

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**



**PROYECTO INTEGRADOR PROFESIONAL PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE INGENIERA QUÍMICA**

**Análisis integral de secuencia de “Paro de planta” en  
unidad de tratamiento de gas no convencional.**

Asaroff, Mariana - ING 7387

Comiquir, Luciana Belen - ING 4026

Directora Externa: Ing. Camps, Yaín Agustina

Tutor Académico: Dra. Toschi, Florencia

**Marzo 2026**



## **Resumen**

El presente proyecto se centra en la gestión integral de paradas de planta en instalaciones de tratamiento de gas natural, tomando como caso de estudio una parada de planta real desarrollada en una unidad de procesamiento de gas no convencional de la Cuenca Neuquina.

Se aborda de manera práctica y analítica las etapas de gestión de una parada programada, identificando los principales desafíos técnicos y organizativos asociados a este tipo de intervenciones. Se diseñó y aplicó un modelo de gestión estandarizado, diseñado con enfoque multidisciplinario, que integra herramientas de ingeniería, mantenimiento, seguridad operativa y gestión de proyectos, con el objetivo de optimizar tiempos, recursos y resultados. La implementación del modelo permitió evaluar su desempeño en un entorno operativo real, verificando su eficacia para mejorar la trazabilidad de tareas, la coordinación entre sectores y la eficiencia global del proceso.

El proyecto propone finalmente una metodología replicable que puede ser adaptada por otras organizaciones del sector energético, promoviendo la estandarización de buenas prácticas en la planificación y ejecución de futuras paradas de planta.

### **Palabras clave:**

Parada de planta, Mantenimiento mayor, Gestión basada en procesos, Estandarización y mejora continua.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

Facultad de Ingeniería

Departamento de Química

Análisis integral de secuencia de “Paro de planta” en unidad de tratamiento de gas no convencional.

---

### **Abstract**

This project focuses on the comprehensive management of plant shutdowns in natural gas treatment facilities, using as a case study a real shutdown carried out in a non-conventional gas processing unit located in the Neuquén Basin.

The work provides a practical and analytical approach to management stages of a scheduled shutdown, identifying the main technical and organizational challenges involved. A standardized management model was designed and implemented with a multidisciplinary approach, integrating tools from engineering, maintenance, operational safety, and project management, with the aim of optimizing time, resources, and overall performance. The implementation of the model in an actual operating environment allowed for the evaluation of its effectiveness, confirming improvements in task traceability, interdepartmental coordination, and operational efficiency.

Finally, the project proposes a replicable methodology that can be adapted by other organizations in the energy sector, promoting the standardization of best practices for the planning and execution of future plant shutdowns.

#### **Keywords:**

Plant turnaround, Major maintenance, Process based management, Standardization and continuous improvement.



### Agradecimientos

A Yaín por ser tutora en nuestro proceso de aprendizaje, por la disposición permanente para acompañarnos, por su generosidad, por compartir su experiencia y guiarnos con criterio técnico a lo largo del desarrollo de este trabajo. Su apoyo y dedicación fueron fundamentales para transitar nuestra primera experiencia en la industria y para lograr el abordaje del tema tratado.

A nuestra directora Florencia por su guía, compromiso y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo. Asimismo, extendemos nuestro reconocimiento a la Universidad y a todos los profesores que formaron parte de nuestra carrera, quienes contribuyeron a nuestra formación académica y profesional.

De manera personal, Mariana agradece a Andrea y Rodrigo, por ser su apoyo incondicional y pilares fundamentales en cada etapa de su vida. Por caminar a su lado en cada paso, acompañarla con paciencia y confianza, y por impulsarla a seguir creciendo. Este logro también es de ustedes.

Por su parte, Luciana agradece en primer lugar a Dios, por guiarla y sostenerla en cada paso de este camino; a Edith, Eduardo y Martin, quienes fueron su principal apoyo y acompañamiento incondicional; y a Alexis, por su amor, paciencia y constante presencia, siendo un pilar fundamental en cada desafío y logro alcanzado.

A cada uno de ustedes, gracias por el respaldo y la guía constante, que fueron esenciales para alcanzar esta meta.



## ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Marco teórico	3
2.1. Descripción general de una planta de tratamiento de gas	3
2.2. Descripción del proceso químico en planta de tratamiento de gas CPF	7
2.3. Descripción de sistemas auxiliares	13
2.4. Rol de la parada de planta en la estrategia de mantenimiento	21
3. Introducción al proyecto	22
3.1. Metodología aplicada	23
3.2. Fases del proyecto de estandarización del proceso gestión de paro de planta	24
3.2.1. Fase 1: Definir objetivo y plan de acción.	24
3.2.2. Fase 2: Relevar y documentar el estado actual de la gestión de paradas de planta.	28
3.2.3. Fase 3: Diseñar el nuevo proceso y elaborar matriz RACI	29
3.2.4. Fase 4: Implementar el modelo diseñado en la operación real	39
3.2.4.1. Etapa de definir alcance de la parada de planta	40
3.2.4.2. Etapa de planificar la parada de planta	47
3.2.4.3. Etapa de ejecutar la parada de planta	57
3.2.4.4. Etapa de dar cierre a la parada de planta	62
3.2.5. Fase 5: Evaluar los resultados del modelo e implementar mejoras al proceso.	68
4. Importancia de una gestión eficiente	72
5. Conclusiones	73
6. Bibliografía	75



## 1. Introducción

La práctica de parada de planta constituye una instancia crítica dentro de la operación de las instalaciones de tratamiento de gas natural, ya que interrumpe temporalmente la producción y concentra una gran cantidad de tareas de mantenimiento, inspección y mejora que no pueden realizarse en operación normal. Una gestión eficiente de estas intervenciones es fundamental para garantizar la continuidad operativa, optimizar el desempeño de los activos industriales y minimizar riesgos económicos y de seguridad ya que evitan paradas no programadas, condiciones del activo no adecuadas y/o baja eficiencia del proceso. Además, debido a la implicancia de parar la producción, el objetivo es asegurar un buen uso del tiempo disponible y minimizarlo para optimizar costos. En el contexto de la Cuenca Neuquina, donde la producción de gas no convencional posee un rol estratégico para el abastecimiento energético del país, estas prácticas adquieren especial relevancia.

En este marco, el presente proyecto tiene como objetivo integrar y aplicar los conceptos de Fundamentos de Ingeniería Química, Organización y Gestión, Operaciones Unitarias, Ingeniería de los Materiales, Calidad y Mejora Continua, junto con los fundamentos técnicos propios de la disciplina, para realizar el análisis de una parada de planta real en la industria y desarrollar un modelo estandarizado para la gestión integral de paradas de planta, orientado a ordenar, planificar y controlar las actividades asociadas a estas prácticas. Para ello, se realizará un análisis de los procesos de la planta del caso en análisis, describiendo los equipos y sistemas seleccionados para su intervención y comprendiendo su función dentro de la operación. Una vez identificado el proceso químico de la planta, se busca identificar qué tareas requieren paro total de producción. Luego, mediante el análisis y relevamiento histórico de cómo se ejecutaron las paradas de planta en ocasiones anteriores, se busca diseñar una propuesta de modelo de gestión de las paradas de planta incorporando mejoras en la planificación, coordinación y ejecución de las tareas.

El objetivo es establecer una metodología práctica y replicable para estandarizar y optimizar las fases gestionales de estas intervenciones. Con este enfoque, se busca mejorar la eficiencia, reducir tiempos y costos, garantizar la trazabilidad de las actividades, considerar las condiciones de seguridad y detallar los aspectos económicos vinculados a estas



intervenciones. Este trabajo tiene como objetivo definir una metodología de gestión integral que contribuya a una operación más confiable y estratégica.

### **Alcance**

El estudio se enfoca exclusivamente en las paradas de planta programadas, quedando fuera del análisis aquellas realizadas por emergencias o imprevistos operativos. Se toma como referencia una instalación representativa de la zona de Vaca Muerta, con el objetivo de que los resultados obtenidos, puedan ser aplicables o adaptables a otras realidades industriales con características similares.

### **Rol de la producción de gas de Vaca Muerta en el mundo**

Argentina posee la segunda reserva de gas no convencional más grande del mundo, contenida en la formación geológica conocida como Vaca Muerta. Se trata de una unidad sedimentaria de origen marino, depositada durante el período Jurásico, ubicada dentro la Cuenca Neuquina.

La producción de shale gas en esta región tiene un rol estratégico dentro de la matriz energética nacional. En 2024, la producción diaria en Vaca Muerta alcanzó los 82,58 millones de metros cúbicos durante el período invernal —época de mayor demanda energética—, lo que representó aproximadamente el 49 % del gas natural producido en el país. [1]

Este nivel de producción posiciona a Vaca Muerta como un actor clave no solo para el abastecimiento energético interno, sino también como una plataforma potencial para la exportación de gas, en un contexto global que demanda fuentes energéticas confiables. En este escenario, la eficiencia operativa y la confiabilidad de las plantas de tratamiento de gas adquieren un valor crítico, dado que constituyen el eslabón esencial entre la producción primaria y la disponibilidad del recurso para consumo interno y externo. [2]

### **Importancia de la parada de planta**

En este contexto de alta demanda y protagonismo energético, la gestión eficiente de las instalaciones de tratamiento de gas resulta fundamental. Una de las prácticas esenciales para garantizar la continuidad operativa, la seguridad y la calidad del producto es la parada de



planta programada. Este tipo de intervención permite cumplir requisitos legales, realizar tareas críticas de inspección, limpieza, mantenimiento preventivo, correctivo y mejoras, asegurando así la mantenibilidad y la confiabilidad de los equipos [3]. Debido a los riesgos asociados a muchas de estas tareas, como trabajos en caliente, en altura o en espacios confinados, su ejecución requiere que la planta se encuentre en condiciones de paro seguro, es decir, desenergizada y sin operación de proceso.

La parada de planta requiere una planificación detallada y una coordinación transversal entre múltiples áreas funcionales de la organización. Su ejecución demanda el despliegue de numerosos recursos técnicos y humanos para llevar a cabo, en un plazo acotado, una gran cantidad de actividades simultáneas. Esto exige realizar un mayor esfuerzo para garantizar condiciones de trabajo seguras, buscando minimizar tiempos y optimizar los costos asociados.

A continuación, se describe el funcionamiento general de una planta de tratamiento de gas, con el objetivo de comprender los procesos involucrados en la adecuación del fluido extraído de los pozos para cumplir con los requisitos de calidad y especificación necesarios para su inyección en el sistema de transporte y posterior comercialización.

## **2. Marco teórico**

### **2.1. Descripción general de una planta de tratamiento de gas**

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos compuesta principalmente por metano (80–90 % v/v), junto con pequeñas proporciones de hidrocarburos más pesados, trazas de agua e impurezas. La Tabla 1 brinda ejemplos de algunos componentes comunes del gas natural con su fase y uso luego del tratamiento.

El gas natural, debido a la presencia de diversos componentes e impurezas, no puede utilizarse directamente como combustible sin un tratamiento previo, ya que esto podría generar problemas de flujo bifásico y corrosión durante su transporte y consumo. El tipo de tratamiento aplicado depende de los contaminantes presentes, del aprovechamiento de los componentes licuables y de las especificaciones contractuales o comerciales establecidas. [4]



Tabla 1. Componentes del gas natural, propiedades y productos de empleo primario.

COMPONENTES DEL GAS NATURAL, DENOMINACIÓN QUÍMICA Y PRODUCTO				
Comprende sólo hidrocarburos simples a presión atmosférica				
Denominación química	Fórmula química	Estado normal	Punto de ebullición (°C)	Productos de empleo primario
Metano	CH <sub>4</sub>	Gaseoso	-161	Gas natural combustible
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Gaseoso	-88	Productos petroquímicos
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Gaseoso	-42	GLP / Productos petroquímicos
Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Gaseoso	0	GLP / Petroquímicos
Pentano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	Líquido	36	Naftas de grado
Hexano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	Líquido	69	Nafta de alto grado
Heptano	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	Líquido	98	Gasolina natural
Octano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	Líquido	125	Gasolina para automotores
Nonano	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	Líquido	150	Combustibles para motores de combustión
Decano	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	Líquido	174	Combustibles para motores de combustión
Undecano-N, Hendecano	C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub>	Líquido	195	Combustibles para motores de combustión interna, turbinas
Dodecano-N, Dioxilo	C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub>	Líquido	215	Kerosene
Tetradecano-N	C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub>	Líquido	252	Aceites lubricantes
Eicosano-N	C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub>	Sólido	344	Parafinas

En Argentina, las condiciones para el transporte y la distribución del gas natural están reguladas por el Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS), conforme a la Ley N.º

24.076 y la normativa NAG-602 [5], que define los requisitos de calidad que debe cumplir el gas antes de su entrega al sistema de transporte, como se muestra en la Figura 1.

Componente / Producto	
H2O	
H2S	GAS A GASODUCTO (Res. ENARGAS 622/98)
COS	H2O ≤65 mg/Sm <sup>3</sup> H2S ≤3 mg/Sm <sup>3</sup> [2.1 ppmv] S <sub>total</sub> ≤15 mg/Sm <sup>3</sup> O2 <0.2% molar CO2 <0.2% molar Punto Rocío HC <4 °C @ 55 bar (a) PCs: 8850 a 10200 kcal/m <sup>3</sup>
CS2	
Mercaptanos R-SH	
Hg	
O2	
N2	
CO2	
C1	
C2	
C3	
iC4	MEZCLA PROPANO - BUTANO
nC4	PV <208 psi a 100 °F C5+ <2% v Evap. 95% <2.2 °C a 1 atm
iC5	PROPANO COMERCIAL
nC5	PV <208 psi @ 100 °F C6+ <2.5% v Evap. 95% <-38.3 °C a 1 atm
C6	BUTANO COMERCIAL
C7+	PV <70 psi @ 100 °F C5+ <2.9% v Evap. 95% <2.2 °C @ 1 atm
	GASOLINA ESTABILIZADA
	RVP <12 PSI (a) 180 °F Pto. Final Evap. 190 °C

*Figura 1. Especificaciones de transporte de gas natural y productos obtenidos establecidos por ENARGAS.*

Para cumplir con las especificaciones de calidad y venta y recuperar los hidrocarburos licuables, el gas proveniente de la separación primaria es sometido a distintos procesos en la planta de tratamiento de gas. Los principales procesos son la deshidratación, el ajuste del punto de rocío de hidrocarburos y el endulzamiento de gases ácidos.

### **Proceso de deshidratación del gas natural**

El gas natural producido contiene vapor de agua en saturación, el cual debe reducirse para evitar la formación de hidratos, la corrosión de tuberías y el incumplimiento de las especificaciones de transporte.

Existen dos métodos principales de deshidratación:

**Absorción:** el gas húmedo se pone en contacto con un líquido higroscópico (como glicoles o alcoholes) que absorbe el agua. Posteriormente, el líquido absorbente se regenera



mediante calentamiento para eliminar la humedad y permitir su reutilización. Este método es el más común en plantas de tratamiento de gas, ya sea mediante torres de contacto o por inyección directa de glicol.

Adsorción: el agua es retenida sobre la superficie de un material sólido desecante, como sílica gel, alúmina activada o tamices moleculares. Este método se utiliza cuando se requiere una deshidratación profunda ya que depende, en parte, del área superficial del adsorbente, así como también de la cinética y la temperatura.

### **Proceso de ajuste de punto de rocío de hidrocarburos**

Este proceso busca reducir la temperatura a la cual los hidrocarburos condensan, evitando la formación de líquidos en el gasoducto y permitiendo recuperar los componentes más pesados con mayor valor comercial. Las plantas de acondicionamiento del punto de rocío, conocidas como LTS (Low Temperature Separation) y LTE (Low Temperature Expansion), realizan este tratamiento mediante enfriamiento controlado del gas:

LTS: utiliza sistemas de refrigeración para lograr la separación a baja temperatura.

LTE: se basa en la expansión del gas, provocando un descenso de temperatura por efecto Joule-Thomson.

Durante el proceso, el gas se enfría progresivamente a través de intercambiadores y chillers hasta alcanzar condiciones que permiten condensar el agua y los hidrocarburos pesados. Estos se separan en un separador trifásico, obteniéndose un gas seco apto para transporte, una fase líquida de hidrocarburos que se dirige al sistema de estabilización, y una solución de glicol-agua que se envía a regeneración para volver a utilizar el glicol.[6]

### **Proceso de endulzamiento de gases ácidos**

En algunos yacimientos, el gas natural contiene sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ), conocidos como gases ácidos, los cuales son corrosivos, tóxicos y su presencia en grandes cantidades no cumple con las especificaciones de transporte en los gasoductos. El proceso de endulzamiento disminuye la presencia de estos compuestos mediante absorción química con soluciones de aminas, como monoetanolamina (MEA), dietanolamina (DEA) o metildietanolamina (MDEA).



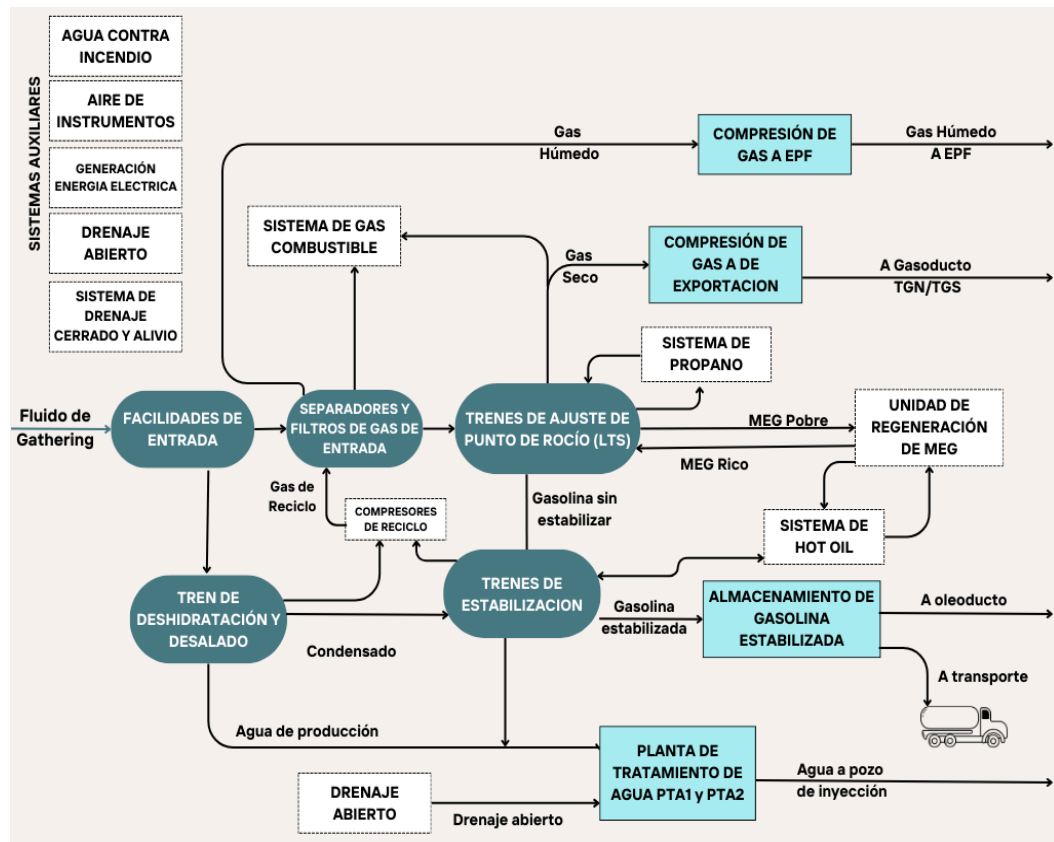
En una torre de absorción, el gas ácido se pone en contacto con la solución amínica, que captura selectivamente el  $H_2S$  y el  $CO_2$ . Luego, la solución cargada se regenera por calentamiento, liberando los gases retenidos y permitiendo reutilizar la amina. Los gases ácidos liberados son tratados posteriormente en unidades de incineración o recuperación de azufre. [7] [8]

## 2.2. Descripción del proceso químico en planta de tratamiento de gas CPF

Los procesos mencionados se desarrollan en una planta de tratamiento de gas, encargada de acondicionar el gas natural proveniente del yacimiento para cumplir con las especificaciones de transporte y comercialización. En este caso, se describe particularmente el funcionamiento de una planta central de procesamiento (CPF) ubicada en un yacimiento no convencional. La Figura 2 muestra el diagrama simplificado de operación de dicha planta, donde se representan las principales etapas del proceso de tratamiento. Comprender la funcionalidad general de los sistemas de proceso y sus principales componentes es esencial para garantizar una operación eficiente de la planta de tratamiento de gas natural, así como para una gestión adecuada de sus necesidades de mantenimiento y conservación.

El proceso de tratamiento del gas natural inicia en el área denominada Facilidades de Entrada, donde se recibe la mezcla proveniente de los pozos, compuesta por gas, agua, condensados y arena. En esta etapa, el objetivo principal es realizar la separación inicial de fases y eliminar impurezas líquidas y sólidas, preparando la corriente gaseosa para su posterior procesamiento en la planta.

La corriente de los *gathering* ingresa primero a un separador tipo Slug Catcher, cuya función principal es separar y acumular grandes volúmenes intermitentes de líquidos (llamados slugs). Estos slugs se forman debido a fenómenos transitorios en el transporte de fluidos de campo, tales como cambios de presión, arrastre de líquidos acumulados o condiciones de operación no estacionarias. Al ingresar la corriente al Slug Catcher, la velocidad del flujo disminuye bruscamente; esta reducción permite que los líquidos se separen por gravedad y se depositen en el fondo del sistema, mientras que el gas libre continúa su recorrido hacia las siguientes etapas de tratamiento.[9]



*Figura 2. Diagrama simplificado de la operación de planta de tratamiento de gas CPF.*

Los líquidos obtenidos del Slug Catcher son derivados hacia la Planta de Deshidratación y Desalado, donde se realiza una segunda etapa de separación de gas, agua y condensado de la arena contenida. Posteriormente, el agua libre obtenida se envía a la Planta de Tratamiento de Agua, en la cual se lleva a cabo una nueva separación de agua e hidrocarburos en menor proporción para luego terminar en disposición final en pozos sumideros y los condensados continúan a tratamientos de estabilización. El proceso de desalado resulta esencial, ya que permite proteger a los trenes de estabilización de mitigando los efectos corrosivos generados por el agua salina y, al mismo tiempo, garantizar el cumplimiento de las especificaciones de venta de la gasolina, particularmente en lo referente a un contenido máximo de sales de 100 g/m<sup>3</sup> de gasolina y un valor de BS&W (Sólidos Básicos y Agua, medida del contenido de impurezas) inferior al 0,5%. Cabe destacar que este sistema constituye una de las incorporaciones más recientes a la configuración general de la planta, reforzando su confiabilidad y eficiencia operativa.



