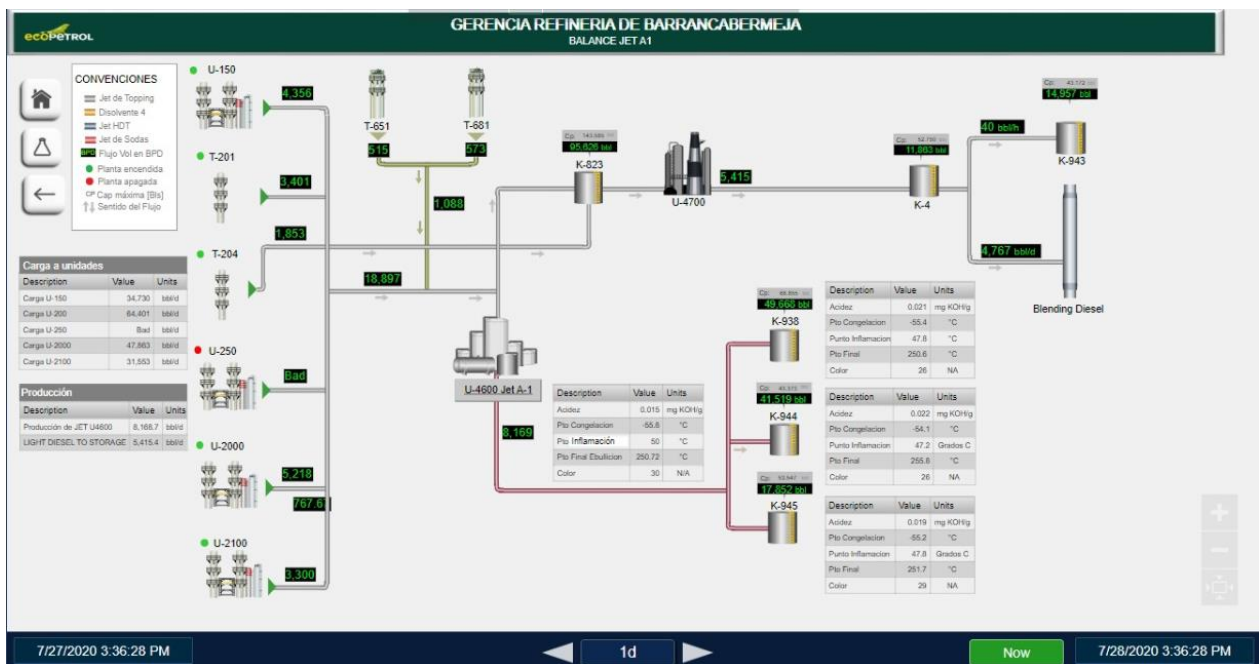
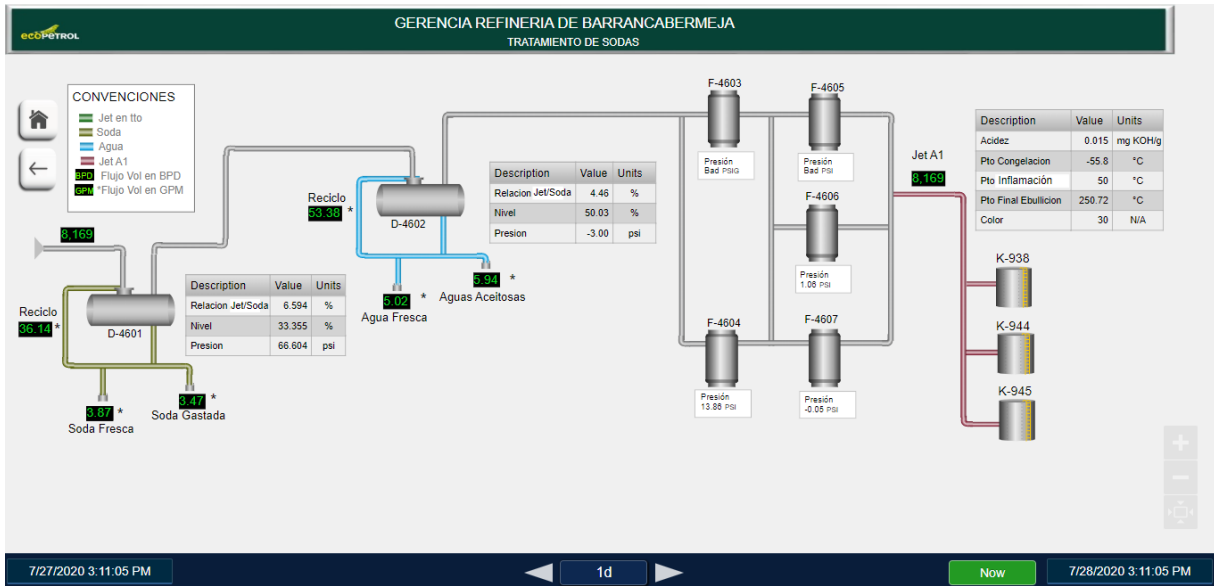


