



UNIVERSIDAD TORCUATO DI TELLA

TRABAJO FINAL – MAESTRIA EN DIRECCIÓN DE EMPRESAS

APLICACIÓN DE CONTROL
ESTADÍSTICO DE PROCESOS
PARA OPTIMIZACIÓN DE COSTOS
EN LA INDUSTRIA DEL
DOWNSTREAM OIL AND
GAS. MONETIZACIÓN Y
VALUACIÓN DE NUEVO ACTIVO
DE INFORMACIÓN AL NEGOCIO

2020

ESTUDIANTE: SANTIAGO MAYONE

TUTOR: GUSTAVO WERBIN

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi familia por su apoyo incondicional durante todo el desarrollo del MBA.

También agradecer a mis compañeros de equipo por el tiempo dedicado en cada trabajo realizado.

Resumen ejecutivo

El presente trabajo presenta la aplicación de herramientas de control estadísticos de procesos (SPC) y un modelo estocástico para disminuir los costos de calidad en las naftas formuladas en el negocio del Downstream en Oil and Gas. Actualmente, se utiliza un modelo de programación lineal que no contempla variabilidad en los componentes de naftas. De esta manera hay oportunidades de optimización de costos que no se identifican. Aplicar SPC como herramienta complementaria permite medir y tomar acción sobre la variabilidad real de los componentes. En esta industria con gran volumen de producción se justifica aplicar técnicas que permitan gestionar la calidad, ya que cada desvío en un parámetro tiene un gran impacto en el negocio.

Se describen los costos de calidad que se tienen a la hora de formular naftas en el mercado argentino. Luego del análisis de procesos, se aplica control estadístico de procesos a las variables críticas que van a impactar en la calidad. Se desarrolla un modelo estocástico mediante una simulación para determinar el delta de costos de calidad que se podría optimizar. Finalmente, se cuantifica el valor económico de este nuevo activo de información como una ventaja competitiva para el negocio.

Los principales resultados del trabajo son:

- Aplicación de un control estadístico de procesos sobre variables críticas. Esto permite focalizar los recursos en las variables de mayor impacto.
- Cuantificación de costos de calidad utilizando un modelo estocástico vs determinístico. Esta diferencia de costos será el *driver* para tomar acciones que disminuyan la variabilidad de calidad en la producción de componentes.
- Determinación de acciones para capturar las oportunidades de optimización de costos de calidad en la formulación de combustibles.
- Valuación del valor económico (EVI) de la nueva información al negocio. Utilizando esta técnica, la estimación calculada es 5,19 MUSD.



Palabras Clave

SPC, Costos de calidad, EVI.

Contenidos

Agradecimientos	2
Resumen ejecutivo	3
Palabras Clave	4
Lista de tablas.....	7
Lista de figuras	8
Índice comentado	12
Introducción	10
CUERPO TEÓRICO	14
CAPÍTULO 1: INDUSTRIA OIL AND GAS	14
1.1 Historia de la industria en Argentina y Mundial	14
1.2 Cadena de Valor Oil and Gas.....	15
1.2.1 Upstream:	16
1.2.2 Midstream:	20
1.2.3 Downstream:	22
CAPÍTULO 2: ESPECIFICACIONES LEGALES EN COMBUSTIBLES.....	29
CAPÍTULO 3: ESCENARIOS DE PRECIOS DE CRUDO Y PRODUCTOS	31
3.1 Efecto pandemia COVID 19 en el precio de WTI.....	32
CAPÍTULO 4: COSTOS DE CALIDAD.....	34
4.1.1 Clasificación de costos de calidad	34
CAPÍTULO 5: CREACIÓN DE UN MODELO PARA LA TOMA DE DECISIONES	36
5.1.1 ¿Por qué utilizar modelos?	37
5.1.2 Tipos de modelos	37
5.1.3 Modelos Determinísticos vs Estocásticos:	38
5.1.4 Aplicación de modelo de programación lineal.	39
5.1.5 Modelos probabilísticos:	40
CAPÍTULO 6:CONTROL DE PROCESOS.....	40
6.1 Métodos de control estadístico de procesos:.....	41
6.1.1 Gráficas de control para variables	41
6.1.2 Justificación de aplicación a variables críticas.....	47
CAPÍTULO 7: ESTRATEGIA DEL NEGOCIO REFINERO ARGENTINO.....	47
7.1.1 Clasificación de las ventajas competitivas de las empresas	48
7.1.2 Escenario VUCA Oil and Gas Argentino.....	48
CAPÍTULO 8: ACTIVO DE INFORMACIÓN COMO VENTAJA COMPETITIVA.....	51
8.1.1 Métodos para monetizar información	51

8.1.2	Validación de información disponible. Prefactibilidad de implementación	52
8.1.3	Modelos de valuación de activos de información	53
	CUERPO EMPÍRICO	56
	CAPÍTULO 9: ANÁLISIS DEL PROCESO DE REFINACIÓN DE PETRÓLEO	56
9.1	Selección de grupo funcional de procesos para análisis de costo de calidad en naftas	59
9.1.1	Costos de Calidad en una refinería	60
9.1.2	Validación de la información:	60
	CAPÍTULO 10: CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD EN REFINERÍA	61
10.1.1	Selección de componentes	61
10.1.2	Selección de parámetros	62
10.1.3	SPC: Modelo estadístico para análisis sobre componentes de naftas	63
10.1.4	Gráficos de control por variables	63
10.2	Simulación Aromáticos Componente 1 y 2	63
10.2.1	Simulación de Aromáticos en Componente 1 y gráficos de control	63
10.2.2	Simulación de Aromáticos en Componente 2 y gráficos de control	67
10.2.3	Simulación de Benceno en Componente 1 y gráficos de control	70
10.2.4	Simulación de Benceno en Componente 2 y gráficos de control	72
	CAPÍTULO 11: INTEGRACIÓN DE DISTINTOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL ESTADÍSTICOS DE PROCESOS	74
	CAPÍTULO 12: VALUACIÓN DE NUEVO ACTIVO DE INFORMACIÓN EN EL BLENDING DE NAFTA	77
12.1.1	Simulación Impacto de costos de calidad futuros con incertidumbre en la calidad de los componentes	78
12.1.2	Cálculo de propiedades en el blending sin información de incertidumbre.	81
12.1.3	Acciones para monetizar en función de nuevo activo información	81
12.1.4	Aplicación del modelo de valor económico de la información	82
12.1.5	Impacto económico en el negocio	82
12.1.6	Experimento para evaluar significancia estadística de los resultados simulados	85
	Conclusiones	87
	Lista de referencias	89

Lista de tablas

TABLA 1 COSTO DE PERFORAR UN POZO EN ARGENTINA FUENTE: ABECÉ DEL PETRÓLEO Y DEL GAS EN EL MUNDO Y EN LA ARGENTINA. PÁG 93. POR INSTITUTO ARGENTINO DE PETRÓLEO Y GAS (IAPG),2009. DISPONIBLE: HTTPS://WWW.IAPG.ORG.AR/WEB_IAPG/PUBLICACIONES/LIBROS-DE-INTERES-GENERAL/EL-ABECE-DEL-PETROLEO-Y-DEL-GAS . FECHA DE CONSULTA:09/12/2021	19
TABLA 2 SISTEMAS ARTIFICIALES DE BOMBEO. FUENTE: IAPG, ABECÉ DEL PETRÓLEO Y DEL GAS EN EL MUNDO Y EN LA ARGENTINA. PAG 107. POR INSTITUTO ARGENTINO DE PETRÓLEO Y GAS (IAPG),2009. DISPONIBLE: HTTPS://WWW.IAPG.ORG.AR/WEB_IAPG/PUBLICACIONES/LIBROS-DE-INTERES-GENERAL/EL-ABECE-DEL-PETROLEO-Y-DEL-GAS . FECHA DE CONSULTA:09/12/2021	20
TABLA 3 RED OLEODUCTOS ARGENTINA FUENTE: ABECÉ DEL PETRÓLEO Y DEL GAS EN EL MUNDO Y EN LA ARGENTINA. PAG 123. POR INSTITUTO ARGENTINO DE PETRÓLEO Y GAS (IAPG),2009. DISPONIBLE: HTTPS://WWW.IAPG.ORG.AR/WEB_IAPG/PUBLICACIONES/LIBROS-DE-INTERES-GENERAL/EL-ABECE-DEL-PETROLEO-Y-DEL-GAS . FECHA DE CONSULTA:09/12/2021	21
TABLA 4 POLIDUCTOS EN ARGENTINA FUENTE: ABECÉ DEL PETRÓLEO Y DEL GAS EN EL MUNDO Y EN LA ARGENTINA.PAG 122. POR INSTITUTO ARGENTINO DE PETRÓLEO Y GAS (IAPG),2009. DISPONIBLE: HTTPS://WWW.IAPG.ORG.AR/WEB_IAPG/PUBLICACIONES/LIBROS-DE-INTERES-GENERAL/EL-ABECE-DEL-PETROLEO-Y-DEL-GAS . FECHA DE CONSULTA:09/12/2021	22
TABLA 5 PRINCIPALES REFINERÍAS EN EL MERCADO ARGENTINO. FUENTE: INFORMES DE CADENAS DE VALOR N°6 “HIDROCARBUROS”. PAG 18. POR SECRETARÍA POLÍTICA ECONÓMICA, MINISTERIO DE HACIENDA ARGENTINA Y FINANZAS PÚBLICAS ARGENTINA, 2016. ISSN 2525-0221. DISPONIBLE: HTTPS://WWW.ARGENTINA.GOB.AR/SITES/DEFAULT/FILES/SSPE_CADENA_DE_VALOR_HIDROCARBUROS.PDF FECHA DE CONSULTA:09/12/2021	24
TABLA 6 TIPOS DE MODELOS. FUENTE: EPPEN, G. , (2000). INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN LA CIENCIA ADMINISTRATIVA. NEW JERSEY: PEARSON.....	37
TABLA 7 CHECK LIST DE VALIDACIÓN INFORMACIÓN.FUENTE: INFONOMICS (P 70) POR LANEY, D. B. (2018).. NEW YORK: BIBLIOMOTION INC.....	52
TABLA 8 SELECCIÓN DE GRUPO FUNCIONAL CRÍTICO PARA APLICACIÓN SPC. FUENTE : ELABORACIÓN PROPIA.....	59
TABLA 9 APLICACIÓN DE CHECKLIST DE VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN A REFINERÍAS.FUENTE: INFONOMICS (P 70) POR LANEY, D. B. (2018).. NEW YORK: BIBLIOMOTION INC.	61
TABLA 10 SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA SPC.FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	61
TABLA 11 SELECCIÓN DE PARÁMETROS.FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	62
TABLA 12 SIMULACIÓN AROMÁTICOS COMPONENTE 1.FUENTE:ELABORACIÓN PROPIA.	64
TABLA 13 FACTORES PARA CONSTRUCCIÓN DE GRÁFICOS DE CONTROL DE VARIABLES. FUENTE: INTRODUCTION TO STATISTICAL QUALITY CONTROL(P 702) POR MONTGOMERY, D. C. (2009) USA: WILEY.	65
TABLA 14 SIMULACIÓN AROMÁTICOS COMPONENTE 2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	68
TABLA 15 SIMULACIÓN BENCENO COMPONENTE 1. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	70
TABLA 16 SIMULACIÓN DE COMPONENTE BENCENO COMP 2.FUENTE:ELABORACIÓN PROPIA.	72
TABLA 17 SIMULACIÓN EN BLENDING CON INFORMACIÓN DE INCERTIDUMBRE EN LOS COMPONENTES.FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	80
TABLA 18 CÁLCULO DE PROPIEDADES EN EL BLENDING SIN INFORMACIÓN DE INCERTIDUMBRE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	81
TABLA 19 RESUMEN PRODUCCIONES DE NAFTAS AGREGADA Y COMPAÑÍA PROMEDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE MINISTERIO DE ECONOMÍA DE ARGENTINA. HTTPS://WWW.ARGENTINA.GOB.AR/ECONOMIA/ENERGIA/HIDROCARBUROS/REFINACION-Y-COMERCIALIZACION-DE-PETROLEO-GAS-Y-DERIVADOS-TABLAS-DINAMICAS	84
TABLA 20 TEST DE HIPÓTESIS PARA VALIDAR ESTADÍSTICAMENTE EL MODELO PROPUESTO.FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	86

Lista de figuras

ILUSTRACIÓN 1 CADENA DE VALOR OIL AND GAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	15
ILUSTRACIÓN 2 EXTRACCIÓN DE HIDROCARBUROS POR CUENCAS SEDIMENTARIAS FUENTE: “INFORMES DE CADENAS DE VALOR” N°6 “HIDROCARBUROS” (P 30) POR SECRETARÍA POLÍTICA ECONÓMICA, MINISTERIO DE HACIENDA ARGENTINA Y FINANZAS PÚBLICAS ARGENTINA, 2016. ISSN 2525-0221. DISPONIBLE: HTTPS://WWW.ARGENTINA.GOB.AR/SITES/DEFAULT/FILES/SSPE_CADENA_DE_VALOR_HIDROCARBUROS.PDF FECHA DE CONSULTA:09/12/2021	17
ILUSTRACIÓN 3 EQUIPO PERFORACIÓN. FUENTE: “ABECÉ DEL PETRÓLEO Y DEL GAS EN EL MUNDO Y EN LA ARGENTINA. (P 83)” POR INSTITUTO ARGENTINO DE PETRÓLEO Y GAS (IAPG),2009. DISPONIBLE: HTTPS://WWW.IAPG.ORG.AR/WEB_IAPG/PUBLICACIONES/LIBROS-DE-INTERES-GENERAL/EL-ABECE-DEL-PETROLEO-Y-DEL-GAS . FECHA DE CONSULTA:09/12/2021	18
ILUSTRACIÓN 4 YACIMIENTO CONVENCIONAL VS NO CONVENCIONAL FUENTE: “EL ABECÉ DE LOS HIDROCARBUROS EN RESERVORIOS NO CONVENCIONALES. SHALE OIL , SHALE GAS , TIGHT GAS”. (P 11). POR INSTITUTO ARGENTINO DE PETRÓLEO Y GAS (IAPG), 2015. DISPONIBLE: HTTPS://WWW.IAPG.ORG.AR/WEB_IAPG/PUBLICACIONES/LIBROS-DE-INTERES-GENERAL/EL-ABECE-DE-LOS-HIDROCARBUROS-EN-RESERVORIOS-NO-CONVENCIONALES . FECHA DE CONSULTA:09/12/2021	18
ILUSTRACIÓN 5 SISTEMA MECÁNICO DE BOMBEO FUENTE: ABECÉ DEL PETRÓLEO Y DEL GAS EN EL MUNDO Y EN LA ARGENTINA.PAG 109. POR INSTITUTO ARGENTINO DE PETRÓLEO Y GAS (IAPG),2009. DISPONIBLE: HTTPS://WWW.IAPG.ORG.AR/WEB_IAPG/PUBLICACIONES/LIBROS-DE-INTERES-GENERAL/EL-ABECE-DEL-PETROLEO-Y-DEL-GAS . FECHA DE CONSULTA:09/12/2021	20
ILUSTRACIÓN 6 TRANSPORTE DE CRUDO Y PRODUCTOS DERIVADO FUENTE: INFORMES DE CADENAS DE VALOR N°6 “HIDROCARBUROS”. PAG 31. POR SECRETARÍA POLÍTICA ECONÓMICA, MINISTERIO DE HACIENDA ARGENTINA Y FINANZAS PÚBLICAS ARGENTINA, 2016. ISSN 2525-0221. DISPONIBLE: HTTPS://WWW.ARGENTINA.GOB.AR/SITES/DEFAULT/FILES/SSPE_CADENA_DE_VALOR_HIDROCARBUROS.PDF FECHA DE CONSULTA:09/12/2021	23
ILUSTRACIÓN 7 UNIDADES DE PROCESO Y PRINCIPALES PRODUCTOS EN UNA REFINERÍA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	26
ILUSTRACIÓN 8 EXTRACTO ESPECIFICACIONES LEGALES COMBUSTIBLES ARGENTINA NAFTA GRADO 2. FUENTE: HTTP://SERVICIOS.INFOLEG.GOB.AR/INFOLEGINTERNET/ANEXOS/260000-264999/262019/NORMA.HTM	30
ILUSTRACIÓN 9 EXTRACTO ESPECIFICACIONES LEGALES COMBUSTIBLES ARGENTINA NAFTA GRADO 3. FUENTE: HTTP://SERVICIOS.INFOLEG.GOB.AR/INFOLEGINTERNET/ANEXOS/260000-264999/262019/NORMA.HTM	30
ILUSTRACIÓN 10 PRECIO BRENT FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE YAHOOFINANCE.COM	31
ILUSTRACIÓN 11 PRECIO GASOLINAS (RBOB) FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE YAHOOFINANCE.COM	31
ILUSTRACIÓN 12 PRECIO GAS OIL (HEATING OIL)FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE YAHOOFINANCE.COM	32
ILUSTRACIÓN 13 PRECIO NEGATIVO DE FUTUROS DE WTI POR COVID 19 FUENTE: HTTPS://AM.JPMORGAN.COM/US/EN/ASSET-MANAGEMENT/INSTITUTIONAL/INSIGHTS/MARKET-INSIGHTS/MARKET-UPDATES/ON-THE-MINDS-OF-INVESTORS/WHY-ARE-OIL-PRICES-NEGATIVE/ .FECHA 21/04/2020	33
ILUSTRACIÓN 14 CLASIFICACIÓN COSTOS DE CALIDAD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA EN BASE DE GRZYNA, C. (2007). MÉTODO JURAN ANÁLISIS Y PLANEACIÓN DE LA CALIDAD. MÉXICO: MC GRAW-HILL.....	34
ILUSTRACIÓN 15 MODELO PARA TOMA DE DECISIONES FUENTE: ADAPTACIÓN EN BASE A EPPEN, G. (2000). INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN LA CIENCIA ADMINISTRATIVA. NEW JERSEY: PEARSON.	37
ILUSTRACIÓN 16 MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	38
ILUSTRACIÓN 17 APLICACIÓN EN UN MODELO DE TRANSPORTE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	39
ILUSTRACIÓN 18 ESTRUCTURA CONTROL DE PROCESO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	40