El gas obtenido del Slug Catcher, pasa por los separadores de gas de entrada, donde se remueven los líquidos residuales y partículas arrastradas mediante mecanismos de separación gravitacional. Este equipo consiste en un recipiente presurizado, vertical, diseñado para operar a las condiciones del gas entrante. En su interior, el gas y el líquido se separan mediante distintas etapas: una zona de entrada que reduce la velocidad y facilita la separación inicial, una zona gravitacional donde el líquido decanta, elementos coalescentes que retienen finas gotas de líquido, y un sistema de drenaje que permite retirar el líquido acumulado hacia tanques de recolección o tratamiento. Posteriormente, el gas atraviesa filtros separadores, encargados de retener partículas sólidas y gotas de líquido mediante elementos filtrantes y sistemas de separación mecánica. Finalmente, se dirige a los filtros coalescentes, donde se eliminan las neblinas y microgotas restantes, utilizando el principio de coalescencia que fuerza a las partículas líquidas a unirse entre sí hasta decantar por gravedad gracias a su peso, asegurando así una corriente de gas limpia y seca. Este sistema constituye la primera fase del tratamiento del gas y es fundamental para proteger los equipos posteriores, garantizar la eficiencia del proceso y cumplir con las especificaciones de calidad del producto.

A la salida de esta etapa se obtienen tres corrientes principales: una de gas húmedo filtrado, que continúa hacia los procesos de deshidratación y ajuste de punto de rocío; y dos corrientes líquidas, una de condensado y otra de agua de producción, que se derivan hacia las unidades de estabilización y tratamiento de agua, respectivamente. En la figura 3, se observa el sistema descrito, los equipos que lo componen y su disposición.

A continuación, la corriente gaseosa una vez comprimida, debido a que se busca que los líquidos livianos no se volatilicen y puedan ser separados con mayor facilidad, se dirige al sistema de separación a baja temperatura (LTS: Low Temperature Separation). El proceso de ajuste de punto de rocío LTS en una planta de tratamiento de gas tiene como objetivo acondicionar la corriente de gas natural para cumplir con las especificaciones de transporte establecidas por el ENARGAS (Res. I-259/08) [10], asegurando un gas seco y libre de hidrocarburos condensables.

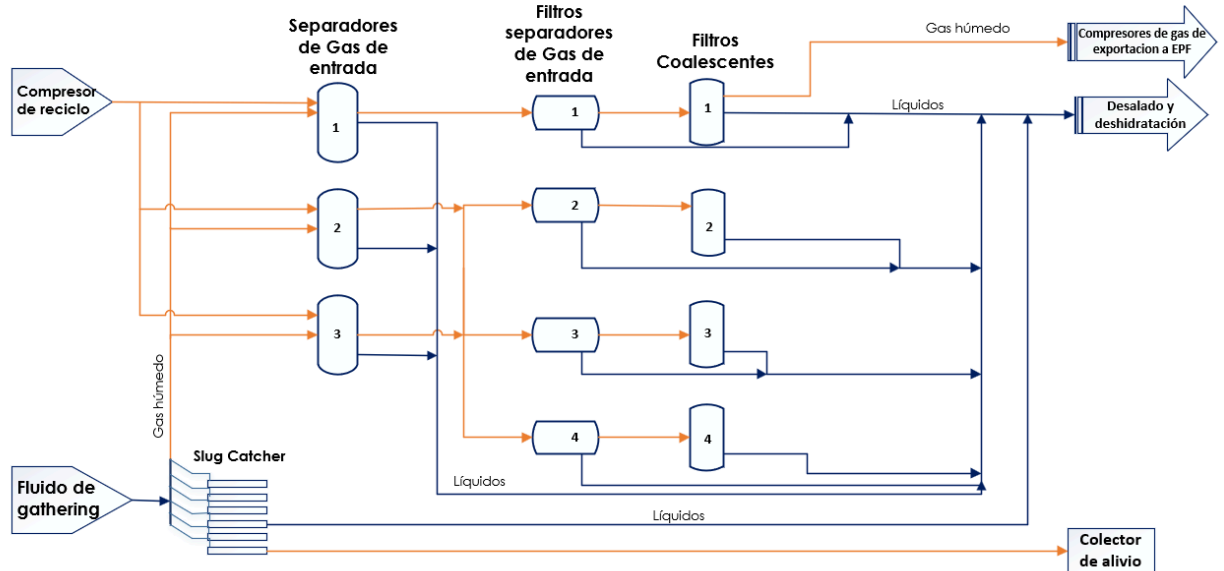


Figura 3. Diagrama de flujo Sistema Facilidades de entrada en planta de tratamiento de gas.

Al ingresar desde las facilidades de entrada, el gas pasa por los trenes de LTS, donde se divide en dos corrientes: una menor, que intercambia calor con la gasolina no estabilizada, y otra mayor, que lo hace con el gas frío de salida, enfriando ambas mediante intercambiadores de calor gas-líquido y gas-gas. En estos equipos se inyecta Monoetilenglicol (MEG) para prevenir la formación de hidratos.

Posteriormente, el gas parcialmente enfriado ingresa al chiller, un intercambiador de tipo carcasa y tubos que utiliza propano líquido como refrigerante dentro de un circuito cerrado de propano líquido y gaseoso. Antes de su ingreso, el propano se expande en una válvula Joule-Thompson, reduciendo su temperatura y permitiendo que, dentro del chiller, se evapore completamente al absorber calor del gas del proceso. Su función principal es enfriar el gas para condensar los componentes pesados y el agua, ajustando así el punto de rocío de hidrocarburos. El propano vaporizado se comprime y enfría mediante aerofriadores, volviendo a su fase líquida para reintegrarse al circuito. Tanto en el intercambiador gas-gas y gas-líquido, como en el chiller se inyecta una solución de MEG, que deshidrata el gas e inhibe la formación de hidratos, los cuales pueden generarse por las bajas temperaturas y altas presiones del proceso.



La corriente resultante, compuesta por gas, gasolina y solución de MEG, pasa al separador frío, un equipo trifásico donde se separan las tres fases. El gas seco se envía luego a los compresores de exportación; la gasolina no estabilizada se dirige al sistema de estabilización; y la solución de MEG, enriquecida en agua, se envía a la unidad de regeneración de glicol para su reutilización.

El sistema cuenta con instrumentación de presión, temperatura, nivel y caudal que permite un control preciso y seguro del proceso, así como válvulas de seguridad y venteos hacia el sistema de antorcha. Finalmente, mediante el uso de higrómetros y cromatógrafos en línea, se verifica que el gas cumpla con las especificaciones de calidad (contenido de agua  $\leq 65 \text{ mg/Sm}^3$  y punto de rocío de hidrocarburos  $\leq -4 \text{ }^\circ\text{C}$  a 5500 kPa), asegurando su aptitud para el transporte y finalmente su venta. En la Figura 4 se muestra el diagrama de flujo del sistema.

Continuando con el proceso, por el lado de los líquidos, el condensado proveniente de las LTS se dirige a las Torres Estabilizadoras de Gasolina, donde se eliminan los componentes más volátiles para obtener gasolina estabilizada, apta para su almacenamiento y transporte.

La alimentación de esta etapa de proceso proviene de los condensados pretratados en Desalado, la gasolina sin estabilizar proveniente de los 3 Separadores Fríos y eventualmente del tanque trasvase de la Planta de tratamiento de agua (PTA). El proceso comienza con los separadores flash, que realizan una primera separación de fases entre agua, MEG, condensado y gasolina no estabilizada. El agua se envía a la planta de tratamiento, el MEG al sistema de regeneración, y los condensados e hidrocarburos a las torres estabilizadoras, donde se realiza la segunda etapa de estabilización. En las torres estabilizadoras, de tipo vertical con platos contactores internos, el líquido desciende mientras ascienden vapores livianos. Este contacto permite eliminar los gases disueltos y disminuir la presión de vapor Reid, asegurando que la gasolina final pueda almacenarse a temperatura y presión ambiente.

El reboiler, un intercambiador de calor alimentado con aceite térmico calienta el fondo de la torre generando vapores que ascienden nuevamente por los platos, completando el intercambio de masa y energía. La gasolina estabilizada resultante se enfría primero en un intercambiador gasolina–condensado, que aprovecha el calor residual para precalentar el

ingreso de condensado a la torre, y luego en un aerofriador, para finalmente ser enviada a los tanques de almacenamiento para ser despachada por oleoducto o camiones.

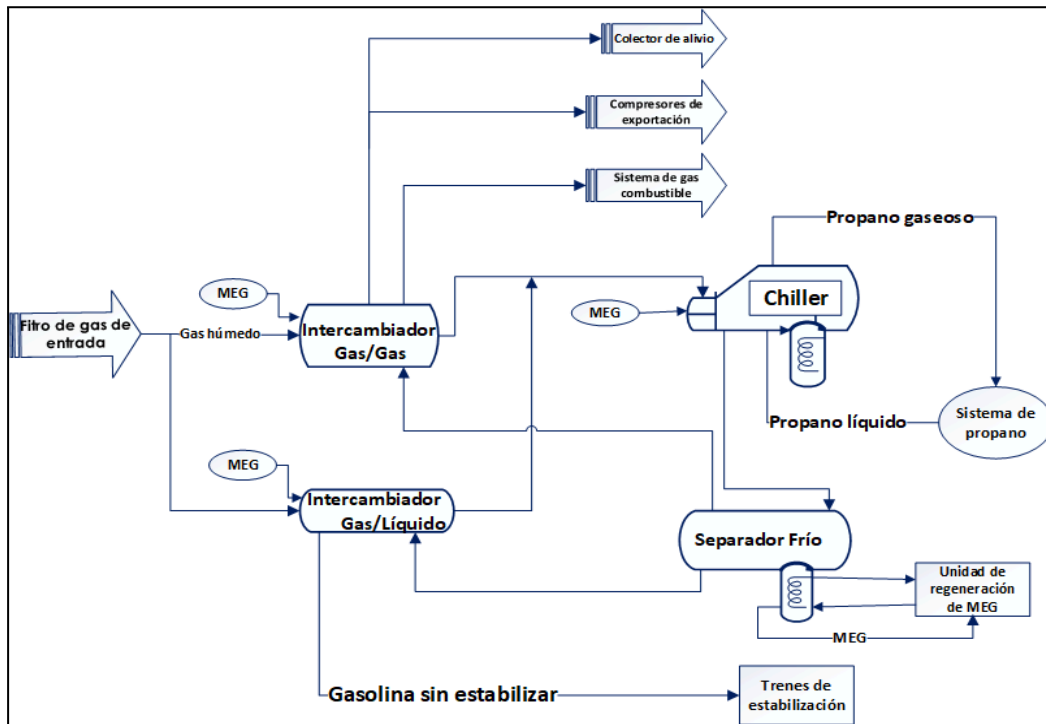


Figura 4. Diagrama de flujo Sistema LTS en planta de tratamiento de gas

Cabe mencionar que los gases separados en esta etapa se redirigen a los compresores de reciclado para su reprocesamiento, y los líquidos fuera de especificación pueden reenviarse a las torres. Este esquema secuencial de separación, estabilización, intercambio térmico y enfriamiento garantiza un producto final estable y de calidad, conforme a las especificaciones de transporte y venta. En la Figura 5 se muestra el diagrama de flujo del sistema.

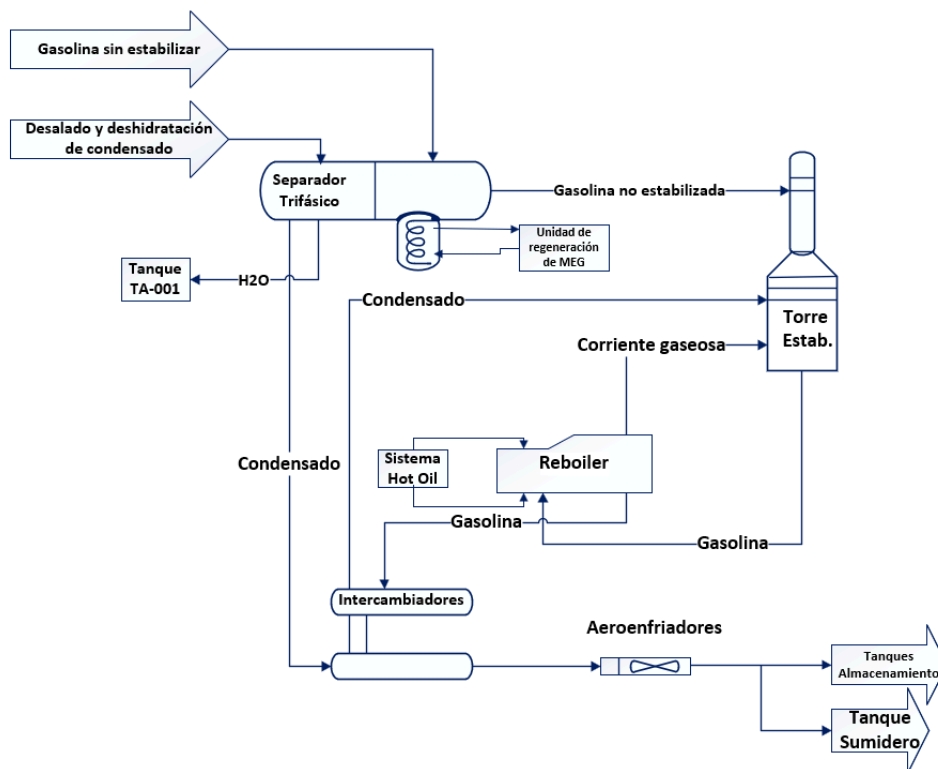


Figura 5. Diagrama de flujo Sistema Tren de estabilización de planta de tratamiento.

### 2.3. Descripción de sistemas auxiliares

Una vez descritos los principales procesos en la planta de tratamiento de gas, se debe mencionar que esta también posee sistemas auxiliares los cuales son de suma importancia para el funcionamiento correcto de los procesos principales:

Sistema de regeneración de MEG: Constituye un servicio auxiliar esencial en la planta CPF, encargado de inyectar MEG como agente higroscópico para evitar la formación de hidratos en los intercambiadores de calor del sistema LTS, donde el gas húmedo se enfría a bajas temperaturas. Una vez utilizado, el MEG que absorbe agua y trazas de hidrocarburos es recuperado, tratado y regenerado para su reutilización, garantizando la continuidad y eficiencia del proceso. El ciclo del MEG comienza con la inyección de MEG pobre (concentración entre 70 y 80 % en peso) hacia los trenes LTS mediante bombas de alta presión, lo que inhibe la formación de hidratos. Luego, el MEG rico (con más contenido de agua, entre 60 y 70 %p/p de MEG) es recuperado desde los separadores fríos y conducido al sistema de regeneración. Allí, la corriente pasa primero por un intercambiador de calor MEG

pobre/MEG rico, donde se precalienta utilizando el calor del MEG ya regenerado. Luego, ingresa al separador flash, donde se eliminan los gases y los hidrocarburos arrastrados. A continuación, el fluido atraviesa filtros de partículas (que retienen sólidos) y filtros de carbón activado (que eliminan trazas de hidrocarburos), antes de ingresar a la etapa principal de regeneración.

En el regenerador de MEG, la corriente previamente calentada ingresa a una columna empacada donde, gracias al calor que aporta un calentador de aceite térmico (reboiler), se evapora el agua que el MEG absorbió durante el proceso. Ese vapor asciende por la columna y parte de él se condensa, mientras que el MEG líquido que desciende va perdiendo agua hasta quedar regenerado (MEG pobre).

Una vez regenerado, el MEG pobre sale por la parte inferior del equipo, se enfría y se acumula en un recipiente intermedio. Desde allí, vuelve a ser impulsado hacia las bombas de inyección, completando nuevamente el ciclo de operación.

Este sistema asegura la adecuación eficiente de la cantidad de agua del gas natural, respetando la calidad de exportación exigida por ENARGAS y optimizando la economía operativa mediante la recuperación y reutilización continua del MEG. En la Figura 6 se muestra el diagrama de flujo del sistema.

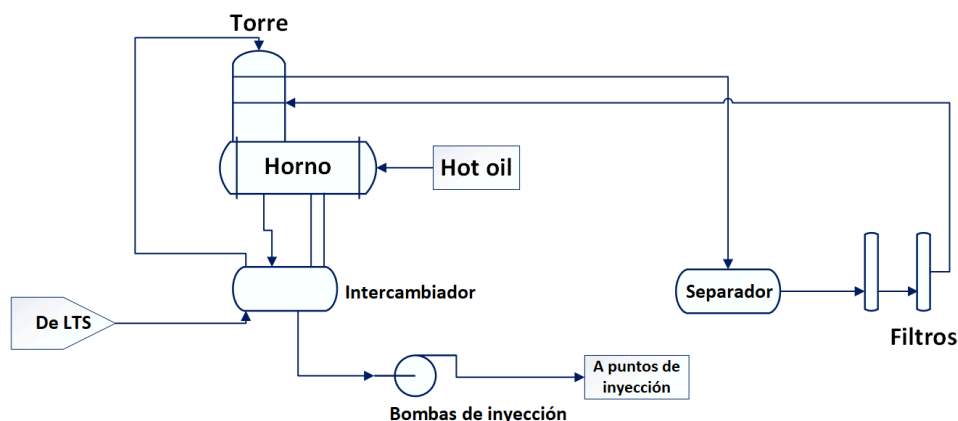


Figura 6. Diagrama de flujo Sistema MEG de planta de tratamiento de gas

Sistema propano: Tiene como función principal refrigerar el gas natural, reduciendo su temperatura para facilitar la separación de agua e hidrocarburos líquidos, la recuperación de condensados y la deshidratación del gas, asegurando que cumpla con las especificaciones de

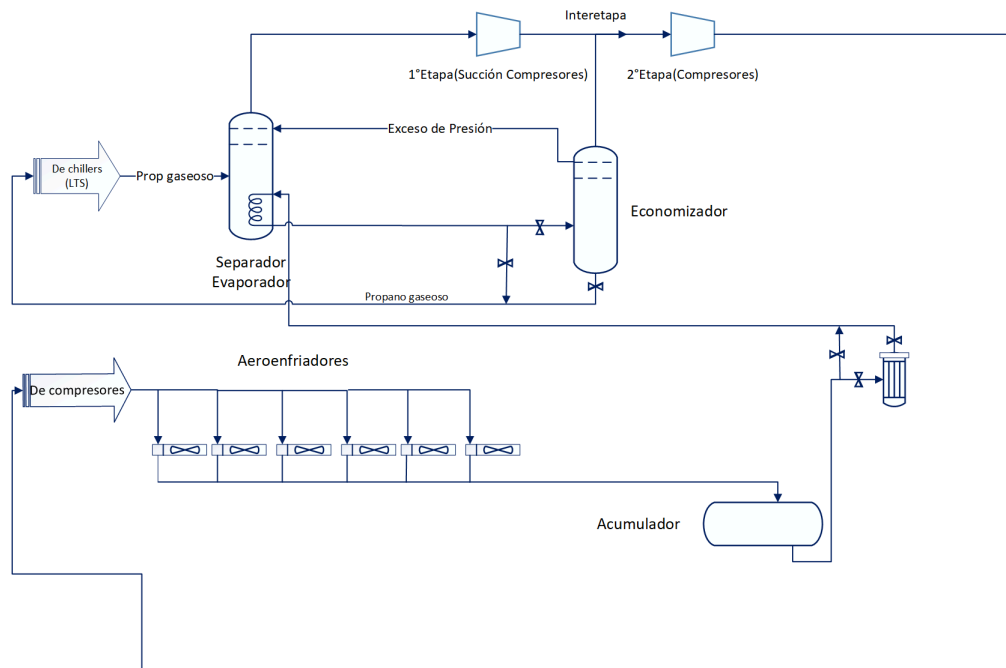


calidad para su transporte por gasoducto. El sistema funciona como un circuito cerrado de propano líquido y gaseoso, en el cual el refrigerante circula continuamente para transferir calor desde la corriente de gas natural hacia el sistema de enfriamiento. El proceso opera de forma secuencial de la siguiente manera:

1. Compresión: el propano en fase vapor proveniente de los trenes LTS es comprimido por los compresores, elevando la presión del propano.
2. Condensación: luego pasa a los aerocondensadores, donde se enfría y condensa a estado líquido.
3. Acumulación: el propano líquido se almacena en un recipiente acumulador, desde el cual se distribuye al economizador.
4. Distribución: el economizador regula la alimentación de propano hacia los chillers de los trenes LTS, separando gas y líquido y optimizando la eficiencia térmica, donde el propano se evapora absorbiendo calor del gas natural (el cual se refrigera en el intercambiador).
5. Recompresión: el propano en fase vapor generado retorna a los compresores, cerrando el circuito.

En términos de equipos, el sistema se compone principalmente de: Compresores, aerocondensadores, acumulador, economizador, intercambiador y deshidratador el cual retiene trazas de agua en el refrigerante.

De esta forma, el Sistema de Propano asegura una operación continua y eficiente del ciclo de refrigeración, manteniendo la temperatura del gas dentro de los valores requeridos para su procesamiento y transporte. En la Figura 7 se muestra el diagrama de flujo del sistema.



*Figura 7. Diagrama de flujo Sistema Propano de planta de tratamiento de gas*

Sistema Hot Oil: Es un circuito cerrado que tiene como función principal mantener la circulación y temperatura del aceite térmico utilizado para transferir calor a los procesos que operan a altas temperaturas: la estabilización de gasolina y la regeneración de glicol. Su objetivo es asegurar un suministro continuo de calor, manteniendo el fluido dentro de los rangos de temperatura y presión operativos.

El ciclo de operación puede describirse de la siguiente manera:

1. Recepción: el tanque de expansión recibe el aceite térmico que retorna desde los trenes de estabilización y las unidades de regeneración de glicol, absorbiendo las variaciones de nivel provocadas por los cambios de temperatura.
2. Impulsión: las bombas de circulación toman el aceite del tanque y lo impulsan hacia los hornos de calentamiento, cuya cantidad de caudal en operación depende de la demanda térmica de la planta.
3. Calentamiento: en los hornos de Hot Oil, el aceite circula por serpentines internos y se calienta por radiación directa de la combustión del gas y por convección de los gases calientes. Antes del encendido del horno, el ventilador de barrido elimina gases residuales del mismo garantizando seguridad.

4. Distribución: una vez alcanzada la temperatura requerida, el aceite caliente se dirige hacia los trenes de estabilización de gasolina y los skids de regeneración de glicol, donde transfiere su energía térmica a los procesos, donde se regula la presión y caudal de gas hacia los pilotos y quemadores del horno.

5. Retorno: finalmente, el aceite enfriado retorna al tanque de expansión, completando el circuito.

En cuanto a los equipos principales, el sistema está compuesto por: Tanque de expansión, bombas de circulación, hornos de Hot Oil, ventilador de barrido, skid de gas combustible

En conjunto, el Sistema de Hot Oil proporciona el calor necesario para las distintas unidades de proceso de la planta, garantizando un funcionamiento estable, eficiente y seguro. En la Figura 8 se muestra el diagrama de flujo del sistema.