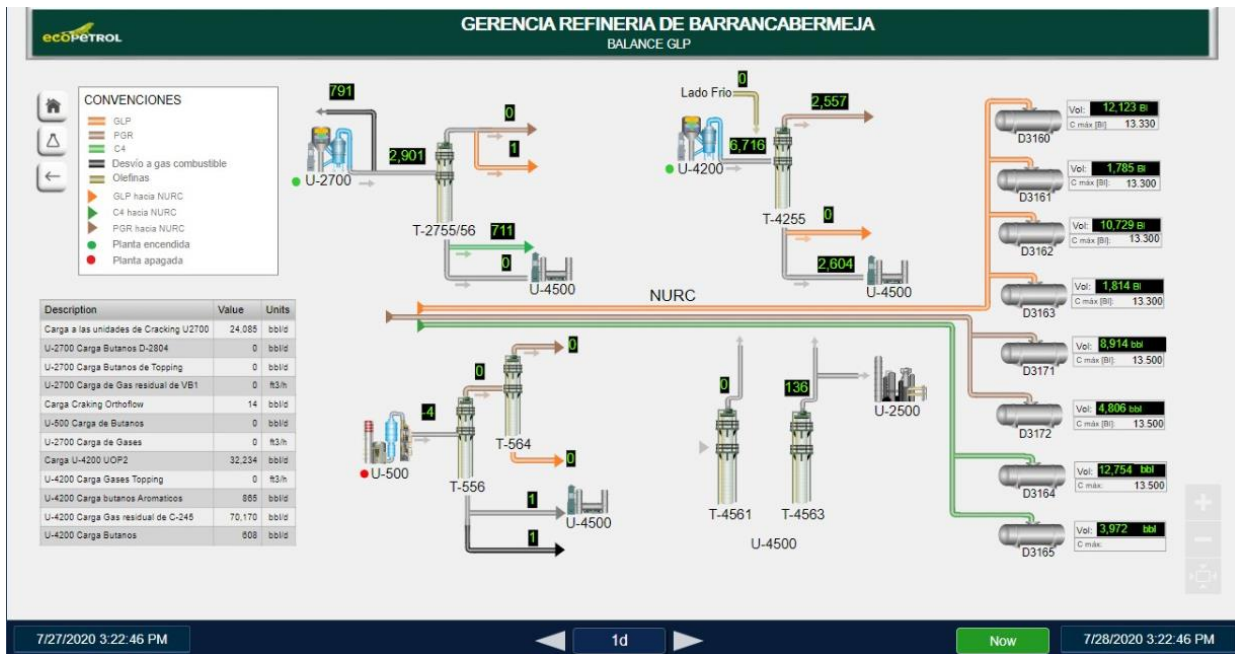
Figura A2.  
Pantalla de monitoreo para producción de jet A1