ILUSTRACIÓN 19 GRAFICO DE MEDIA PAQUETES GALLETAS[GRAMOS].FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. 42

ILUSTRACIÓN 20 GRAFICO R PARA GALLETAS[GRAMOS].FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA..... 43

ILUSTRACIÓN 21 GRAFICO CONTROL 1 FUERA DE CONTROL.FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. 44

ILUSTRACIÓN 22 GRÁFICO DE CONTROL 2 FUERA DE CONTROL.FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA..... 45

ILUSTRACIÓN 23 GRÁFICO 3 FUERA DE CONTROL.FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. 46

ILUSTRACIÓN 24 GRÁFICO 4 FUERA DE CONTROL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. 46

ILUSTRACIÓN 25 CREACIÓN Y CAPTURA DE VALOR. FUENTE: TAPPATA, M. (2020). VENTAJA
COMPETITIVA - CREACIÓN Y CAPTURA DE VALOR - ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA. NOTAS DE CLASES
UTDT. 47

ILUSTRACIÓN 26 ANÁLISIS DE UN ESCENARIO VUCA PARA LA INDUSTRIA OIL AND GAS. FUENTE:
ELABORACIÓN PROPIA. 50

ILUSTRACIÓN 27 TIPOS DE ANÁLISIS. FUENTE: INFONOMICS (P 83) POR LANEY, D. B. (2018). NEW
YORK: BIBLIOMOTION INC. 53

ILUSTRACIÓN 28 GRUPOS FUNCIONALES DE PROCESOS EN UNA REFINERÍA. FUENTE: ELABORACIÓN
PROPIA. 56

ILUSTRACIÓN 29 CLASIFICACIÓN DE PROCESOS EN GRUPOS FUNCIONALES. FUENTE: ELABORACIÓN
PROPIA. 58

ILUSTRACIÓN 30 GCV COMP1 R AROMÁTICOS.FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. 66

ILUSTRACIÓN 31 GCV COMP1 X RAYA AROMÁTICOS.FUENTE:ELABORACIÓN PROPIA. 67

ILUSTRACIÓN 32 GCV COMP2 R AROMÁTICOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. 69

ILUSTRACIÓN 33 GCV COMP2 X RAYA AROMÁTICOS.FUENTE:ELABORACIÓN PROPIA. 69

ILUSTRACIÓN 34 GCV COMP1 R BENCENO.FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. 71

ILUSTRACIÓN 35 GCV COMP1 X RAYA BENCENO. FUENTE:ELABORACIÓN PROPIA. 72

ILUSTRACIÓN 36 GCV COMP2 R BENCENO.FUENTE:ELABORACIÓN PROPIA. 73

ILUSTRACIÓN 37 GCV COMP2 X RAYA BENCENO.FUENTE:ELABORACIÓN PROPIA. 74

ILUSTRACIÓN 38 SISTEMA DE INFORMACIÓN EN ORGANIZACIÓN FUENTE: MANAGEMENT INFORMATION
SYSTEMS(P 241) POR KENNETH, L. (2018).. INGLATERRA: PEARSON. 75

ILUSTRACIÓN 39 ECOSISTEMA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN.FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA..... 76

ILUSTRACIÓN 40 PRODUCCIÓN GASOLINAS PRINCIPALES PRODUCTORES ARGENTINA POR GRADO.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE MINISTERIO DE ECONOMÍA DE ARGENTINA.
[HTTPS://WWW.ARGENTINA.GOB.AR/ECONOMIA/ENERGIA/HIDROCARBUROS/REFINACION-Y-
COMERCIALIZACION-DE-PETROLEO-GAS-Y-DERIVADOS-TABLAS-DINAMICAS](https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/refinacion-y-comercializacion-de-petroleo-gas-y-derivados-tablas-dinamicas) 83

ILUSTRACIÓN 41 PRODUCCIÓN DE GASOLINAS AGREGADA DE LOS PRINCIPALES PRODUCTORES
ARGENTINA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE MINISTERIO DE ECONOMÍA DE
ARGENTINA.
[HTTPS://WWW.ARGENTINA.GOB.AR/ECONOMIA/ENERGIA/HIDROCARBUROS/REFINACION-Y-
COMERCIALIZACION-DE-PETROLEO-GAS-Y-DERIVADOS-TABLAS-DINAMICAS](https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/refinacion-y-comercializacion-de-petroleo-gas-y-derivados-tablas-dinamicas) 84

Introducción

Los combustibles finales son mezclas de componentes que se producen en las refinerías a partir del petróleo. Cada uno de estos componentes tienen parámetros de calidad diferentes y variables. La naturaleza y variabilidad de cada uno de los compuestos generan desvíos frente a los requerimientos de los clientes. Cada uno de estos desvíos aumentan los costos de la operación.

El aumento de costos asociados a la calidad es un incentivo para poder desarrollar herramientas que permitan gestionar la calidad de los componentes con el objetivo de optimizar la operación.

Planteo del problema

Este proceso productivo es un sistema industrial complejo y dinámico. Se genera una gran cantidad de datos a procesar para obtener información en tiempo real para la toma de decisiones del negocio bajo incertidumbre.

El gran volumen de datos a procesar y las necesidades (cantidad y calidad) de información no se pueden satisfacer solamente con las herramientas de programación lineal actuales. Por lo que cuál, se genera una asincronía entre la información requerida para tomar una decisión en un contexto dado y la información disponible.

Para poder solucionar este problema hay que crear herramientas que permitan representar las interacciones reales (efectos no lineales) en el sistema productivo en tiempo y forma. De esta manera se podrá minimizar los costos asociados a la calidad en la formulación de combustibles.

Justificación

En esta industria con gran volumen de producción se justifica aplicar técnicas que permitan gestionar la calidad, ya que cada desvío en un parámetro tiene un gran impacto en el negocio. Esto incentiva al desarrollo herramientas que permitan optimizar un problema de naturaleza estocástica. De esta manera se podrá medir, controlar y tomar acciones con el objetivo de optimizar los costos de calidad.

Preguntas de investigación

¿Qué procesos productivos dentro del Downstream presentan oportunidades de optimización de costos de calidad en la formulación de combustibles?

¿Qué modelo se adecúa mejor para tratar la no linealidad en la variabilidad de los componentes utilizados en los combustibles?

¿Qué Herramienta permite determinar los principales puntos de control y cómo controlar la variabilidad en la calidad de los combustibles para minimizar costos de calidad?

¿Qué modelos permiten cuantificar el agregado de valor de la nueva información al negocio?

Objetivo general

Obtener una herramienta de naturaleza estadística que permita minimizar los costos de calidad en las formulaciones de combustibles fósiles.

Objetivos específicos

- Mapear los procesos intermedios en la elaboración de combustibles mediante análisis de procesos.
- Priorizar las etapas claves según el impacto el resultado del macro-proceso.
- Generar el control estadístico de procesos en los procesos identificados como críticos.
- Valorizar económicamente la disminución de costos entre la situación actual vs propuesta.

Hipótesis

La hipótesis que se supone es:

“Los costos de calidad contemplando variabilidad en los componentes de naftas son mayores vs componentes de naftas sin variabilidad”

Para poder comprobarlo se realiza una simulación de costos considerando variabilidad en los componentes (modelo estocástico) vs modelo actual (modelo determinístico). Luego se realiza una validación de significancia estadística del modelo por medio de test de diferencia de medias.

Esto permitirá cuantificar el valor de la nueva información y tomar acciones alineadas a capturar estas oportunidades de optimización de costos.

Metodología de investigación

La metodología de investigación se puede sintetizar en 5 etapas:

- Definición del alcance: Se analizará la cadena de valor del Oil and Gas. Dentro de esta cadena de negocios se focalizará en el Downstream, ya que en este eslabón se transforma la materia prima(petróleo) en productos finales(combustibles).
- Análisis de procesos: Dentro de las refinerías existe una gran cantidad de procesos que transforman materias primas en productos. Realizar un análisis riguroso conceptual permite ser eficaces y eficientes en la aplicación de herramientas para la mejora de los procesos. Este paso es fundamental ya que determina donde se produce el mayor impacto en el negocio.
- Exploración de los modelos disponibles: Se analizará los tipos de modelo que existen para representar problemas reales. La aplicación de estos modelos depende de la naturaleza del problema.



- Simulación costos de calidad: generar y correr un modelo probabilístico para cuantificar el impacto de la variabilidad de los componentes en los costos de calidad.
- Valuación económica de la nueva información al negocio: Para poder cuantificar económicamente la nueva información generada con los modelos propuestos, se utilizarán modelos desarrollados recientemente (2018) asociados a la aplicación de tecnologías a negocios.

Esto permite crear valor en industrias maduras como Oil and Gas, mediante la captura de oportunidades generadas en el “Core” del negocio. La aplicación de tecnologías de información posibilita que la operación de las unidades de negocios y áreas corporativas tengan un mayor grado de alineamiento en objetivos de compañía.

Mejorar la capacidad de gestión de costos operativos permite balancear tensiones organizacionales como la rentabilidad de corto plazo y el incremento de habilidades en recursos humanos en el largo plazo.

Índice comentado

En el presente trabajo se realizará una descripción y análisis de la industria del Oil and Gas en Argentina. Puntualmente, se analizará el “eslabón” del Downstream dentro de la cadena de valor. Se desarrollarán los procesos principales asociados a las transformaciones del petróleo en productos de alto valor comercial y la red logística asociada para colocar ese producto en el mercado local.

En esta industria y en el contexto actual, se buscará implementar herramientas para disminuir los costos de calidad en la formulación de combustibles en Refinerías que operen en Argentina. De esta manera se definirán y clasificarán los costos de calidad de manera conceptual y luego se aplicarán al entorno de esta industria.

El incentivo para aplicar estas nuevas herramientas, es aumentar el valor de la firma por el lado de minimización de costos. Así, se generan nuevas capacidades en la compañía que permiten generar una ventaja competitiva.

Para la aplicación de estas herramientas, crearemos un modelo acorde a la naturaleza del problema. Para esto, se realiza un análisis exploratorio de los tipos de modelos existentes y su aplicabilidad para la toma de decisiones bajo incertidumbre.

El paso siguiente es realizar un análisis de los procesos dentro de una refinería. Este Complejo Industrial es un sistema complejo y dinámico por lo que hay que determinar el alcance de aplicación de las herramientas. Se realizará un análisis conceptual para determinar la criticidad de los procesos. Por lo cual, se aplicará control estadístico de procesos (SPC) sobre los elementos definidos como críticos para controlar los costos de calidad.

Luego de definir tipo de modelo y alcance con mayor impacto en el negocio, se realizará una simulación para determinar los costos de calidad con SPC vs modelo actual de programación lineal (sin SPC). De esta manera se determinará el delta de costo que se podrá capturar mediante acciones propuestas.



Finalmente, valuremos el nuevo activo de información. Este nuevo concepto hace referencia a la capacidad de la información de generar ingresos nuevos o reducir costos y riesgos en la operación de un negocio. Se utilizará un modelo de Valor Económico de la Información para su valuación. Esto nos permite cuantificar la monetización de la nueva información por optimizaciones en los costos y su impacto económico en el negocio.

CUERPO TEÓRICO

CAPÍTULO 1: INDUSTRIA OIL AND GAS

1.1 Historia de la industria en Argentina y Mundial

En la historia de la industria petrolera mundial se produjeron varios eventos que influyeron drásticamente en el precio del barril de petróleo. Estas variaciones del precio generan descoordinaciones entre oferta y demanda. Además de las grandes variaciones en el precio, cada evento tiene un evento tiene una velocidad diferente.

Argentina, como se analizará en detalle, posee una red productiva y logística muy extensa. Esto hace que la dinámica del sistema sea muy compleja e interconectada. Desde tener 2 refinerías sin conexión con puertos y mercados cautivos, hasta tener que abastecer terminales distanciadas más de 2000 km desde los centros productivos.

Las variaciones del precio del petróleo y productos con sus diferentes velocidades de cambio combinadas con un sistema de abastecimiento, productivo y logístico muy complejo incentivan a que se desarrollen herramientas que permitan tomar decisiones bajo incertidumbre con el objetivo de maximizar el margen en el largo plazo de la compañía.

A continuación, se detallan hitos mundiales y argentinos relacionados con la industria donde se detalla el impacto en precio y cantidades del petróleo. Se desarrolla sobre el petróleo ya que es la materia principal para la producción de combustibles.

Extraído de IAPG (IAPG, Abecé del Petróleo y del Gas en el mundo y en la Argentina, 2009)

- *“1859: El coronel Edwin Drake perfora por percusión en Titusvillé, Pennsylvania, un pozo de 21 metros que produce un estimado de 1500 litros de petróleo por día. El precio inicial de ese entonces era 10 dólares/barril y su principal subproducto era el kerosene usado para lámparas.*
- *1885: Ing. Carlos Fader, padre del destacado pintor Fernando Fader (1882-1935), funda la Compañía Mendocina de Petróleo, que explota 3 pozos y construye un oleoducto de 40 kilómetros hasta la ciudad de Mendoza. Llegó a procesar hasta 8000 toneladas de petróleo por año antes de cerrar.*
- *1907: Un pozo perforado por percusión y destinado a encontrar agua, comisionado por la División de Minas, Geología e Hidrología del Ministerio de Agricultura, descubre petróleo en Comodoro Rivadavia, a 535 m de profundidad.*
- *1909: Henry Ford introduce el modelo “T”. Su precio inicial de 950 dólares cae luego hasta 290.*
- *1922: Se crea en la Argentina YPF (Yacimientos Petrolíferos Fiscales), la primera empresa petrolera estatal latinoamericana. En esa época la producción nacional abastecía sólo el 36% del consumo.*
- *1930: El septuagenario “wildcater” “Dad” Joiner descubre el gigante East Texas Field (1000 millones de m³ de reservas), lo que, sumado a la depresión económica, llevan el precio del petróleo hasta los 5 centavos de dólar/barril.*
- *Se sanciona en la Argentina la Ley de Petróleo o Ley de Reserva que amplía la reserva de zonas presumiblemente petrolíferas a favor de YPF, con lo que el aporte privado a la producción del país, entonces del 53%, comienza a declinar progresivamente.*
- *1951: Primera crisis petrolera: Irán nacionaliza la Anglo-Iranian Oil Co*

- 1962: se logra por primera vez en la historia argentina, aunque sólo momentáneamente, el autoabastecimiento petrolero.
- 1967: Tercera crisis petrolera. "Guerra de los seis Días" entre Egipto e Israel.
- 1968: Se promulga en la República Argentina la Ley de Hidrocarburos 17.319.
- 1973: Cuarta crisis: Guerra del Yom Kippur y el consiguiente embargo petrolero, que lleva el precio del crudo de 2,9 (septiembre) a 11,65 USD/bbl en diciembre.
- 1977: YPF descubre en Neuquén el gran yacimiento gasífero de Loma La Lata (Vaca Muerta).
- 1979: Quinta crisis petrolera: el barril sube de 13 a 34 dólares.
- 1990: Sexta Crisis petrolera: Irak invade a Kuwait.
- 2008: En el mes de febrero el precio del barril de petróleo en el mercado internacional superó la barrera de los 100 USD."
- 2020: Declarada la pandemia por COVID 19, los precios de futuros de WTI alcanzan valores negativos por la repentina caída de la demanda.

1.2 Cadena de Valor Oil and Gas

La cadena de valor del Oil and Gas se puede dividir en 3 eslabones de negocio. Como muestra la ilustración 1, estas 3 etapas del negocio van desde la obtención del crudo (Upstream), almacenamiento y traslado (Midstream) hasta producción y comercialización por diferentes canales de productos derivados del petróleo (Downstream).

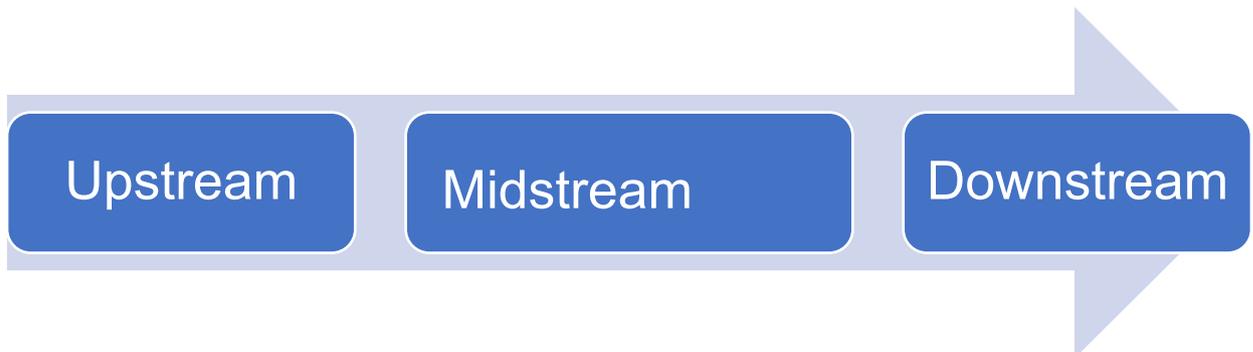


Ilustración 1 Cadena de valor Oil and Gas. Fuente: Elaboración propia

Las empresas petroleras pueden tener diferentes configuraciones. Por un lado, solamente se pueden dedicar a la etapa de perforación y extracción de crudo como es el caso de "Vista". Por otro lado, pueden ser verticalmente integradas en un mercado como es el caso de "YPF" en Argentina donde se tienen las 3 etapas del negocio.