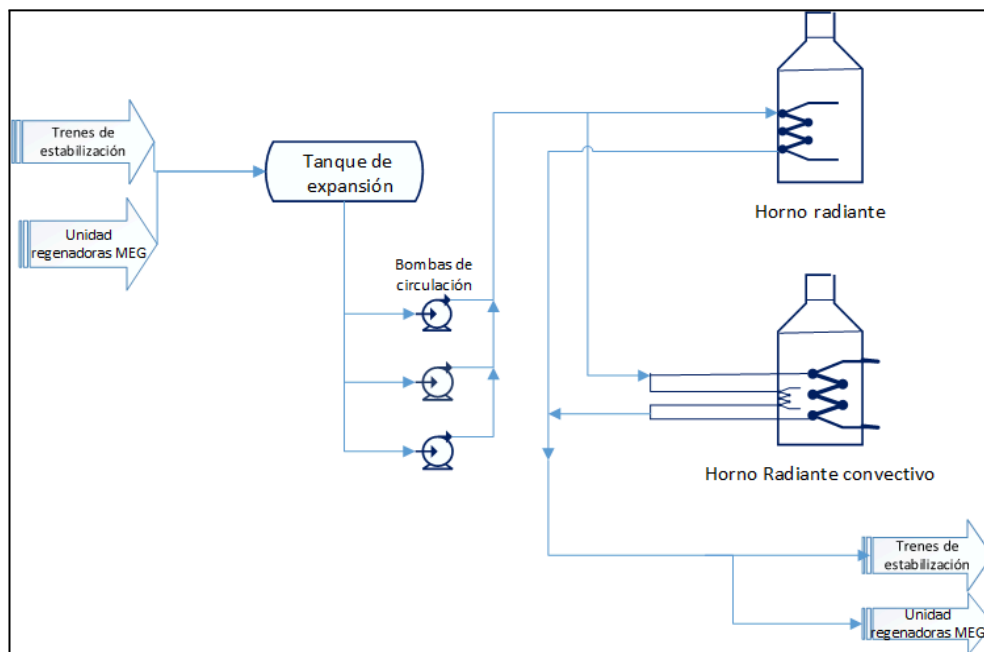


Figura 8. Diagrama de flujo Sistema Hot oil de planta de tratamiento de gas.

Finalmente, se encuentran los Sistemas auxiliares secundarios, que se caracterizan por su vinculación e interacción con todos los sistemas descritos. Sin su existencia, la operación de la planta no sería posible ya que funcionan como soporte de todos los demás. Estos son:

Sistema de Gas Combustible y de Servicio: Este sistema tiene como función principal suministrar gas para distintos usos dentro de la planta CPF, garantizando la operación segura y continua de los procesos térmicos, de compresión y de control. El gas de salida por este sistema se utiliza para: Combustión en los hornos del sistema de Hot Oil, alimentar motores de combustión interna (para compresión o generación eléctrica), blanketing de equipos y tanques, evitando la presencia de oxígeno, barrido de líneas del sistema de alivio y drenaje cerrado y encendido continuo de los pilotos del sistema de venteo (flare).

El sistema puede recolectar gas desde distintos puntos del proceso y lo acondiciona en un Skid de Gas Combustible, que lo calefacciona y regula presión y temperatura antes de su distribución a los distintos consumos.

Según la condición operativa de la planta, el gas puede ingresar desde distintas corrientes: en modo normal proviene del colector de succión de los compresores de exportación de gas seco; en modo de arranque, de la descarga de los filtros coalescentes de gas de entrada; y en modo de emergencia, desde la descarga de gas seco hacia el gasoducto de exportación.

Este diseño flexible asegura un suministro continuo y confiable, adaptándose a diferentes etapas de operación. En la Figura 9 se muestra el diagrama de flujo del sistema.

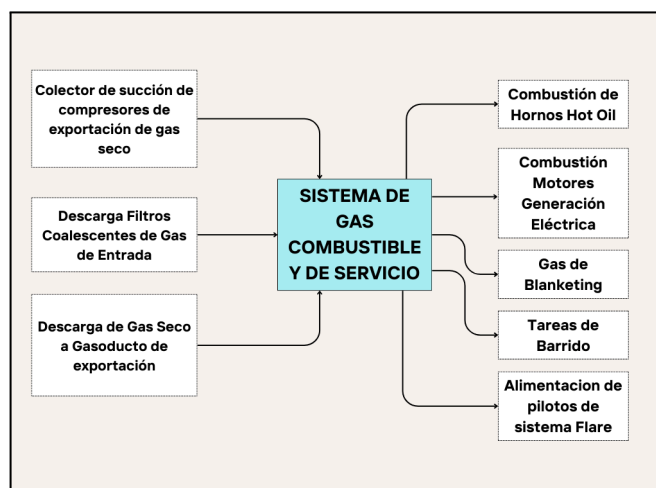


Figura 9. Diagrama de flujo Sistema gas combustible y servicio de planta de tratamiento de gas

Sistema de Aire de Instrumentos y Servicios: Tiene como función proveer aire comprimido, seco y limpio a toda la planta, asegurando el funcionamiento confiable de válvulas, instrumentos neumáticos y dispositivos de control. Es un servicio esencial, ya que una falla en este sistema impediría la operación automática, llevando a las válvulas a su posición de seguridad. El proceso se desarrolla de la siguiente manera:

El sistema toma aire del ambiente y lo comprime mediante compresores. Luego, el flujo se divide: una parte se envía directamente al sistema de aire de servicio para mantener presurizada la red principal, mientras que la otra se somete a secado y se almacena en tanques pulmón para su uso como aire de instrumentos, asegurando baja humedad y pureza. Además, suministra aire para el arranque de compresores y el barrido de tanques del sistema de tratamiento de agua, aunque estos consumos se interrumpen automáticamente ante una baja presión para priorizar el aire de control. En la Figura 10 se presentan los principales equipos y la configuración general del sistema.

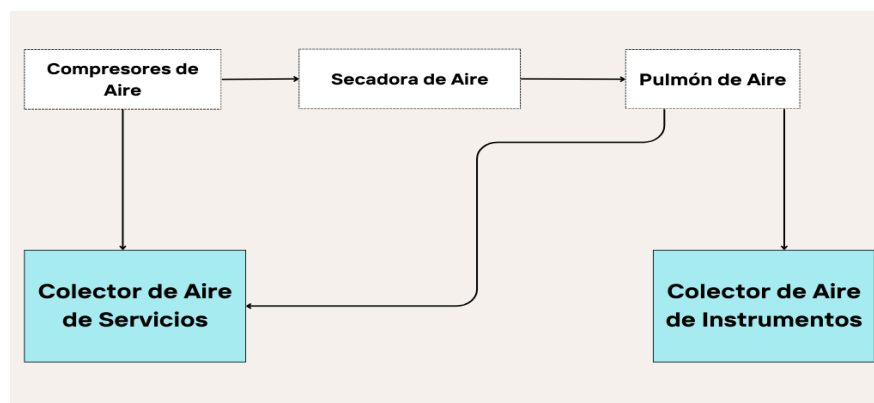
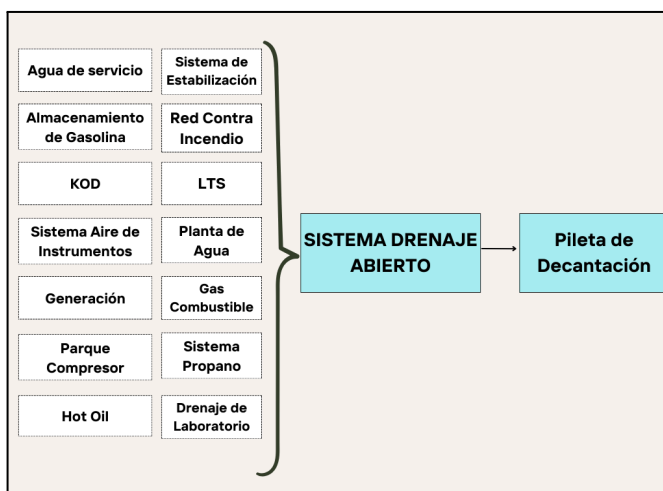


Figura 10. Diagrama de flujo Sistema Aire de Instrumentos y Servicios de planta de tratamiento de gas

Sistema de Drenaje Abierto: El Sistema está diseñado para recolectar y conducir los líquidos residuales generados durante maniobras operativas, intervenciones o tareas de mantenimiento realizadas sobre los distintos equipos y sistemas de proceso. Está conformado por una red de colectores enterrados de distintos diámetros (entre 3” y 8”) y cámaras atmosféricas, que permiten canalizar los efluentes líquidos provenientes tanto de sistemas específicos (como compresores, intercambiadores, separadores, etc.) como de áreas generales de la planta. El sistema opera por gravedad, dirigiendo estos líquidos hacia dos puntos de

destino principales: La Pileta de Decantación, donde se produce la separación física de fases (agua y posibles hidrocarburos) y la Cámara de Drenajes, que actúa como punto de recolección previa a su tratamiento.

Ambos destinos forman parte de la Planta de Tratamiento de Agua, donde los efluentes recolectados son sometidos a los procesos necesarios para su disposición final o reutilización, según corresponda. El sistema cuenta con dos líneas de drenaje independientes, lo que permite mantener la operatividad ante eventuales obstrucciones o necesidades de mantenimiento en una de ellas, asegurando así la continuidad en la recolección de drenajes y la protección ambiental de la instalación. En la Figura 11 se representa la interacción de los sistemas con el Sistema de drenaje abierto y la salida de este.



*Figura 11. Diagrama de flujo Sistema Drenaje Abierto de planta de tratamiento de gas*

Sistema de Alivio y Drenaje Cerrado: Tiene como función recoger y conducir de manera segura los gases y líquidos descargados por dispositivos de alivio de presión, así como por válvulas operativas o de seguridad (PSVs), evitando emisiones directas al ambiente y protegiendo la integridad de los equipos. El proceso se desarrolla de la siguiente manera:

Los fluidos liberados desde distintos equipos son recolectados mediante una red de venteos y drenajes que los conduce hacia un colector general de gran diámetro (30”). Esta mezcla de gas y líquidos ingresa al Knock Out Drum (KOD), donde se separan las fases: los líquidos decantan en el fondo y son enviados al Tanque de Trasvase para su posterior tratamiento en la Planta de Tratamiento de Agua, mientras que el gas asciende y se dirige al

sistema de antorcha, donde se quema de manera controlada, evitando emisiones sin combustión y reduciendo riesgos de explosión.

Este sistema es esencial para la seguridad operativa, ya que protege los equipos frente a sobrepresiones, controla emisiones y asegura una operación ambientalmente responsable. En la Figura 12 se presenta el Diagrama de flujo del Sistema de Alivio y drenaje cerrado.

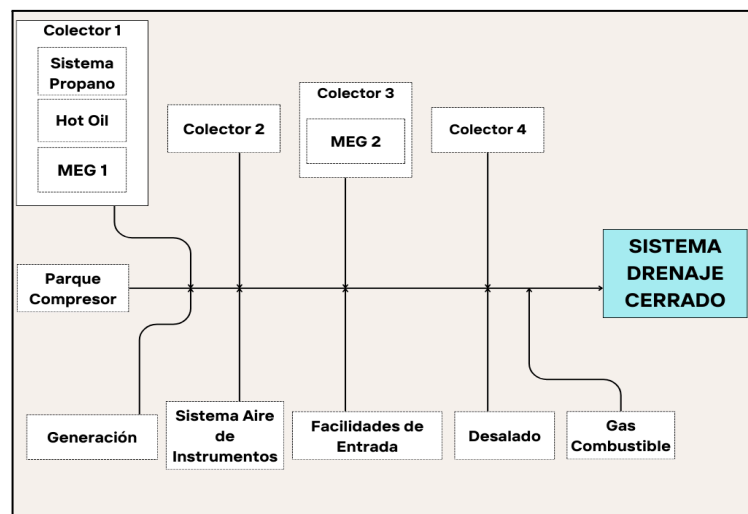


Figura 12. Diagrama de flujo Sistema Alivio y Drenaje Cerrado de planta de tratamiento de gas.

Por último, la planta cuenta con un Sistema de Seguridad y Fire & Gas, que incluye detectores de llama y gases, válvulas de corte (SDV), válvulas de despresurización (BDV), alarmas, sirena y pulsadores de emergencia, garantizando la protección del personal, los equipos y el medio ambiente ante cualquier condición anormal.

#### 2.4. Rol de la parada de planta en la estrategia de mantenimiento

Una vez comprendido el funcionamiento y los procesos de una planta de tratamiento de gas, así como su objetivo principal de garantizar la eficiencia en la operación y la calidad del producto, se identifica un desafío crucial: la necesidad de mantener la planta operando con altos niveles de eficiencia a lo largo del tiempo. Para lograr esto, es necesario el diseño y ejecución de una estrategia de mantenimiento en los sistemas y equipos principales, considerando las demandas del negocio, la empresa y el entorno operativo. Algunas tareas necesarias para el mantenimiento de las instalaciones requerirán el desenergizado e inertizado de los equipos para poder llevarlas a cabo, por lo que, frente a esto, se requiere planificarlas



rigurosamente para ejecutarlas en un periodo de tiempo con la planta fuera de servicio, lo que impacta directamente en la eficiencia y productividad de esta. [11]

Para abordar esta situación se implementa una práctica conocida como “Parada de Planta”. Este procedimiento consiste en la planificación y ejecución de un corte temporal de la actividad operativa de la planta con el fin de intervenir los equipos y sistemas mediante mantenimientos preventivos, correctivos y/o predictivos. Durante la parada, la planta se despresuriza y desenergiza según la magnitud de las intervenciones necesarias, garantizando la seguridad del personal y la integridad de los equipos.

Desde una perspectiva económica, una parada de planta bien ejecutada contribuye a optimizar la producción futura, aumentando la eficiencia operativa y, por ende, los ingresos de la empresa. Sin embargo, la interrupción de la actividad conlleva costos asociados, tanto directos (mano de obra, materiales, servicios) como indirectos (pérdida temporal de ingresos por la detención de la producción, conocido como lucro cesante). Por ello, la ejecución de un paro de planta requiere un análisis detallado que permita balancear los beneficios a mediano y largo plazo frente a los gastos e impactos generados, asegurando que la intervención sea justificada y rentable para la empresa.[12]

### 3. Introducción al proyecto

En función del contexto descrito en el punto anterior, las paradas de planta constituyen una práctica fundamental dentro del ciclo de vida operativo. A pesar de la relevancia de esta práctica, se observa una escasa sistematización en su gestión. Las buenas prácticas suelen quedar acotadas a la experiencia individual, generando variabilidad, pérdida de información y dificultades para sostener los aprendizajes. Frente a un contexto en el que el orden y la mejora continua son un objetivo común en la gran mayoría de las empresas, la rotación de personal que se presenta en la Cuenca Neuquina dificulta la transferencia del conocimiento frente a los aprendizajes de experiencias anteriores. Además, otra razón para analizarlas es el aumento progresivo en la complejidad de las paradas de planta debido al envejecimiento de las instalaciones y por sobre todo, la necesidad de disminuir costos y tiempos en la medida que sea posible, con el fin de maximizar la productividad y el beneficio. [13]



Todas las razones anteriores impulsaron el abordaje de esta temática. Analizar la práctica para lograr su estandarización con el fin de lograr la resolución de estas brechas, favoreciendo una gestión estructurada, replicable y auditable. Además, partir de este proyecto de estandarización como oportunidad para incorporar herramientas de mejora de procesos, referidas a planificación, seguimiento y control, con el fin de fortalecer la toma de decisiones y alinearlos con los objetivos de seguridad, eficiencia y sustentabilidad de la compañía.

A partir de este apartado, se abordarán los aspectos asociados a la gestión de las paradas de planta, describiendo cómo fue el desarrollo de las fases del proyecto desarrollado para lograr la estandarización del proceso y brindar criterios para facilitar su adopción en otras plantas. Se hará especial énfasis en lo metodológico, integrado con la planificación estratégica, coordinación intersectorial y aplicación en entornos de alta exigencia como los yacimientos no convencionales de la Cuenca Neuquina.

### 3.1. Metodología aplicada

La metodología utilizada se fundamenta en el enfoque de gestión por procesos y en el ciclo de mejora continua PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), ambos ampliamente reconocidos en la ingeniería y en los sistemas de gestión de calidad. El enfoque por procesos consiste en concebir las actividades de una organización como un conjunto interrelacionado que transforma entradas en salidas, asegurando que cada etapa agregue valor y que exista una clara definición de roles, responsabilidades y puntos de control. Este enfoque permite identificar interdependencias, optimizar recursos y reducir variabilidad, aspectos críticos en operaciones complejas como las paradas de planta.

Por su parte, el ciclo PHVA constituye una herramienta sistemática para la mejora continua. En la fase de Planificar se establecen objetivos, se analizan condiciones iniciales y se diseñan estrategias para alcanzar los resultados esperados. La fase de ejecución (Hacer) implica la implementación controlada de las acciones definidas, asegurando la adherencia a los estándares y procedimientos. La fase de Verificar se orienta a la medición y análisis de los resultados obtenidos frente a los objetivos planteados, utilizando indicadores cuantitativos y cualitativos que permitan evaluar el desempeño. Finalmente, la fase de Actuar busca consolidar las mejoras, corregir desviaciones y actualizar los procesos, cerrando el ciclo y generando un aprendizaje organizacional que retroalimenta la siguiente iteración.



Este marco metodológico se sustenta en principios de calidad total y gestión sistemática, favoreciendo la estandarización, la trazabilidad y la reducción de riesgos. Su aplicación en la industria garantiza que los procesos críticos se desarrollen bajo condiciones controladas, promoviendo la eficiencia operativa y la seguridad, al tiempo que habilita la incorporación de innovaciones y buenas prácticas en forma estructurada. [14]

### 3.2. Fases del proyecto de estandarización del proceso gestión de paro de planta

Las fases del proyecto de estandarización que se llevó a cabo se resumen en los siguientes puntos:

1. Definir objetivos y plan de acción.
2. Relevar y documentar el estado actual de la gestión de paradas de planta.
3. Diseñar un proceso estandarizado superador. Definir roles, responsabilidades, herramientas de automatización, herramientas de manejo de la información, e indicadores.
4. Implementar el modelo diseñado en la práctica, poniendo a prueba su desempeño en el entorno operativo real.
5. Evaluar los resultados del modelo en la eficiencia operativa, seguridad y calidad e implementar mejoras al proceso, adaptándose al dinamismo de la industria.

A continuación, se describe cada una de las fases.

#### 3.2.1. Fase 1: Definir objetivo y plan de acción.

A partir de los aprendizajes históricos de eventos anteriores, se identificaron las siguientes necesidades:

- Identificar y formalizar el proceso completo. Mapearlo para identificar con qué otras áreas funcionales interactúa y dejar registro de sus requisitos particulares.
- Definir roles y responsabilidades, para lograr claridad organizacional.
- Mejorar la estrategia de planificación, incorporar automatizaciones y optimizaciones. Aplicar herramientas de gestión de proyectos, y de organización y gestión.
- Establecer medidas de desempeño. Realizar monitoreo y control mediante indicadores.



- Incorporar metodología de mejora continua. Utilizar el ciclo PDCA como motor de evolución.

A partir de conocer las necesidades, se definió el objetivo del proyecto, el mismo se definió bajo el enfoque SMART, asegurando que fuera específico, medible, alcanzable, relevante y limitado en el tiempo: estandarizar el proceso de gestión de paradas de planta en todas las instalaciones operativas de la compañía mediante la elaboración y formalización de procedimientos, la asignación clara de roles y responsabilidades y la implementación de herramientas digitales para el seguimiento de tareas. Este objetivo se considera medible porque busca lograr una reducción del 15 % de los desvíos respecto de la programación en tiempos y costos respecto a las condiciones iniciales, indicadores que permiten evaluar el impacto de la estandarización. Es alcanzable dado que se apoya en recursos disponibles, experiencia previa y la coordinación intersectorial, lo que garantiza su viabilidad. Su relevancia radica en que contribuye directamente a la confiabilidad, la seguridad y la optimización de costos en procesos críticos.

Luego, se detallan a continuación, a grandes rasgos, las tareas que fueron contempladas en el plan de acción.

Tareas de la fase 2: Relevar y documentar el estado actual de la gestión de paradas de planta.

- El proyecto requiere la definición de referentes técnicos por área funcional para aportar su visión y las necesidades del área, principalmente en el diseño del proceso. Por otro lado, se establece por parte del proyecto la necesidad de brindar el tiempo de los referentes, espacios en su agenda para llevar a cabo este proyecto.

- Se planifica realizar reuniones con los referentes cada cierta periodicidad, en este caso cada 15 días. En las reuniones, se trabajaría en el diseño del proceso y en la detección de oportunidades de mejora, cuellos de botella, y puntos de dolor.

Tareas de la fase 3: Diseño del nuevo proceso y definición de roles complementando con la elaboración de matriz RACI (Responsable, Aprobador, Consultado, Informado). Obtener una versión mejorada del proceso antiguo.



- A partir de las reuniones con los referentes técnicos, se obtendría el nuevo diseño del proceso de gestión de paradas de planta. Para ello, se elabora una representación visual del mismo en formato flujograma, incorporando la descripción de las tareas con el nivel de detalle requerido.

- Una vez definido el flujograma, se elabora la matriz RACI, en donde se atribuyen las responsabilidades a ciertos puestos de la organización que participan del proceso o son partes interesadas.

- Para verificar la calidad de los flujogramas y la matriz RACI, se realizan talleres de validación. En los mismos participan los referentes de distintas áreas funcionales y se vuelve a solicitar oportunidades de mejora, opiniones, sugerencias. En el caso de que corresponda y sea factible, se incorporan cambios al diseño propuesto, como retroalimentación de los talleres de validación.

- Para la preparación previa a la implementación, es necesario capacitar y difundir el diseño obtenido, de manera de poner en conocimiento la etapa del proyecto en la que nos encontramos y en qué intervención será puesto a prueba con el fin de conocer su desempeño en la operación.

Tareas de la fase 4: Implementar el modelo diseñado en la práctica, poniendo a prueba su desempeño en el entorno operativo real.

- A partir de definir cuál intervención será la que pondrá a prueba el diseño obtenido, se implementa el proceso. Se monitorea y se calculan indicadores.

Tareas de la fase 5: Evaluar los resultados del modelo en la eficiencia operativa, seguridad y calidad de los resultados e implementar mejoras al proceso.

- Se solicitan oportunidades de mejora, opiniones y sugerencias nuevamente, se completa esta información en un registro de oportunidades de mejora que alimentará a un documento histórico con el fin de llevar un seguimiento de los aprendizajes propios.

- Se realiza una auditoría interna con el fin de conocer el estado de cumplimiento del proceso definido y los resultados obtenidos.



• En el caso de requerirse y sea factible, se vuelven a aplicar mejoras y cambios en el proceso con el fin de ajustarse a las necesidades de la operación. Se vuelven a difundir estos cambios.

• A partir de entonces continúa operando el ciclo de mejora continua PHVA, en donde se planificará, ejecutará, verificarán los resultados y se actuará conforme a ellos. El objetivo es mantener el proceso “vivo”, ajustando al dinamismo de la industria y de los cambios en los intereses que vayan surgiendo de cada área funcional.

Para cada una de estas tareas se establece el desglose de las mismas con el nivel de detalle requerido por el equipo de proyecto, se establecen responsables de ejecución, plazo de ejecución, recursos necesarios para lograr ejecutarlas. El detalle del desglose de tareas, así como el inicio y plazo de ejecución será información reservada.

Tabla 2. Plan de acción proyecto de estandarización proceso “Gestión de paro de planta”

Fase	Tarea	Responsable	Inicio	Plazo	Prioridad	Recursos
1	Relevar estado actual de la gestión	Equipo de proyecto y Referentes técnicos por área.	-----	-----	Alta	Tiempo de referentes, agenda
1	Documentar estado actual	Equipo de proyecto	-----	-----	Alta	Herramientas de documentación. Software para representación de flujogramas.
2	Diseñar nuevo proceso	Equipo de proyecto y Referentes técnicos por área.	-----	-----	Alta	Espacios de trabajo, software.
2	Elaborar flujograma	Equipo de proyecto	-----	-----	Alta	Visio/Lucidchart/Bizagi
2	Crear matriz RACI	Equipo de proyecto	-----	-----	Alta	Plantilla RACI



2	Talleres de validación	Referentes técnicos	-----	-----	Alta	Sala, agenda
3	Definir intervención para implementación del modelo	Equipo de proyecto	-----	-----	Alta	Datos operativos
4	Implementar proceso	Equipo operativo	-----	-----	Alta	Recursos operativos.
4	Monitorear indicadores	Equipo de proyecto	-----	-----	Alta	Dashboard KPIs.
5	Evaluar resultados	Equipo de proyecto	-----	-----	Alta	Informes, KPIs.
5	Auditoría interna	Área de Calidad	-----	-----	Alta	Equipo auditor. Checklist auditoría.
5	Incorporar mejoras	Equipo de proyecto	-----	-----	Media	Recursos internos.
5	Difusión de cambios	Equipo de proyecto	-----	-----	Media	Comunicación interna.

