

Optimización del Blending de Gasoil: DMC + RTO
Carolina Fiori, Pan American Energy , cfiori@pan-energy.com

Sinopsis:

Objetivo del trabajo:

Este artículo presenta un caso de éxito para optimizar el Blending de Gasoil Gr2 en tiempo real, utilizando en conjunto las herramientas de DMC (Dynamic Matrix Control) y RTO (Real Time Optimization).

Este enfoque innovador aborda la complejidad no lineal del blending de gasoil, al integrar los modelos lineales de DMC con la rigurosidad de la metodología RTO, lo que permite optimizar el producto de la mezcla en términos de reducción de Quality Give away en Cloud Point y azufre.

Cómo funciona?

RTO a través de sus modelos rigurosos estima la calidad de las corrientes que aportan al blending, le envía esta información a DMC, el cual ajusta los caudales aportantes en base a esta información.

Contexto y relevancia estratégica:

La implementación de este modelo de Control Avanzado de Procesos surgió en el contexto de la alta demanda de diésel en Argentina. A través de esta optimización, se busca aumentar la capacidad de producción y mejorar la disponibilidad de este combustible.

Ventajas y desafíos:

El artículo destacará las principales ventajas obtenidas en la producción de diésel gracias a la optimización de procesos, así como los retos enfrentados durante la implementación del proyecto. Se expondrán las etapas de ejecución y los obstáculos superados, brindando una perspectiva completa del impacto de esta tecnología.

Destinatarios:

Este trabajo está dirigido a profesionales interesados en la implementación, operación o mantenimiento de modelos de control avanzado, así como a aquellos involucrados en el análisis estratégico de negocios. Resulta particularmente valioso para ingenieros de aplicaciones que ya utilizan o consideran utilizar herramientas avanzadas como DMC y RTO.

Introducción:

Punto de partida y definición de objetivos:

Previo al inicio del proyecto, el proceso de blending de gasoil no contaba con un control automático de los caudales aportantes. La estimación del caudal se realizaba indirectamente a través del porcentaje de apertura de válvulas, lo cual generaba importantes limitaciones operativas. Esta falta de precisión derivaba en reprocesos, demoras logísticas y la necesidad de realizar reanálisis frecuentes en el laboratorio para validar la calidad del producto.

Como consecuencia de este esquema, se producía un *Quality Give Away* (QGA) en el Ultra Low Sulfur Diesel (ULSD), en propiedades como el *Cloud Point*, con el objetivo de compensar desviaciones en el Cloud Point del gasoil Grado 2.

A partir de este diagnóstico inicial, se definieron con claridad los objetivos estratégicos del proyecto, estructurándolos en tres ejes principales:

- **Calidad:** Garantizar que tanto la punta de línea como los tanques cumplan de forma consistente con las especificaciones de calidad establecidas.
- **Agilidad:** Dotar al proceso de mayor eficiencia operativa mediante la centralización y automatización del control del blending. Esto permitiría reducir la dependencia de acciones manuales, minimizar errores operativos y asegurar una respuesta rápida y coordinada del sistema de control.
- **Optimización:** Mejorar el uso de las corrientes disponibles en el blending, con el objetivo de reducir el *QGA* de azufre y de *Cloud Point*, en el ULSD como en el gasoil Grado 2.



Ilustración 1- Resumen objetivos

Blending de Gas Oil Gr2 en Refinería Campana:

El primer paso para abordar la optimización del blending de gasoil consistió en identificar y comprender en detalle las corrientes involucradas en el proceso. Esta caracterización consideró tanto las direcciones y restricciones logísticas, como las especificaciones de calidad que varían según la época del año. Se realizó un mapeo exhaustivo (Ilustración 1) de las corrientes participantes, evaluando la disponibilidad y operatividad del control básico asociado: válvulas de control, caudalímetros instalados y cálculos requeridos en consola o aplicaciones auxiliares, teniendo de esta forma en claro nuestro punto de partida. El objetivo fue asegurar que tanto DMC como RTO pudieran interpretar de manera inequívoca qué corrientes estaban ingresando al blending y con qué caudal específico lo hacían, en base a eso pudimos establecer 4 etapas claves para el proyecto (Ilustración 2).