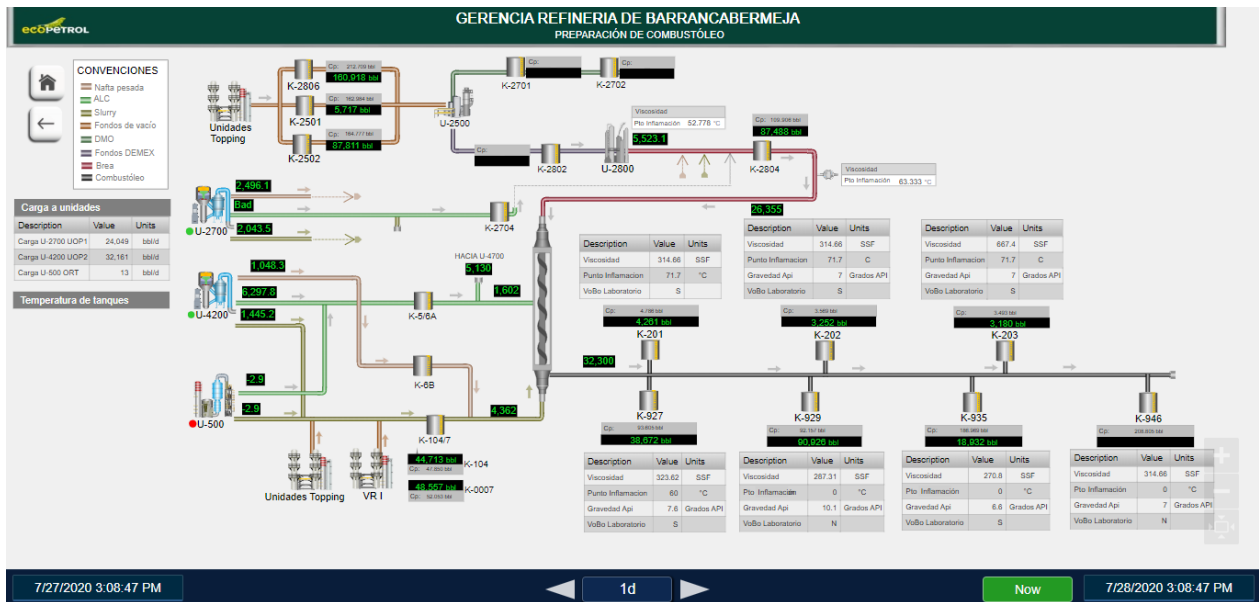
**Figura A3.**  
Pantalla de monitoreo para tratamiento de sodas.



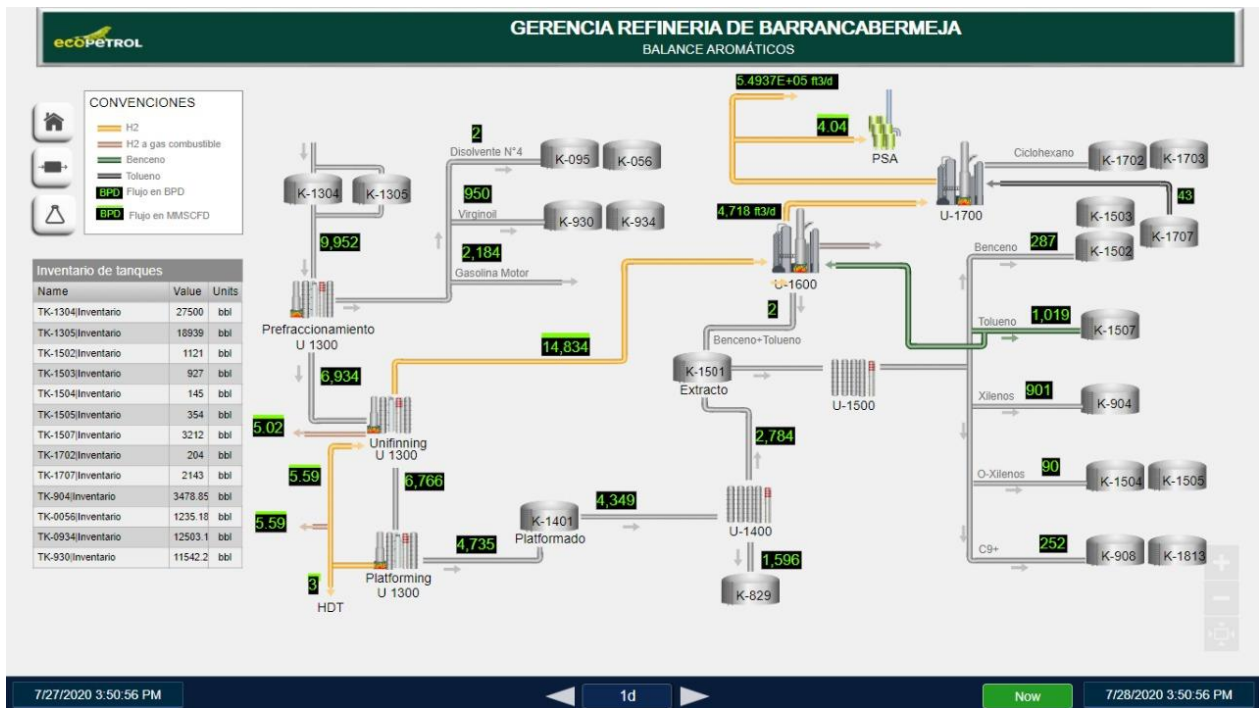
**Figura A4.**  
Pantalla de monitoreo para producción de GLP.