### 3.2.2. Fase 2: Relevar y documentar el estado actual de la gestión de paradas de planta.

La tarea de relevamiento se realiza mediante encuentros periódicos con los referentes técnicos definidos para este proyecto, el objetivo de los encuentros es obtener la visión que posee cada actor que haya sido parte o se encuentre involucrado en el proceso como parte interesada.

En el mismo, se procura responder preguntas referidas a:

- ¿Cuál es el propósito de gestionar un paro de planta?
- ¿Cuáles son los objetivos y resultados esperados del proceso?
- ¿Existen documentos o manuales documentados relacionados con el proceso?
- ¿Existen barreras, cuellos de botella, puntos de dolor en el proceso?



- ¿Qué actividades claves se realizan?
- ¿Cuáles son los insumos o entradas necesarias para realizar el proceso?
- ¿Si existieran, qué indicadores de desempeño se utilizan para medir la efectividad y eficiencia del proceso?
- ¿Cuáles son los roles y responsabilidades del proceso? ¿Quiénes son los responsables de cada actividad?
- ¿Utilizan herramientas, sistemas y/o tecnología?
- ¿Existen requisitos legales, normativos o de calidad que deban cumplirse?
- ¿Qué riesgos y desafíos enfrenta la ejecución del proceso?
- ¿Hay oportunidades de mejora ya detectadas?

A partir de contestar estas preguntas con las partes interesadas, e identificar el flujo normal del proceso mediante sus testimonios, se realiza un modelado “as is”, que representa cómo es el proceso en su estado actual. Luego, se continúa con el mapeo de este, esto implica identificar qué áreas funcionales intervienen, con qué otros procesos se encuentran vinculados, cuáles son las entradas al mismo y qué salidas produce. El mapeo cruzado debe contemplar a los procesos de los sectores de Operaciones, Compras y abastecimientos, Gestión de mantenimiento e integridad, Seguridad, salud y medio ambiente (SAS), Gestión documental, Sistemas, Logística y Almacenes, Facilidades, Servicios generales, entre otros.

El resultado de esta fase debe ser una representación visual, en general un flujograma que muestra qué tareas se realizan, bajo qué secuencia, quiénes son los involucrados y un listado de entradas, salidas, recursos necesarios, herramientas y tecnología utilizada, junto al resto de la información recopilada con las preguntas. Esta es la base sobre la cual se pretende seguir trabajando en las fases siguientes, aplicando rediseños y mejoras sobre lo ya existente. Este punto del proyecto permite ir recolectando sugerencias, opiniones, oportunidades de mejora a partir del conocimiento de los referentes técnicos.

### **3.2.3. Fase 3: Diseñar el nuevo proceso y elaborar matriz RACI**

La tercera fase del proyecto se centró en un nuevo diseño del proceso de gestión de paradas de planta, con el objetivo de obtener una versión mejorada respecto del modelo



anterior. Esta etapa implicó un trabajo colaborativo entre el equipo del proyecto y los referentes técnicos de cada área funcional, quienes aportaron su conocimiento especializado y sus necesidades operativas para garantizar que el diseño resultara integral y aplicable.

En primer lugar, se realizaron reuniones periódicas con los referentes, en las que se analizaron las limitaciones del proceso vigente y se pensaron oportunidades de mejora, identificando cuellos de botella y puntos críticos que afectaban la eficiencia y la seguridad. A partir de estas instancias, se definieron los lineamientos para el nuevo diseño, priorizando la claridad en las responsabilidades y la optimización de los flujos de trabajo. Como resultado de este análisis, se establecieron criterios generales de la estrategia de paro de planta y se elaboró un flujograma detallado que representa el nuevo proceso, incorporando cada tarea con el nivel de especificidad requerido para su correcta ejecución. Este flujograma constituye una herramienta visual que facilita la comprensión del proceso y permite detectar interdependencias entre actividades.

El proceso obtenido como resultado para la gestión de paradas de planta tiene como objetivo asegurar que las tareas a ejecutar durante un paro programado se realicen cumpliendo los estándares de seguridad de la compañía, minimizando los tiempos y costos. Se busca, además, que el proceso sea replicable, auditable y flexible con un manejo de los cambios adecuado.

El modelo se sustentó en los siguientes principios:

- Seguridad operativa: prioridad en la prevención de incidentes.
- Minimización de tiempos y costos: mediante planificación adecuada y control eficiente.
- Estandarización de tareas: reducción de la variabilidad en la ejecución.
- Trazabilidad documental: registro y control de todas las decisiones y tareas.
- Participación transversal: inclusión de todos los actores involucrados.
- Mejora continua: retroalimentación posterior a cada parada.

A continuación, se describe el desarrollo del modelo obtenido mediante la aplicación de estos principios.



### **Estrategia de parada de planta**

La estrategia de paro de planta se refiere al conjunto de decisiones técnicas, logísticas y organizacionales que definen cuándo, cómo y durante cuánto tiempo, a grandes rasgos, se ejecutarán las paradas en una planta de tratamiento de gas. Se busca lograr un equilibrio entre confiabilidad operativa, costo de intervención, riesgo técnico y disponibilidad del sistema. La periodicidad de las paradas en plantas de procesamiento de gas en Vaca Muerta suele oscilar entre uno y tres años. Las paradas anuales suelen estar reservadas para plantas con mayor complejidad operativa, mientras que otras instalaciones logran extender los intervalos a dos o tres años mediante estrategias de mantenimiento predictivo y monitoreo remoto.

La decisión sobre cada cuánto tiempo realizar una parada de planta requiere analizar diversos factores, entre ellos se destacan: las condiciones operativas de la planta en estudio, qué tipo de componentes presenta el fluido de procesamiento, a qué presiones y temperatura opera el proceso. Por otro lado, puede influir el historial de fallas, confiabilidad, inspecciones y monitoreo de indicadores como por ejemplo las tasas de disponibilidad o el resultado de END (ensayos no destructivos), análisis vibracional, termografía u otros tipos de inspecciones que permiten anticipar el deterioro de componentes. Otro factor a tener en cuenta es la disponibilidad de recursos y la oportunidad de encontrar una ventana operativa; esto significa que debe asegurarse la coordinación con proveedores y la alineación con ventanas temporales disponibles en los acuerdos comerciales, sin afectar al compromiso de venta ni al consumo energético. En cuanto a las normativas y regulaciones, algunos organismos estatales o entes de seguridad industrial imponen ciertos controles periódicos obligatorios sobre elementos que requieren mantenerse o inspeccionarse únicamente en condiciones desenergizadas, por lo que también se tienen en cuenta al momento de planificar las paradas de planta.

El resultado de analizar estos factores permite proyectar a largo plazo la periodicidad de las paradas de planta, considerando que puede ocurrir que se anticipe o se prolongue. En muchos casos, será posible identificar qué tareas críticas son necesarias realizar en cada parada de planta, de acuerdo a manuales de diseño de los equipos y recomendaciones de los fabricantes. A partir de identificar estas tareas críticas, puede conocerse cuál será el camino

crítico al que se ajustará dicha intervención, definiendo la mínima ventana temporal requerida, a partir de la cual se planifica la intervención y las tareas de mantenimiento que se ejecutarán en simultáneo. El monitoreo de la operación irá ajustando con precisión estas proyecciones.

### Flujogramas del proceso “Gestión de parada de planta”:

El proceso inicia con la detección de la necesidad de ejecutar una tarea que requiere realizarse de manera desenergizada mediante un paro de planta total y finaliza con la emisión de un informe de resultados de la parada de planta.



Figura 13. Diagrama de Flujo Proceso Gestión de Paro de Planta

Se detectaron 4 etapas que componen al proceso global, representadas en la Figura 13, y dichas fases son:

1. Definición de alcance: Se define el alcance, se establece el cronograma tentativo para los hitos de planificación y se conforma el equipo de trabajo.
2. Planificación: Se elaboran los cronogramas y estiman costos. Se gestionan las necesidades para la entrega segura de las instalaciones y para la ejecución de las tareas. Se prepara la documentación, procedimientos, desenergizaciones, bloqueos e inertizaciones.
3. Ejecución: Se ejecuta el paro de planta programado, se llevan a cabo las tareas según la planificación, y se vuelve a poner en servicio a la instalación, identificando oportunidades de mejora.
4. Cierre: Se analizan y documentan las oportunidades de mejora detectadas, se calculan indicadores de performance y emite el informe final de resultados.



Para cada una de las etapas que componen al proceso se elaboró un diagrama de flujo que representa de manera gráfica la secuencialidad y responsabilidades para cada tarea.

### **Roles y responsabilidades**

Las responsabilidades de cada tarea que compone al proceso se resumen en una Matriz RACI, cuyas siglas permiten clasificar al tipo de actor que participará de cada tarea.

Como soporte para completar la matriz RACI fue necesario definir roles funcionales de manera de comprender cómo intervienen cada área funcional en el proceso, agrupándolos según las tareas que desempeñan. Lo que resulta es que diversas áreas funcionales pueden brindar el mismo tipo de soporte y participación, ajustándose de manera interna a la necesidad operativa de cada uno de ellos.

#### Roles principales:

Son los actores con mayor nivel de involucramiento en la planificación, ejecución y control del paro de planta. Entre ellos se destacan:

- Coordinador/a de Parada de Planta:

Responsable de la coordinación general y el seguimiento integral de toda la intervención. Sus principales funciones incluyen la programación, el control de la ejecución y el reporte de resultados en términos de seguridad, ambiente, tiempos y costos. Su rol abarca tanto la gestión previa como el monitoreo en tiempo real y el cierre del proceso.

- Parte Ejecutante de tareas

Incluye a los responsables de áreas como Mantenimiento y Facilidades. Este rol se encarga de relevar tareas y necesidades específicas, gestionar la reserva de materiales y servicios, y ejecutar las actividades conforme a lo planificado. También brinda soporte al Dueño/a de Instalación en tareas puntuales. Dependiendo la tarea, podrá corresponderse con puestos de Gerente, Ingeniero, Supervisor o Técnico ejecutante.

- Dueño/a de Instalación

Representa a las áreas operativas como Plantas, Producción y Transporte y Entregas. Es responsable de relevar las necesidades propias del proceso, coordinar la puesta en marcha de la instalación y gestionar las reservas de recursos. Además, lidera la entrega segura de las



instalaciones una vez finalizado el paro y es encargado de volver al servicio a la misma finalizadas las tareas. Dependiendo la tarea, podrá corresponderse con puestos de Gerente, Ingeniero, Supervisor o Técnico ejecutante.

#### Roles de soporte:

Incluyen a las áreas que, si bien no tienen un rol protagónico en la planificación o ejecución, brindan apoyo esencial en distintas fases del proceso. Este grupo está conformado por: Seguridad Ambiente y Salud, Servicios Generales, Compras, Almacenes, Logística, Sistemas. Estas áreas ofrecen soporte transversal a lo largo de la mayoría de las etapas de la parada. Su nivel de participación varía según la fase: por ejemplo, Compras y Almacenes cobran especial relevancia durante la preparación, mientras que IT y Logística lo hacen durante la ejecución.

#### Roles informados o consultados:

Son actores que tienen una menor participación durante el desarrollo del paro, pero cuya intervención puede ser requerida en momentos puntuales o a los cuales se debe mantener informados. Este grupo incluye: Recursos Humanos, Relaciones Laborales, Ingeniería de Producción, Terminación, Servicio a Pozo. Su participación suele limitarse a la consulta o aportes sobre aspectos específicos del proceso, y generalmente no están involucrados directamente en la planificación o ejecución de tareas operativas.

#### **Documentación de soporte**

Para cada una de las etapas fue necesario consolidar la documentación que respalda al proceso existente, y se desarrollaron ciertos documentos necesarios para esclarecer, ordenar, y facilitar el flujo normal de trabajo y el funcionamiento del proceso. Estos documentos consisten en:

- Procedimientos operativos estándar sobre buenas prácticas.
- Cronogramas de planificación y de ejecución de la parada, ejecución de tareas y restablecimiento del servicio.
- Checklists de verificación de bloqueos, estado de energía cero.
- Formularios de permisos y autorizaciones.



- Reportes de avance y cierre.
- Plantillas para registro de oportunidades de mejora y retroalimentación.

Toda la documentación fue organizada en un sitio de almacenamiento digital común (SHP), accesible y actualizado, promoviendo la gestión de la documentación y la comunicación de la información. La documentación desarrollada en este proyecto se presenta en el Anexo IX.

### **Indicadores**

Con el objetivo de medir el desempeño del proceso se definieron indicadores de seguridad, ambientales, de tiempos y costos. Dichos indicadores son:

- LTI (Lost Time Injured), Lesión con pérdida de tiempo.
- Volumen de Gas venteado ( $m^3$ ).
- Índice de gravedad de derrames ( $m^3$ /producción).
- Desvío de costos = (Costos presupuestados/costos reales).
- Desvío de tiempos = (Duración planificada/duración real).

El LTI y los indicadores ambientales Volumen de gas venteado ( $m^3$ ) e Índice de gravedad de derrames ( $m^3$ /producción) tendrán como valor objetivo que sea 0. En cuanto a los indicadores de desvío sobre costos y tiempos el valor objetivo será 1. En la medida que se ejecute el proceso, podrá monitorearse el valor de los indicadores y utilizarlos como soporte junto a las oportunidades de mejora de cada una de las intervenciones para tomar decisiones e incorporar cambios al proceso. Los objetivos referidos a tiempos y costos pueden flexibilizarse con una tolerancia de variabilidad permitida.

### **Manejo de los cambios**

Según la experiencia, durante la planificación y ejecución de paradas de planta es habitual que surjan necesidades imprevistas que pueden requerir la modificación parcial o total de actividades previamente definidas, como por ejemplo el alcance de tareas o la fecha de la parada de planta. Por ello, contar con un sistema formal para el manejo de los cambios es esencial para garantizar que estos se implementen de manera ordenada, evaluando su impacto sobre el cronograma, los recursos, la seguridad operativa y los costos del proyecto.



La gestión de cambios en este contexto tiene como objetivo evitar desvíos no controlados en la planificación y ejecución original, asegurar la trazabilidad de las decisiones y facilitar la comunicación oportuna entre todos los sectores involucrados. Cada modificación potencial debe ser evaluada considerando su viabilidad, los plazos disponibles para su implementación y los recursos necesarios para atender todas las necesidades que se derivan de su ejecución.

Los cambios son clasificados según el grado de impacto que generan en la planificación y ejecución de la parada de planta. Esta clasificación permite priorizar recursos, canalizar decisiones y establecer mecanismos de control proporcionales a la criticidad del cambio. En primer lugar, se describen los cambios que pueden surgir durante la planificación de la parada de planta:

#### 1. Cambios de bajo impacto

Corresponden a modificaciones que no alteran significativamente la planificación ni demandan recursos adicionales. Se consideran de bajo impacto aquellos cambios que cumplen con las siguientes condiciones:

- No requieren compra ni gestión de materiales nuevos.
- No implican contratación de nuevos servicios.
- No afectan la fecha de inicio ni la duración total de la parada de planta.
- No alteran el camino crítico ni incluyen tareas críticas según el sistema de planificación utilizado.
- No requieren la redacción de procedimientos operativos nuevos.
- No implican un extra-costo respecto al presupuesto aprobado.

Estos cambios pueden ser gestionados por el equipo de coordinación, evaluando su factibilidad técnica y comunicando oportunamente a los sectores afectados.

#### 2. Cambios de mediano impacto

Se incluyen en esta categoría los cambios que implican una afectación parcial del plan, ya sea en términos técnicos o presupuestarios. Pueden incluir una o más de las siguientes características:



- Requieren un incremento presupuestario.
- Involucran tareas críticas relacionadas a características de salud, seguridad o ambiente.
- Requieren elaboración o modificación de procedimientos técnicos.
- Necesitan la compra o gestión de materiales considerados críticos.

Su implementación debe ser evaluada desde el punto de vista técnico, presupuestario y operativo, asegurando que se cuenta con el tiempo y los recursos necesarios para su ejecución sin comprometer los objetivos generales del paro de planta.

### 3. Cambios de alto impacto

Se trata de modificaciones que afectan de manera significativa la ejecución del proyecto, ya sea porque:

- Alteran la fecha de inicio o finalización del paro, su duración total o el camino crítico del cronograma.
- Generan cambios en escenarios de riesgo para la operación, el personal o el medio ambiente.

Dada su relevancia, estos cambios deben ser tratados con especial rigurosidad, priorizando el análisis de riesgos y la re-planificación coordinada entre las áreas técnicas, operativas y de seguridad.

Durante la fase de ejecución de la parada de planta pueden presentarse cambios no previstos que requieran una toma de decisión rápida. En estos casos, se aplican criterios específicos para su tratamiento, en función de la urgencia y el impacto operativo:

### 4. Cambios urgentes

Se consideran urgentes aquellos cambios que ocurren durante la ejecución y:

- Afectan la duración de la parada.
- Implican un extra-costo significativo.
- Modifican escenarios de riesgo operativo.



La prioridad en estos casos es garantizar la continuidad segura de las operaciones, por lo cual se habilita un canal de análisis y decisión ágil, previamente definido por el equipo de coordinación. Aquellas modificaciones menores que no cumplen con los criterios anteriores deben igualmente ser informadas al equipo de coordinación para su registro formal y análisis posterior. La documentación sistemática de estos cambios permite fortalecer el aprendizaje organizacional y mejorar la planificación de futuras paradas.

### **Talleres de validación en campo, capacitaciones y difusión.**

Una vez establecida una propuesta de modelo con los puntos desarrollados y descritos anteriormente, se llevaron a cabo talleres de validación con los referentes técnicos, en los que se revisaron el flujograma, la matriz RACI, las definiciones establecidas y los documentos de soporte. Durante estas sesiones se recogieron observaciones y sugerencias, incorporando ajustes que fortalecieron la propuesta inicial. Este mecanismo de retroalimentación permitió consolidar un diseño robusto, alineado con las necesidades operativas y los estándares de calidad y seguridad. Una vez definida la versión a implementar en la siguiente fase, se capacitó al personal involucrado mediante encuentros de formación gestionados de manera interna, y se difundió el proceso obtenido de manera de garantizar una correcta comunicación sobre el proceso a implementar.

### **Resultados de la fase 3**

Los resultados se encuentran anexados pudiendo identificarse de la siguiente manera:

Anexo I - Flujograma “Definir alcance del Paro de Planta”.

Anexo II - Flujograma “Planificar Paro de Planta”.

Anexo III - Flujograma “Ejecutar Paro de Planta”.

Anexo IV - Flujograma “Dar cierre al Paro de Planta”.

Anexo V - Matriz RACI “Definir alcance del Paro de Planta”.

Anexo VI - Matriz RACI “Planificar Paro de Planta”.

Anexo VII - Matriz RACI “Ejecutar Paro de Planta”.

Anexo VIII - Matriz RACI “Dar cierre al Paro de Planta”.



Anexo IX – Documentos de soporte

#### **3.2.4. Fase 4: Implementar el modelo diseñado en la operación real**

La cuarta fase del proyecto consistió en la implementación del modelo diseñado, con el propósito de evaluar su desempeño en condiciones reales de operación. Esta etapa representó un punto crítico, ya que permitió verificar la aplicabilidad del nuevo proceso y su alineamiento con los objetivos de eficiencia, seguridad y calidad definidos en fases anteriores.

En primer lugar, se procedió a seleccionar la intervención operativa que serviría como escenario de prueba. La elección se realizó considerando criterios de representatividad, complejidad y factibilidad, de modo que los resultados obtenidos fueran extrapolables a futuras aplicaciones. Una vez definida la intervención, se asignaron los recursos necesarios y se comunicó a las áreas involucradas. La implementación se llevó a cabo siguiendo el flujograma validado y la matriz RACI, asegurando que cada actor cumpliera con las responsabilidades asignadas. Durante la ejecución, se estableció un sistema de monitoreo continuo, mediante indicadores de desempeño orientados a medir los resultados del proceso modelado. Asimismo, se habilitaron canales de retroalimentación inmediata para registrar incidencias, oportunidades de mejora y observaciones surgidas en el entorno real. Esta información resultó fundamental para la fase posterior de evaluación, ya que permitió identificar ajustes necesarios antes de la adopción definitiva del modelo.

A continuación, se explicará con detalle las etapas del proceso global de gestión de paradas de planta en la medida que se avanza con la explicación de cómo fue la implementación del proceso diseñado en la operación real. Dicha información, se irá combinando a partir de la parte teórica que fundamentan los criterios y con la práctica operativa real, con el objetivo de nutrir y aportar la mayor cantidad de valor al proyecto.

La intervención en la que se implementó el proceso diseñado fue la parada de planta en la CPF “Central Processing Facilities” a ejecutar en temporada de verano.

#### **Consideraciones generales**

Con la finalidad de garantizar una definición de alcance y planificación eficiente y ordenada, se recomienda iniciar el proceso con una anticipación mínima de seis meses. A



modo de recomendación, se considera óptimo que estas etapas se extiendan durante 1 año y medio, respecto a la fecha prevista de ejecución del paro de planta, pudiendo ajustarse en función de la magnitud de tareas y complejidad previstas para la intervención general. Esta anticipación permite abordar de manera adecuada la complejidad operativa, logística y de coordinación intersectorial que caracteriza este tipo de actividades. En los casos en que la planificación incluya los meses de diciembre y enero, deberá contemplarse un mes adicional en el cronograma. Esta consideración responde a la disminución habitual de recursos y disponibilidad operativa durante el receso de verano, lo cual puede impactar en la continuidad y eficacia de las tareas de preparación. Asimismo, se considera fundamental que cada sector involucrado incorpore de manera activa las oportunidades de mejora de paradas de planta anteriores. Para ello, se recomienda revisar sistemáticamente los registros y documentos generados en experiencias pasadas a lo largo de todo el proceso de gestión.

#### **3.2.4.1. Etapa de definir alcance de la parada de planta**

Para iniciar la fase es necesario convocar a todos los sectores involucrados en una reunión de lanzamiento para la gestión adecuada de la intervención desde etapas tempranas. Durante esta reunión de inicio, se comunican los lineamientos generales de trabajo, se define el canal de comunicación que se utilizará durante todo el proceso de planificación y ejecución, y se validan los principales hitos que estructurarán el cronograma del proyecto. Asimismo, se designan referentes técnicos o especialistas por cada sector y se establece la frecuencia de las reuniones de seguimiento, en las que se priorizan y detallarán las tareas específicas que conformarán el alcance del paro de planta. Como parte de esta reunión de lanzamiento, deben definirse fechas para hitos clave tales como:

- Cierre de alcance
- Presentación de cronogramas tentativos.
- Emisión del máster de bloqueos y checklists pruebas de fugas, checklist prueba de Matriz Causa-Efecto, checklist de pre-arraque y documentación asociada.
- Confirmación de disponibilidad de servicios y materiales.
- Presentación y revisión de procedimientos.
- Finalización del relevamiento de necesidades de servicios generales.