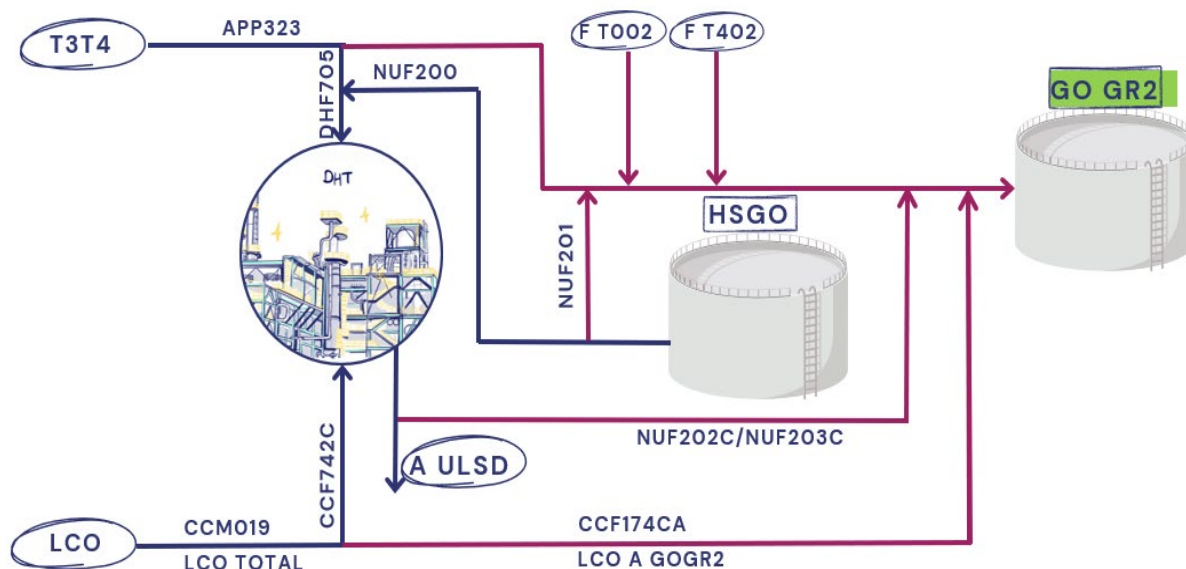


Ilustración 2-Mapeo del Blending

- 01** Caudalímetros y automáticas, necesarios para el control.
- 02** Desarrollo de control básico y aplicaciones en el sistema de control.
- 03** Desarrollo de controlador del blending en DMC
- 04** Incorporación al modelo de RTO el blending de GO y el conexonado con DMC.



Ilustración 3- El plan

Desarrollo:

Estrategia de ejecución:

El proyecto fue abordado en etapas sucesivas, comprendiendo desde el inicio que su éxito requería la participación activa y coordinada de múltiples áreas: Operaciones, Control de Procesos, Mantenimiento e Ingeniería de Procesos. Esta colaboración transversal resultó clave para asegurar tanto la viabilidad técnica como la sostenibilidad operativa de la solución implementada.

- **Control básico**

La primera etapa del proyecto consistió en cerrar las brechas detectadas durante el mapeo inicial de las corrientes involucradas en el blending. Se repararon dispositivos existentes y se incorporaron nuevos elementos de medición y control considerados fundamentales para una operación segura, confiable y automatizada. En total, se instalaron o reacondicionaron cuatro válvulas automáticas y tres caudalímetros, garantizando así una medición precisa y un control efectivo de los flujos aportantes. Esta fase demandó aproximadamente entre tres y cuatro meses de ejecución, incluyendo tanto las tareas de campo como la validación en consola.

- **Control avanzado**

Con la infraestructura de control básico ya operativa, se procedió al desarrollo de las aplicaciones necesarias para permitir la interacción eficaz del sistema DMC (Dynamic Matrix Control) con las variables críticas del proceso de blending. Estas aplicaciones brindan a DMC la capacidad de escritura sobre los caudales implicados, asegurando a su vez una operación estable y consistente.