1.2.1 Upstream:

Es el negocio encargado de obtener el crudo desde las cuencas productoras. En Argentina, se produce crudo (principalmente) desde la cuenca neuquina y cuenca Golfo de San Jorge.

1.2.1.1 El petróleo:

Etimológicamente, Petróleo en latín significa aceite de piedra (petra “piedra” y óleum “aceite”). En cuanto a su apariencia, el petróleo puede describirse como un líquido viscoso cuyo color varía entre amarillo y pardo oscuro hasta negro con reflejos verdes. Tiene densidad menor que el agua, por lo que flota sobre ella. Es una mezcla de hidrocarburos, compuestos que contienen en su estructura molecular, principalmente, carbono e hidrógeno.

1.2.1.2 Clasificación:

Estos se clasifican, según su estructura en parafínicos, naftenicos y aromáticos. Los parafínicos, a su vez puede ser lineales o ramificados (isoparafinas)

Según la zona donde se formó el crudo tendremos más proporción de unos compuestos o de otros. Este aspecto es importante por el efecto que tiene sobre el rendimiento del crudo en diferentes productos a obtener en una refinería.

Los crudos se pueden clasificar en base a:

- Composición
- Densidad API
- Curva de destilación
- Contenido de Azufre

1.2.1.3 Localización de Materia Prima: Cuencas sedimentarias argentina Gas natural y Petróleo.

La localización de la materia prima en Argentina es bastante heterogénea tanto en cantidad, calidad y distancia. Como se observa en la Ilustración 2, existen varias cuencas en Argentina. Se observa que las zonas productoras tanto de gas natural como de petróleo se encuentran alejadas de las principales zonas de consumo (Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba). Además, la cuenca Neuquina (principal cuenca del país) se encuentran sin posibilidad de vincularse por un puerto. Esto requiere una gran logística de oleoductos y poliductos para conectar oferta con demanda de productos.

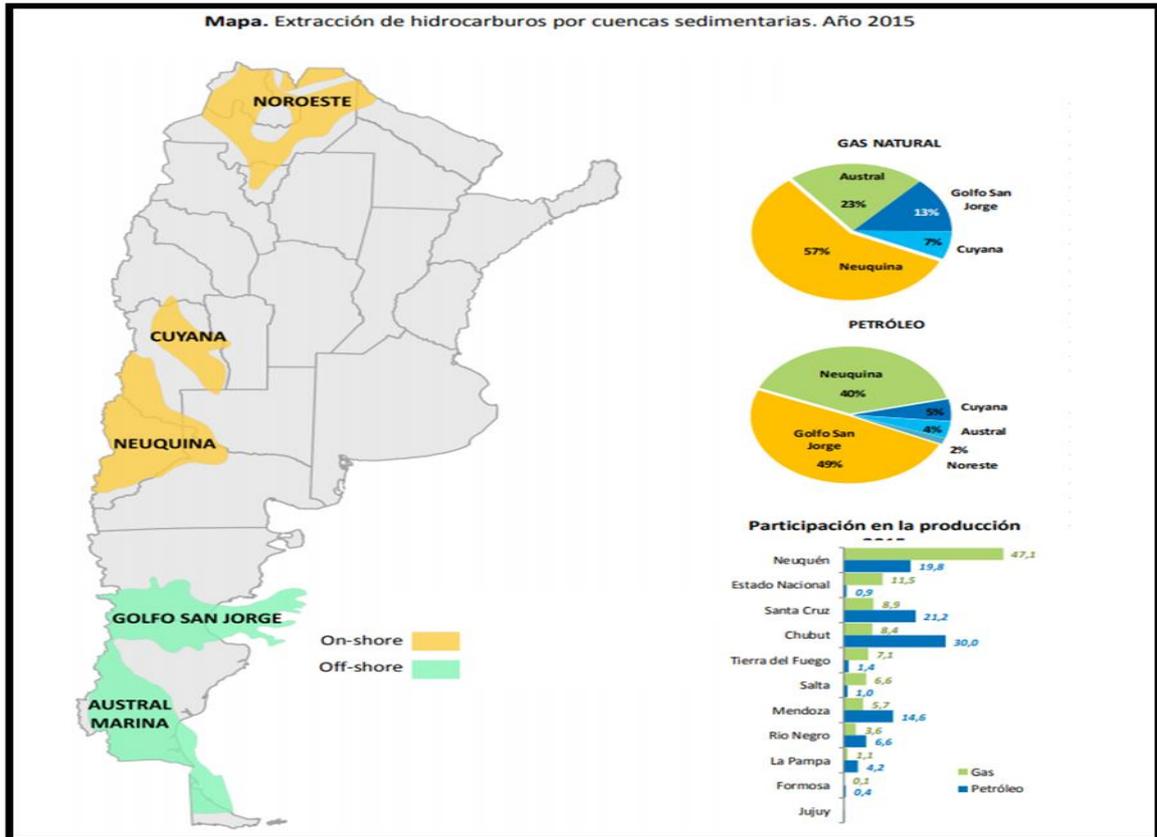


Ilustración 2 Extracción de hidrocarburos por cuencas sedimentarias Fuente: "Informes de cadenas de valor" N°6 "Hidrocarburos" (p 30) por Secretaría Política Económica, Ministerio de Hacienda Argentina y Finanzas Públicas Argentina, 2016. ISSN 2525-0221. Disponible: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspe_cadena_de_valor_hidrocarburos.pdf Fecha de consulta:09/12/2021.

De manera genérica podemos dividir los procesos del Upstream((IAPG, Abecé del Petróleo y del Gas en el mundo y en la Argentina, 2009), en 3 partes:

- **Exploración**
Es el proceso en el cual se realiza la búsqueda o prospección de petróleo y/o gas. Es una etapa que, de ser exitosa, concluye con el descubrimiento de un yacimiento de hidrocarburos.
En esta etapa participan principalmente geólogos y geofísicos, especialistas en ciencias de la tierra.
Se utilizan diferentes técnicas para realizar la exploración: Sísmica, gravimetría y magnetometría, geoquímica de superficie.
Todas estas técnicas poseen complejidad y altos costos en los servicios porque requieren equipamientos de alta tecnología, alta capacitación y especialización de un verdadero equipo multidisciplinario de exploración.
- **Perforación**

La única forma de verificar la existencia de petróleo, aunque después de haber hecho todos los estudios para determinar su probable presencia, es realizar una perforación. En la ilustración 2, se muestra un esquema de un equipo típico de perforación.

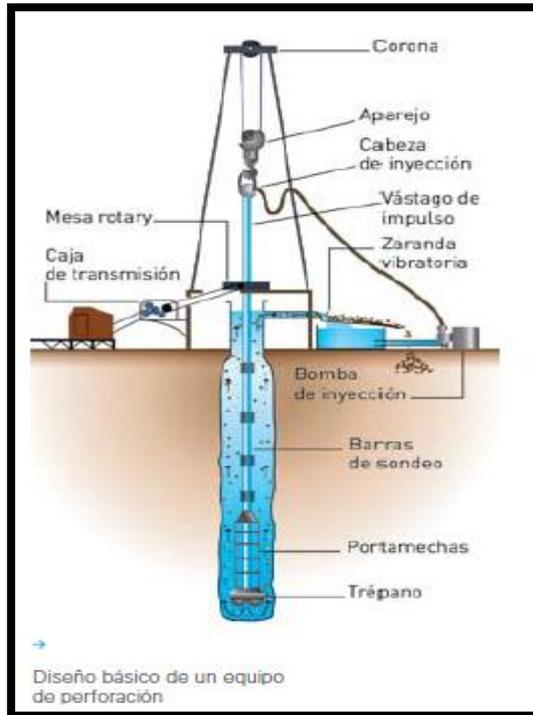


Ilustración 3 Equipo Perforación. Fuente: “Abecé del Petróleo y del Gas en el mundo y en la Argentina. (P 83)” por Instituto Argentino de Petróleo y Gas (IAPG), 2009. Disponible: https://www.iapg.org.ar/web_iapg/publicaciones/libros-de-interes-general/el-abece-del-petroleo-y-del-gas. Fecha de consulta: 09/12/2021

Las perforaciones pueden generar 2 tipos de pozos. Como se ve en la ilustración 3, se puede buscar un reservorio convencional. Este tipo de pozo es vertical donde el petróleo migra desde la roca generadora y queda atrapado en un sello natural. De esta manera al perforar de manera vertical se puede extraer la materia prima. Por otro lado, se puede perforar horizontalmente donde se utiliza la estimulación hidráulica de la roca generadora mediante un fractura con agua, generando un yacimiento no convencional.

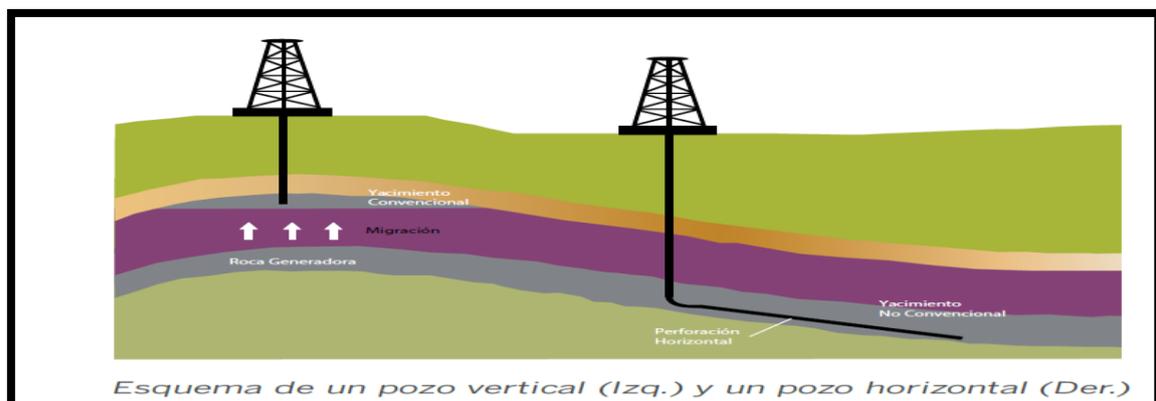


Ilustración 4 Yacimiento Convencional vs No convencional Fuente: “El abecé de los Hidrocarburos en Reservorios No Convencionales. Shale oil , Shale gas , tight gas”. (P 11). por Instituto Argentino de Petróleo y Gas (IAPG), 2015. Disponible: https://www.iapg.org.ar/web_iapg/publicaciones/libros-de-interes-general/el-abece-de-los-hidrocarburos-en-reservorios-no-convencionales. Fecha de consulta: 09/12/2021



1.2.1.4 Costos estimativos de perforar un pozo en Argentina por cuenca:

En la tabla 1, se puede visualizar la variación de los costos de perforación de los crudos en Argentina. Estos costos de perforación impactan fuertemente (junto con los costos de transporte) en el costo total del crudo. Se observa que, según la disponibilidad de crudo por cuenca, la decisión de compra de un crudo u otro impacta en las corridas de las refinерías. Cabe destacar que la calidad de los crudos es diferente en cada cuenca por lo que el costo del mismo también varía en función de este atributo.

Cuenca	Profundidad promedio (MBBP)	Tiempo estimado de operación (días)	Costo aproximado del equipo *(U\$)	Costo aproximado total *(U\$)
Austral-onshore (Tierra del Fuego-Santa Cruz)	3.300	25	636,4	2.100.000
Cuyana (Mendoza)	3.700	30	702,7	2.600.000
Neuquina (Neuquén-Mendoza)	1.400	7	300,0	420.000
Noroeste (Salta-Jujuy)	5.080	284	7.360,2	37.390.000
San Jorge (Chubut-Santa Cruz)	2.000	20	420,0	840.000

Tabla 1 Costo de perforar un pozo en Argentina Fuente: Abecé del Petróleo y del Gas en el mundo y en la Argentina. Pág 93. por Instituto Argentino de Petróleo y Gas (IAPG),2009. Disponible: https://www.iapg.org.ar/web_iapg/publicaciones/libros-de-interes-general/el-abece-del-petroleo-y-del-gas. Fecha de consulta:09/12/2021

- Producción

Finalizada la perforación, el pozo se encuentra listo para empezar a producir, ya sea por surgencia natural o en forma artificial. El hecho de que lo haga de una u otra forma depende de una variada gama de circunstancias (profundidad del pozo, permeabilidad de la roca reservorio, etc.). Cuantas más dificultades encuentre el fluido en su camino a la superficie, mayores serán las posibilidades de que no surja, o de que lo haga en forma intermitente o a bajos caudales. En ese caso resulta necesario instalar equipos artificiales para posibilitar la producción. En Argentina aproximadamente, menos de un 10% de los pozos producen por surgencia natural. En la tabla 2 se muestra la cantidad de pozos y porcentajes de cada tipo de sistema de equipos artificiales. Se puede ver que el sistema más utilizado es el bombeo mecánico.

Sistema	Nº de pozos	%
Bombeo mecánico	13.671	70,05
Bombeo hidráulico	18	0,09
Bombeo electrosumergible	3.071	15,74
Gas lift	156	0,80
Bombeo por cavidades progresivas	2.463	12,62
Plunger lift	138	0,70
Total	19.517	100,00

Tabla 2 Sistemas artificiales de bombeo. Fuente: IAPG, Abecé del Petróleo y del Gas en el mundo y en la Argentina. Pag 107. por Instituto Argentino de Petróleo y Gas (IAPG),2009. Disponible: https://www.iapg.org.ar/web_iapg/publicaciones/libros-de-interes-general/el-abece-del-petroleo-y-del-gas. Fecha de consulta:09/12/2021

En la ilustración 4 se muestra el sistema de bombeo artificial más aplicado. Este sistema, llamado informalmente “cigüeña”, es energizado por un motor eléctrico en la superficie. Este motor mueve el sistema de contra pesos que accionan una varilla vertical para finalmente accionar una bomba de petróleo en el fondo del pozo.



Ilustración 5 Sistema mecánico de bombeo Fuente: Abecé del Petróleo y del Gas en el mundo y en la Argentina.Pag 109. por Instituto Argentino de Petróleo y Gas (IAPG),2009. Disponible: https://www.iapg.org.ar/web_iapg/publicaciones/libros-de-interes-general/el-abece-del-petroleo-y-del-gas. Fecha de consulta:09/12/2021

Midstream:

Es la parte del negocio que se encargar del transporte tanto de crudo como de productos derivados del petróleo. Este envío se realiza principalmente por 2 medios:

1.2.1.5 Buque tanques

- Panamax: Buque petrolero que se ajusta a las dimensiones máximas para cruzar el canal de Panamá hasta 70000 toneladas de peso muerto (TPM)
- Aframax: es un tamaño de buque entre 70000 a 120000 TPM

- Suezmax: Buque petróleo que puede cruzar el Canal de Suez (120000 a 200000 DWT)

1.2.1.6 Conductos

Las instalaciones que envían crudo a las refinerías se llaman Oleoductos y las de producto se llaman Poliducto.

Con el espíritu de dar un orden de magnitud de la extensión y complejidad de la red de los Oleoductos y poliductos en Argentina, se muestra la tabla 3 de la red de oleoductos de Argentina. Como podemos ver el oleoducto de mayor extensión parte desde P.Rosales a La Plata para alimentar la refinería de YPF de La Plata.