**Figura A5.**  
Pantalla de monitoreo para producción de combustóleo.



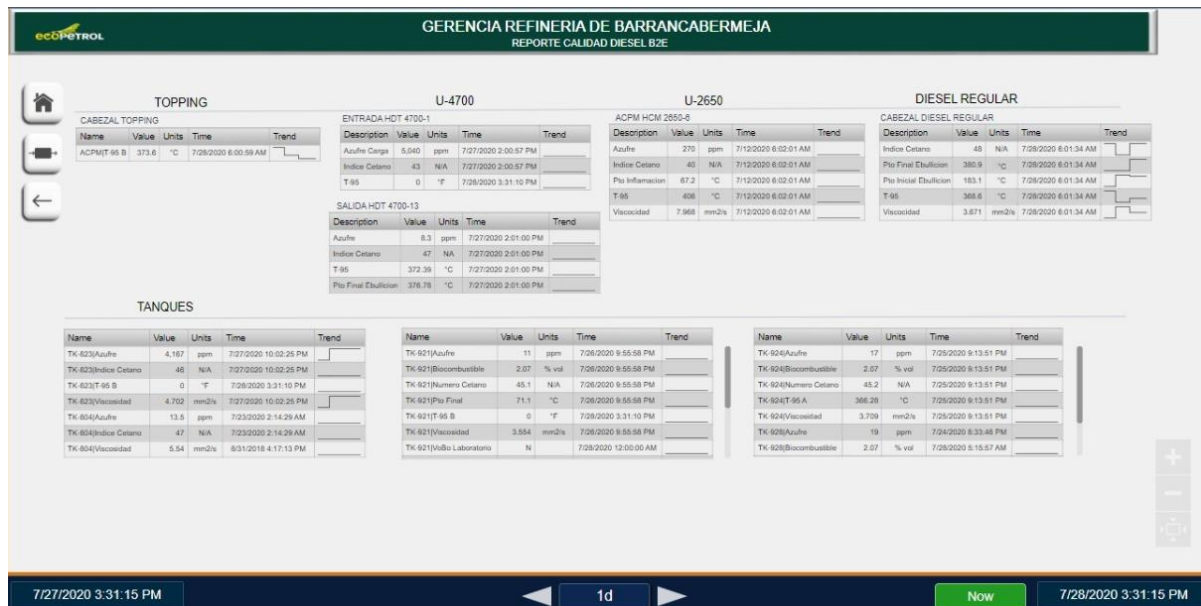
**Figura A6.**  
Pantalla de monitoreo para producción de aromáticos.