Tal como se detalla en la Ilustración 2, algunas de las corrientes clave se bifurcan: una porción se destina a la unidad de hidrotreatmento (DHT) para la producción de ULSD, mientras que la otra se incorpora al blending de gasoil Grado 2. Dado este comportamiento, se desarrollaron aplicaciones adicionales para maximizar el caudal total de dichas corrientes compartidas, permitiendo ajustes automáticos y progresivos sobre el caudal dirigido al DHT sin afectar la estabilidad general del proceso. Esta etapa fue ejecutada en un plazo aproximado de un mes.

- **Integración de DMC y RTO**

Las plataformas DMC y RTO fueron diseñadas e implementadas de manera conjunta, dado que su operación es interdependiente. El correcto funcionamiento de una depende directamente del adecuado desempeño de la otra, por lo que ambas herramientas fueron configuradas en paralelo y coordinadas desde el inicio del proyecto.

- **¿Cómo interactúan DMC y RTO?**

El sistema DMC tiene la capacidad de ajustar, en ciclos de un minuto, los caudales aportantes al blending de gasoil Grado 2 para cumplir con las especificaciones de calidad objetivo. Sin embargo, para realizar estos ajustes de forma efectiva, DMC necesita información precisa sobre la calidad individual de cada corriente, así como sobre la relación entre dichas propiedades y el resultado final del blending, especialmente en parámetros que no presentan un comportamiento lineal.

Esta información es provista por RTO, que cuenta con modelos rigurosos de las corrientes participantes. Específicamente, RTO modela las siguientes propiedades para cada una de las corrientes involucradas:

- *Densidad*
- *Punto de inflamación (Flash Point)*
- *Cloud Point*
- Contenido de azufre
- Índice de cetano
- Curva de destilación: 10%, 50% y 85%

Además, RTO modela el comportamiento no lineal de estas propiedades en la mezcla resultante. Cada 90 minutos, RTO ejecuta su ciclo de optimización y envía a DMC los llamados *gain multipliers* —coeficientes que indican cómo afecta cada corriente a las propiedades finales del producto—. Esta retroalimentación permite a DMC ajustar sus acciones de control de manera informada y dinámica, mejorando la calidad del blending y minimizando el *QGA*.

El desarrollo de esta última fase del proyecto conllevó 6 meses de trabajo.

Desafíos:

Durante la ejecución del proyecto se presentaron diversos desafíos técnicos y organizativos que fue necesario abordar para garantizar su éxito. Uno de los principales obstáculos estuvo relacionado con la **comunicación entre los diferentes sistemas de control distribuido (DCS)**. Las variables necesarias para el blending estaban distribuidas entre dos sistemas de control, lo cual requirió un trabajo coordinado para garantizar una integración robusta y confiable entre las salas de control. Esta integración fue clave para asegurar la consistencia de los datos y la operatividad del sistema en tiempo real.

En segundo lugar, el **diseño y comisionado del sistema DMC** fue llevado a cabo en su totalidad por personal interno, lo cual representó un desafío significativo en términos de conocimiento técnico, recursos y gestión de tiempos. Esta decisión, sin embargo, permitió un mayor control sobre la implementación y fortaleció las capacidades internas del equipo.

Por último, se identificó como factor crítico la **capacitación del personal involucrado**. Se desarrollaron sesiones de entrenamiento específicas orientadas a los distintos roles operativos y técnicos: ingenieros de procesos, ingenieros de producción, jefes de turno (JdT) y operadores de consola. Estas capacitaciones estuvieron centradas en el uso y comprensión del sistema RTO, así como en su interacción con el DMC, asegurando así una operación segura, eficiente y sostenida del sistema optimizado.

Conclusiones:

Cumplimiento de objetivos:

La implementación del sistema integrado de control avanzado DMC + RTO para el blending de gasoil Grado 2 permitió alcanzar de manera efectiva los tres objetivos estratégicos planteados al inicio del proyecto: **agilidad operativa, aseguramiento de la calidad y optimización del proceso**.