Oleoductos						
Desde	Hasta	Empresa	Capacidad (m ³ /d)	Longitud (km)	Diámetro (pulgadas)	Año
Palmar Largo	Juarez	Pluspetrol EP	4000,00	60,00	6	
				30,00	8	
La Ventana	Barrancas-104		7500,00	20,60	12	
Barrancas-104	Agrelo		15500,00	12,00	16	
Agrelo	Destilería Luján de Cuyo		9000,00	13,00	16	
Tupungato	Agrelo	YPF	2680,00	18,50	6	
Puesto Hernández	Aguas del Carrizo					
Aguas del Carrizo	Cerro Divisadero	YPF	10100,00	525,00	16	1989
Cerro Divisadero	Malargüe					
Malargüe	Luján de Cuyo					
Puesto Hernández	Concepción (Ch.)	Oleoducto Transandino S.A.	17000,00	424,00	16	1994
Puesto Hernández	Planta Medaño	Odelval	22100,00	129,60	14	1971
Señal Picada	Catriel Oeste	YPF		18,00	8/6	1982/
Catriel Oeste	Planta Medaño		3120,00	31,00	6/ 4/3	1997/2000
Bajo del Piche	Planta Medaño	YPF		33,00	6/5/4	
25 de Mayo-Medaño	Planta Medaño	Petroquímica C. Rivadavia		7,50	10/8	
Medaño	Planta Medaño Odelval	Petroquímica C. Rivadavia		12,60	3	
Loma Las Yeguas	Loma La Lata	TOTAL	1800,00	24,00	62	
Aguada Pichana	Loma La Lata	TOTAL	1200,00		30	
Entre Lomas	La Escondida Odelval	Petrolera Perez Companc	1800,00	9,80	8	
El Medaño	Allen	Odelval	28800,00	110,00	14/ 16	1969
Loma La Lata	Lindero Atravesado	YPF	5280,00	60,00	6	
Lindero Atravesado	Centenario					
Río Neuquén	Centenario	Río Alto		19,00	8	
Plaza Huincul	Allen	Odelval	4200,00	135,10	10 3/4	1976
Challacó	Allen	Odelval	2900/5600 +2600	112,00	14	1961
Plaza Huincul	Challacó	YPF	10000,00	22,00	10	
Estancia Vieja	Allen	Chevron		42,00	8	
Allen	Puerto Rosales	Odelval	35600,00	513,10	14	1961 1962
P. Rosales	La Plata	YPF	42300,00	595,00	32	1973
Jepenner (Brandson)	Destilería Campana	Ebytem	15840,00	168,00	22	2002
La Plata	Dock Sud	YPF	10000,00	51,00		
Anticlinal Grande	Caleta Cordova	Pan American	8000,00	140,00	12/ 14	
Pampa Castillo	El Trébol	Río Alto	1500,00	15,35	10 3/4	
Los Perales-Las Mesetas	Las Heras			30,00		
Las Heras	Pico Truncado	YPF	1400,00	71,00	10/ 12	
Pico Truncado	Caleta Olivia			89,00	14/ 18"	
Estancia La Maggie	Punta Loyola	Río Alto		160,00	6	1990
Camp.Boleadoras Field	Punta Loyola	Río Alto	5300/ 4200	183,00	10/ 8	1995
María Inés	Punta Loyola	Río Alto	3300,00	156,60	8	1998
El Cóndor	Punta Loyola	Río Alto	1200,00	71,50	6	

Tabla 3 Red oleoductos Argentina Fuente: Abecé del Petróleo y del Gas en el mundo y en la Argentina. Pag 123. por Instituto Argentino de Petróleo y Gas (IAPG),2009. Disponible: https://www.iapg.org.ar/web_iapg/publicaciones/libros-de-interes-general/el-abece-del-petroleo-y-del-gas. Fecha de consulta:09/12/2021

En la tabla 4 se muestran los poliductos. Los poliductos envían varios productos en bombes batch. Los productos tienen una secuencia determinada con interfases de seguridad para no alterar la calidad de ninguno de ellos. El poliducto de mayor capacidad sale desde la Refinería de Luján de Cuyo de YPF y pasa por Villa Mercedes, Montecristo y a llegando Junín.



Poliductos						
Desde	Hasta	Empresa	Capacidad (m ³ /d)	Longitud (km)	Diámetro (pulgadas)	Año
Campo Durán	Chachapoyas		2880			
Campo Durán	General Mosconi	Refinor	5000	1109	12	1960
Campo Durán	Tucumán		5000			
Campo Durán	Montecristo		5000			
Montecristo	San Lorenzo	YPF	10000	379	12	1960
Luján de Cuyo	Villa Mercedes	YPF	17000	338	16/14	1970
Villa Mercedes	Montecristo	YPF	12000	320	14	1970
Villa Mercedes	La Matanza	YPF	5000	699	12	1972
Cañadón Alfa	Cabo Negro	TOTAL	1450	127	6	2000

Tabla 4 Poliductos en Argentina Fuente: Abecé del Petróleo y del Gas en el mundo y en la Argentina. Pag 122. por Instituto Argentino de Petróleo y Gas (IAPG), 2009. Disponible: https://www.iapg.org.ar/web_iapg/publicaciones/libros-de-interes-general/el-abece-del-petroleo-y-del-gas. Fecha de consulta: 09/12/2021

Como podemos ver para poder conectar las demandas con las ofertas de combustible, Argentina tiene una extensa red de oleoductos y poliductos ya que su principal característica es tener la materia prima lejos de los principales centros de consumo urbano de combustibles.

1.2.2 Downstream:

Este negocio es el encargado de refinar y comercializar los productos obtenidos del crudo como, por ejemplo: Gasolinas y Gas Oil Automotor. En el presente trabajo vamos a focalizarnos con mayor detalle en esta etapa del negocio.

1.2.2.1 Localización de Refinerías y sistema logístico principal en Argentina

En cuanto a localización de los Complejos industriales podemos ver que también tienen una distribución heterogénea. Como muestra la ilustración 6, Las refinerías de La Plata YPF, Dock Sud (Shell) y Campana (Axió) se ubican en zonas con acceso a puerto y localizadas cercanas a la mayor demanda del país de combustibles para el parque automotor. Esto facilita, en una primera instancia, la logística de crudo por oleoducto para las 3 refinerías. Por otro lado, al estar cerca de la demanda permite abastecer con bajos costos logísticos por transporte terrestre los principales centros de consumo.

La refinería de Luján de Cuyo de YPF está ubicada lejos de los principales centros de consumo. Esto provoca que los excedentes de productos que tiene luego de abastecer su zona de influencia, sean transportados por poliducto atravesando San Luis, Córdoba y Buenos Aires.

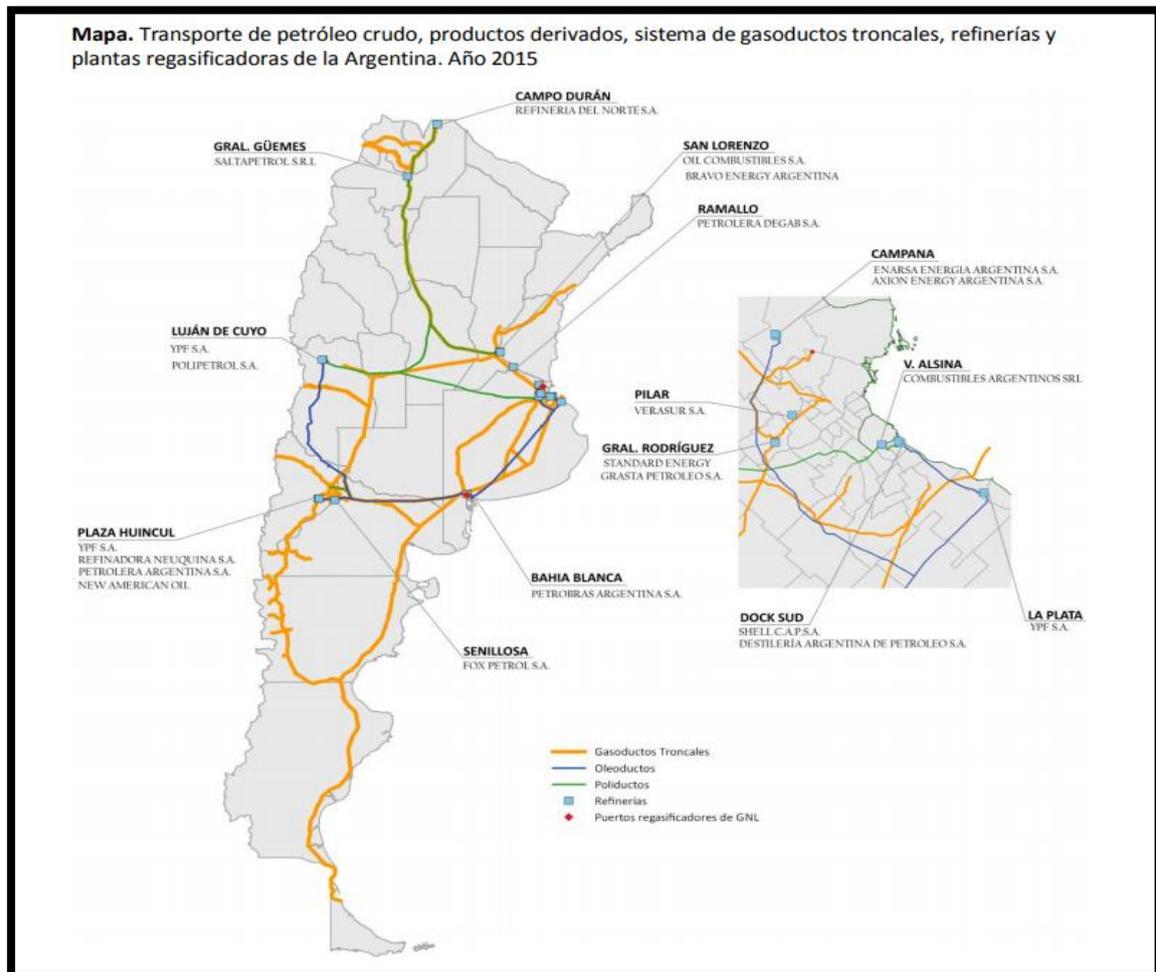


Ilustración 6 Transporte de crudo y productos derivado Fuente: Informes de cadenas de valor N°6 "Hidrocarburos". Pag 31. por Secretaría Política Económica, Ministerio de Hacienda Argentina y Finanzas Públicas Argentina, 2016. ISSN 2525-0221. Disponible: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspe_cadena_de_valor_hidrocarburos.pdf Fecha de consulta:09/12/2021.

1.2.2.2 Principales Refinerías en el mercado argentino

A continuación, se describe la capacidad de procesamiento de crudo en los 4 principales centros de refinación de Argentina. La tabla 5 nos muestra que hay un complejo con el mayor procesamiento del país que es la refinería de La Plata de YPF. Esta Refinería se caracteriza por tener un complejo de lubricantes muy importante y 2 unidades de FCCU (ver descripción en unidades de proceso) que permiten la formulación de un gran volumen de naftas y abastecer importantes centros de consumo como La Matanza.

Luego, hay 3 refinerías con procesamientos prácticamente semejantes. Estas refinerías no son iguales en su configuración interna pero los procesos principales de refinación, conversión, upgrading y blending son parecidos. La mayor diferencia es su modo de abastecimiento de crudo. YPF en Luján de cuyo solo puede abastecer por oleoducto, mientras que Shell en Dock Sud y Axion en Campana pueden abastecer mediante oleoducto y barcos. Esta posibilidad bi modal permite procesar crudos de diferentes calidades.

Refinería	Empresa	Capacidad Procesamiento crudo anual [Mm3]	Provincia	Año de inauguración
La Plata	YPF	10,97	Buenos Aires	1925
Luján de Cuyo	YPF	6,27	Mendoza	1940
Dock Sud	Shell	5,8	Buenos Aires	1931
Campana	Axion	5,04	Buenos Aires	1911

Tabla 5 Principales Refinerías en el mercado argentino. Fuente: Informes de cadenas de valor N°6 "Hidrocarburos". Pag 18. por Secretaría Política Económica, Ministerio de Hacienda Argentina y Finanzas Públicas Argentina, 2016. ISSN 2525-0221. Disponible: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspe_cadena_de_valor_hidrocarburos.pdf Fecha de consulta:09/12/2021.

1.2.2.3 Refinería

Una Refinería es un Complejo Industrial con una configuración compleja y dinámica para poder procesar el crudo y obtener productos de interés comercial. A continuación, se desarrolla un diagrama de flujo de una refinería en Argentina con los 4 procesos funcionales asociados: Refinación, Conversión, Upgrading y Blending. Luego se resume brevemente cada uno de los procesos focalizando la descripción en los componentes principales que producen para formular los productos finales.

1.2.2.3.1 Crudo y Principales Productos

A continuación, se explicarán algunos conceptos importantes para el desarrollo del trabajo y la creación del modelo que explicará donde están las oportunidades de optimización de costos de calidad dentro de una refinería.

Crudo: es una mezcla de hidrocarburos de origen fósil. Esta materia prima se refina obteniendo diferentes productos.

Propano: es un hidrocarburo de cadena corta (3 átomos de carbono). Es un producto que está presente en el crudo y además se genera en los diferentes procesos dentro de la refinería.

Propileno: es un hidrocarburo de 3 átomos de carbono. Su principal objetivo es materia prima para la petroquímica en la obtención de polipropileno.

Butano: Es un hidrocarburo de 4 átomos de carbono. Al igual que el propano es generado como subproducto de la refinería y se vende como butano comercial.

Naftas automotor: Combustibles aptas para motores de combustión interna. En general son utilizadas en automóviles en el mercado retail.

Jet A-1: Combustible de avión con turbinas.

Gas oil Automotor: Combustible apto para motores de combustión interna. Utilizada tanto en autos particulares como en transporte de personas o bienes.

Fuel Oil: Es un combustible utilizado para grandes motores Diesel (barcos) y para generación de energía en calderas

Coke: es un sub producto de la refinación de petróleo. Se comercializará para ser utilizado principalmente como combustible sólido o para la generación de electrodos de acero y/o aluminio.

Como se observa en la Ilustración 8, se analiza una refinería como un sistema de caja negra podemos ver que la principal entrada es el crudo como principal materia prima. Luego tenemos los diferentes productos como salidas.

Si se modela con un mayor grado de detalle, se puede dividir en unidades de procesos las cuales tienen diferentes objetivos dentro del Complejo Industrial. A su vez hay otros Complejos externos integrados al sistema como puede ser una Central térmica que entrega vapor a la refinería para accionar turbinas y recibe agua tratada para generar vapor.

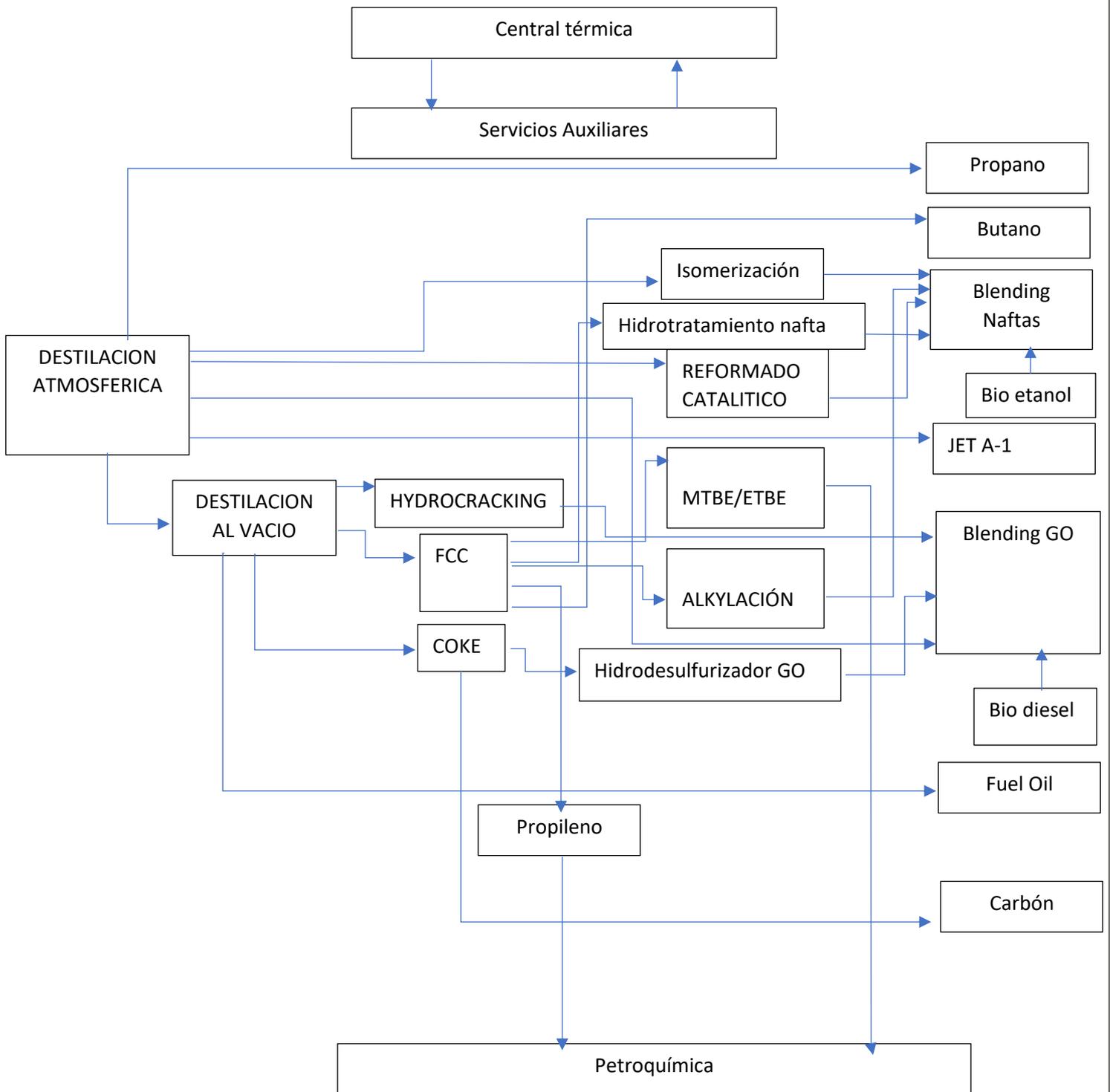


Ilustración 7 Unidades de proceso y principales productos en una refinería. Fuente: Elaboración propia.



A continuación, se describirán brevemente las unidades de proceso que hay en una refinería. Esto es importante porque cada unidad de proceso tiene un objetivo particular dentro del sistema. De esta manera podemos clasificarlas según la función que tienen y armar un modelo que represente de manera eficaz y eficiente cómo varían los costos de calidad y que acciones se puede tomar para minimizarlos.