**Figura A7.**  
Pantalla adicional de datos de calidad para jet A1.



**Figura A8.**  
Pantalla adicional de datos de calidad para diésel B2E.




**Figura A9.**  
Pantalla adicional de datos de calidad para GLP.



**Apéndice B.** Acta de reunión.**Figura B1.**

Vista previa 1 de un ejemplo de acta de reunión.

	<b>ACTA DE REUNION</b>		
	<b>ANÁLISIS OPERACIONAL INTEGRAL</b>		
	CODIGO PDO-F-107	Elaborado 27/07/2020	Versión: <b>1</b>

<b>Acta No:</b>	089	<b>Tema:</b>	Análisis Operacional Integral
<b>Fecha:</b>	27/07/2020	<b>Ubicación:</b>	Videoconferencia, Microsoft TEAMS
<b>Hora Inicio:</b>	8:45 a.m.	<b>Hora Fin:</b>	09:30 a.m.

**1. ANTES DE LA REUNIÓN:**


<b>Objetivo</b>	Realizar el análisis operacional integral de la Refinería que garantice resultados óptimos y reproducibles.		
<b>Agenda</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisión HSE personas y ambiental</li> <li>2. Revisión servicios industriales</li> <li>3. Revisión disponibilidad de crudos</li> <li>4. Revisión balance general de la refinería</li> <li>5. Margen</li> <li>6. Revisión sistema livianos</li> <li>7. Revisión gasolina</li> <li>8. Revisión sistema de medios</li> <li>9. Revisión sistema de intermedios</li> <li>10. Revisión sistema de fondos</li> <li>11. Revisión balance de H2</li> <li>12. Revisión petroquímicos</li> <li>13. Consignación de compromisos</li> </ol>		
<b>Participantes</b> (Personas cuya participación es imprescindible para lograr los objetivos)			
<b>Nombre</b>	<b>Dependencia</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dependencia</b>
Rosangela Pacheco	CPO-MPP	Oswaldo Muñoz	CPO
José Luis Gonzalez	CPD	James Carillo	CBC
Juan Carlos Arias	CPO-PRF	Jhon Jairo Forero	CPD
Albeiro Alarcón	CID	Fernando Cardenas	Jefatura de Turno

**2. DESARROLLO DE LA REUNIÓN:**

<i>(Descripción de los puntos tratados en la reunión)</i>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Revisión HSE personas y ambiental:</b> No se presentan eventos ocupacionales. Se reportan novedades en incremento de casos positivos de COVID en Barrancabermeja.</li> <li>2. <b>Revisión servicios industriales:</b> Se presentan eventos operacionales en diferentes áreas debido a fuertes lluvias. Se da foco a revisión de fuentes de pérdida de vapor en lado refinería y en lado balance.</li> <li>3. <b>Disponibilidad de crudos:</b> Se reportan valores en control de calidad en recibo de crudos.</li> </ol>

**Figura B2.**


Vista previa 2 de un ejemplo de acta de reunión.

	<b>ACTA DE REUNION</b>		
	<b>ANÁLISIS OPERACIONAL INTEGRAL</b>		
	<b>CODIGO</b> PDO-F-107	<b>Elaborado</b> 27/07/2020	<b>Versión:</b> <b>1</b>