En términos de **agilidad**, se logró una operación significativamente más eficiente gracias a la centralización del control desde la consola, donde se gestiona un tablero de comando específico para el blending. La comunicación de la receta de blending se realiza ahora de forma unificada, y la especificación del producto se actualiza automáticamente, reduciendo la intervención manual y mejorando la capacidad de respuesta ante cambios operativos.

Respecto a la **calidad del producto**, los análisis de laboratorio confirmaron que las propiedades clave del gasoil producido se mantuvieron consistentemente dentro de especificación. Durante el período evaluado no se registraron valores fuera de los límites (*off-spec*), lo que evidencia una mejora sustancial en la estabilidad y confiabilidad del proceso.

PUNTA DE LÍNEA GO GR2

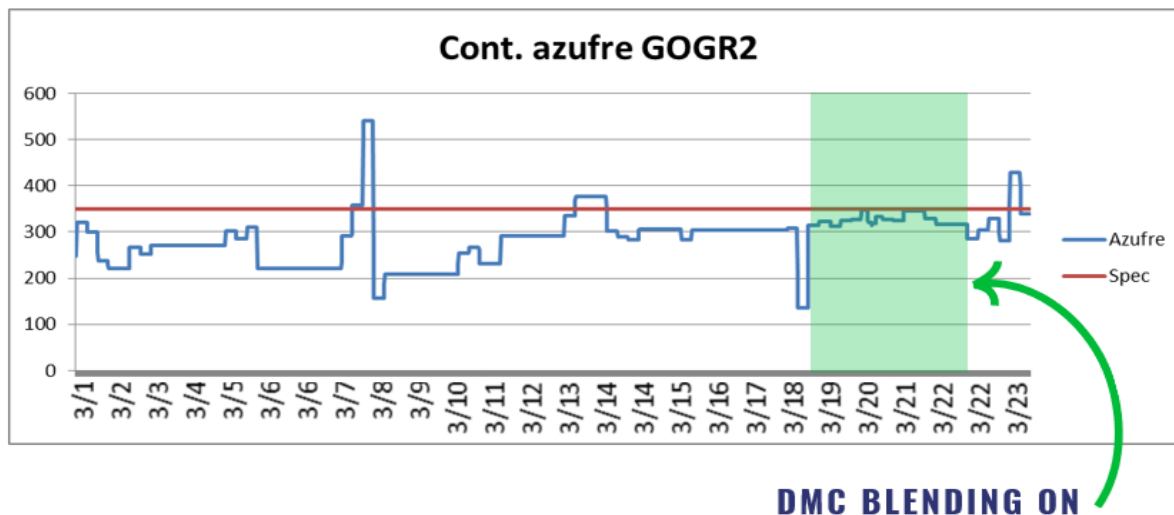


Ilustración 4 - Resultados de Calidad

Finalmente, en lo que refiere a **optimización**, la implementación conjunta de DMC y RTO permitió minimizar de forma significativa el QGA en propiedades como el azufre y el *Cloud Point* tanto para el gasoil Grado 2 (GOCR2) como para el ULSD (GOG3). A diferencia de los años anteriores, donde los caudales eran fijos y el control se realizaba sin retroalimentación en tiempo real, el nuevo esquema ajusta los caudales cada minuto según la calidad medida o estimada de las corrientes, lo que permite un uso más eficiente de los componentes.

Por ejemplo, mientras que en años anteriores era necesario un *Cloud* de 2 a 3°C mas bajo en el ULSD para corregir desviaciones en el GO Grado 2, actualmente se logró reducir la dependencia de estas correcciones, y trabajar con el ULSD en especificación. La precisión del control permite operar con menor margen respecto a la especificación.

Concretamente, se estima que por cada grado de mejora en el *Cloud Point*, se logra aumentar aproximadamente +3 m³/h ULSD vs VGO, lo que representa un margen operativo significativo. Esta mejora acumulada a lo largo del día equivale a un incremento neto de **+70 m³/día de ULSD disponible** mejorando tanto el rendimiento del proceso como su rentabilidad.