1.2.2.3.2 Unidades de proceso

1.2.2.4 Destilación atmosférica y vacío

El crudo ingresa a la refinería e ingresa en una torre que se llama “destilación atmosférica”. El objetivo de esta unidad es separar los diferentes hidrocarburos en un proceso sin reacción química y en condiciones atmosféricas. Por la cabeza de la torre salen los productos más livianos como propano y butano. Por extracciones laterales salen otros productos como naftas y kerosene (luego se transformará en combustible de avión) y Gas Oil. Por el fondo de la torre sale un producto pesado que va a tener que ser procesado en otra torre llamada torre de vacío.

1.2.2.5 Hidro-cracker:

Este proceso hidrocraquea (con H₂ en condiciones de Presión y Temperatura de alta severidad), Gas Oil liviano de vacío proveniente de la destilación al Vacío con el objetivo de obtener Jet A-1 “combustible de avión” y Gas oil Automotor. Conceptualmente, esta reacción “corta” las cadenas largas de hidrocarburo para obtener cadenas más cortas que cumplan con las especificaciones de combustibles comerciales.

1.2.2.6 FCC: Fluid Cracking Catalytic (Crackeo catalítico fluido)

Es una de las unidades más complejas dentro de una refinería en cuanto a procesos, equipos, dinámica de lazos de control, Parada y Puesta en marcha de la unidad.

El objetivo principal de esta unidad de proceso es transformar un corte de bajo valor agregado como Gas oil Pesado de Vacío o VGO (Vacuum Gas oil) en productos de alto valor agregado como propileno, isobutileno, isobutano y nafta. En general, las unidades de FCC están orientadas a producir naftas (aprox 50% V rendimiento en nafta/carga).

1.2.2.7 Coke:

Esta unidad procesa el residuo del vacío (corriente de fondo de la destilación al vacío). El objetivo que tiene es romper las moléculas a altas temperaturas con el fin de producir principalmente Diesel Oil. También produce gases, LPG, naftas y carbón, pero no es el objetivo de la unidad. El carbón producido es un producto secundario formado principalmente por hidrocarburos aromáticos condensados.

1.2.2.8 Hidrodesulfurizadores de nafta y Gas oil

Son unidades que tienen como objetivo acondicionar cargas con ciertos compuestos como Azufre, Nitrógeno y Oxígeno para ser procesadas en una unidad aguas abajo o directamente para ser utilizadas en el blending de producto final. Para este hidrotratamiento se utiliza Hidrogeno.

1.2.2.9 Isomerización

Objetivo: cambiar la forma molecular de la nafta liviana (molécula lineal a una isomerada) para mejorar sus propiedades como componente de nafta.

1.2.2.10 Reformación Nafta

Objetivo: convertir la nafta pesada de bajo octano a nafta con alto octanaje. Es una fuente importante de componente de naftas en toda refinería junto con la nafta de FCC.



1.2.2.11 MTBE/ETBE

Objetivo: transformar isobutileno (es una especie de C4 generado principalmente por FCC) con metanol (MTBE) o etanol (ETBE) en una componente de nafta.

Nota: C4 se denomina a las moléculas de hidrocarburo con 4 átomos de carbono. Tipos de especies de C4 son: butano, isobutileno, butadieno e Isobutano. En la operación de las refinerías: el butano se vende comercialmente, isobutileno es usado en MTBE/ETBE y el butadieno e Isobutano se usan para generar Alkylato.

1.2.2.12 Alkylación

Objetivo: transformar butadieno (otra especie C4) e Isobutano (otra especie de C4) en Alkylato. Este compuesto es un componente de naftas en el blending.

1.2.2.13 Blending de naftas y Gas Oil

Es un parque de tanques y bombas con todos los componentes disponibles de naftas y Gas Oil para la formulación de combustibles. El objetivo es entregar producto en especificación con el menor GIVE AWAY (conocido como “regalo de calidad”) posible. En algunas refinerías la producción de Gas Oil es en línea, por lo que el ajuste de calidad es más crítico.

1.2.2.14 Servicios auxiliares

Son plantas de tratamiento de efluentes, producción de vapor (calderas), tratamiento de agua y osmosis inversa. También incluye aire de instrumentos e industrial.

1.2.2.15 Petroquímica

Es una unidad de negocio que tiene fuerte relación con las Refinerías. Puede estar integrada con la Refinería en una misma compañía o puede ser otras compañías. La petroquímica toma materia prima desde la refinería (algunas especies de hidrocarburo de carbono principalmente C3 y C4) y devuelve las corrientes de hidrocarburo que no utiliza. Los productos químicos son de un alto valor agregado.

Los principales productos de la petroquímica son: polipropileno, Solventes, Polibutenos, LAB, LAS, Metanol, etc.

1.2.2.16 Bio combustibles:

1.2.2.16.1 Bio etanol:

Es un compuesto que proviene de la caña de azúcar o maíz. El porcentaje a incorporar a las naftas está fijado por ley nacional de combustibles.

1.2.2.16.2 Bio Diesel:

Es un producto que es producido en Argentina mediante la soja (principalmente) como materia prima. Este vegetal (con ciertas operaciones previas de acondicionamiento) entra en un proceso químico llamado transesterificación mediante la combinación de Metanol (es un alcohol con un solo átomo de carbono) y da como resultado Biodiesel o FAME (Fatty Acid Methyl Esters)



CAPÍTULO 2: ESPECIFICACIONES LEGALES EN COMBUSTIBLES

Para poder vender los productos, hay que cumplir con las especificaciones legales de los diferentes mercados.

En el presente trabajo se analizarán los costos de calidad asociados a las formulaciones de naftas. Para poder determinar los costos de calidad que se tienen mediante simulación debemos tener los valores a cumplir en las especificaciones legales. De esta manera se va a poder determinar el delta propiedades entre el valor obtenido y requerido. Este desvío de calidad generará costos de calidad.

Se adjuntan las especificaciones legales sobre las Naftas grado 2 (ilustración 8) y Grado 3 (ilustración 9) que son el objetivo de este trabajo según resolución 1283/2006. Se analizarán los parámetros que aparecen en estas 2 ilustraciones, ya que son las especificaciones legales a cumplir:

- Destilación 10%, 50%, 90%, Punto final: son los porcentajes de evaporados que se obtienen por medio de destilación. Un punto final de 225 °C, significa que la molécula más pesada dentro de la nafta “destila” a 225°C. Estas propiedades de “curva” son todas especificaciones de máxima por lo que las formulaciones reales no pueden pasar estos valores.
- Benceno y aromáticos: es el porcentaje en volumen que puede tener como máximo las naftas finales.
- Plomo y manganeso: son contaminantes que no admitidos en las naftas. No están asociados a procesos productivos dentro de las refinerías.
- RON y MON: son la capacidad antidetonante de las naftas, probadas en un motor patrón. Están asociada al rendimiento de la nafta en la combustión dentro del motor. Estas especificaciones son de mínima por lo que no se puede vender producto por debajo de estos 2 valores respectivamente.
- Azufre: es la concentración en masa que puede tener la nafta. Mientras menos sea su contenido la nafta durante la combustión genera menos compuestos azufrados.
- Contenido de oxígeno y contenido de bio-etanol: el contenido de oxígeno en las naftas está asociado al aporte de Etanol. La incorporación de este bio combustible está regulado por legislación y debe ser del 12% en volumen. Por eso en la especificación este valor aparece como min 12%v y max 12%v



NAFTA GRADO 2				
Parámetro	Especificación		Unidad	Ensayo
	mínimo	máximo		
Destilación	10 %	70	°C	ASTM D 86
	50 %	120		
	90 %	190		
	Punto final	225		
Benceno		1	ml/100ml	IRAM IAP 6560 o ASTM D 6839
Aromático		40	ml/100ml	ASTM D 6839
Plomo (1)		5	mg/l	IRAM 6521
Manganeso (1)		2,5	mg/l	ASTM D 3831
RON	93			ASTM D 2699
MON	83			ASTM D 2700
Azufre (2)		150	mg/kg	ASTM D 5453 o D 2622
Oxígeno		4,5	% peso	ASTM D 4815 o D 6839
Contenido de Bioetanol		12	ml/100ml	ASTM D 6839

Ilustración 8 Extracto Especificaciones legales combustibles Argentina Nafta Grado 2. Fuente: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/260000-264999/262019/norma.htm>

NAFTA GRADO 3				
Parámetro	Especificación		Unidad	Ensayo
	mínimo	máximo		
Destilación	10 %	70	°C	ASTM D 86
	50 %	120		
	90 %	190		
	Punto final	225		
Benceno		1	ml/100ml	IRAM IAP 6560 o ASTM D 6839
Aromático		40	ml/100ml	ASTM D 6839
Plomo (1)		5	mg/l	IRAM 6521
Manganeso (1)		2,5	mg/l	ASTM D 3831
RON	97			ASTM D 2699
MON	85			ASTM D 2700
Azufre (2)		50	mg/kg	ASTM D 5453 o D 2622
Oxígeno		4,5	% peso	ASTM D 4815 o D6839
Contenido de Bioetanol		12	ml/100ml	ASTM D 6839

Ilustración 9 Extracto Especificaciones legales combustibles Argentina Nafta Grado 3. Fuente: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/260000-264999/262019/norma.htm>

CAPÍTULO 3: ESCENARIOS DE PRECIOS DE CRUDO Y PRODUCTOS

Como se observa los precios, tanto del Crudo (principal materia prima) como principales productos del Downstream, presentan una gran variabilidad. En las ilustraciones 10, 11 y 12 podemos ver los marcadores utilizados para visualizar el precio de crudo Brent, RBOB (Marcador Gasolinas) y Heating Oil (Marcador Gas Oil). Analizando las 3 ilustraciones, se observa que el precio de Brent impacta directamente en el precio internacional de los productos. Se puede visualizar 3 grandes eventos que generaron una variación de precios significativa:

- 2008: La organización de Países Exportadores de petróleo (OPEP), disminuye la oferta de combustibles por expectativas de baja demanda de combustible por la crisis subprime en EEUU.
- 2015: El auge de la producción de Shale oil de EEUU, genero una oferta muy grande de petróleo en el mercado. Esto hizo que los precios de referencia de crudo cayeran.
- 2020: Debido a la Pandemia por COVID 19, la demanda de combustibles cayó a niveles mínimos históricos.

Brent

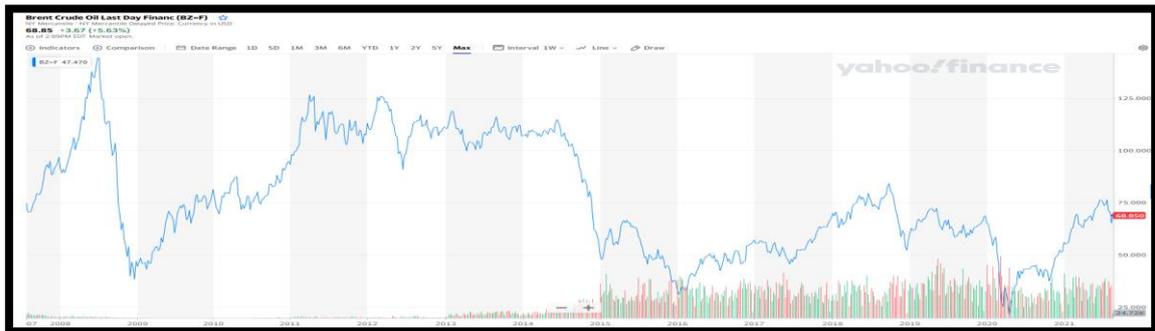


Ilustración 10 Precio Brent Fuente: Elaboración propia con datos de yahoofinance.com

Gasolinas (RBOB)

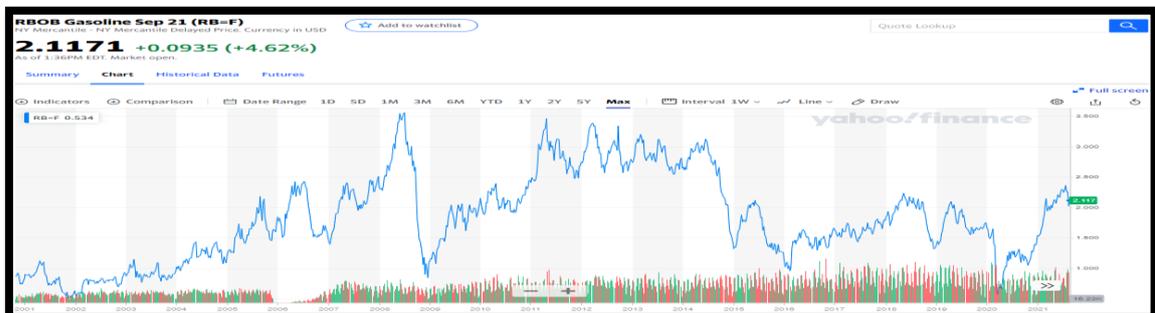


Ilustración 11 Precio Gasolinas (RBOB) Fuente: Elaboración propia con datos de yahoofinance.com

Gas oil (Heating Oil)



Ilustración 12 Precio Gas oil (Heating Oil) Fuente: Elaboración propia con datos de yahoofinance.com

4.1 Efecto pandemia COVID 19 en el precio de WTI

Según Alex Dryden de JP MORGAN (21/04/2020) “A principios de esta semana, los precios del petróleo se volvieron negativos por primera vez en la historia, con el WTI cotizando tan bajo como -37 USD el barril. A la luz del fenómeno aparentemente imposible, muchos inversores se preguntan por qué es posible algo así. Para responder a esto, uno debe comprender los problemas a los que se enfrentan los mercados petroleros en este momento: caída de la demanda, oferta inestable y almacenamiento limitado.

- **Caída de la demanda:** si bien la demanda de petróleo ya estaba bajo presión debido a la desaceleración del crecimiento chino, el repentino choque económico mundial causado por COVID-19 ha provocado un colapso de la demanda de petróleo. La Agencia Internacional de Energía (AIE) predice que la demanda mundial de petróleo caerá en un récord de 9,3 millones de barriles por día en 2020 en comparación con el año pasado. Gran parte de esta destrucción de la demanda ocurrirá en los próximos 2 meses, con una caída de la demanda de 20 millones de barriles por día en abril y mayo.
- **Oferta rígida:** después de un desacuerdo inicial en marzo, los principales productores de petróleo acordaron reducir la producción en un récord de 9,7 millones de barriles por día a partir del 1 de mayo, y se esperan más recortes en los próximos 12 meses. Sin embargo, lleva tiempo implementar recortes de producción y el cumplimiento entre países no está garantizado.
- **Almacenamiento limitado:** los desequilibrios entre la oferta y la demanda de petróleo son comunes. Normalmente, cualquier exceso de oferta de petróleo se colocaría en instalaciones de almacenamiento y el propietario esperaría a que el mercado regresara al equilibrio. Sin embargo, las instalaciones de almacenamiento de petróleo ya están llenas en más del 70% en comparación con el 40% a principios de año y se prevé que estén completamente llenas a mediados de 200 según los niveles de producción actuales.”

”

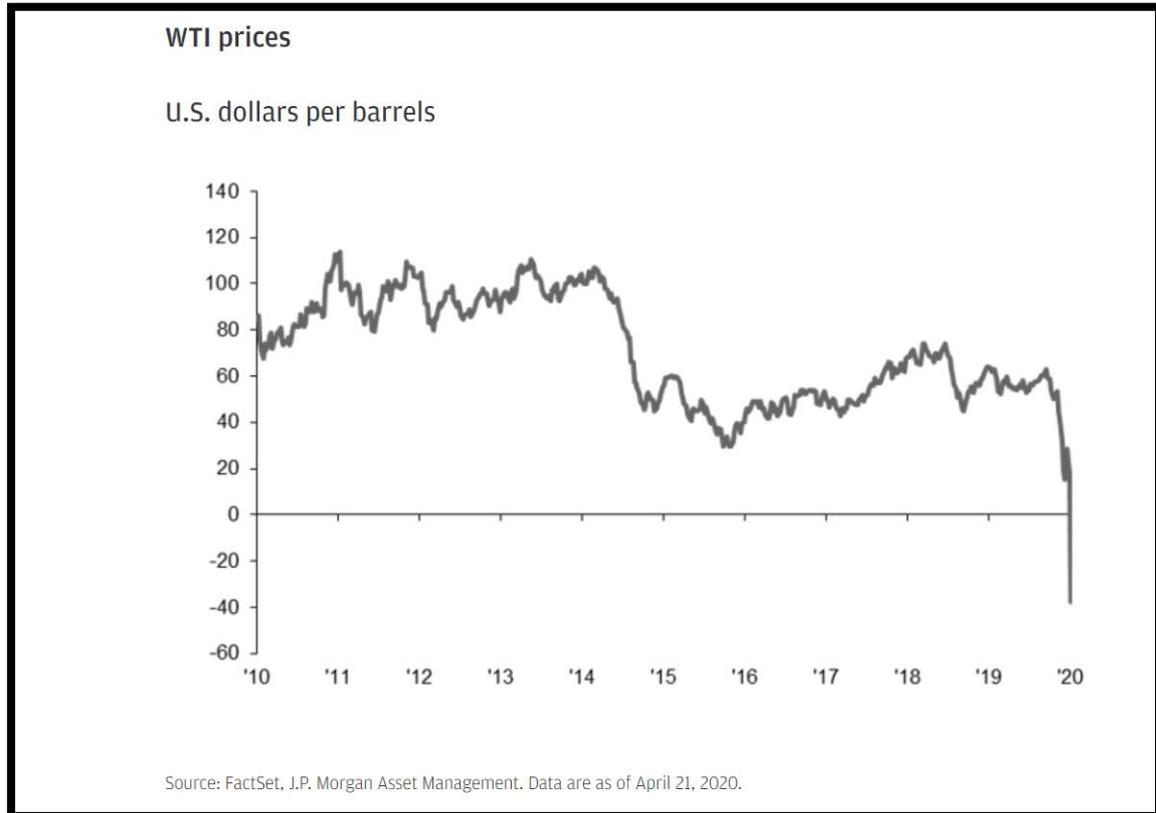


Ilustración 13 Precio Negativo de Futuros de WTI por Covid 19 Fuente: <https://am.jpmorgan.com/us/en/asset-management/institutional/insights/market-insights/market-updates/on-the-minds-of-investors/why-are-oil-prices-negative/>. Fecha 21/04/2020

Frente a esta volatilidad en los precios del crudo y los productos, desarrollar herramientas que permitan gestionar la variabilidad de los productos permite disminuir costos y de esta manera mejorar el margen del negocio.