- Presentación del cronograma definitivo
- Ejecución de recorridas de planta.

Con el fin de centralizar la documentación y facilitar el acceso a la información, se debe generar un canal de información compartida en línea para el paro de planta específico que va a tener lugar, dentro del sitio de almacenamiento que resguarda los registros históricos de paradas de planta anteriores (SHP). Este canal funcionará como repositorio oficial de documentos, plantillas y minutas generadas durante la gestión. Adicionalmente, para cada intervención específica se habilita un chat grupal que actuará como canal de comunicación ágil, en el cual se llevarán a cabo las reuniones virtuales, se compartirán las novedades correspondientes y se informarán actualizaciones relevantes a cada sector involucrado. Paralelamente, se creará una lista de difusión por correo electrónico que permitirá compartir novedades más relevantes e informes de avance; esta lista deberá ser validada con cada sector a fin de asegurar su completitud.

En función de la frecuencia de reuniones establecidas durante la reunión inicial de lanzamiento, se coordinarán encuentros con cada sector para llevar a cabo el relevamiento y la definición de las tareas que se ejecutarán durante el paro de planta. Cada referente sectorial será responsable de identificar y registrar las necesidades correspondientes a su área que luego será revisada y validada de forma conjunta con el equipo de planificación. Una vez finalizada esta etapa y cumplido el hito de definición de alcance, se consolidará la información y se emitirá el listado final de tareas que integrarán el paro de planta, así como también un estimado de costos sobre las tareas a ejecutar. A partir de ese momento, cualquier modificación al alcance deberá gestionarse exclusivamente a través de un proceso formal de Manejo de Cambio en la planificación.

### **Filosofía de la ingeniería de integridad de equipos y ductos. Estimación de punto óptimo para inspección y/o intervención.**

Existen tres criterios principales que se suelen emplear para definir las frecuencias y prioridades de inspección:

- Criterio legal y normativo: se basa en el cumplimiento de las normativas vigentes, que establecen frecuencias mínimas de inspección para determinados equipos. No obstante,



existen situaciones en las que la legislación no especifica claramente ciertos requisitos, o estos pueden resultar poco definidos.

- Mantenimiento prescriptivo: consiste en la ejecución de inspecciones a intervalos de tiempo fijos, definidos por la propia compañía, sin considerar las condiciones reales de operación del equipo. Este enfoque es más conservador, pero puede resultar en intervenciones innecesarias.

- Inspecciones basadas en riesgo (RBI): se fundamentan en las normas API 580 y API 581, [15] las cuales son reconocidas por la legislación aplicable al sector de gas y petróleo. Este enfoque permite evaluar el riesgo asociado a cada equipo considerando tanto la probabilidad como la consecuencia de falla, y en función de ello definir una frecuencia óptima de inspección.

En la práctica, se adopta el criterio más conservador entre los aplicables: por ejemplo, si la legislación exige una inspección cada cinco años y el análisis basado en riesgos sugiere un intervalo de ocho años, prevalece la frecuencia establecida por la ley. Es decir, cuando la normativa determina un intervalo más corto, este se toma como referencia obligatoria.

En el caso particular de la planta en estudio, se emplean únicamente los enfoques legal y normativo (API 580/581, API 510/570 [16], Normas locales: SEN 404/94, RES 785/06, NAG 100/125/126) descartando el mantenimiento puramente prescriptivo, garantizando la seguridad, confiabilidad y disponibilidad de los activos industriales (equipos y ductos), a través de implementación de un Programa de Gestión de Integridad (PGI) basado en riesgo (RBI) el cual tiene una secuencia de pasos determinada para llevarse a cabo: identificación de amenazas, evaluación del riesgo, control del riesgo, implementación y seguimiento y mejora continua.

Para realizar el análisis de riesgo de cada equipo, se utilizan indicadores de desempeño (KPI) y tecnologías de simulación que permiten anticipar fallas, extender la vida útil de los activos y cumplir con normativas nacionales e internacionales. Se integran técnicas de inspección de alta efectividad (radiografía, ultrasonido, mapeo por fases) y software especializado (como iRisk) para modelar escenarios y tomar decisiones informadas. En el simulador se introducen las condiciones reales de operación y las características constructivas

del equipo; este calcula el nivel de riesgo asociado, considerando los posibles mecanismos de daño presentes en las condiciones operativas específicas.

A partir de este análisis, se obtiene una proyección del riesgo de falla en función del tiempo. Esto permite identificar el punto en el cual el riesgo alcanza un nivel no tolerado, según los criterios definidos en la matriz de riesgos la cual combina dos dimensiones esenciales: la probabilidad de que ocurra una falla y la consecuencia que esa falla tendría si se materializa; así, el riesgo se define como el producto entre ambas:  $\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia}$ . Un ejemplo de Matriz de Riesgo se representa en la Figura 14. La probabilidad se expresa en rangos temporales y la consecuencia, por su parte, se mide en impacto a la seguridad, económico y al ambiente, al cruzar estos valores, se obtiene una clasificación que va desde riesgo bajo hasta riesgo alto, lo que permite priorizar acciones de inspección y mantenimiento.

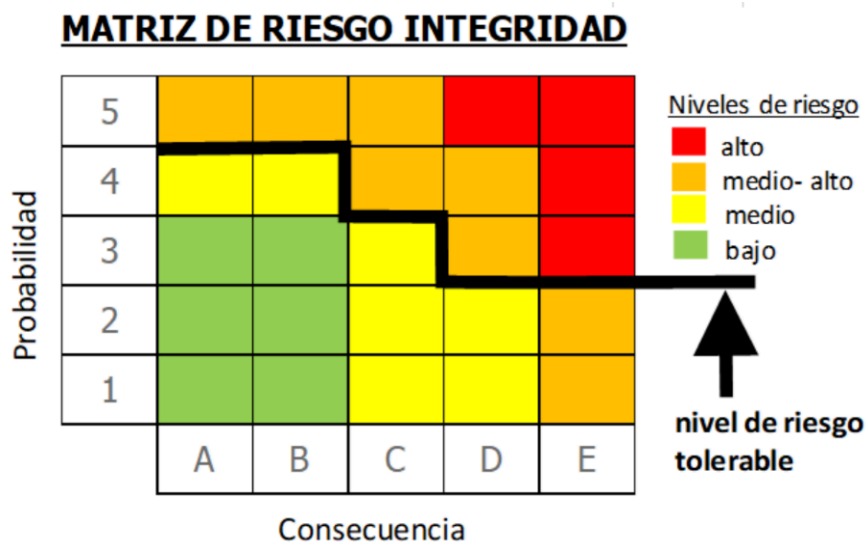


Figura 14. Ejemplo de Matriz de riesgo de Integridad

Una vez completo el análisis integral de riesgo y fallas, se constituye el punto óptimo de inspección, el cual puede planificarse para una parada de planta en la fecha conveniente, en caso de requerir intervención interna. Si existe la posibilidad de intervenir con una parada parcial del sistema, esta opción siempre será preferida, ya que disminuye los costos de no



producción. El resultado de los puntos descritos anteriormente alimentará el listado de tareas previstas para las intervenciones en parada de planta.

### **Intervenciones para mantenimiento en parada de planta: Criterios generales**

La planificación y ejecución de una parada de planta se sustenta en criterios técnicos que buscan garantizar la seguridad, la confiabilidad y la eficiencia del sistema. Estas intervenciones permiten adecuar las instalaciones ante variaciones significativas en las condiciones operativas, como cambios en caudal, presión, temperatura o composición del fluido, evitando riesgos y asegurando el cumplimiento de los nuevos requerimientos del proceso. Además, las paradas programadas reducen la probabilidad de fallas imprevistas que podrían generar interrupciones no planificadas, pérdidas de producción y condiciones inseguras, fortaleciendo la disponibilidad de los activos. Durante estas instancias se realizan inspecciones, limpiezas y reemplazos que prolongan la vida útil de los equipos y optimizan los costos operativos, evitando reparaciones de emergencia y mejorando la eficiencia económica. Asimismo, se aprovecha la oportunidad para calibrar y alinear equipos, incrementando el rendimiento, eficacia y reduciendo el consumo energético. Las paradas también facilitan la incorporación de tecnologías, automatización y mejoras en el layout, manteniendo la planta alineada con estándares modernos y exigencias del mercado. Finalmente, estas tareas contribuyen a la detección y corrección de fugas o emisiones, asegurando el cumplimiento normativo y la mitigación de impactos ambientales, lo que refuerza la sostenibilidad de la organización.

### **Intervenciones para mantenimiento en parada de planta: Prevención de fallas usuales en las instalaciones mediante mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo constituye una estrategia esencial para garantizar la confiabilidad, seguridad y eficiencia en plantas de tratamiento. Su objetivo principal es anticipar fallas mediante inspecciones sistemáticas, limpieza, lubricación, calibración y ajustes, evitando paradas imprevistas y optimizando la disponibilidad de los activos. Entre las principales fallas que se busca prevenir se destacan:

- Reducción de eficiencia por suciedad acumulada: En intercambiadores de calor implica mayor energía consumida o en su defecto, producto fuera de especificación.



- Fugas de gas: Originadas en conexiones, válvulas, bridas o soldaduras por defectos de sellado, vibraciones, variaciones térmicas o deterioro de empaques. En condiciones de alta presión, incluso pequeñas fugas pueden generar atmósferas inflamables con riesgo de incendio o explosión.
- Corrosión interna y externa: Provocada por gases corrosivos ( $H_2S$ ,  $CO_2$ ), humedad, condensación y falta de recubrimientos protectores, acelerada por factores ambientales como salinidad y exposición química.
- Desgaste mecánico: Afecta bombas, compresores y equipos rotativos por fricción, desbalanceo, vibraciones excesivas o lubricación deficiente.
- Fallas en sistemas de seguridad: Detectores de gas, sistemas de extinción y válvulas de emergencia pueden perder efectividad por falta de calibración, obstrucciones o fallas eléctricas y de control.
- Contaminación del producto: Por arrastre de líquidos, sólidos o partículas metálicas derivadas de corrosión, comprometiendo la calidad del gas y afectando equipos aguas abajo.
- Problemas eléctricos: Cortocircuitos, sobrecalentamiento de motores, fallas en aislamiento y variadores de frecuencia, agravadas por humedad y polvo conductor.

El abordaje de estas fallas se planifica en tareas en función de las fallas más probables y las necesidades que existan, abarcan tanto inspecciones como intervenciones específicas en sistemas críticos.

En primer lugar, se realiza limpieza profunda para eliminar sedimentos y depósitos que afecten el rendimiento, y lubricación de componentes móviles para reducir fricción y desgaste. Se continúa con la realización de inspecciones internas de conexiones, tuberías, válvulas, tanques y equipos para detectar corrosión, pérdida de espesor, fugas o daños estructurales. Asimismo, se efectúan calibraciones de instrumentos para asegurar la precisión en la medición y el control. Las pruebas funcionales incluyen ensayos de hermeticidad, pruebas eléctricas y operativas, junto con el reemplazo de piezas desgastadas o con vida útil limitada.

Además, se deben considerar ciertos puntos críticos de la instalación específicamente relacionados con la seguridad y la eficiencia del proceso. Estas intervenciones consisten en:



- Prueba de Shutdown y Blowdown: Activación de la matriz de seguridad para verificar la operatividad y tiempos de respuesta de válvulas ESDV y BDV. Las válvulas que presentan fallas son priorizadas para intervención inmediata. Esta intervención considera engrase previo, verificación de actuadores neumáticos, inspección visual, purga de trampas de agua, ajuste de fittings y revisión de solenoides.

- Inspecciones en válvulas de seguridad PSV: Inspección de obturadores, asientos y componentes internos.

- Puntos de medición fiscal: Limpieza profunda con hidrolavado y solventes, verificación de sensores, cromatógrafos y transmisores.

### **Alcance de tareas programadas para intervención a la CPF durante la implementación del proceso modelado.**

A partir del análisis de los puntos descritos en el apartado anterior, se estableció el alcance de las tareas a ejecutar durante la parada programada. Con el objetivo de optimizar el análisis, el trabajo se enfocará en la descripción de las tareas críticas y significativas de la intervención elegida para la implementación del proceso modelado.

Durante el relevamiento de necesidades de intervenciones existentes para realizar en la planta, lo que se realiza es una clasificación por prioridad, para ello se establecen ciertos criterios que definen el nivel de prioridad sobre el resto de las necesidades. El criterio se basa en responder 3 preguntas:

- ¿La intervención requiere parada de planta total o parcial?

Si la respuesta es parcial, entonces dicha intervención no es prioridad para incluirse en una parada de planta. La intención de los mantenimientos mayores es remitirse únicamente a intervenciones que requieran estrictamente la planta total desenergizada. Luego, debe responderse:

- ¿La intervención está relacionada y/o afecta a la seguridad?
- ¿La intervención está relacionada y/o afecta a la producción?

En función de las respuestas, se establece la prioridad de las necesidades.

*Tabla 3. Aspectos de evaluación para establecer la prioridad de las intervenciones.*



¿Afecta a la seguridad?	¿Afecta a la producción?	Prioridad
No	No	Baja
No	Si	Media
Si	No	Alta
Si	Si	Muy alta

Luego, se incluyen las intervenciones con prioridad muy alta y alta en el alcance de la parada de planta, y se analiza cuáles de prioridad media y baja podrían incluirse siempre que no afecte la eficiencia ni los costos.

El alcance del paro contempla la entrega de la instalación despresurizada, drenada, bloqueada y sin energías remanentes para la ejecución de trabajos correctivos, preventivos y de mejoras.

Limpieza e inspección:

- Slug Catcher
- Free Water Knock Out

Mantenimiento general:

- Prueba de matriz Causa Efecto y Mantenimiento BDV-ESDV
- Tareas preventivas por especialidad. Mantenimientos eléctricos, de instrumentos y relacionados a tecnología de la operación.

Este listado de tareas críticas escogidas constituye el punto de partida para la planificación detallada de la parada de planta. Esta transición es clave para garantizar que la planificación sea coherente con el alcance definido, priorice los puntos críticos y optimice el tiempo de intervención, reduciendo riesgos y asegurando la eficiencia del proceso.



### 3.2.4.2. Etapa de planificar la parada de planta

La fase de planificación es una etapa crítica en la gestión de una parada de planta, ya que permite asegurar la disponibilidad de los recursos, materiales, servicios y documentación necesarios para una ejecución segura, eficiente y dentro de los plazos establecidos. Para iniciar con la planificación, es necesario identificar en qué consisten las tareas que se deben realizar y qué se debe asegurar para que la ejecución sea segura y exitosa.

#### **Descripción de tareas contempladas en el alcance de la parada de planta**

##### Tarea de limpieza e inspección de Slug Catcher:

La tarea de limpieza e inspección del Slug Catcher se realiza sobre un equipo compuesto por cañerías de 42” de diámetro y 36 metros de longitud, dispuestas en paralelo con leve pendiente, cuya función es separar y acumular grandes volúmenes intermitentes de líquidos provenientes de los gasoductos de entrada.

El objetivo de la intervención fue retirar arena depositada en los drenajes de líquido y realizar una inspección visual interna. Para la limpieza, se planificaron las etapas de apertura, vaporizado y limpieza con una duración total de 26 horas y la extracción aproximada de 9 m<sup>3</sup> de arena acumulada. Posteriormente, se efectúa la inspección interna mediante un dron modelo Vantit, con un tiempo total de vuelo de 300 minutos, logrando la visualización completa del 100% del equipo y la medición de espesores para evaluar el estado de las cañerías y componentes internos. El uso del dron permite reducir riesgos asociados a espacios confinados y garantizar la verificación de corrosión, fisuras y la efectividad de la limpieza antes de la puesta en servicio.

##### Tarea de limpieza e inspección en FWKO 1 y 2:

Estos equipos son separadores de tipo trifásico horizontal que posee un domo del lado y bota del otro lado. Al ingreso poseen una placa de choque que favorece la separación del gas por cambio en la cantidad de movimiento. Dentro del lado donde se encuentra el domo ocurre la separación del agua y el condensado se da por tiempo de residencia. Donde el condensado de densidad menor queda sobrenadante en el agua y rebalsa mediante un baffle instalado que divide al equipo internamente en dos volúmenes no iguales. Los niveles acumulados de agua y condensado en el sistema son medidos mediante instrumentos de nivel por radar, con



respaldo de indicadores locales en campo para su verificación visual. Estos niveles son controlados por válvulas automáticas de nivel, que regulan de forma independiente la descarga de agua y de condensado, asegurando una operación segura y eficiente del sistema. En el interior del lado agua posee un rompedor de espumas o placa coalescente que favorece a la separación del hidrocarburo y posibles emulsiones con el agua.

Al igual que en el Slug Catcher, el objetivo es dejar los internos completamente limpios y verificar el estado general del equipo, inspeccionando condiciones generales, pintura y espesores. Para la limpieza, se programan las etapas de chapeo, vaporizado y lavado, con una duración total de 30 horas por unidad y la extracción aproximada de 20 m<sup>3</sup> de arena acumulada en el equipo. Una vez finalizada la limpieza, se realiza la inspección interna utilizando un dron modelo Vantit, con un tiempo total de vuelo de 120 minutos, logrando la inspección completa del equipo y la medición de espesores para evaluar la integridad de las superficies internas, placas coalescentes y baffles. El uso del dron permite reducir riesgos asociados al ingreso de personas a espacios confinados y confirmar la ausencia de corrosión significativa, fisuras y acumulación de sólidos, asegurando que el equipo quede en condiciones óptimas para su puesta en servicio.

#### Prueba de matriz Causa Efecto y Mantenimiento BDV-ESDV.

La prueba de Matriz Causa-Efecto (MCE) consiste en verificar la lógica de interconexión entre los sistemas de control y las válvulas críticas de seguridad (BDV y ESDV), asegurando que ante una condición de disparo definida se activen las secuencias correctas de cierre y apertura. Esta prueba permite confirmar la confiabilidad del sistema de protección y detectar posibles fallas en la respuesta de las válvulas o en la lógica de control. En función de los resultados, algunas válvulas pueden requerir mantenimientos correctivos con alta prioridad para corregir desviaciones, pero independientemente de ello, se debe realizar el mantenimiento preventivo de todas las válvulas que requieren paro de planta, garantizando su operatividad antes de la puesta en servicio.

El mantenimiento incluye prueba funcional, engrase, limpieza o recambio de componentes internos, calibración y ajuste de mecanismos, asegurando que las válvulas cumplan con los tiempos de cierre y apertura especificados. En total el alcance global del paro de planta contempla la intervención de 68 válvulas ESDV/BDV que requieren



intervención completa, 8 reemplazos programados según cronograma de mantenimiento y 9 válvulas de servicio severo que demandan ajustes específicos. Esta actividad es fundamental para garantizar la seguridad operativa y la integridad del sistema, ya que las válvulas ESDV y BDV son elementos clave en la protección contra sobrepresión, fugas y eventos no deseados en la planta.

#### Tareas preventivas de mantenimiento por especialidad.

Las tareas preventivas por especialidad incluyeron trabajos eléctricos, de instrumentación y tecnologías de operación, orientadas a garantizar la confiabilidad del sistema y la continuidad operativa. En el área de instrumentación y control, se realizaron actividades como montaje y cableado de módulos en PLC, descarga de nuevos programas y actualización de firmware en PLC, comisionado de válvulas, montaje de aisladores para control de RPM en un compresor, reemplazo de fuente de PLC y cambio de pilas, mantenimiento en sala de racks, shelters y sistemas de gas combustible, así como la modificación y descarga de la matriz causa-efecto en sistemas de control en sala. En el área eléctrica, se ejecutaron tareas como montaje de cubre bushing en transformadores, mantenimiento de líneas y subestaciones, ensayo de reconectores en baterías, mantenimiento de seccionamientos e interruptores, y descarga de configuraciones a PLC de CCM en salas eléctricas. Además, se realizaron tareas complementarias como mantenimiento de aerocondensadores, mantenimiento de válvulas, cambio de elementos filtrantes de propano, mantenimiento preventivo de hornos H-31 y H-32 con revisión de detectores de llama e instrumentos asociados, mantenimiento del skid de gas combustible.

Luego de descritas las tareas alcanzadas en la parada de planta, se continúa con la descripción de las actividades propias de la planificación. Esto implica transformar la información sobre las tareas en un plan operativo detallado, definiendo secuencias, asignación de recursos, coordinación entre áreas y validación de tiempos críticos, junto con el resto de las tareas contempladas en el proceso y siguiendo la secuencia de tareas de acuerdo con el modelo diseñado. En este punto, solo se profundizará en los puntos críticos a tener en cuenta y en cómo abordarlos de acuerdo con lo diseñado.

#### **Definición de la fecha del paro de planta**



La fecha del paro de planta suele estar definida en el presupuesto anual, es decir que se prevé para el año siguiente, con al menos un año de anticipación. Sin embargo, su ajuste y confirmación final es responsabilidad del área Comercial en conjunto con Transporte y Entregas. En caso de requerirse un cambio, este debe ser gestionado formalmente ya que impacta directamente en los acuerdos con los clientes. Una vez definida, la Coordinación debe comunicarse con el área destinada a la gestión de Relaciones Institucionales, junto con el motivo de la intervención y los volúmenes de hidrocarburo estimados a ventear.

### **Gestión de materiales y servicios**

La planificación del paro de planta contempla un plazo mínimo de 90 días para la gestión anticipada de materiales y servicios. Cada área funcional debe realizar las reservas correspondientes y comunicárselo a Coordinación. Para tareas críticas, cuya planificación es especialmente más importante para la operación por sus riesgos asociados, se establecen hitos de planificación que definen fechas límite para confirmar la disponibilidad de recursos. Si no se logra dicha confirmación, la tarea deberá ser excluida del alcance o se deberá reprogramar la fecha de la parada de planta, ya que su planificación requiere un seguimiento con mayores requisitos a diferencia de las tareas que no son críticas. La confirmación de servicios así como los datos de las reservas de materiales, serán volcadas en la planilla “Listado de necesidades y tareas”, cuyo template se incluirá en el Anexo IX. La planilla nombrada anteriormente, es la que consolida toda la información relevante a cada tarea con el fin de identificarlas fácilmente.

### **Procedimientos y tareas críticas**

Las áreas funcionales ejecutantes de tareas deben coordinar con los referentes de Seguridad, Ambiente y Salud la identificación de tareas que requieren documentación específica para la gestión de los riesgos asociados. Esta documentación debe ser presentada y aprobada con al menos dos semanas de anticipación a la fecha de ejecución del paro de planta. Las tareas que no son críticas y/o rutinarias, deberán presentar sus procedimientos previamente aprobados y cuya condición sea vigente. Además, el sector dueño de instalación debe redactar procedimientos como el de Parada Programada o Puesta en marcha (PEM), según las condiciones particulares de las tareas dentro del alcance del paro. Todos los procedimientos deben incluir control documental, pasos claros, advertencias, límites seguros

de trabajo y verificaciones si aplica. La identificación de la necesidad de procedimientos específicos se detalla en el “Listado de necesidades y tareas”.