4. **Balance general de la refinería:** Se reportan rendimientos: Gasolinas 27.97%, Medios 39.4%, Producción de Combustóleo (33 KBl). No se reportan novedades en transferencia de productos.
5. **Margen:** Se reporta margen en 8.67 USD/Barril vs 8.38 USD/Barril (meta). Se reporta disminución de producción de GLP. Se da foco esta semana a realizar ajustes operacionales para ajustar T95 en unidades de Topping. Se incrementa el aprovechamiento de fondos de vacío en la preparación de crudo reconstituido.
6. **Revisión de sistema livianos:** Inventario en NEGLP 34.9 Kbls. Se reporta salida de bache el día (27/07/2020). Se reportan rendimiento de UOPII (22%), UOPI (11.2%) cumpliendo el plan debido al ajuste de temperatura de rxn (5-7°< Trxn). Se suspende quema de GLP via Orthoflow por escape, se realiza diagnóstico y recomendación para normalizar dicha operación.
7. **Revisión Gasolina:** Se reporta baja preparación de gasolina motor regular (17.8 KBl). Se reporta normalización de carga en las Splitters (T-4751/T-171) y normalización de valores azufre en tanques de almacenamiento (<100 ppm). Se reportan valores en control de calidad para gasolina motor regular. Se da foco a cumplimiento de especificaciones en K-003 (10% recobrado) de gasolina extra. Se revisará reporte de visto bueno para el tanque y preparación (contenido de aromáticos).
8. **Revisión de sistema de intermedios:** Se reporta desvío de DMO al K-2802 como parte del procedimiento para su puesta en servicio. Se revisará viabilidad de incremento de carga a refinería según condición actual haciendo seguimiento a inventario GAO.
9. **Revisión de sistema de medios:** Se da foco a normalización de valores reportados de azufre en K-924, K-928 (<15 ppm). Evaluar alineamiento del K-911 al K-823 como carga HDT.
10. **Revisión sistema de fondos:** Continua achique del K-2501 para mitigación del riesgo H. Se reporta cumplimiento del punto de inflamación en la preparación de Fuel Oil K-946 y K-935. Se realizará sesión externa para revisar alineamientos de fondos de vacío y fondos DEMEX para normalización del K-2802.
11. **Balance de H2:** Se da foco a disponibilidad de hidrogeno para corrida de Prime D por mayor disponibilidad de ALC. Se revisará disponibilidad del C-556 de acuerdo a análisis realizado por el área de refinación de crudos y CRK III.
12. **Petroquímicos:** Continua seguimiento a retiro de productos aromáticos. Se da foco a normalización de Fenol ante eventos operacionales provocados por fuertes lluvias el fin de semana.

**Figura B3.**

Vista previa 3 de un ejemplo de acta de reunión.

	<b>ACTA DE REUNION</b>		
	<b>ANÁLISIS OPERACIONAL INTEGRAL</b>		
	<b>CODIGO</b> PDO-F-107	<b>Elaborado</b> 27/07/2020	<b>Versión:</b> 1


**3. ACCIONES PACTADAS:**

3.1. Se revisan las acciones pactadas de la sesión anterior. Día 24/07/2020:

No	Sistema	Desviación	Acción	Responsable	Cumplimiento
1	HSE personas y ambiental	Presencia de fenol en efluente PTAR	Continuar acciones para mitigar fuentes de contaminación (Fenol) e incremento de temperaturas en efluente PTAR	Ambiental	En seguimiento
2	Margen	Disponibilidad del E-2010 B/D	Seguimiento a disponibilidad del E-2010 B/D	Juan Carlos Arias y Jefe de Turno	En seguimiento
3	Margen	Fondos de vacío	Evaluar en la preparación de crudo reconstituido un mayor aprovechamiento de fondos de vacío	Materias primas	Cumplido
4	Balance General de la refinería	Balance preparación/producción Fuel Oil	Revisar balance de preparación/producción de Fuel Oil y crudo liviano.	Medición, materias primas y PLP	Cumplido
5	Sistema de livianos	Inventarios de GLP	Reportar resultados de las muestras tomadas de ácido gastado en planta de ácido	Yuriam Malaver y Jorge Angarita	En seguimiento
6	Sistema de livianos	Disminución de producción de livianos	De acuerdo a resultado de análisis de riesgos, definir puesta en servicio del evaporador para la puesta en servicio de Orthoflow.	CRK III	En seguimiento
7	Sistema de medios	Inventarios de Diesel	Revisar esquema de producción de Diesel por baja demanda (alineación de Jet U-150, ajuste en T95 cabezal, manejo de inventarios, consumo de ACEM, etc.)	Materias primas, PLP y refinación de crudos	En seguimiento
8	Sistema de fondos	Producción de Fuel Oil	Revisar esquema de producción de Fuel Oil por incremento de inventario en K-2804	Materias primas, Refinación de fondos	Cumplido

**Figura B4.**

Vista previa 4 de un ejemplo de acta de reunión.