Como resumen de los primeros capítulos de este trabajo, se realizó un análisis de la industria del Oil and Gas en Argentina. Para eso se describió la cadena de valor: Upstream-Midstream-Downstream. Se caracterizaron brevemente procesos e infraestructura asociados a cada eslabón. Puntualmente se describió, dentro del Downstream, qué es y como está compuesta una refinería de crudo. Dentro de este complejo industrial, se analizó: materia prima, productos, procesos productivos, especificaciones legales a cumplir y escenarios de precios tanto de crudo como productos.

A continuación, se definirán qué son los costos de calidad y su clasificación general. De esta manera, se tendrá un marco conceptual de que tipos de costos de calidad se tendrán en las formulaciones de naftas dentro de una refinería.

Luego, para realizar la cuantificación de estos costos de calidad, se introducirá el concepto de modelo para toma de decisiones. Así, se visualizará que cada tipo de modelo sirve para una naturaleza de problema a resolver. Poder elegir, diseñar, implementar y mantener un modelo es un desafío en sí mismo.

CAPÍTULO 4: COSTOS DE CALIDAD

Tratar de definir qué son los costos de calidad es todo un desafío. Un concepto apropiado es:

“El costo de la mala calidad es la pérdida anual monetaria de los productos y procesos que no logran sus objetivos de calidad” (Gryna, 2007).

Es importante la medida de los costos de la calidad por diferentes motivos:

- Respuesta eficaz a clientes frente cambios de contexto. En escenarios complejos con alta incertidumbre (Por ej. en precios de materias primas y productos), tener mapeados y evaluados los diferentes factores que afectan a la calidad en el producto es una ventaja competitiva como activo de información.
- Es una fuente de reducción de costos. Cuando se conforman grupos multidisciplinarios (Comercial, Operaciones, Finanzas, Logística, etc.) dentro de las empresas para trabajar en cómo mejorar la calidad (tanto de los productos y/o servicios ofrecidos al mercado) surgen oportunidades de mejora de gran impacto.
- Permite mejorar la relación con los clientes. Medir las diferencias entre producto real vs especificación permite entender de manera aproximada la disposición a pagar del cliente.
- Es una herramienta de mejora continua de la organización. Saber el nivel de calidad actual, permite optimizar el ciclo de planificación a nivel operativo como estratégico.

5.1.1 Clasificación de costos de calidad

En general se definen 4 categorías para clasificar los costos de calidad. En la ilustración 14, se muestran las diferentes categorías por (Gryna, 2007).

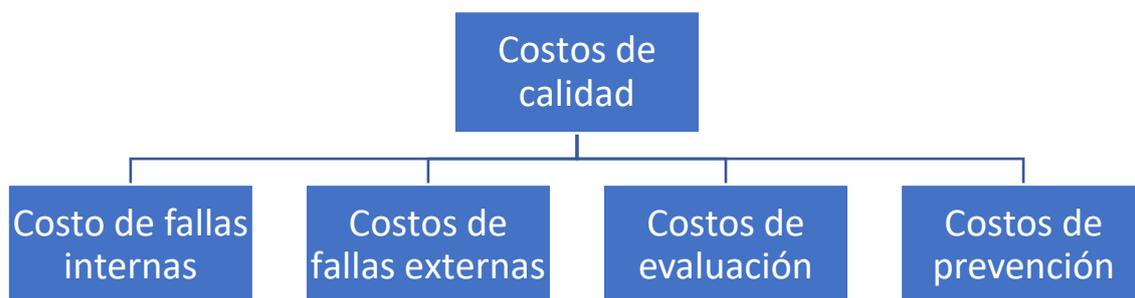


Ilustración 14 Clasificación Costos de Calidad. Fuente: elaboración propia en base de Gryna, C. (2007). Método Juran Análisis y planeación de la calidad. México: Mc Graw-Hill..

5.1.1.1 Costos de Fallas Internas

Los costos de fallas internas son costos asociados desvíos en el cumplimiento de las especificaciones requeridas por el cliente dentro de la organización. Incluyen además los costos de re-procesos.

Ejemplos de costos de fallas internas podemos encontrar:

- Re trabajos por ineficiencias en la producción: al generarse desvíos en los productos se deben reprocesar (si existe la posibilidad) para cumplir con los requisitos del cliente. Además de los costos operativos asociados al reproceso puede generar demora en las entregas, gestión de stocks costosas o pérdidas de ventas.
- Duplicación de información: tener varios sistemas de información que convivan genera costos de procesamiento de los datos para generar información para la toma de decisiones.
- Desperdicios: Estos desechos se generan en la operación. Estos contemplan horas extras de personal o consumo extra de material. Hay que tratar de minimizarlos.
- Variabilidad de las características en el producto: La dispersión en la calidad tiene un costo aún cuando no haya un desvío en el cumplimiento de la especificación del cliente. Este es el caso de entregar mayor grado de calidad que lo requerido. Un ejemplo de esto es sobrellenar botellas de gaseosas durante su fraccionamiento.

5.1.1.2 Costos de Fallas Externas

Estos costos se generan cuando el cliente ya recibió el producto con un desvío. Dentro de estos costos se tiene:

- Pérdida de clientes actuales y potenciales: no cumplir con lo pactado genera desconfianza en el cliente. También puede ser que nuestro cliente use el producto que se produce en nuestra organización como materia prima para su propio producto. Esto puede traerle pérdidas de clientes a él, generando una destrucción de valor en toda una cadena productiva.
Multas y Juicios: se puede incurrir en penalidades o conflictos judiciales por no cumplir con las especificaciones. Esto genera un impacto negativo en la imagen de la compañía.

5.1.1.3 Costos de Evaluación

Son los costos asociados a medir el grado de cumplimiento de los requisitos de calidad. Dentro de estos costos se tiene:

- Costos de inspección: son costos asociados a los controles de calidad. Estos costos se generan en todas las estrategias de control de calidad desde inspección 100%.
- Costo de sistema de gestión de calidad: todos los costos al sistema de gestión de calidad desde el diseño, implementación, mantenimiento y supervisión. Auditorías de calidad tanto internas como externas.

5.1.1.4 Costos de Prevención

Se incurre en los costos de prevención para mantener al mínimo los costos de fallas y evaluación.

- Capacitación: Preparar y dirigir programas de capacitación relacionados con la calidad.
- Evaluación de calidad de los proveedores: Evaluar las actividades de calidad de los proveedores antes de seleccionar a uno de ellos y auditar las actividades clave durante el contrato.

En el siguiente capítulo, se describirán diferentes tipos de modelos que existen para la toma de decisiones. De esta manera, se fundamentará por qué utilizar modelos en procesos decisorios con el objetivo de aumentar el valor de la compañía con un enfoque *data-driven*. Por lo cual, se seleccionará el tipo de modelo necesario para representar, cuantificar y controlar los costos de calidad en el aplicado a una refinería.

CAPÍTULO 5: CREACIÓN DE UN MODELO PARA LA TOMA DE DECISIONES

Cuando se tiene un problema en un entorno de industria o negocio podemos resolverlo de 2 maneras:

- Opción 1: Creando un modelo.
- Opción 2: Tomando decisión basada en la intuición.

Crear modelos puede parecer a priori que es una inversión en tiempo y dinero que no va a llevar a mejores resultados que las decisiones que podemos tomar con la intuición. La toma de decisiones tanto por modelo o por intuición está fuertemente influenciado por los criterios técnicos.

La ilustración 15 nos muestra los 2 tipos de caminos para tomar decisiones:

- Opción 1: empieza en el problema a resolver y mediante algún tipo de criterio previo se toma una decisión. La decisión se toma sin un proceso de abstracción.
- Opción 2: Partiendo del problema real, se abstrae para generar un modelo. Este modelo es una representación simplificada del problema real. A través de la resolución y del análisis obtenemos resultados. Estos resultados viven dentro del mundo simbólico. Son respuestas al modelo que se creó. Para poder tomar decisiones en el mundo real, hay que interpretar estos resultados en el contexto donde van a hacer aplicados. Esta interpretación es necesaria ya que, como se comentó anteriormente, los modelos son representaciones aproximadas de la realidad que nos ayudan a explicar un problema en un contexto dado.

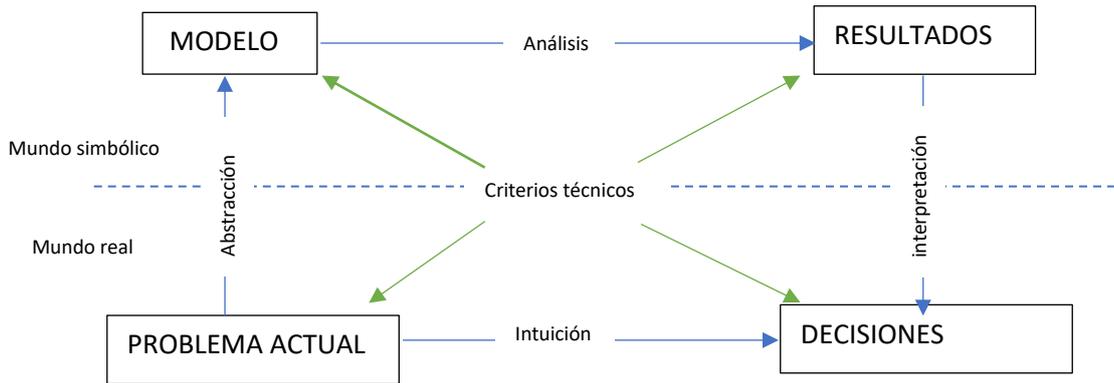


Ilustración 15 Modelo para toma de decisiones Fuente: Adaptación en base a Eppen, G. (2000). *Investigación de operaciones en la Ciencia Administrativa*. New Jersey: Pearson.

6.1.1 ¿Por qué utilizar modelos?

- Otorgan un marco de referencia para poder determinar qué se analiza.
- Permiten clasificar las variables más importantes a la hora de tomar una decisión estimando el impacto asociado en un cambio de las mismas. Además, permite incorporar restricciones que influyen el proceso decisorio.
- Definen claramente los objetivos detrás de una decisión.
- Posibilitan el seguimiento y control de las acciones definidas como output del modelo permitiendo la mejora continua.
- Facilitan la comunicación del problema entre equipos multidisciplinarios y aumenta las probabilidades de conseguir un mejor resultado.
- Proporcionan una herramienta para gestionar (cuantificación y barreras) riesgos asociados en la toma de decisión.
- Permiten tener trazabilidad en la toma de decisiones.

6.1.2 Tipos de modelos

Existen varios tipos de modelos con diferentes características. Se pueden visualizar en la Tabla 6, adjunta clasificación según (Eppen, 2000)

Tipo de modelo	Características	Ejemplos
Modelo físico	Tangible Comprensión: fácil Escalabilidad: difícil Modificación y manipulación: difícil Costo: alto Tiempo para crearlo: Alto	Maqueta de un edificio, tunel de viento, Estantería de ventas de productos en supermercado.
Modelo simbólico	Intangible Comprensión: difícil Escalabilidad: fácil Modificación y manipulación: difícil Costo: bajo Tiempo para crearlo: bajo	Modelo de simulación, modelo algebraico, modelo de hoja de cálculo electrónica

Tabla 6 Tipos de modelos. Fuente: Eppen, G. ., (2000). *Investigación de operaciones en la Ciencia Administrativa*. New Jersey: Pearson.

En el presente trabajo vamos a usar un modelo simbólico mediante una simulación de las propiedades en el blending de naftas y el impacto en los costos de calidad. Este modelo se validará mediante un test de hipótesis para ver si hay significación estadística con cierto grado de confianza.

6.1.3 Modelos Determinísticos vs Estocásticos:

Otra clasificación importante (como marco de referencia del presente trabajo) es:

- Modelos Determinísticos
- Modelos Probabilísticos

6.1.3.1 Modelos determinísticos

Los modelos determinísticos son modelos donde no hay incertidumbre en los datos de entrada (input) al modelo ni en la salida (output) del modelo.

“Los modelos determinísticos son aquellos donde se supone que todos los datos pertinentes se conocen con certeza” (Eppen, 2000)

El modelo más conocido dentro de los modelos determinísticos (ver ilustración 16) es la programación lineal que es un modelo para optimizar con restricciones. Razones para usar modelos determinísticos:

- Permite resolver una gran cantidad de problemas concretos.
- Modelos de programación lineal permiten la incorporación de un gran número de restricciones. Esto es muy importante cuando los problemas tienen un gran número de variables y parámetros ya que facilita la optimización.
- Los resultados de los modelos (en general) se pueden interpretar con facilidad y fluidez. Esto permite alinear el proceso de decisión en muchos sectores de la organización.
- Las hojas de cálculo electrónico ya tienen incorporado optimizadores sin requerimientos de programación de algoritmos para encontrar una solución.
- Permite hacer poderosos análisis de sensibilidad e interpretación de conceptos valiosos.

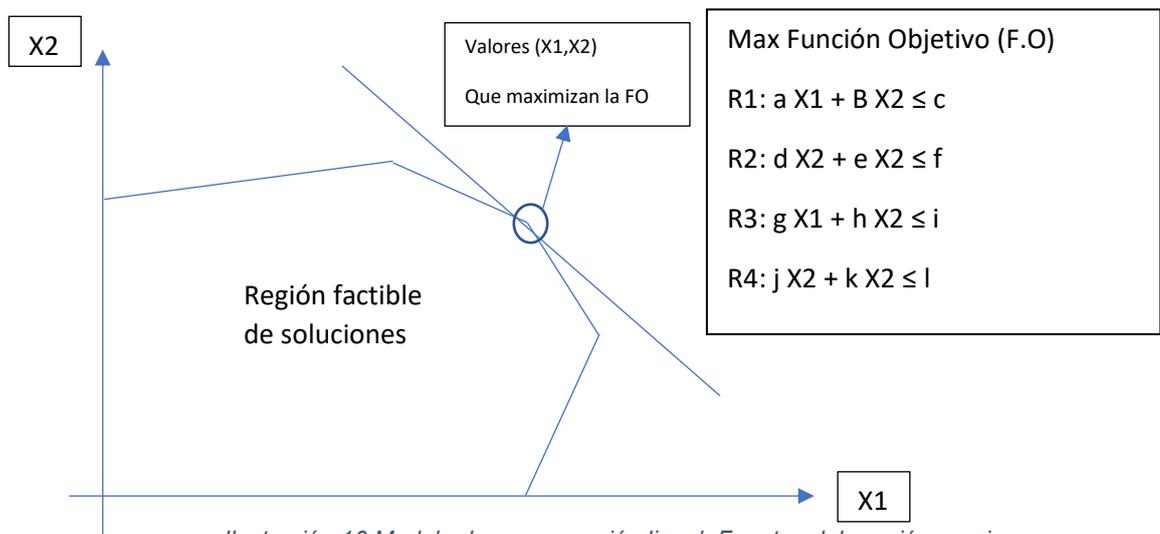


Ilustración 16 Modelo de programación lineal. Fuente: elaboración propia

Este tipo de modelos lineales permiten encontrar una solución óptima en problemas con muchas restricciones. Esta solución óptima es una maximización o una minimización de una función objetivo de interés. (Por ejemplo minimizar Costos o maximizar Ganancias)

6.1.4 Aplicación de modelo de programación lineal.

6.1.4.1 Modelo de transporte

El objetivo es determinar la manera de repartir productos a diferentes clientes satisfaciendo la demanda a un costo mínimo

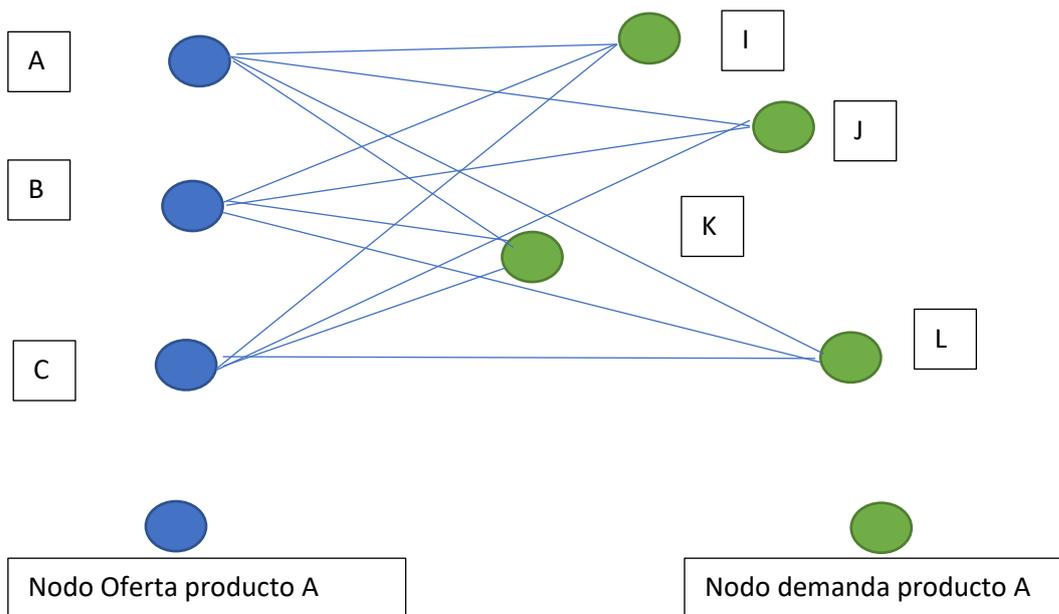


Ilustración 17 Aplicación en un modelo de transporte. Fuente: elaboración propia.