### **Elaboración de cronogramas y curva de avance**

Cada área funcional que ejecute intervenciones contempladas en el alcance debe completar los tiempos estimados de ejecución en el “Listado de necesidades y tareas”, indicando el turno (día/noche) y adjuntando su layout. Con esta información, Coordinación consolida un cronograma único en formato Project y genera la curva teórica de avance, que será utilizada para el seguimiento durante la ejecución. Los layouts confeccionados serán de referencia para la ubicación de las contratistas y los frentes de trabajo durante la ejecución de la parada de planta. Se recomienda realizarlo sobre fotos aéreas reales de la instalación. En las figuras 15 y 16 se puede observar un cronograma consolidado y la curva de avance teórica respectivamente.



*Figura 15. Listado de tareas resumen en MS Project - Cronograma Paro de planta*

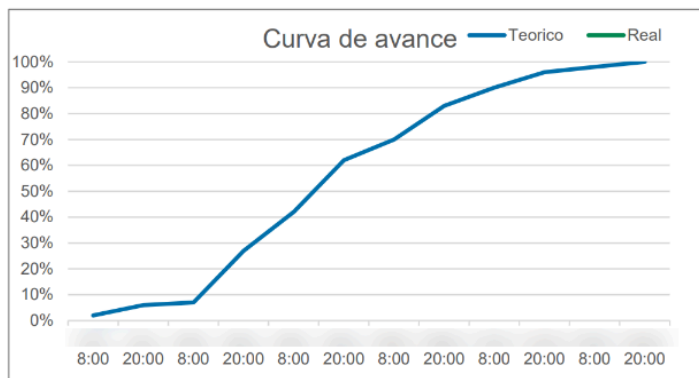


Figura 16. Curva de avance *S* teórica para paro de planta

### Seguimiento de la planificación

Durante toda la etapa de planificación se realizan reuniones periódicas de seguimiento con todos los involucrados. En ellas se revisan los hitos de planificación, documentación, estado de solicitudes, cronogramas, bloqueos, novedades, logística, costos, condiciones climáticas, entre otros. También se puede convocar a una reunión gerencial si se considera necesario. La información nueva se consolida en el “Listado de necesidades y tareas” y se apoya en reportes de avance. Para el seguimiento de la planificación, se recomienda elaborar una curva *S*, en función de los hitos definidos en la reunión de inicio del proceso.

### Servicios al personal

Cada sector debe relevar las necesidades de alojamiento, alimentación, transporte, sanitarios, hidratación y otros servicios para su personal. El área de Servicios Generales participa en las reuniones de seguimiento para coordinar estos aspectos, mientras que SAS gestiona la disponibilidad del servicio médico, bomberos y ambulancias. La participación del personal afectado a la parada de planta se consolidará en el template “Relevamiento servicios generales”. Luego, se planifica la distribución en un layout, con el fin de identificar su ubicación fácilmente durante la parada de planta. Se recomienda realizarlo sobre fotos aéreas reales de la instalación.

### Supervisión y permisos de trabajo



Cada tarea debe tener asignada una supervisión por turno. La supervisión debe considerar: Supervisión dueño de instalación, supervisión del área ejecutante y supervisión de operación/mantenimiento. Esto permite identificar a los responsables para la firma de permisos de trabajo durante la ejecución del paro. Dicha información se consolida en el template “Listado de necesidades y tareas”.

### **Comunicado de seguridad y reunión pre-paro de planta**

Con al menos siete días hábiles antes del paro de planta, Coordinación solicita a la central de operaciones de seguridad la emisión de un comunicado informativo para todo el personal, restringiendo el acceso a las instalaciones a personal estrictamente necesario. Finalmente, se realiza la reunión pre-paro, donde se informan novedades, se resuelven inquietudes y se definen los referentes de comunicación por sector para la etapa de ejecución

### **Planificación de entrega segura de instalaciones**

El dueño de cada instalación debe planificar la entrega segura de sus sistemas, identificando qué equipos deben ser drenados, despresurizados y consignados, y cuáles pueden permanecer en servicio. Para garantizar un entorno de trabajo seguro durante un paro programado, es indispensable establecer condiciones de seguridad adecuadas desde la etapa de planificación. Esto incluye la evaluación de bloqueos necesarios en líneas y equipos, con el fin de evitar liberaciones de energía no controladas y asegurar la integridad del personal durante la intervención. Este análisis debe contemplar los procedimientos de aislamiento mecánico, eléctrico y de energía residual conforme a normativas internas y estándares internacionales como el OSHA 29 CFR 1910.147 (Control de Energía Peligrosa – Lock out/Tag out) [17].

El dueño de instalación es responsable de la elaboración del Máster de Bloqueos (mecánicos y eléctricos) cuya planilla que consolida los datos se encuentra en el Anexo IX. Una vez completo, debe ser revisado y aprobado por todos los sectores ejecutantes e identificar necesidades como limpieza, inertización, andamios, camiones de vacío, engrase de válvulas, etc., y se asignan responsables para su gestión. Los bloqueos se organizan en cajas para facilitar su ejecución y se planifican desconsignaciones parciales con el fin de preparar la instalación para la puesta en marcha en la medida que la finalización de tareas lo permita, la información de los bloqueos se consolida en el “Listado de Bloqueos” en el Anexo IX.



Una vez planificada la entrega segura de la instalación, emitido y revisado por todas las partes el Máster de bloqueos a ejecutar, se realiza una simulación de recorrida con todos los intervinientes para validar la planificación, consensuar entre partes y estimar tiempos de la recorrida de verificación de Estado de Energía Cero (EEC) que luego se incorporan al cronograma, ya que la misma verificación debe ejecutarse de manera real durante la parada de planta, posterior a la ejecución de bloqueos por parte del dueño de instalación. Con el objetivo de optimizar tiempos, la simulación se planificó en dos grupos, con un referente de cada área funcional en cada uno de ellos.

### **Elaboración de checklists para prueba MCE, pruebas de fugas y chequeos de pre-arranque.**

El dueño de instalación debe planificar y garantizar la correcta ejecución de las pruebas críticas, para ello se desarrollan checklists específicos que actúan como herramienta de control y verificación. En el caso de la prueba de matriz causa-efecto (MCE), el checklist incluye la confirmación de la lógica de disparo, la respuesta de cada elemento involucrado y la validación de su funcionamiento. Para las pruebas de fugas, se detallan los puntos de intervención, asegurando que no existan pérdidas en válvulas, conexiones o equipos. Estos checklists son diseñados siguiendo estándares internos y normativas aplicables, y se completan en campo para dejar registro trazable de cada verificación.

### **Medidas de prevención**

Como parte de las medidas preventivas, se establece la realización obligatoria de charlas de seguridad pre-operativas, en las cuales se detallan las tareas a realizar durante la parada de planta, reforzando conceptos clave como el uso de elementos de protección personal adecuados, rutas de evacuación, puntos de hidratación, horarios de reunión y funciones de los responsables designados. Asimismo, es fundamental que todo el personal involucrado reciba capacitaciones técnicas y de seguridad específicas, las cuales deben ser coordinadas con antelación para asegurar que las tareas se ejecuten dentro del marco de las buenas prácticas operativas. Estas capacitaciones deben incluir contenido sobre seguridad en plantas de gas, gestión de energía peligrosa, y procedimientos en caso de emergencia. Por último, se insiste en la importancia de limitar el acceso a la instalación únicamente al



personal autorizado, con el objetivo de reducir la exposición a riesgos y facilitar el control de la operación.

### **Costos y presupuestos en la planificación**

Cada área funcional debe informar a la coordinación el análisis y presupuesto de sus costos para consolidar en los costos totales de la parada de planta. La ejecución de un paro programado implica una serie de costos significativos que deben ser cuidadosamente considerados en la etapa de planificación y luego, en la evaluación de los resultados. Estos costos se clasifican en costos directos e indirectos, y varían ampliamente según la escala de la planta, su capacidad de procesamiento, la duración del paro, y los compromisos contractuales involucrados.

Durante un paro planificado, la planta deja de producir; por lo tanto, cada día fuera de línea representa pérdidas por ventas no realizadas y costos operativos fijos que siguen acumulándose.

Una estimación conservadora permite inferir que un paro puede implicar pérdidas diarias por la venta no realizada de gas natural e hidrocarburos condensados por valores que oscilan entre varios cientos de miles y algunos millones de dólares, dependiendo de la magnitud de la planta y el mercado al que abastece.

Costos directos: Son aquellos que derivan directamente de las actividades necesarias para llevar adelante el paro. Entre ellos se destacan:

- Contratación de personal especializado, tanto interno como externo, para la ejecución de tareas de mantenimiento, inspección, limpieza, ensayos no destructivos y reparación de equipos.
- Adquisición de repuestos, materiales, herramientas y equipos específicos requeridos para las intervenciones planificadas.
- Costos logísticos, como movilización de recursos, transporte, alojamiento, alimentación y servicios auxiliares para el personal involucrado.



- Lucro cesante, lo que conlleva una pérdida directa de ingresos por la no comercialización del gas natural y los condensados.

Costos indirectos: Los costos indirectos, si bien no siempre son cuantificables con precisión inmediata, tienen un impacto real sobre la continuidad del negocio. Incluyen:

- Daños reputacionales ante clientes, socios comerciales y organismos reguladores, especialmente si el paro afecta la confiabilidad del suministro.
- Penalidades contractuales o sanciones regulatorias, derivadas del incumplimiento de obligaciones legales o ambientales.
- Pérdidas en industrias dependientes, cuya actividad se ve afectada por la falta de suministro de gas como energía o insumo crítico, generando presión política, comercial o social.
- Costos de oportunidad, al posponer o desviar recursos financieros y técnicos de otros proyectos de inversión o desarrollo.

### **Resultados de etapa de planificación en el caso de estudio**

En la implementación del proceso en el caso de estudio real, la etapa de planificación del paro de planta se completó cumpliendo los objetivos establecidos, garantizando la coordinación intersectorial y el cumplimiento de los entregables críticos. Aunque los entregables específicos son información reservada de la compañía en estudio, se puede afirmar que el proceso siguió las pautas establecidas en los modelos, asegurando las condiciones necesarias para una ejecución segura, eficiente y alineada con las mejores prácticas operativas y normativas internacionales.

#### **3.2.4.3. Etapa de ejecutar la parada de planta**

Una vez finalizada la etapa de planificación, la implementación continúa con la etapa de ejecución, la misma representa el momento operativo del paro de planta, en el cual se concreta todo lo planificado previamente. El objetivo principal es realizar la entrega segura de las instalaciones desde los dueños de instalación a los sectores ejecutantes, ejecutar las tareas conforme a lo establecido y restablecer el servicio de las instalaciones de forma segura



y controlada. Al igual que en la fase de planificación, se describen a continuación los puntos a considerar durante esta etapa.

### **Parada y entrega segura de instalaciones**

El dueño de instalación realiza el paro de las instalaciones involucradas (planta, campo, puntos de medición y entrega) siguiendo los procedimientos definidos en la planificación. Previo a la entrega, se ejecutan los bloqueos y etiquetados conforme al Máster de Bloqueos, incluyendo purgas, liberación de presión y verificación del estado de energía cero (EEC). Se puede requerir asistencia de Mantenimiento Eléctrico para bloqueos de media y alta tensión.

La verificación de bloqueos y EEC se realiza mediante recorridas con participación de ejecutantes, dueños de instalación y SAS, completando los registros correspondientes. En caso de utilizar cajas separadas para bloqueos y chapeos, se siguen los protocolos definidos para su cierre y verificación. Cualquier modificación al Máster de Bloqueos debe ser informada y registrada en el Acta de Entrega. Una vez que las zonas de trabajo están en condiciones seguras, se firma el “Acta de entrega de instalación” por el dueño de instalación, SAS y los ejecutantes. El responsable del control y resguardo de las cajas de bloqueos será la Autoridad Aislante, un referente designado específicamente para tal fin.

Durante la etapa de planificación para la intervención en estudio se redactaron procedimientos específicos, que siguen la siguiente secuencia:

Parada de planta:

- Cierre de pozos progresivo y drenaje para mantener presión >35 bar antes del aislamiento.
- Secuencia de parada por plantas: ① LTS-2 → ② LTS-3 → ③ LTS-1. Esto se define según el alcance de tareas. Se detiene primero el tren que tiene que frenar completamente.
- Aseguramiento de equipos auxiliares antes de bloqueo (Hot Oil, MEG, compresores).
- Pruebas funcionales de ESDVs/BDVs en cada entrega a mantenimiento.

Se contempla entre los procedimientos la entrega a mantenimiento: instalación sin energías remanentes, aislada y despresurizada.

### **Ejecución de tareas**



Antes del inicio de tareas, el director Dueño de instalación realiza una charla de seguridad preoperativa, reforzando conceptos clave como roles de emergencia, puntos de hidratación y canales de comunicación. Luego de la aprobación del permiso de trabajo, cada ejecutante consigna su candado personal en la caja correspondiente. Las tareas se ejecutan conforme a los procedimientos definidos, bajo supervisión asignada. Al finalizar, se realiza la desconsignación del candado y, si corresponde, la desconsignación parcial de sistemas liberados.

Durante la ventana temporal de la intervención en la CPF, en el momento posterior a los bloqueos y mientras la planta se encuentra fuera de servicio se ejecutan todas las actividades del alcance definido en las órdenes de trabajo y MOCs (Manejo del cambio) aprobados, bajo seguimiento de avances y novedades.

#### **Puesta en marcha de instalaciones**

Una vez retirados todos los candados, se firma el “Acta de recepción de instalación” por el dueño de instalación, ejecutantes y SAS. La autoridad aislante realiza la apertura de las cajas de bloqueos y chapeos. El Supervisor verifica la remoción de dispositivos de aislamiento considerando placas, chapas y bridas *Figura 8*, y el Ingeniero realiza la verificación mediante el “Checklist de bloqueos”.

Posteriormente, se verifica que la instalación esté en condiciones para iniciar la puesta en marcha (PEM), utilizando los checklists correspondientes. Se informa por radio y se coordina con todos los frentes de trabajo antes de iniciar la puesta en marcha. Esta se realiza siguiendo los procedimientos operativos definidos, pudiendo requerir soporte de mantenimiento para tareas específicas como el apagado del generador auxiliar o normalización de bloqueos eléctricos.

Los procedimientos de la puesta marcha para la intervención de la CPF en estudio se siguieron de acuerdo con los siguientes pasos:

- Prueba de matriz y verificación completa de sistemas SIS.
- Presurización gradual y chequeo de fugas escalonado.
- Arranque progresivo: Hot Oil → MEG → Propano → Compresores de Exportación.



• Incremento de producción en rampas controladas con la Central de Operaciones de Producción (1 MMSm<sup>3</sup>/h) hasta lograr especificación de exportación para la venta.

### **Comunicación y gestión de novedades**

Durante la ejecución de la parada de planta, se realizan reuniones periódicas de novedades cada 6, 12 o 24 horas, según la criticidad de la intervención. En ellas participan al menos un referente por sector, incluyendo supervisores e ingenieros de los sectores ejecutantes, dueños de instalación y personal de SAS. Se comparten novedades del último turno, avances esperados, recursos requeridos e imprevistos. La Coordinación busca la forma más eficiente de solucionar cualquier imprevisto, tomando en cuenta todos los recursos disponibles.

Cada sector debe informar por escrito sus novedades y el porcentaje de avance de tareas utilizando el template “Informe de novedades por sector”. Esta información se consolida en el “Parte de novedades”, que incluye:

1. Fecha y hora de emisión
2. Curva de avance real vs teórica
3. Novedades SAS
4. Novedades por sector

El parte de novedades se difunde por chat y correo, y se utiliza para actualizar el cronograma en Project, generando la curva de avance real. A continuación, se presenta un ejemplo con la información reservada para la compañía.





la seguridad ni la calidad del trabajo. Durante esta etapa, se garantizó la correcta implementación del Máster de Bloqueos, la ejecución segura de trabajos de alto riesgo y la realización de pruebas funcionales y chequeos de pre-arranque, asegurando que los sistemas estuvieran en condiciones óptimas para la puesta en marcha. La coordinación entre sectores, el monitoreo continuo de riesgos y la comunicación efectiva fueron factores clave para lograr una parada exitosa en seguridad y en cumplimiento del programa. Durante toda la etapa de ejecución, se relevaron oportunidades de mejora y se tomaron sugerencias para la alimentación de la etapa posterior del proceso modelado.

#### **3.2.4.4. Etapa de dar cierre a la parada de planta**

La etapa de cierre tiene como objetivo evaluar los resultados del paro de planta en términos de seguridad (SAS), tiempos y costos, así como relevar oportunidades de mejora que permitan optimizar futuras intervenciones. Esta fase también contempla la consolidación de información clave para la planificación presupuestaria y operativa de las próximas intervenciones.

##### **Reunión de cierre**

El Coordinador del paro de planta es responsable de coordinar y ejecutar la reunión de cierre. Al momento de enviar la invitación, se comparte la encuesta de retroalimentación y se solicita a los sectores la información correspondiente al *backlog* de tareas de la parada de planta, que incluye tanto las tareas no alcanzadas como aquellas surgidas durante la ejecución. Este *backlog* se consolida y almacena en el repositorio digital (SHP), y será utilizado como recurso de información para la definición del alcance del próximo paro y para la elaboración del presupuesto anual de cada sector. El template del *backlog* de tareas se encuentra disponible en el Anexo IX. Respecto a la encuesta, el objetivo de la misma es conocer el feedback de los participantes y su percepción sobre aspectos colaborativos por parte de los sectores involucrados en el proceso de gestión. Además, permite recopilar comentarios generales y posibles oportunidades de mejora que surjan en este espacio.

##### **Oportunidades de mejora**

El Coordinador de paro de planta elabora una primera versión del documento de oportunidades de mejora, considerando aspectos de SAS, gestión y coordinación, sectores de



soporte (Servicios generales, Administración, Almacenes, Abastecimientos), y elementos de planificación y ejecución. Este documento se difunde a todas las partes involucradas dos semanas después de la ejecución de la parada, solicitando aportes. Una vez recibidos, se elabora la versión final, que se almacena en sitio de almacenamiento compartido (SHP). El template del registro de oportunidades de mejora se encuentra disponible en el Anexo IX.

### **Informe de resultados**

Cada sector debe informar a Coordinación los costos reales de ejecución y los indicadores ambientales correspondientes. Con esta información, el Coordinador calcula los indicadores globales de tiempos, costos y SAS. Luego, se realiza una reunión de validación con todos los sectores para consensuar los valores finales.

Finalmente, se elabora el Informe de Resultados utilizando el template correspondiente. Este documento incluye:

1. Indicadores de desempeño (tiempos, costos, SAS)
2. Oportunidades de mejora
3. Novedades SAS
4. Curva de avance

El informe se difunde a través de la lista de distribución validada y se almacena en el sitio compartido. El template del Informe de resultados, se encuentra disponible en el Anexo IX.

### **Resultados de etapa de cerrar parada de planta en caso de estudio:**

Eficacia de las tareas y cumplimiento del cronograma:

#### Limpieza e inspección – FKWO (Free Water Knock Out)

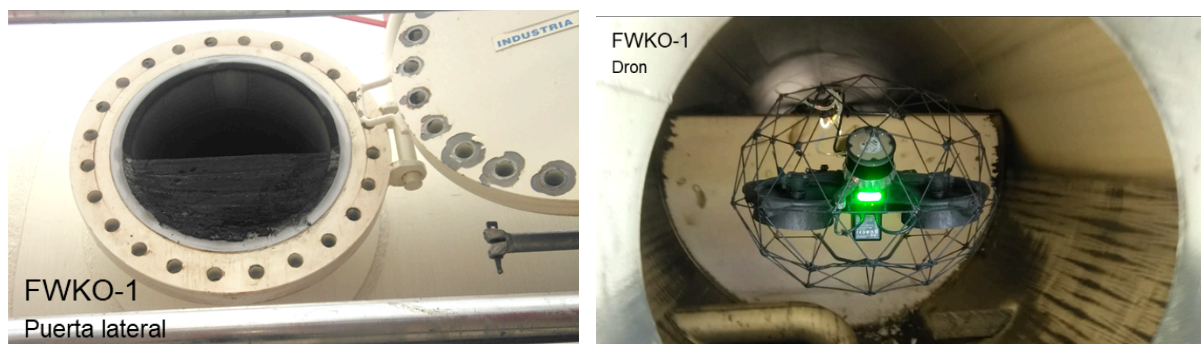
Durante la intervención del equipo FWKO se llevó a cabo un proceso integral de limpieza e inspección con el objetivo de retirar los sólidos y sedimentos acumulados en su interior, y verificar el estado de sus internos para asegurar la correcta operatividad de las etapas posteriores del proceso. Para ello, se realizó inicialmente el aislamiento y la desenergización completa del sistema, garantizando la condición de energía cero y la habilitación segura de los accesos. Una vez asegurados los equipos, se procedió a la apertura

de las tapas laterales para permitir el ingreso del personal y de los equipos de limpieza. La remoción de sedimentos se ejecutó mediante una limpieza hidrocínética a 360°, aplicando hidrojet desde boca a fondo para garantizar la cobertura total de superficies internas. Esta operación permitió la extracción de aproximadamente 20 m<sup>3</sup> de arena por cada FWKO, tal como se había previsto.

Luego de finalizada la etapa de limpieza, se desarrolló una inspección visual interna para evaluar tanto el estado superficial como la conservación de la pintura y de los componentes internos. Posteriormente, los equipos fueron cerrados nuevamente y sometidos a pruebas de estanqueidad para asegurar que se encontraran en condiciones de volver a servicio sin pérdidas ni filtraciones.

Durante todo el desarrollo de la actividad se gestionaron riesgos críticos ya identificados durante la planificación, asociados al ingreso a espacios confinados, la manipulación de materiales contaminados y la posibilidad de atrapamiento o hipoxia. Dichos riesgos fueron mitigados mediante la aplicación de análisis de riesgo específicos, control continuo de atmósferas y el estricto cumplimiento del sistema de permisos SAS.

Como resultado final, se confirmó que ambos FWKO se encontraban en muy buen estado, con su pintura interna conservada y totalmente libres de sólidos, quedando acondicionados para garantizar su adecuada operación tras el paro programado.



*Figura 18. Intervención en paro de planta a equipos Free Water Knock Out.*

#### Limpieza e inspección – Slug Catcher

Durante la intervención del Slug Catcher se ejecutó una limpieza e inspección integral con el fin de remover la acumulación de sólidos presentes en el equipo y asegurar su plena



funcionalidad como sistema principal de separación de entrada a planta previo al ingreso a las unidades de LTS. Para iniciar los trabajos, se realizó el drenaje completo del inventario de líquidos y se aplicó el aislamiento conforme al máster de bloqueos, garantizando la ausencia de energías remanentes y dejando el equipo en condiciones seguras para el acceso.

La metodología de limpieza incluyó un vaporizado previo a la apertura, seguido de una hidrolimpieza interna asistida, utilizando criterios similares a los aplicados en los FWKO para asegurar la correcta remoción de sedimentos adheridos. Una vez completada la etapa de limpieza, se llevó a cabo una inspección interna mediante dron, acción destacada por permitir una cobertura total del equipo sin exponer al personal a riesgos propios del ingreso a espacios confinados. El dron operó durante aproximadamente 300 minutos de vuelo acumulado, registrando imágenes de la totalidad de la superficie interna del Slug Catcher y permitiendo evaluar el estado mecánico del equipo. Adicionalmente, se complementó la inspección con mediciones de espesores en zonas críticas, confirmando la integridad estructural del equipo.