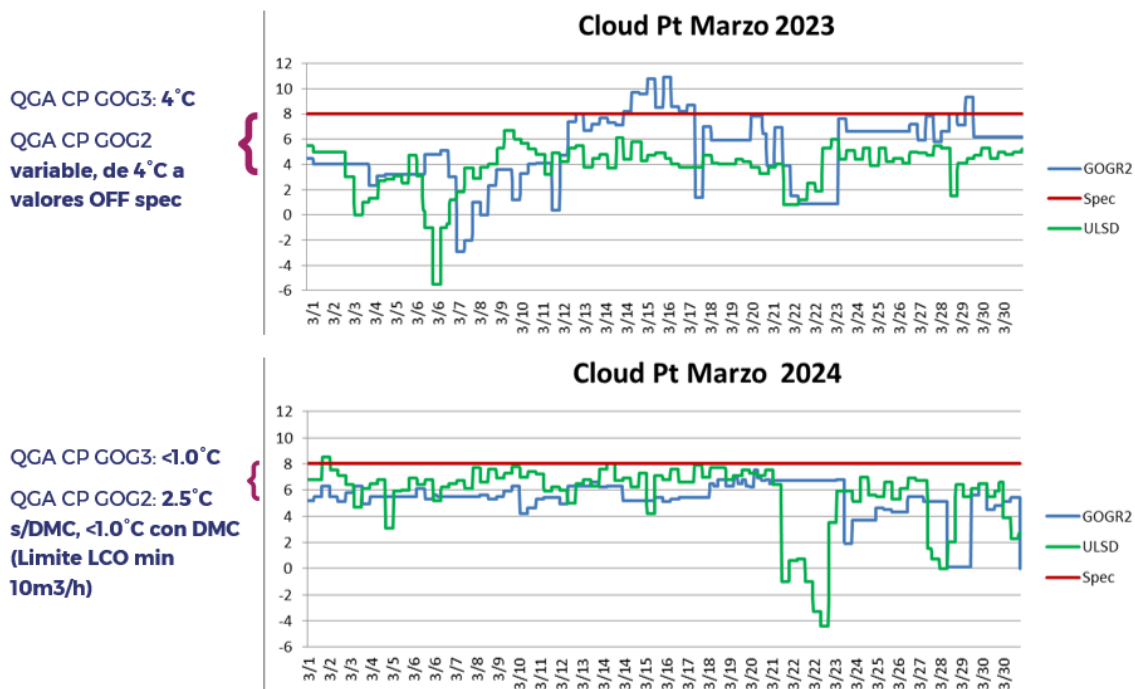


Ilustración 5 - Resultados Optimización

	'23	'24	DMC
T3T4	T3T4	T3T4	T3T4
Ofende CP Ofende Azufre			
LCO		LCO	LCO
Corrige CP Ofende Azufre			
ULSD	ULSD	ULSD	ULSD
Corrige CP Corrige Azufre			
	QGA GOG3 para cumplir spec GOG2. Caudales fijos.	Disminución QGA GOG3, QGA GOG2. Caudales fjos.	Min. QGA GOG2 y GOG3. Caudales ajustados vs calidad, ciclos de 1min.

+1°C Cloud Point → +3m3/h GO vs VGO → +70m3/d GO vs VGO

Ilustración 6 - Resultados optimización

Casos de negocio estudiados:

Caso de Optimización en verano:

Caso Base Promedio Verano									
	T3T4	LCO	ULSD	GOGGR2					
Caudal	10	10	50	70					
Densidad	0,851042623	0,8841	0,845	0,85144895					
Azufre	0,083677495	0,16	0,0006	307,43445					
Cloud Point	8,81181575	-1	8	7,11333038					
CPI	5,360163039	2,88882545	5,09291318	4,81622205					
Caso 1 RTO (Limite minimo LCO= 10 m3/h y Lim Min GOGGR2=50m3/h)									
	T3T4	LCO	ULSD	GOGGR2					
Caudal	0	10	40	50					
Densidad	0,851042623	0,8841	0,845	0,85282					
Azufre	0,083677495	0,16	0,001	289,672					
Cloud Point	8,81181575	-1	8	6,56298081					
CPI	5,360163039	2,88882545	5,09291318	4,65209563					
Caso 3 RTO (Limite minimo LCO= 0 m3/h y Lim Min GOGGR2=50m3/h)									
	T3T4	LCO	ULSD	GOGGR2					
Caudal	16,4	2	31,6	50					
Densidad	0,85104262	0,8841	0,845	0,84854598					
Azufre	0,08367749	0,16	0,0006	293,365656					
Cloud Point	8,81181575	-1	8	7,99842427					
CPI	5,36016304	2,88882545	5,09291318	5,09240762					
Caso 2 RTO (Limite minimo LCO= 10 m3/h y Lim Min GOGGR2=40m3/h)									
	T3T4	LCO	ULSD	GOGGR2					
Caudal	0	10	31,11	41,11					
Densidad	0,851042623	0,8841	0,845	0,85451107					
Azufre	0,083677495	0,16	0,001	350,486001					
Cloud Point	8,81181575	-1	8	6,23434717					
CPI	5,360163039	2,88882545	5,09291318	4,55676924					
Caso 4 RTO (Limite minimo LCO= 0 m3/h y Lim Min GOGGR2=40m3/h)									
	T3T4	LCO	ULSD	GOGGR2					
Caudal	16,4	2	23,39	41,79					
Densidad	0,85104262	0,8841	0,845	0,84924262					
Azufre	0,08367749	0,16	0,0006	350,003784					
Cloud Point	8,81181575	-1	8	7,99811468					
CPI	5,36016304	2,88882545	5,09291318	5,0923083					

Caso de Optimización en invierno:

	T3T4	LCO	ULSD	GOGGR2					
Caudal	5	15	50	70					
Densidad	0,851042623	0,8841	0,845	0,85381019					
Azufre	0,083677495	0,16	0,0006	357,607939					
Cloud Point	5,691783121	-1	1	0,98724349					
CPI	4,403643809	2,88882545	3,27674319	3,27411086					
Caso 1 RTO (Lim min GoGr2 50m3/h)									
	T3T4	LCO	ULSD	GOGGR2					
Caudal	3,37	10	36,65	50,0					
Densidad	0,851042623	0,8841	0,845	0,85322398					
Azufre	0,083677495	0,16	0,0006	334,492152					
Cloud Point	5,691783121	-1	1	0,99210307					
CPI	4,403643809	2,88882545	3,27674319	3,27511134					
Caso 2 RTO (Lim min GoGr2 40m3/h)									
	T3T4	LCO	ULSD	GOGGR2					
Caudal	3,45	10	34,49	47,94					
Densidad	0,851042623	0,8841	0,845	0,85359089					
Azufre	0,083677495	0,16	0,0006	349,964889					
Cloud Point	5,691783121	-1	1	1,00087197					
CPI	4,403643809	2,88882545	3,27674319	3,2769232					

Bibliografía:

- Manuales de Aspen de DMC y de RTO.
- Documentación y manuales de los sistemas de control.
- Balance de Combustibles de Argentina 2020, 2021, 2022, 2023, 2024.
- Datos de laboratorio de los últimos 3 años.
- Precios considerados en el BP 2024/2025 de la empresa.

Breve Cv de los autores

Título y lugar de estudio: Ingeniera Química, Universidad de Buenos Aires.

Cargo actual en la empresa: Coordinadora del equipo de Control avanzado – Ingeniera de Aplicaciones.

Trayectoria (diferentes empresas en las que hizo su carrera):

2022- Actualidad: Pan American Energy – Ingeniera de Aplicaciones

2018- 2022: Pan American Energy – Ingeniera de Calidad.

2014-2018: Bayer Argentina – Líder Farmaceutico – Planta Pilar.

2012 – 2014: The Clorox Comapany – Analista de Laboratorio, desarrollo de nuevos productos.