Este problema conceptualmente tiene 2 tipos de restricciones:

- La cantidad de producto A enviado desde un nodo oferta no puede ser mayor a la cantidad disponible en ese nodo.
- Se debe satisfacer la cantidad requerida de cada nodo demanda.

Conociendo los costos asociados por tramo, se arma un modelo de programación lineal y se minimiza el costo total de la operación de transporte.

Se puede notar que este tipo de modelo soporta gran cantidad de nodos tanto de oferta como demanda de producto. Esto permite modelar sistemas lineales complejos tanto para 1 solo producto o múltiples productos.

Este tipo de modelo de programación lineal es aplicado para resolver problemas de abastecimiento entre terminales y refinерías contemplando los costos asociados.

6.1.5 Modelos probabilísticos:

En los modelos probabilísticos o estocásticos, hay elementos que tienen incertidumbre en el valor que toman. De esta manera para poder hacer un modelo de este tipo, se definen variables aleatorias que incorporaran ese desconocimiento.

En el presente trabajo se modelarán los valores de los componentes de naftas que tienen incertidumbre en su valor a la hora de formular naftas mediante simulación de variables aleatorias.

En el capítulo siguiente, se iniciará con una descripción de una estructura de control para conceptualizar como se controla un proceso. Luego se presentará un modelo estocástico como el control estadístico de procesos (SPC) para el fin de aplicarlo en el contexto de una refinería.

CAPÍTULO 6: CONTROL DE PROCESOS

Antes de empezar a desarrollar el control estadístico de procesos, se introducirá el concepto de control en un proceso. Controlar consiste en medir, comparar y tomar acciones para mantener un parámetro o especificación entre valores objetivos. Como muestra la ilustración 18 podemos ver los elementos del proceso y la interacción entre ellos.

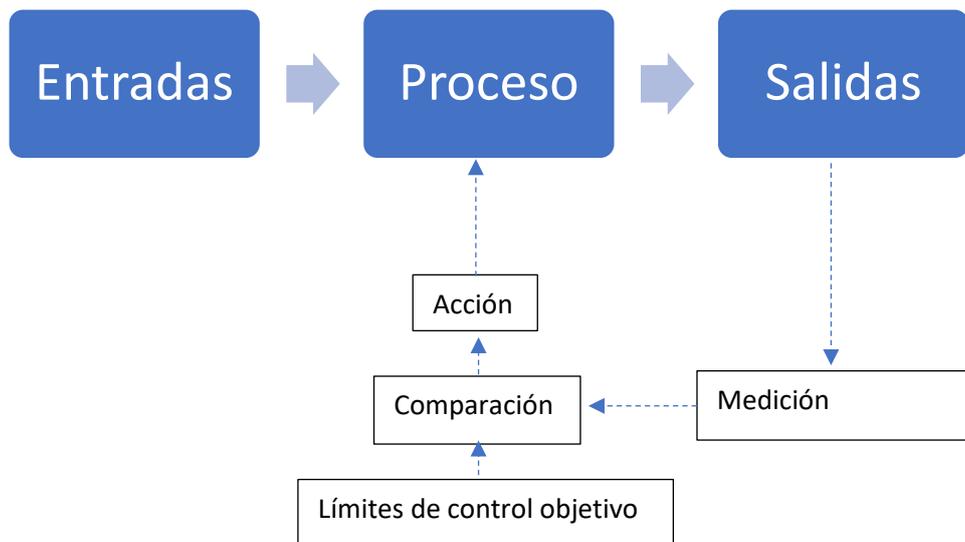


Ilustración 18 Estructura Control de proceso. Fuente: Elaboración propia

Las entradas tienen ciertos parámetros que definen sus características iniciales. En el proceso estos inputs se transforman con el objetivo de producir salidas con determinadas especificaciones. Estos outputs son medidos para verificar si cumplen con los requerimientos (especificaciones). De esta manera se compara la medición de los parámetros a controlar con los límites de control objetivo. Si el desvío está dentro en control, no se toma acción sobre el proceso. Por el contrario, si el desvío excede el valor superior de control o el inferior, se debe tomar acción para normalizar la operación.



7.1 Métodos de control estadístico de procesos:

Dentro de los tipos de control, se encuentra un método llamado Control estadístico de proceso. Esta técnica es útil tanto para medir la calidad actual de los productos o servicios, como para detectar si el proceso ha cambiado en alguna forma que pueda afectar la calidad. En esta sección, se verán gráficas de medias y rangos para medidas variables de calidad.

7.1.1 Gráficas de control para variables

Un gráfico de control para variables es una representación gráfica de datos medidos con algún elemento primario (puede ser un sensor digital, medición analógica u otra tecnología) que permite monitorear la evolución de la serie.

Para desarrollar los conceptos de gráficos de control se planteará un caso sobre una fábrica que produce galletas.

En este proceso la variable a objetivo a controlar es la media del peso de cada paquete. Esta variable es importante para el negocio, ya que si el peso del paquete no llega a la cantidad especificada va a tener reclamos de los clientes. Por otro lado, si el peso del paquete es mayor al objetivo se estaría entregando más producto del que paga realmente el cliente.

Como muestra la ilustración 19, podemos ver gráficamente cómo evoluciona una variable objetivo, en este caso la media del peso de paquete de galletas. En el eje de las Y, se tiene la media del peso paquetes de galletas y en el eje X tenemos el número de medición de la muestra. De esta manera se van tomando muestras, pesando los paquetes que conforman las muestras y se calcula la media. Luego se gráfica el resultado en el gráfico de control.

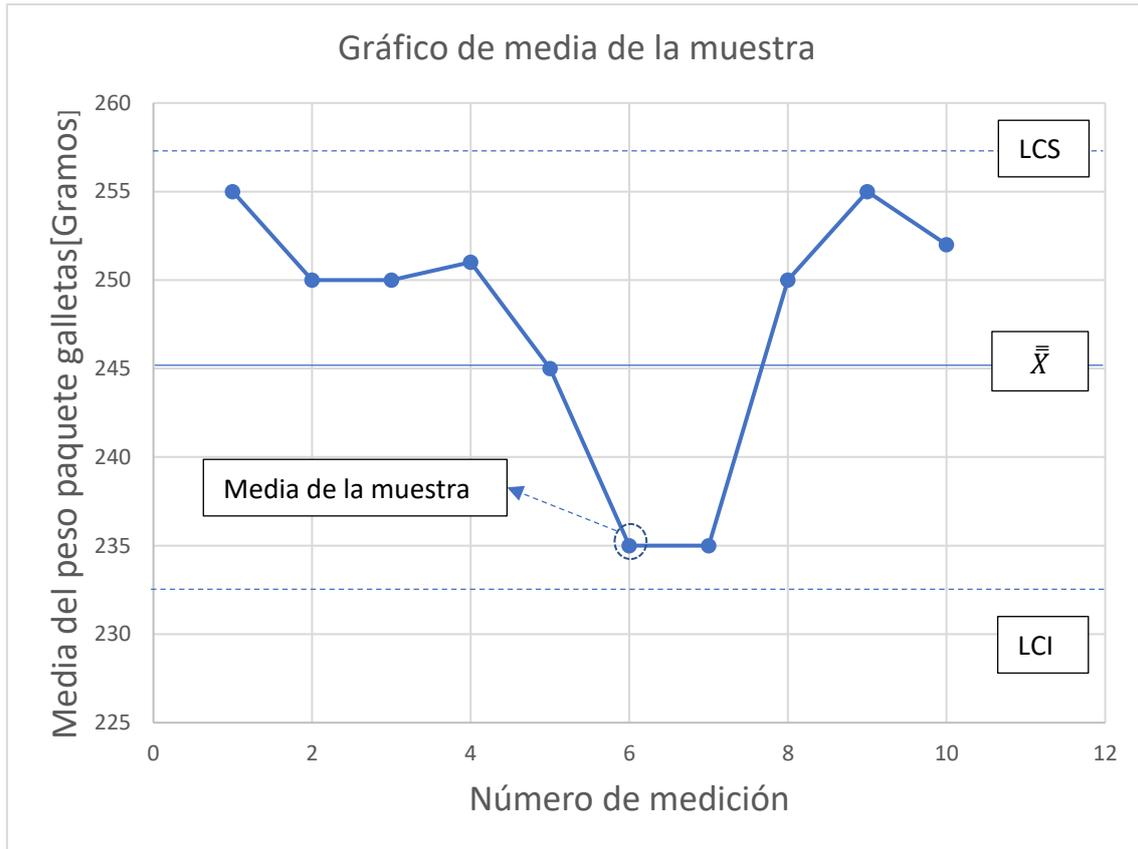


Ilustración 19 Gráfico de media paquetes galletas[gramos]. Fuente: elaboración propia

De esta manera se generan 3 medidas importantes sobre los datos medidos en el gráfico de media:

- LCS: Límite de control superior.
- $\bar{\bar{x}}$: Es el valor promedio de las medias de las muestras
- Media de la muestra: es la media de la muestra puntual tomada
- LCI: Límite de control inferior.

El gráfico de control \bar{x} se utiliza para determinar si hay desvíos y patrones anormales de la media de la muestra en relación. Es señal que permite identificar tendencias sobre el proceso que permiten tomar medidas preventivas antes de cruzar los 2 límites de control definidos.

Además del gráfico de media del peso del paquete de galletitas, cuando se aplica control estadístico de procesos, se genera un gráfico llamado R (Rango). Este gráfico muestra cómo evoluciona el rango de cada una de las muestras. Esta medida estadística se obtiene como la diferencia del valor de la medida máxima con la medida mínima. Siguiendo con el ejemplo de la fábrica de galletas, se obtiene como muestra la ilustración 20 un gráfico R.

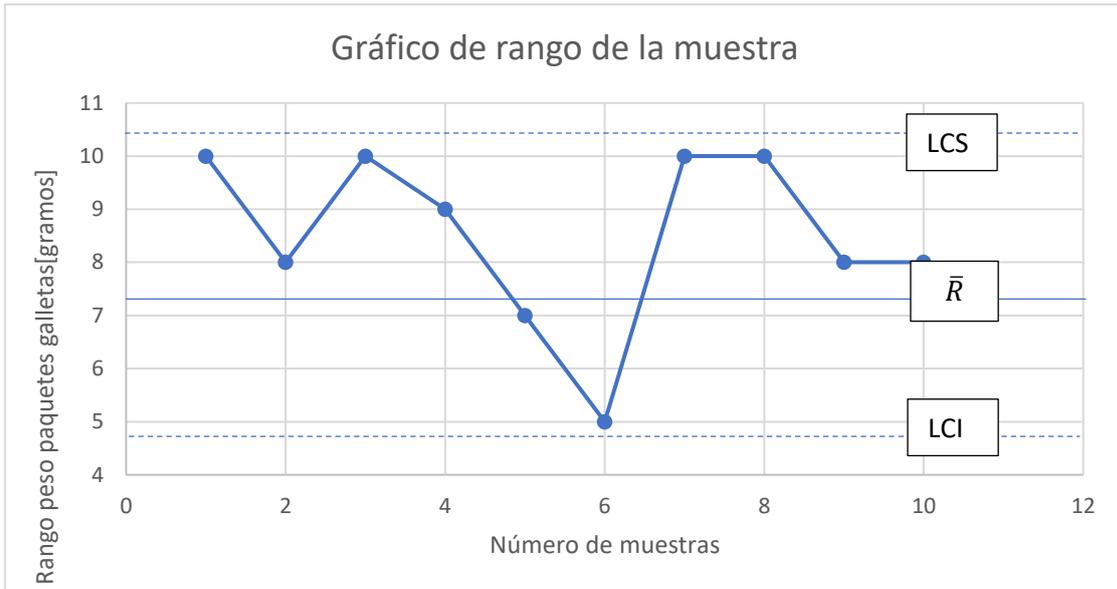


Ilustración 20 Gráfico R para galletas[gramos]. Fuente: elaboración propia.

En este tipo de gráfico también se tienen 3 medidas como LCS, \bar{R} y LCI. Este gráfico básicamente sirve para monitorear la variabilidad del proceso. Esta medida de variación, es independiente de la media de la muestra (no es así el caso de la desviación estándar). Esto permite el seguimiento y tratar de responder la pregunta de ¿Cómo está variando la muestra?

Estos 2 gráficos nos sirven para determinar si un proceso está en control estadístico o no.

Los autores (Paz & Gomez, 2012) definen “*un proceso está bajo control estadístico cuando la localización, expansión o forma de su distribución no cambia con el tiempo*”. Para poder interpretar y visualizar esta definición, se plantean ejemplos de procesos bajo control estadístico y procesos que no están bajo control.

7.1.1.1 Gráficos de control en Fábrica de Galletas

A continuación, se analizarán diferentes patrones de procesos fuera de control (siguiendo con el caso de la Fábrica de galletas) y acciones posibles a tomar para corregir los desvíos. De esta manera se podrá tener el proceso nuevamente en control.

Como muestra la ilustración 21, si bien los valores no están fuera del rango de control, el proceso siempre está por arriba del promedio de las medias del gráfico de control. Posiblemente el set-point que tiene la máquina llenadora de galletitas está por arriba del valor objetivo y se están completando los envases con más galletas. La acción a tomar es verificar el procedimiento de puesta en marcha y operación de la máquina y verificar vs la realidad. Estos desvíos muchas veces generan costos ocultos de calidad que para grandes volúmenes de producción se justifica investigar la disminución de los mismos.

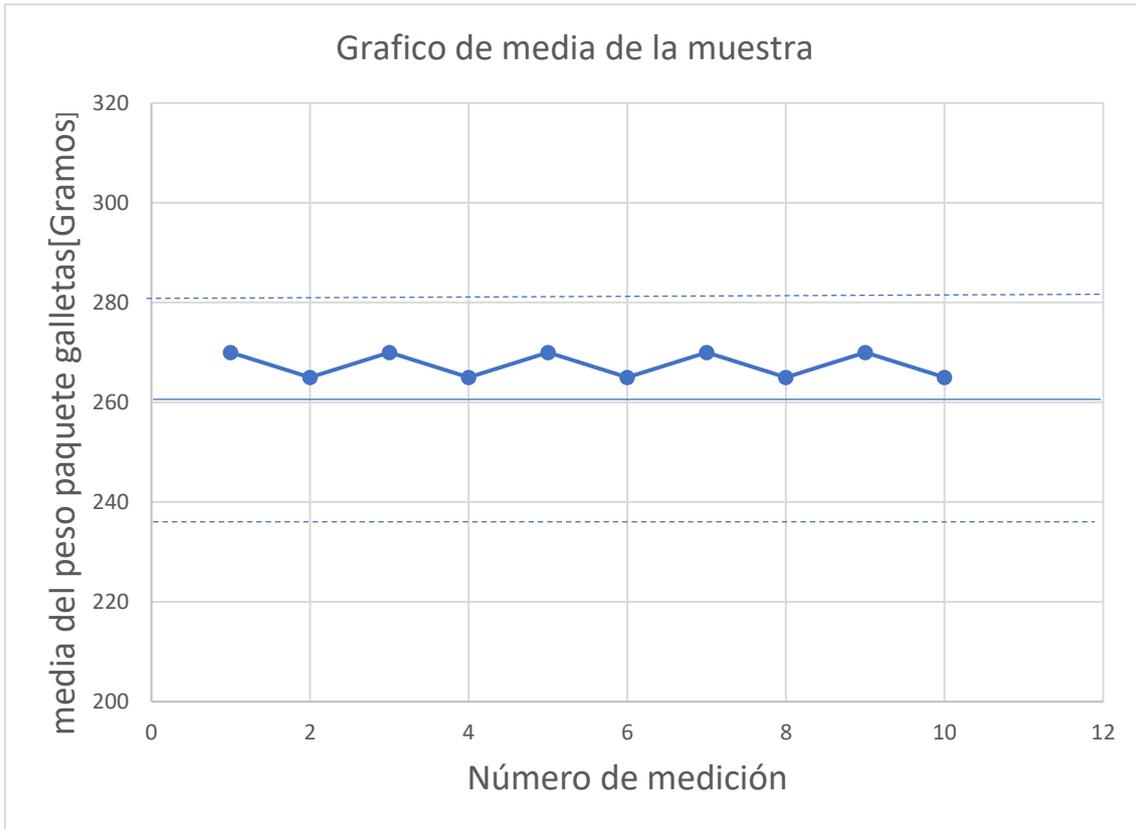


Ilustración 21 Grafico Control 1 fuera de control. Fuente: elaboración propia.