	<b>ACTA DE REUNION</b>		
	<b>ANÁLISIS OPERACIONAL INTEGRAL</b>		
	<b>CODIGO</b> PDO-F-107	<b>Elaborado</b> 27/07/2020	<b>Versión:</b> <b>1</b>

3.2. Se revisan y pactan las desviaciones y acciones pactadas en la reunión del 27/07/2020:

Nº	Sistema	Desviación	Acción	Responsables	Estado
1	HSE personas y ambiental	Presencia de fenol en efluente PTAR	Continuar acciones para mitigar fuentes de contaminación (Fenol) e incremento de temperaturas en efluente PTAR	Ambiental	En seguimiento
2	Margen	Disponibilidad del E-2010 B/D	Seguimiento a disponibilidad del E-2010 B/D	Juan Carlos Arias y Jefe de Turno	En seguimiento
3	Sistema de livianos	Inventarios de GLP	Reportar resultados de las muestras tomadas de ácido gastado en planta de ácido	Laboratorio y Cracking II y III	En seguimiento
4	Sistema de livianos	Disminución de producción de livianos	De acuerdo a resultado de análisis de riesgos, definir puesta en servicio del evaporador para la puesta en servicio de Orthoflow.	CRK III	En seguimiento
5	Sistema de gasolinas	Especificaciones en preparación de gasolina extra	Revisar cumplimiento de especificaciones en K-003	Materias primas	Nuevo compromiso
6	Sistemas de intermedios	Inventarios de GAO	Revisar viabilidad de incremento de carga a refinería según condición actual	Refinación de crudos y PLP	Nuevo compromiso
7	Sistema de medios	Contenidos de azufre en tanques de almacenamiento de Diesel	Evaluar alineamiento del K-911 al K-823 como carga HDT	Materias primas y refinación de crudos	Nuevo compromiso
8	Sistema de medios	Inventarios de Diesel	Revisar esquema de producción de Diesel por baja demanda (alineación de Jet U-150, ajuste en T95 cabezal, manejo de inventarios, consumo de ACEM, etc.)	Materias primas, PLP y refinación de crudos	En seguimiento

**Figura B5.**

Vista previa 5 de un ejemplo de acta de reunión.

	<b>ACTA DE REUNION</b>		
	<b>ANÁLISIS OPERACIONAL INTEGRAL</b>		
	<b>CODIGO</b> PDO-F-107	<b>Elaborado</b> 27/07/2020	<b>Versión:</b> <b>1</b>

10	Sistema de fondos	Normalización del K-2802	Realizar sesión externa como revisión de alineamientos de fondos DEMEX y fondos de vacío para normalización del K-2802	Materias primas	Nuevo compromiso
11	Balance de hidrogeno	Disponibilidad de hidrogeno en corrida Prime D	Evaluar puesta en servicio de C-556 para asegurar corrida en Prime D	Refinación de crudos	Nuevo compromiso

#### 4. EVALUACIÓN DE LA REUNIÓN:

¿Logramos alcanzar nuestra meta en esta reunión?	Sí	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
¿En caso negativo, cómo y cuándo lo haremos?				

Asistentes		
Abdon David Baron Vergara	John Jairo Forero Romero	Rosangela Pacheco Acosta
Albeiro Alarcon Valenzuela	Jorge Eliecer Angarita Alvarez	Yuriam Zuheyt Malaver Botia
Daniel Dario Montaña Herrera	Juan Carlos Arias Molina	
Ernesto Camilo Sierra Gonzalez	Luis Andres Rodriguez Carrillo	
Fernando Cardenas Gomez	Manuel Julian Ardila Pimiento	
James Andres Carrillo Jaraba	Maria Paula Velasco Cardozo	