Entre los beneficios principales del método empleado se destaca la eliminación del ingreso de personal al interior del Slug Catcher, la posibilidad de inspeccionar áreas de difícil acceso con alta calidad de registro visual y la verificación precisa de las condiciones mecánicas del equipo. Por otro lado, implica menores costos y tiempos de ejecución de la tarea, ya que no es necesario chapear el equipo porque no se realiza el ingreso de personas. Durante toda la intervención se gestionaron riesgos críticos asociados al manejo de un equipo con gran volumen, así como la potencial presencia de energía residual en caso de una despresurización incompleta, motivo por el cual el aislamiento físico y el control permanente de condiciones resultaron fundamentales para garantizar una ejecución segura y conforme a los estándares establecidos.



*Figura 19. Intervención en paro de planta a equipo Slug Catcher.*

Tareas prueba de MCE y mantenimiento BDV-ESDV. Tareas preventivas por especialidades eléctricas, instrumentales y tecnologías de la operación.

Se llevaron a cabo la prueba de matriz causa-efecto y el mantenimiento de válvulas BDV-ESDV, junto con las tareas preventivas por especialidad programadas para el paro de planta. Estas actividades se ejecutaron conforme a lo planificado, asegurando la intervención de los sistemas críticos y el cumplimiento del alcance definido para esta etapa. El template de la Prueba Matriz MCE se encuentra disponible en el Anexo IX.



*Figura 20. Intervención en paro de planta a válvulas.*

### **Informe de resultados y oportunidades de mejora:**

Los informes del paro evidenciaron una ejecución de 311 órdenes de trabajo con alrededor de 897 horas de intervención y la participación de 23 contratistas, manteniendo los niveles de seguridad esperados y sin registrar incidentes con impacto en personas o instalaciones. Asimismo, se verificó que todos los equipos críticos, entre ellos FWKO, Slug Catcher y válvulas ESD/BDV, recuperaron condiciones adecuadas de integridad y operación, quedando habilitados para la puesta en marcha conforme a las pruebas operativas definidas.

Desde el punto de vista económico, se revisaron los costos finales de la parada de planta, los cuales se concentraron principalmente en limpiezas, inspecciones e intervenciones



de válvulas, que superaron los 800 MUSD, lo cual reafirma la criticidad de estos activos y la necesidad de fortalecer su gestión de ciclo de vida hacia futuros mantenimientos.

Como parte de las oportunidades de mejora se identificaron posibles optimizaciones en la planificación, atribuidos principalmente a mayores tiempos de apertura, inspección y cierre en algunos equipos frente a lo inicialmente estimado, y a la necesidad de ajustes logísticos en la coordinación entre especialidades en sectores compartidos. También se documentaron oportunidades de mejora en la secuencia de bloqueo, entrega y control de energías residuales en equipos de gran volumen, como el Slug Catcher, donde la aplicación de técnicas de inspección remota con dron demostró ventajas significativas en seguridad y tiempo, quedando recomendada como práctica estándar para futuros paros. Se resaltó además la conveniencia de incorporar controles más robustos en la gestión de repuestos críticos, especialmente en válvulas de gran porte y equipos de automatización, para reducir los riesgos de retrasos en el cronograma.

Finalmente, se evaluó el desempeño de los contratistas verificando el cumplimiento del estándar de seguridad, productividad y calidad del trabajo entregado. La documentación del cierre del paro también incluyó la actualización de procedimientos y MOC derivados de las intervenciones realizadas, de manera de consolidar las mejoras implementadas como norma operativa para próximos eventos de mantenimiento mayor. La información recopilada y analizada en esta etapa constituye la base para optimizar futuras estrategias de parada, mejorar la confiabilidad para toda la planta y optimizar el costo total de propiedad de los activos intervenidos.

### **Resultados de los indicadores**

El resultado de los indicadores de la implementación del modelo indicó desvíos respecto a la planificación de tiempos y costos. De manera favorable, no se presentaron incidentes que aportaran al indicador de LTI. Respecto al volumen de gas venteado, se consideran los volúmenes de las baterías, y la despresurización para la prueba MCE durante la puesta en marcha.

- $LTI = 0$
- $Tiempos = (Duración\ Real / Duración\ planificada) = 1.06$



- Costos = (Costo real/Costo planificado) = 1.05
- Volumen de gas venteado (m<sup>3</sup>) = 104.042 (\*)

\*Incluye baterías y CPF, en parada y puesta en marcha.

Los indicadores de tiempos y costos evidencian desvíos respecto a la planificación y los presupuestos, en función de la evaluación de los resultados se intenta optimizar el proceso, identificando los puntos de dolor que surjan en las lecciones aprendidas e implementando mejoras.

### 3.2.5. Fase 5: Evaluar los resultados del modelo e implementar mejoras al proceso.

Luego de aplicar el modelo en la práctica operativa real durante la parada de planta, esta fase se centra en analizar su desempeño y medir el impacto logrado. El objetivo es evaluar si la implementación contribuyó a mejorar la eficiencia operativa, mantener los estándares de seguridad y alcanzar la calidad esperada en los resultados. A partir de esta revisión, se identificarán oportunidades de mejora y se definirán acciones correctivas que permitan optimizar el proceso para futuros paros, consolidando un enfoque de mejora continua que fortalezca la confiabilidad y la productividad de la operación.

#### Criterios de evaluación de los resultados del modelo

La evaluación del modelo de gestión integral de paradas de planta debe realizarse con el fin de medir su impacto y detectar oportunidades de mejora. Esta evaluación no solo permite validar la efectividad del modelo implementado, sino también retroalimentar el proceso para futuras intervenciones. Se propone realizarla en tres dimensiones clave: eficiencia operativa, seguridad (SAS) y calidad de los resultados

Tabla 4. Aspectos de evaluación de resultados del modelo de gestión de paro de planta.

Dimensión	Aspectos para evaluación	Resultados en la implementación
Eficiencia operativa	Comparar tiempos reales vs. tiempos planificados usando la curva de avance real vs. teórica.	El cronograma alcanzó un nivel de cumplimiento superior al 98%, evidenciando una adecuada gestión de secuencias y dependencias.



Análisis integral de secuencia de “Paro de planta” en unidad de tratamiento de gas no convencional.

	<p>Porcentaje de cumplimiento del cronograma.</p> <p>Tareas ejecutadas vs. tareas planificadas. Identificación y análisis del backlog.</p> <p>Desvíos en la utilización de recursos y servicios.</p>	<p>Todas las tareas críticas fueron completadas según lo planificado, con un mínimo backlog identificado y gestionado para incorporar en próximas intervenciones.</p> <p>No se detectaron desvíos relevantes en la asignación de recursos ni en la contratación de servicios, manteniendo la eficiencia operativa. Algunos recursos se reordenaron para optimización de tiempos.</p>
Seguridad, ambiente y salud	<p>Cumplimiento de procedimientos de bloqueo y etiquetado.</p> <p>Resultados de verificaciones de EEC.</p> <p>Incidentes o desvíos registrados.</p> <p>Resultado de indicadores SAS.</p>	<p>Las verificaciones de ejecución de bloqueos según LOTO y de Estado de Energía Cero se completaron conforme a lo planificado, sin hallazgos críticos.</p> <p>No se registraron incidentes mayores ni desvíos significativos en materia de seguridad durante la ejecución.</p> <p>El resultado reflejó una percepción positiva, destacando la claridad en las consignas y el impacto de una charla SAS previa a la intervención de parada de planta.</p>
Calidad de los resultados	<p>Conformidad técnica de las tareas ejecutadas (según procedimientos específicos).</p> <p>Calidad de documentación (actas, checklists, informes).</p>	<p>Las tareas se realizaron conforme a los procedimientos específicos, con pocas observaciones menores que fueron corregidas en el momento.</p>



	<p>Nivel de cumplimiento de objetivos definidos en el alcance.</p> <p>Retroalimentación de los sectores sobre coordinación, comunicación y soporte.</p>	<p>La documentación fue completa y útil para el seguimiento, aunque en algunos informes se detectaron detalles de formato que podrían mejorarse para mayor claridad. Los checklists se utilizaron correctamente, contribuyendo a la trazabilidad del proceso.</p> <p>Los involucrados valoraron la disposición y la respuesta rápida ante consultas, así como la disponibilidad de la información en campo. La coordinación general fue efectiva, favoreciendo la colaboración entre áreas.</p>
--	---	---

Esta evaluación se realiza en cada implementación y debe ser liderada por la Coordinación, difundiendo a todos los sectores involucrados. Su correcta ejecución permitirá no solo medir el desempeño del modelo, sino también fortalecer la cultura de aprendizaje organizacional.

#### **Auditoría interna y resultados**

Durante la etapa de revisión de resultados se llevó a cabo una auditoría integral interna con foco en seguridad, calidad y cumplimiento del modelo, siguiendo los criterios descritos en el apartado anterior. Se analizaron los eventos operativos, el comportamiento de los equipos intervenidos y el desempeño de las responsables de las tareas del proceso, así como también de las contratistas, consolidando toda la información en reportes formales que fueron comunicados a las distintas áreas involucradas.

Luego de implementar el proceso diseñado en la planta CPF, se destacaron las siguientes fortalezas:



- Resultó útil la colocación de cartelera en la planta durante la parada. La misma incluía información sobre servicio médico, bomberos, cronogramas, curvas de avances teórico vs real, gestión de novedades.

- Se logró alta participación y colaboración de todas las áreas funcionales durante la planificación de la parada.

- Se evidenció una mejora en relación con el almacenamiento y trazabilidad de la documentación generada.

- Las recorridas permitieron identificar si había instalaciones que dificultarían la ejecución de tareas.

Por otro lado, se identificaron modificaciones a realizar en el proceso:

- Incorporar la colocación de cartelera y preparación de carpetas en planta como una tarea en la etapa de "Planificar paro de planta".

- Incorporar un hito en la etapa de "Planificar paro de planta" en el que se pregunte si están disponibles los materiales/recursos necesarios para las tareas críticas, si la respuesta es no, se debe mover la fecha de parada de planta de acuerdo con la gestión de los cambios.

- Ajustar el template de "Listado de necesidades y tareas" incorporando un campo de descripción de las tareas para agregar más detalle sobre la misma, y una columna para indicar en caso de requerirse disponibilidad de servicios auxiliares.

- Al finalizar las novedades del día durante la ejecución del paro, conversar las lecciones aprendidas de ese día, y responsabilizar a un referente para dejar registro de esta información y luego tenerlas en cuenta en el proceso de "Dar cierre al paro de planta".

- Establecer un control intermedio para la documentación SAS, de manera de anticipar posibles desvíos de manera temprana.

- Un mes antes de la ejecución del paro, dar capacitaciones de bloqueos y etiquetado para contratistas nuevas y reforzar con personal que realizará los bloqueos de instalaciones.

- Definir stock de material de bloqueo de instalaciones mayores y las pautas de recupero para posterior reutilización.

Por último, se definieron las siguientes acciones con plazo de ejecución y responsable.



- Realizar los ajustes necesarios al proceso, en función de lo detallado anteriormente.
- Oficializar en el Sistema Normativo el nuevo proceso de gestión de parada de planta con los ajustes aplicados.
- Comunicar los cambios.

De esta manera, se concluye la auditoría interna asegurando el cumplimiento del ciclo de mejora continua, donde cada hallazgo y acción definida se convierte en una oportunidad para optimizar el proceso y fortalecer la gestión futura.

#### 4. Importancia de una gestión eficiente

Una gestión eficiente de la parada programada, que combine planificación anticipada, optimización del alcance y coordinación operativa integral, permite minimizar la duración del paro, reducir significativamente los costos directos y mitigar los impactos indirectos, resguardando así la continuidad de la operación y la sostenibilidad económica de la empresa.

La optimización en la estrategia de paradas programadas constituye un aspecto clave para garantizar la eficiencia operativa, la reducción de costos y la mejora del retorno sobre la inversión en plantas de tratamiento de gas. En este contexto, la planificación anticipada y detallada permite definir con precisión el alcance técnico de los trabajos, el cronograma de ejecución y los recursos humanos y materiales necesarios, minimizando desviaciones operativas y evitando sobrecostos durante la intervención.

El uso de modelos de optimización en gestión de mantenimiento resulta especialmente útil para priorizar equipos críticos, eliminar tareas no esenciales y extender los intervalos entre paradas, incrementando así la disponibilidad global del activo. Por ejemplo, mediante este enfoque, una planta que anteriormente realizaba paros anuales puede extender su ventana a 18 o 24 meses, reduciendo en un 30–40 % los costos asociados a logística, contratistas y repuestos.

Finalmente, una mejora continua en el proceso y una coordinación efectiva entre las áreas de mantenimiento, ingeniería, operaciones y logística, permiten evitar extensiones no planificadas reduciendo así la volatilidad de los costos. Esto no solo protege los márgenes



financieros, sino que también contribuye a preservar la confiabilidad del suministro y la reputación de la empresa operadora ante sus clientes y reguladores.

## 5. Conclusiones

La gestión integral de paradas de planta en unidades de tratamiento de gas no convencional constituye una práctica crítica para garantizar la confiabilidad operativa, la seguridad industrial y la eficiencia económica en contextos de alta exigencia como la Cuenca Neuquina. En este trabajo se logró abordar dicha práctica desde una perspectiva integral y multidisciplinaria, integrando de manera efectiva los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Química, tales como Fundamentos de Ingeniería Química, Operaciones Unitarias, Organización y Gestión, Calidad y Mejora Continua, Ingeniería de los Materiales y Seguridad de procesos.

A partir del análisis detallado de los sistemas, equipos y el funcionamiento de la planta, se logró comprender cuales son las intervenciones necesarias para garantizar la mantenibilidad y confiabilidad de las instalaciones. Sobre esta base, se diseñó y consolidó un modelo estandarizado para gestionar las paradas de planta, estructurado en cuatro etapas fundamentales del proceso: definición de alcance, planificación, ejecución y cierre. Cada una de ellas fue desarrollada y definida en profundidad, estableciendo roles funcionales, documentación de soporte, indicadores de desempeño y criterios de intervención técnica, lo que permitió construir un enfoque replicable, auditable y adaptable a distintas realidades operativas.

La estandarización del proceso de parada de planta, lejos de ser una rigidez operativa, se presenta como una herramienta estratégica que permite reducir la variabilidad, mejorar la trazabilidad de decisiones, optimizar la asignación de recursos y fortalecer la cultura de mejora continua. La incorporación de herramientas como la matriz RACI, los cronogramas integrados, los procedimientos específicos y los sistemas de manejo de cambio, contribuyen a una gestión más ordenada, segura y eficiente.

Desde el punto de vista económico, se evidenció que una parada de planta de esta magnitud mal gestionada puede implicar pérdidas diarias significativas de cientos de miles de



dólares, considerando tanto costos directos como indirectos. En este sentido, la planificación anticipada, la optimización del alcance y la contratación estratégica de proveedores se consolidan como pilares para minimizar impactos financieros y operativos.

Finalmente, la implementación práctica del modelo desarrollado permitió validar su aplicabilidad en entornos reales, demostrando que una gestión estructurada de paradas de planta no solo mejora los indicadores de seguridad, tiempos y costos, sino que también fortalece la confiabilidad del suministro energético y la reputación de la empresa operadora.

El proyecto desarrollado a lo largo de 18 meses, logró cumplir el objetivo planteado, consolidando la estandarización del proceso de gestión de paradas de planta en todas las instalaciones operativas de la organización que impulsó el desarrollo del proyecto. Su relevancia se reflejó en el impacto positivo sobre la seguridad y confiabilidad, alineándose con los objetivos estratégicos de la organización. De esta manera, se cierra el proyecto impulsando la mejora continua y sentando las bases para su aplicación sostenida en futuras paradas de planta.



## 6. Bibliografía

- [1] Deloitte Insights. (2024). *Argentina oil and gas | Vaca Muerta's contribution*. Recuperado de Deloitte Insights: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/economy/americas/vaca-muerta-argentina-energy-sector-boom.html>.
- [2] Vacamuerta.ar. (s.f.). Vaca Muerta, el GNL y el camino hacia una Argentina exportadora. <https://vacamuerta.ar/vaca-muerta-el-gnl-y-el-camino-hacia-una-argentina-exportadora/>
- [3] Cryospain. (s.f.). *Prácticas de mantenimiento en plantas de gas natural*. Cryospain. Recuperado de: <https://cryospain.com/es/practicas-mantenimiento-plantas-gas-natural-ficios-aporta.htm>.
- [4] Campbell, J. M. (2019). *Gas conditioning and processing* (Vols. 1–3, 10th ed.). Campbell Petroleum Series.
- [5] Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS). (2008). *Normativa NAG-602*
- [6] Ludwig, E. E. (1995). *Applied process design for chemical and petrochemical plants* (Vols. 1–3). Gulf Publishing.
- [7] Kohl, A. L., & Nielsen, R. B. (1997). *Gas purification* (5th ed.). Houston, TX: Gulf Publishing Company.
- [8] Speight, J. G. (2019). *Natural gas: A basic handbook* (2nd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- [9] Inспенet. (s.f.). *Slug catchers: función, tipos y mantenimiento*. Inспенet. Recuperado de: <https://inspenet.com/articulo/slug-catchers-funcion-tipos-mantenimiento/>.
- [10] Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS). (2008). *Resolución I-259/08: Especificaciones de calidad de gas natural*. ENARGAS.
- [11] Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS). (s.f.). *Normas Argentinas de Gas (NAG 100, 125, 126)*. ENARGAS.
- [12] Yokogawa. (s.f.). *Why would you want to optimise your turnaround?*. Yokogawa Blog. Recuperado de: <https://blog.yokogawa.com/blog/why-would-you-want-to-optimise-your-turnaround>.
- [13] Petrochem Expert. (s.f.). *The importance of shutdown and turnaround services in petrochemical plants*. Petrochem Expert. Recuperado de: <https://petrochemexpert.com/the-importance-of-shutdown-and-turnaround-services-in-petrochemical-plants>.
- [14] Yaqoot Manpower Services. (s.f.). *Why shutdowns and turnarounds are crucial for industrial operations*. Yaqoot Manpower Services. Recuperado de:



<https://yaqootmanpowerservices.com/why-shutdowns-and-turnarounds-are-crucial-for-industrial-operations>.

[15] American Petroleum Institute. (2016). *API Recommended Practice 580: Risk-based inspection*. - *API Recommended Practice 581: Risk-based inspection technology*

[16] American Petroleum Institute. (2014). *API Standard 510: Pressure vessel inspection code: In-service inspection, rating, repair, and alteration*. - American Petroleum Institute. (2016). *API Standard 570: Piping inspection code: In-service inspection, rating, repair, and alteration of piping systems*.

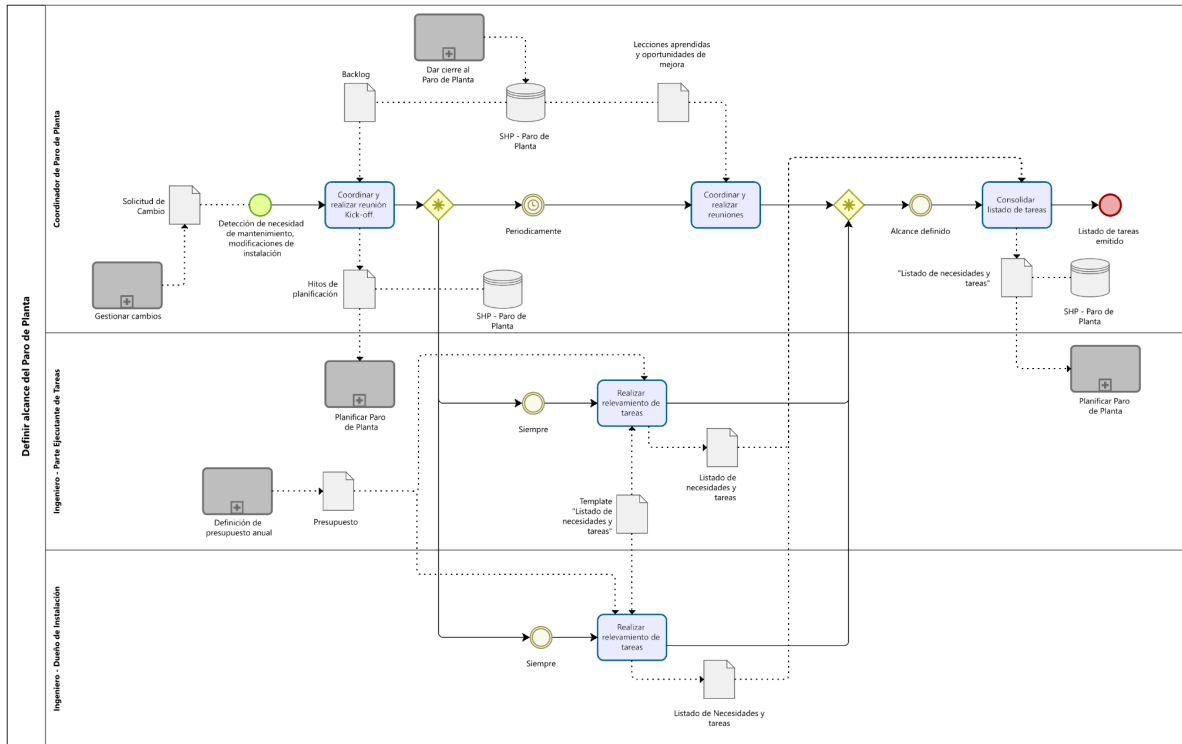
[17] Occupational Safety and Health Administration. (2002). *29 CFR 1910.147: The control of hazardous energy (lockout/tagout)*. U.S. Department of Labor.

## ANEXOS

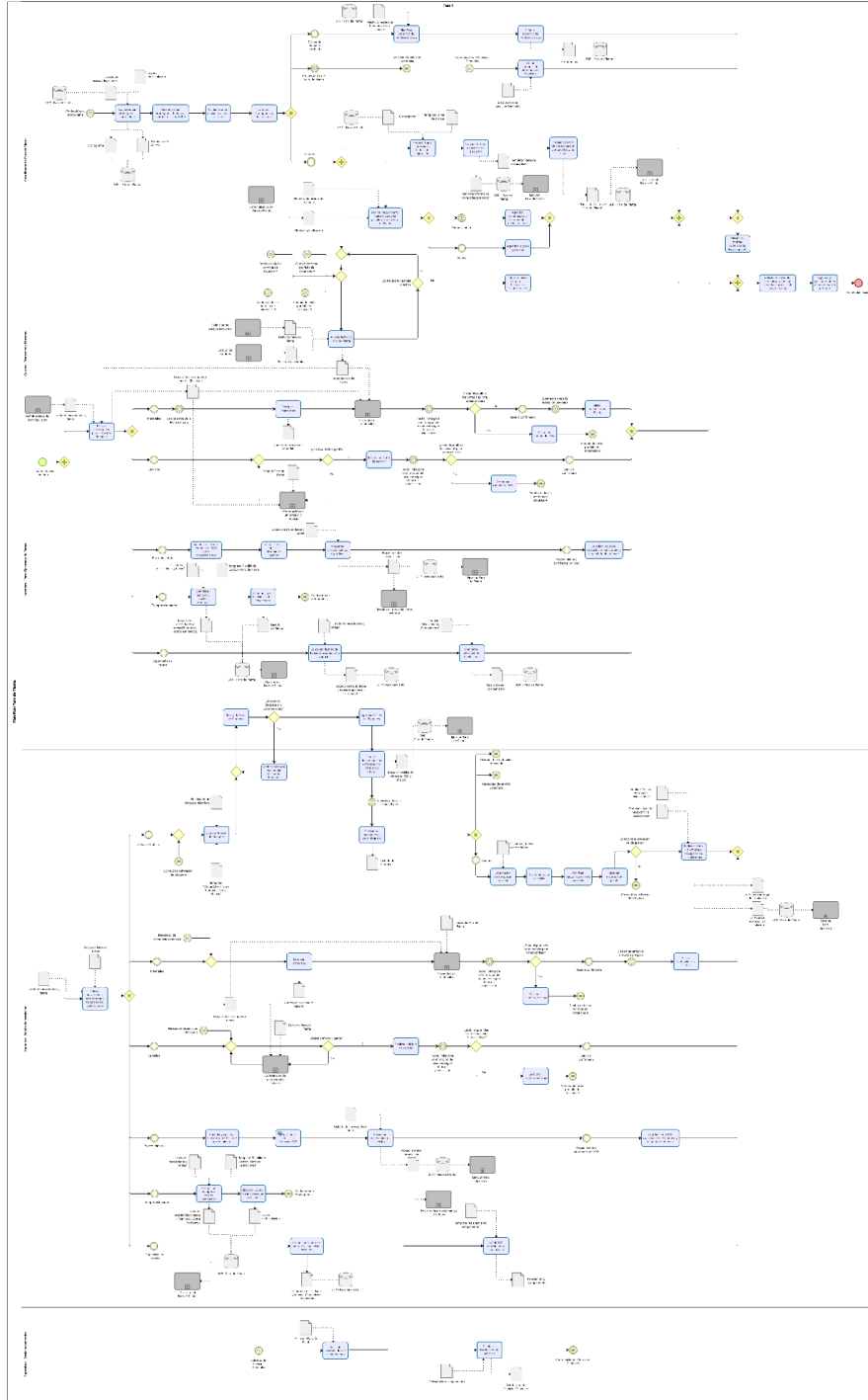
Nota: Las versiones en alta calidad de lo contemplado en la sección de Anexos serán adjuntadas en el repositorio documental. Estas imágenes se incluyen solo como referencia.

Anexo I - Flujograma “Definir alcance del Paro de Planta”

**Análisis integral de secuencia de “Paro de planta” en unidad de tratamiento de gas no convencional.**

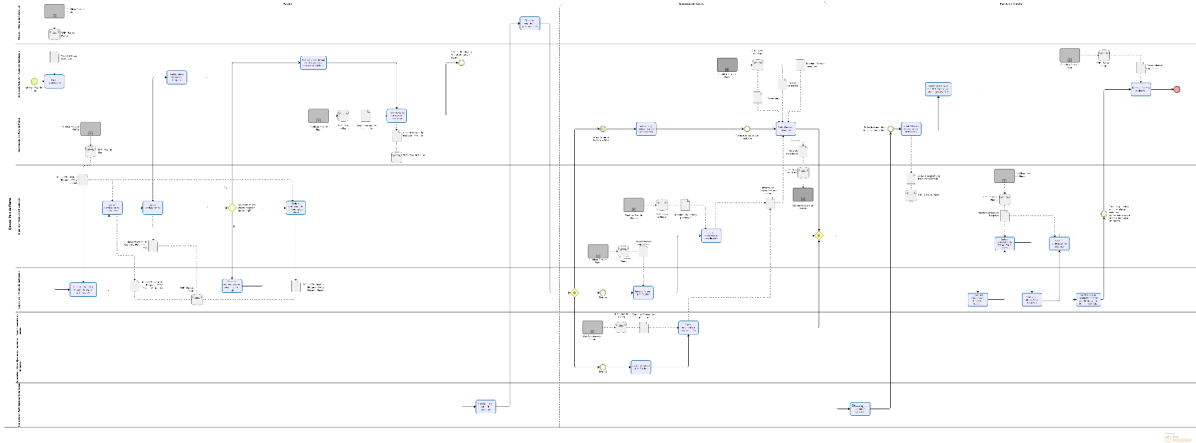


Anexo II - Flujograma “Planificar Paro de Planta”

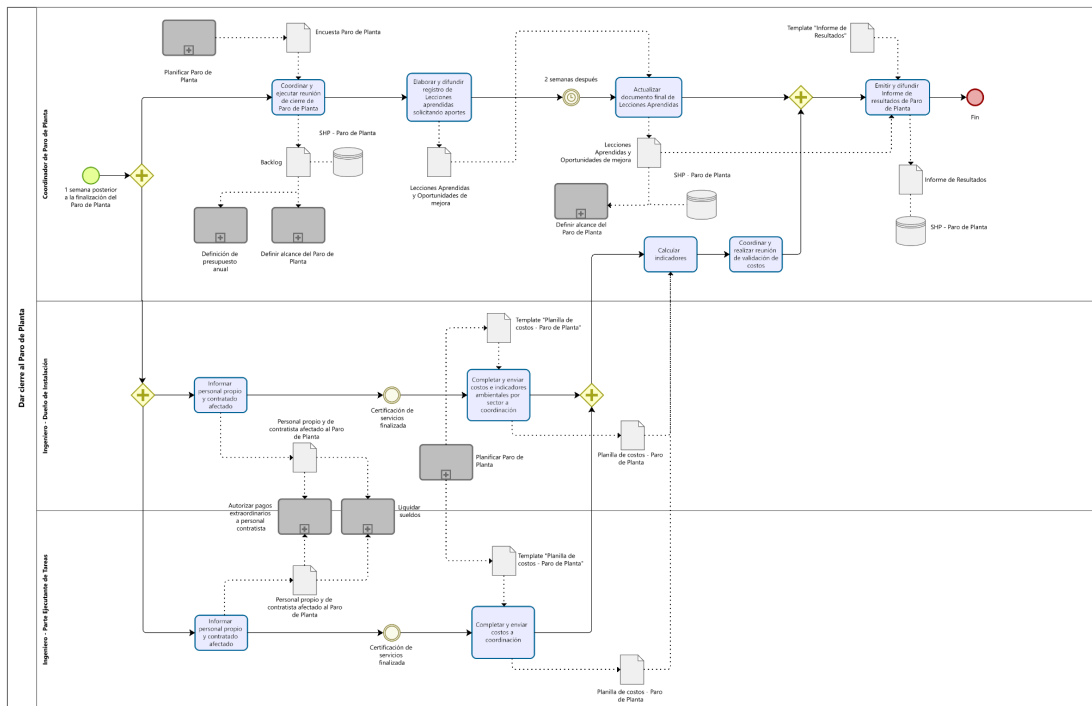


**Análisis integral de secuencia de “Paro de planta” en unidad de tratamiento de gas no convencional.**

**Anexo III - Flujograma “Ejecutar Paro de Planta”**



**Anexo IV - Flujograma “Dar cierre al Paro de Planta”**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Departamento de Química**

**Análisis integral de secuencia de “Paro de planta” en unidad de tratamiento de gas no convencional.**

Anexo V - Matriz RACI “Definir alcance del Paro de Planta”

MATRIZ RACI									
		Etapa: Definir alcance del Paro de Planta							
		Proceso: Gestión de Paro de Planta							
R	Responsable: realiza las tareas, decide.								
A	Aprobador (Rinde cuentas): aprueba la decisión, garantiza la ejecución del trabajo y rinde cuenta de las tareas.								
C	Consultado: se le consulta para la ejecución de una tarea o toma de una decisión.								
I	Informado: roles que deben ser informados cuando se realiza una tarea o se toma una decisión.								
Actividad	Comentarios o detalles de la actividad	Plantas	Mantenimiento	Producción	Facilidades	Transporte y Entregas	SAS	Plantas	
		Ing Plantas	Ing de Mantenimiento	Ing de Producción	Ing de Facilidades	Referente	Referente	Coordinador de Paro de Planta	
1	El objetivo de la misma es actualizar los hitos de planificación, la propuesta de referente especializada por sector, la frecuencia de los encuentros/reuniones periódicas donde definen las tareas a incluir en el paro de planta, contemplando el listado de tareas generado desde el Budget. Al finalizar se completa el "Template: Relevamiento de Tareas", en caso de existir, el "Backlog" de tareas pendientes de intervenciones anteriores.	I	I	I	I	I	I	R	
2	Por cada sector, el referente del mismo, debe realizar el relevamiento de tareas y completar el "Template: Listado de necesidades y tareas" para el paro.	R	R	R	R	R			
3	En función a la frecuencia de encuentros pactados en el kick off, coordinar y realizar las reuniones con todos los sectores para definir el listado de tareas a realizar durante el paro. Utilizando como soporte el "Listado de necesidades y tareas" que cada referente elaborará.	I	I	I	I	I	I	R	
4	Una vez definido el listado de tareas con los referentes de cada sector se envía el registro al "Listado de necesidades y tareas" consolidado, contemplando las tareas definidas y relevadas por todos los sectores involucrados.							R	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Departamento de Química**

**Análisis integral de secuencia de “Paro de planta” en unidad de tratamiento de gas no convencional.**

**Anexo VI - Matriz RACI “Planificar Paro de Planta”**

MATRIZ RACI													
Etapas: Planificar Paro de Planta													
Proceso: Gestión de Paro de Planta													
Leyenda: R: Responsabilidad (Responsible) A: Asesoría (Advisor) C: Consultoría (Consultant) I: Información (Informed)													
Actividad	Plantas	Mantenimiento	Producción	Facilidades	Transporte y entornos	SAS	Plantas	Mantenimiento	Facilidades	Plantas	Servicios operados	Comercial	
	Eq. de Planta	Eq. de Mantenimiento	Eq. de Producción	Eq. de Facilidades	Infraestructura	Software	Edificios de Oficinas	Edificios	Edificios	Edificios	Edificios de Oficinas	Edificios	
1	R	R	R	R	R		I						
2	R		R		R								
3	R												
4	R	R		R		R		A	A				
5	R											A	
6	R	R	R	R	R		I						
7	R		R		R		I						
8	R			R			I						
9	R		R		R		I						
10	R	R	R	R	R	R	I						
11		R		R			I						
12							R						I
13						R	I						R
14	I	I	I	I	I		R						
15	R	R	R	R	R	R	I	I					
16	R		R		R		I						
17	R	R	R	R	R	R	I	I					
18	R	R	R	R	R		R						
19	I	I	I	I	I	I							
20	C	C	C	C	C	C	C	I	I	I	I	I	R
21							R						
22													
23	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	
24							R						
25							R						
26							R						
27	R						I						
28	R	R	R	R	R	R	R						
29							R						
30								R	R				
31	R					R	R						
32	R			R		R							
33	R	R			R								
34	R												
35	R												
36	R					R							
37	R	R			R								
38	R		R		R								
39	R		R		R								
40	R		R		R								
41	R		R		R								
42	R		R		R								
43	R	R			R		I						
44	R		R		R								
45	R	R			R								
46	R		R		R								
47							R						



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Departamento de Química**

**Análisis integral de secuencia de “Paro de planta” en unidad de tratamiento de gas no convencional.**

**Anexo VII - Matriz RACI “Ejecutar Paro de Planta”**

MATRIZ RACI		Etapas: Ejecutar Paro de Planta															
		Proceso: Gestión de Paro de Planta															
Actividad	Comentarios o detalles de la actividad	Plantas				Mantenimiento		Facilidades		Mantenimiento		Facilidades		Plantas		SAS	
		Operar	Operar	Ing. de Planta	Supervisor	Operar	Operar	Ing. de Facilidades	Ing. de Mantenimiento	Supervisor	Supervisor	Operar	Operar	Operar	Operar	Operar	Operar
1	Parar instalaciones		A	C	C												R
2	Realizar monitoreo y alertas según planificación		A	C	R												C
3	Realizar verificación de Boques		A	R	C												
4	Realizar verificación de ECC		A	R	C			C	C	C	C						C
5	Realizar cierre de caja de boques		A	C	C												R
6	Cerrar el sistema de control y alarma		A	C	R												C
7	Realizar verificación de estado HPI y Jace		A	R	C												
8	Realizar cierre de caja de boques		A	C	C												R
9	Primer aviso de Emergencia de Instalación		C			C	C									R	C
10	Clave de seguridad por emergencia	R	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
11	Comunicar con control personal				C	C				A	A	R	R				
12	Combinar y realizar revisión de cambio de estado				C	C			C	C				R			C
13	Enter Notivo de Avance	I	I	I			I	I	I	I				R	I	I	
14	Ejecutar tareas planificadas		A	C	R												
15	Enter monitoreo a coordinación		A	R												I	
16	Ejecutar tareas identificadas					A	A	C	C	R	R						C
17	Enter monitoreo a coordinación					A	A	R	R	R						I	
18	Desarrollar cambio personal				C	C				A	A	R	R				
19	Primer aviso de Recepción de Instalación		C			C	C							R			C
20	Realizar apertura de caja de boques		A	C				C	C							R	
21	Supervisar remoción de boques		A	C	R					C	C						
22	Realizar verificación de estado HPI y Jace		A	R	C												
23	Supervisar remoción de boques		A	C	R												
24	Realizar verificación de Boques		A	R	C												
25	Parar en las instalaciones (Según procedimientos Operativos)		A	C	C					C	C						R



**Análisis integral de secuencia de “Paro de planta” en unidad de tratamiento de gas no convencional.**

**Anexo VIII - Matriz RACI “Dar cierre al Paro de Planta”**

MATRIZ RACI									
Etapas: Dar cierre al Paro de Planta									
Proceso: Gestión de Paro de Planta									
<p><b>R:</b> Responsable: realiza las tareas, decide.</p> <p><b>A:</b> Aprobador (Rinde cuenta): aprueba la decisión, garantiza la ejecución del trabajo y rinde cuenta de las tareas.</p> <p><b>C:</b> Consultado: se le consulta para la ejecución de una tarea o toma de una decisión.</p> <p><b>I:</b> Informado: roles que deben ser informados cuando se realiza una tarea o se toma una decisión.</p>									
Actividad	Comentarios o detalles de la actividad	Plantas		Mantenimiento	Producción	Facilidades	Transporte y Entregas	SAS	Plantas
		Ing. de Plantas	Ing. de Mantenimiento	Ing. de Producción	Ing. de Facilidades	Referente	Referente	Coordinador de Paro de Planta	
1	Debe informarse a las personas correspondientes a personal propio y contratado afectado por el Paro de Planta, dicha información será puesta a disposición para los sectores de Relaciones Laborales y Recursos Humanos.	R			R		R		
2	Cada sector debe completar el Template "Planilla de costos del Paro de Planta" generado durante la etapa "Planificar Paro de Planta", dicho documento contiene la información de costos incluyendo información sobre servicios utilizados, monto real, monto presupuestado en la etapa de "Planificar Paro de Planta", se calcula el desvío y agregan comentarios.		R		R				
3	Debe informarse a las personas correspondientes a personal propio y contratado afectado por el Paro de Planta, dicha información será puesta a disposición para los sectores de Relaciones Laborales y Recursos Humanos.		R		R				
4	Cada sector debe completar el Template "Planilla de costos del Paro de Planta" generado durante el proceso "Planificar Paro de Planta", dicho documento contiene la información de costos incluyendo información sobre servicios utilizados, monto real, monto presupuestado en la etapa "Planificar Paro de Planta", se calcula el desvío y agregan comentarios. Además, deben informar los indicadores ambientales que corresponden en cada tipo de instalación intervenida.	R			R		R		
5	A partir de la información brindada por cada sector involucrado en el Paro de Planta, el Coordinador de Paro de Instalaciones calcula los indicadores referidos a tiempos, costos y SAS.								R
6	El coordinador de Paro de Planta, coordina y ejecuta una reunión con todos los sectores involucrados en el Paro de Planta, con el fin de validar la información relacionada con los indicadores. Dicha validación permite definir los indicadores que serán utilizados en el Informe de Resultados del Paro de Planta.	I	I	I	I	I			R
7	El coordinador de Paro de Instalaciones coordina y ejecuta la reunión de cierre de instalaciones. Durante la coordinación se comparte la encuesta junto con la invitación a la reunión, además se solicita información respecto al Backlog del Paro de Planta, que incluye las tareas que no fueron alcanzadas y las tareas que surgieron durante la etapa "Ejecutar Paro de Planta". El Backlog consolidado a partir de la información que provienen los sectores será utilizado para la etapa "Definir alcance del Paro de Planta" en su próxima intervención a la misma. Asimismo, también será considerado en el proceso "Definición de presupuesto anual" en el que cada sector deberá contemplar estas tareas pendientes. Por último, el Backlog se almacena en el SHP "Paro de Planta".	I	I	I	I	I	I		R
8	El coordinador de Paro de Planta recopila y elabora el documento de "Lecciones Aprendidas y Oportunidades de mejora" en su primera versión, contemplando los enfoques SAS, Gestión/Coordinación, Sectores de Soporte Servicios generales, Almacenes y otros que hayan intervenido y las oportunidades de mejora identificadas durante el proceso "Gestión de Paro de Planta". Este documento luego será difundido hacia todas las partes que fueron afectadas por el Paro de Instalaciones solicitando aportes, con el fin de garantizar la participación de todos los involucrados.								R
9	Dos semanas posteriores a la difusión del primer documento y una vez que los sectores hayan realizado aportes, se elabora el documento final de Lecciones Aprendidas y Oportunidades de mejora, que será almacenado en el SHP "Paro de Planta".								R
10	El coordinador de Paro de Planta utiliza el Template "Informe de Resultados de Paro de Planta" para elaborar el Informe de Resultados del Paro de Instalaciones, incluyendo los resultados de los indicadores, lecciones aprendidas y oportunidades de mejora. Luego, el mismo es difundido a la Lista de Difusión almacenada en Outlook, y almacenado en el SHP "Paro de Planta programador". Dicho informe deberá contener los resultados obtenidos del paro de instalaciones referidos a SAS, Costos, lecciones aprendidas e indicadores.	I	I	I	I	I	I		R









UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Química

Análisis integral de secuencia de “Paro de planta” en unidad de tratamiento de gas no convencional.

Template - “Acta de entrega de instalaciones”

**Gerencia:** Indicar Gerencia (EJ: Plantas/Producción/Transporte y Entregas).  
**Yacimiento:** Indicar Yacimiento.  
**Región** Cuenca Neuquina y Vaca Muerta

**ACTA DE ENTREGA DE INSTALACIONES**

**Fecha y Hora:**

**Instalaciones:** Indicar instalación.

Se hace constar mediante el siguiente documento la entrega formal de la (Indicar instalación) a los distintos sectores involucrados en su intervención.

Mediante la firma del acta se da fe de que las instalaciones se encuentran despresurizadas, bloqueadas y consignadas en su frontera, en condiciones de ser intervenidas para ejecutar un conjunto de tareas específicas por los distintos sectores intervinientes y debajo firmantes, en cumplimiento de los estándares específicos de Tecpetrol.

Para constancia de todos los representantes, y en prueba de conformidad, se firman X (en función a la cantidad de sectores involucrados EJ: SAS, Mantenimiento, Facilidades) ejemplares de un mismo tenor y a un solo efecto en el sitio arriba indicado.

<p style="text-align: center; font-size: small;">Referente (Dueño de instalación)</p>  <hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center; font-size: x-small;">Firma</p> <hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center; font-size: x-small;">Aclaración</p>	<p style="text-align: center; font-size: small;">Referente (Indicar sector)</p>  <hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center; font-size: x-small;">Firma</p> <hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center; font-size: x-small;">Aclaración</p>
<p style="text-align: center; font-size: small;">Referente (Indicar sector)</p>  <hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center; font-size: x-small;">Firma</p> <hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center; font-size: x-small;">Aclaración</p>	<p style="text-align: center; font-size: small;">Referente (Indicar sector)</p>  <hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center; font-size: x-small;">Firma</p> <hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <p style="text-align: center; font-size: x-small;">Aclaración</p>

OBSERVACIONES

---

---

---

---



Template - “Acta de recepción de instalaciones”

**Gerencia:** Indicar Gerencia (EJ: Plantas/Producción/Transporte y Entregas).

**Yacimiento:** Indicar Yacimiento.

**Región** Cuenca Neuquina y Vaca Muerta

**ACTA DE RECEPCIÓN DE INSTALACIONES**

**Fecha y Hora:**

**Instalaciones:** Indicar instalación.

Para las instalaciones de referencia, en el lugar y fecha antes indicado, se constituyen en el sitio los referentes en representación formal de los distintos sectores intervinientes en la intervención.

Encontrándose estos en un todo de acuerdo con el estado de finalización de las tareas efectuadas, y retiradas todas las placas, se da por recepcionada la instalación (indicar instalación) y se procede al retiro de todos los candados colocados sobre la caja constituida por Bloqueos Frontera para continuar con la desconsignación, Comisionado y Puesta en Marcha de la instalación.

Para constancia de todos los representantes, y en prueba de conformidad, se firman X (en función a la cantidad de sectores involucrados EJ: SAS, Mantenimiento, Facilidades) ejemplares de un mismo tenor y a un solo efecto en el sitio arriba indicado.

Referente (Dueño de instalación)
<hr/>
Firma
<hr/>
Aclaración

Referente (Indicar sector)
<hr/>
Firma
<hr/>
Aclaración

Referente (Indicar sector)
<hr/>
Firma
<hr/>
Aclaración

Referente (Indicar sector)
<hr/>
Firma
<hr/>
Aclaración

OBSERVACIONES

---

---

---

---

---





Template “Lecciones Aprendidas y Oportunidades de Mejora”

Lecciones Aprendidas y Oportunidades de Mejora

<b>Fecha:</b>	
<b>Intervención:</b>	
<b>Participantes:</b>	
<b>Sector</b>	<b>Nombre y Apellido</b>
Plantas	
Mantenimiento	
Facilidades	
SAS	
Almacenes	
Sistemas	
Comisionado	
Integridad	
Reservorios	
Transporte y Entregas	
Calidad	
Producción	
<b>Oportunidades de Mejora para la siguiente Intervención</b>	
<b>Planificación del Paro de Planta</b>	
1)	
2)	
<b>Gestión de Bloqueos y Entrega de instalación</b>	
3)	
4)	
<b>Ejecución de Paro de Planta</b>	





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Química

Análisis integral de secuencia de “Paro de planta” en unidad de tratamiento de gas no convencional.

	<b>Informe de resultados</b> <b>Paro de “Instalación – Año”</b>	Día XX de MES HH:MM
		Página 1 de 2

<b>Responsable del Informe:</b>
Apellido y Nombre
<b>Objetivo</b>
El presente documento, tiene por objeto informar los resultados del desarrollo de las actividades en el paro de planta, que tuvo lugar los días (xx/xx/xxxx) a (xx/xx/xxxx)
<b>Alcance</b>
El alcance del informe aplica a todas las actividades programadas para la intervención.

Curva de Avance:

Representa el tiempo real respecto al planificado durante el periodo de ejecución de la parada.

**Novedades SAS**



<b>Informe de resultados</b>		<i>Día XX de MES</i> <i>HH:MM</i>
<b>Paro de “Instalación – Año”</b>		<b>Página 2 de 2</b>
<b>Indicadores</b>		
LTI (Lost time injury):		
$LTI =$		
Tiempo:		
$Tiempos = \frac{Duración\ Real}{Duración\ planificada}$		
Costos:		
$Costos = \frac{Costo\ Real}{Costo\ planificado}$		
Eventos ambientales:		
$Volumen\ de\ gas\ venteado\ (m^3) =$		
$Volumen\ HC\ neto\ derramado\ (m^3) =$		
Lecciones aprendidas – Oportunidades de mejora:		
Tema	Oportunidad de mejora	