Luego tenemos otra situación de fuera de control como se observa en la ilustración 22. Las mediciones vienen entrando “en caja” (dentro de los límites de control) y en el entorno de la media. De pronto aparece una medición puntual extraña (fuera de los límites de control) y posteriormente el proceso continúa con un patrón dentro de control. Esto puede ser debido a una mala medición de un sensor en un sistema conformado por varios. Muchos sistemas tienen redundancia en puntos de control de calidad para aumentar la confiabilidad de medición. Frente a este evento hay que investigar cual fue la causa (asignable o común) que generó el desvío. Se pueden utilizar herramientas como los diagramas de espina de pescado o técnica de los “5 ¿Por qué?”, entre otras. Es importante frente a estos eventos no tomar acciones correctivas o preventivas sin determinar las causas del desvío.

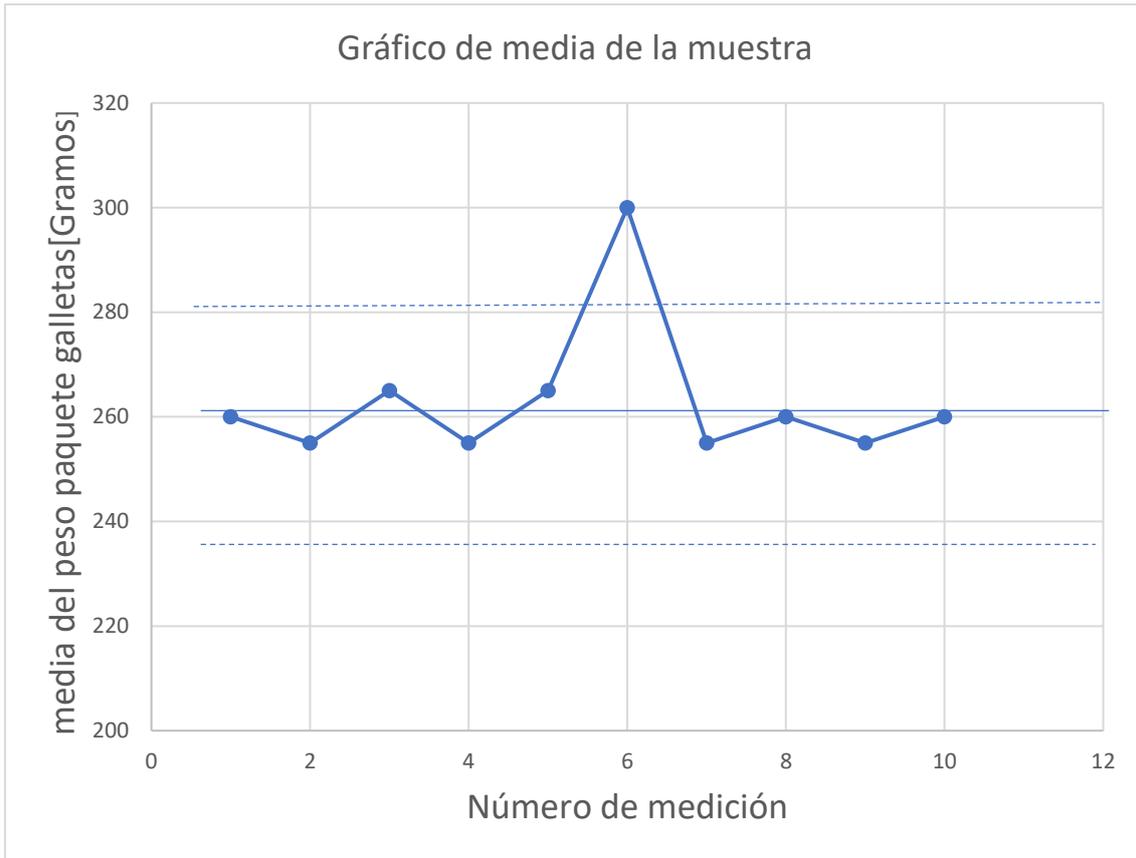


Ilustración 22 Gráfico de control 2 fuera de control. Fuente: elaboración propia.

Los gráficos R también nos aportan valiosa información para detectar cambios en la variabilidad de los procesos.

Como muestra la ilustración 23, el proceso es estable durante unos intervalos de tiempo y durante otros no, repitiendo este patrón. Esto se puede deber a que cuando se cambia de turno, haya personal con menos experiencia en la calibración. Para volver al control del proceso durante toda la operación, se puede dar capacitaciones para homologar conocimientos en todos los turnos.

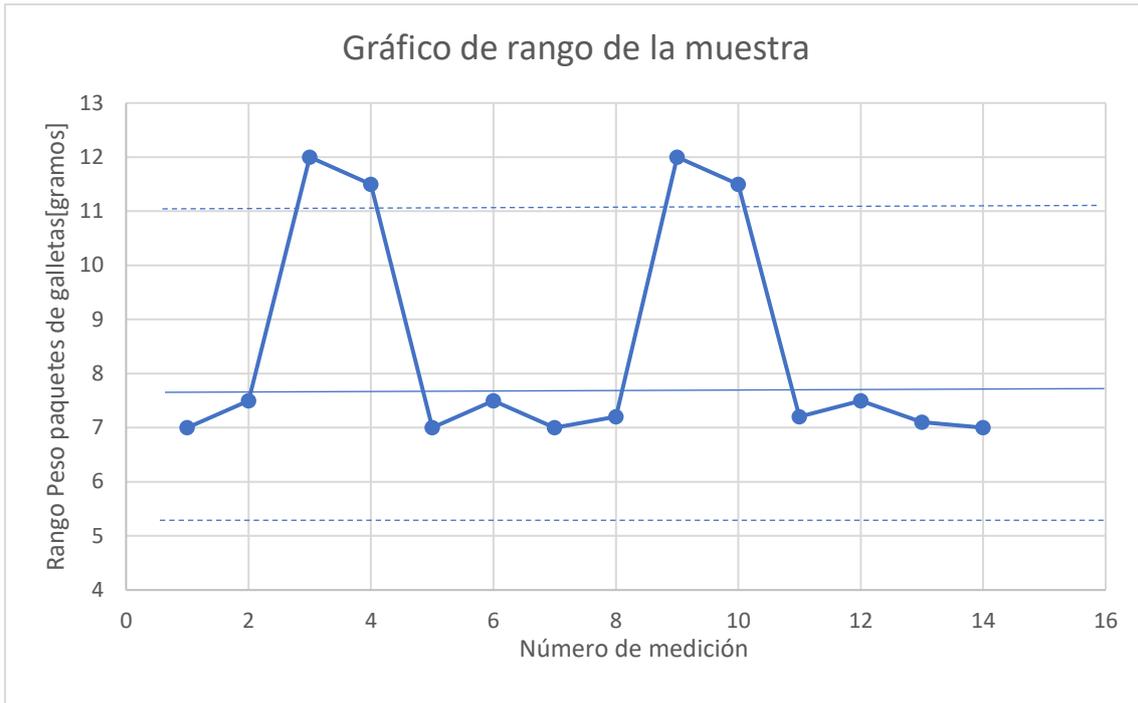


Ilustración 23 Gráfico 3 fuera de control. Fuente: elaboración propia.

Otra situación posible, durante el monitoreo, se visualiza en la ilustración 24. Se observa una tendencia alejándose del rango medio. Este cambio paulatino y sostenido en el tiempo en una dirección puede ser interpretado como un desgaste gradual de una máquina. Para poder controlar el proceso, se recomienda aumentar la frecuencia de revisión y calibración de la misma para no llegar a salir de control

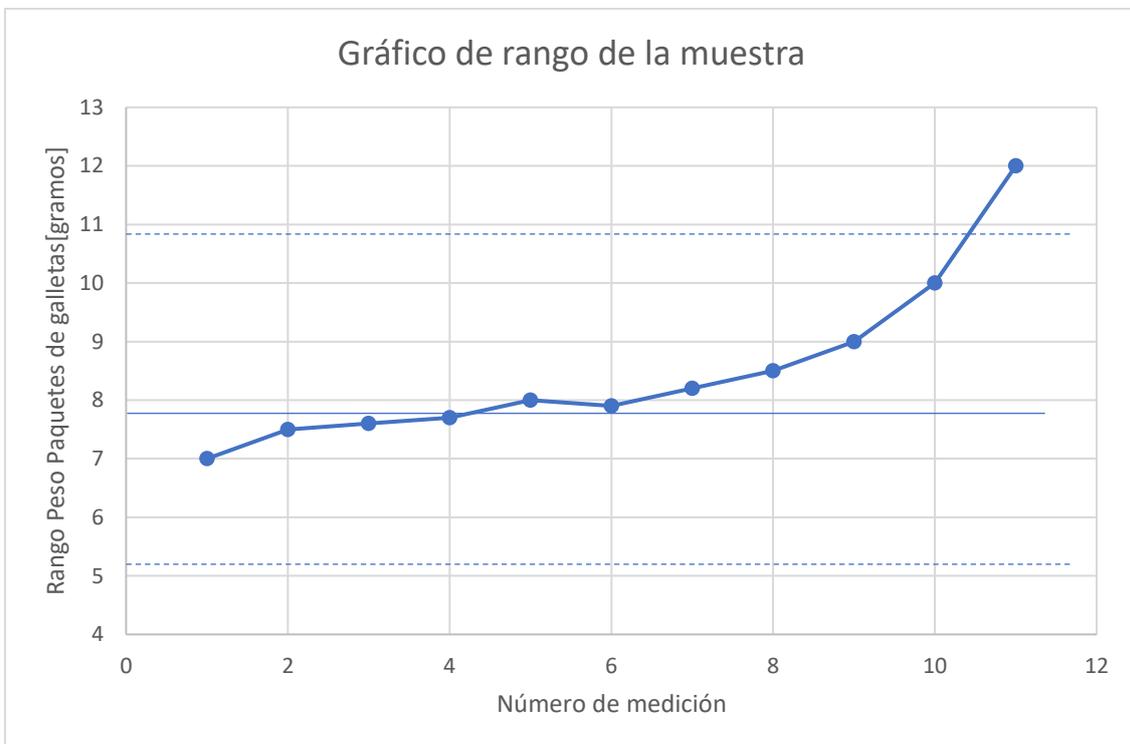


Ilustración 24 Gráfico 4 fuera de control. Fuente: elaboración propia.

7.1.2 Justificación de aplicación a variables críticas

Contemplando una mirada desde el negocio, el control estadístico de procesos hay que aplicarlo solo en las variables críticas identificadas con potencial de impacto económico, ya que parte fundamental del mantenimiento del control es encontrar causas asignables a las desviaciones. Dicha selección estará en función de la relación costos-beneficio entre los costos de buscar causas asignables y tomar acciones correctivas vs beneficios de esas acciones.

CAPÍTULO 7: ESTRATEGIA DEL NEGOCIO REFINERO ARGENTINO

En una industria como el Oil & Gas operando en la Argentina, la captura de valor está fuertemente relacionada con la reducción de costos. Las compañías operan en un mercado fuertemente regulado para poder fijar precios de combustibles. La ilustración 25, presenta un marco conceptual de creación y captura de valor (Tappata, 2020). El grafico de valor presentado, muestra que para poder aumentar el valor capturado por la firma se debe (“Ceteris paribus”) aumentar el precio del bien o servicio o disminuir los costos. Todas las acciones que permitan movernos en estas 2 direcciones y sentidos permiten maximizar el margen de las compañías.

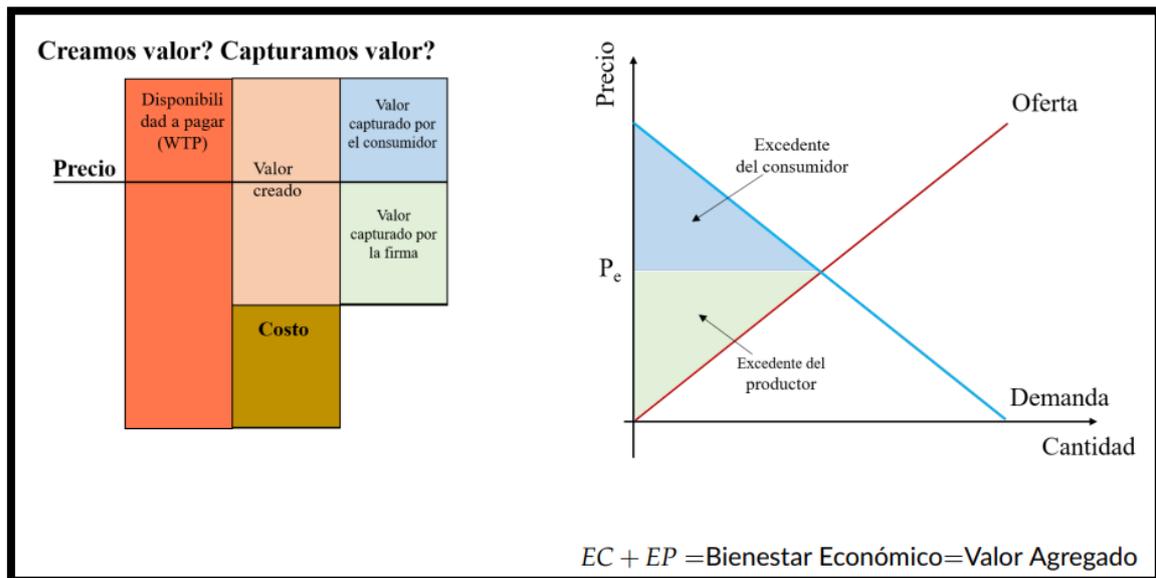


Ilustración 25 Creación y Captura de valor. Fuente: Tappata, M. (2020). Ventaja competitiva - Creación y captura de valor - Análisis de la industria. Notas de clases UTDT.

Según (GARTH SALONER, 2001) “una firma alcanza un performance superior solamente cuando puede proveer productos o servicios que el cliente está dispuesto a pagar que lo que cuesta a la empresa producirlos. Por eso las compañías deben tener la capacidad de crear valor. La creación de valor es el corazón de cualquier estrategia exitosa”

Una manera de disminuir costos es mediante la incorporación de sistemas de información que permitan reducir erogaciones económicas tomando decisiones basadas en datos.

8.1.1 Clasificación de las ventajas competitivas de las empresas

Las ventajas competitivas de las empresas se clasifican (GARTH SALONER, 2001) en:

- Ventajas competitivas por posición.
- Ventajas competitivas por capacidades.

Ventajas competitivas por posición:

Están basadas en la ubicación de la compañía en relación a la estructura, heterogeneidad y las redes de relaciones que pueda tener en una industria. Por ejemplo, en la industria de Oil and Gas una compañía que tenga varios activos industriales en diferentes localidades tiene varias ventajas:

- Posibilidad de gestión frente a paradas no planificadas de unas plantas de un activo industrial. Posee una palanca en otro activo para mitigar en forma parcial el impacto económico negativo.
- Poder de negociación de repuestos y catalizadores por mayores escalas en la compra
- Administración de recursos humanos mediante rotación de gerentes, mandos medios y colaboradores.

Ventajas competitivas por capacidades:

En el presente trabajo se focaliza en el desarrollo de capacidades para reducir los costos de calidad en las naftas. De esta manera se monetiza y cuantifica el valor agregado de un nuevo activo de información.

Según (GARTH SALONER, 2001) *“Las empresas, como los individuos, difieren en sus capacidades. Considere la capacidad de una empresa para fabricar productos a bajo costo. Algunos pueden hacer esto porque tienen acceso especial a insumos de bajo costo, como materias primas o mano de obra, o porque son los destinatarios favorecidos de los subsidios gubernamentales. Los bajos costos de estas empresas se deben a ventajas posicionales.*

Otras empresas, sin embargo, son productores de bajo costo porque han aprendido a combinar sus insumos de manera más eficiente que otras empresas. A través de la experimentación continua, aprendizaje y experiencia, desarrollan métodos de los que otros carecen. Sus habilidades procesar y combinar los insumos de manera eficiente es una capacidad.”

8.1.2 Escenario VUCA Oil and Gas Argentino

En este capítulo se desarrollará un análisis VUCA (volátil, incierto, complejo y ambiguo). Este marco conceptual permite sacar conclusiones y tomar decisiones en escenarios con una gran cantidad y calidad de información. Analizar el contexto con una mirada dinámica, hace tomar mejores decisiones a las empresas con cantidades limitadas de tiempo. A su vez permite estudiar cómo se comportan las estructuras internas complejas en la actualidad de las compañías con un entorno futuro e incierto. De esta manera desarrollar capacidades y herramientas en las empresas para aumentar la probabilidad de éxito en el largo plazo.



Como muestra la ilustración 26, se analiza brevemente con marco conceptual VUCA a la industria Oil and Gas Argentina:

- Volátil: Este concepto está relacionado con la variabilidad del contexto típico o promedio. Hace referencia a los cambios de entre estados de equilibrio y las velocidades a los cuales ocurren los cambios. Por ejemplo: El comercio internacional actual de crudo y combustible es un sistema interconectado y dinámico, debido a la globalización. Cuando ocurre un evento totalmente anómalo, como la pandemia por COVID 19, genera grandes cambios y a velocidades muy altas. Puntualmente, debido a las cuarentenas que se llevaron a cabo en muchos países del mundo, la circulación tanto de personas como de bienes y servicios disminuyó drásticamente. Esto hizo que la demanda de combustibles a nivel mundial se desplomará a una gran velocidad. Como los sistemas productivos (oferta) tiene inercia debido a la propia estructura, tanto los stocks de crudo como de productos aumentaron muchísimo. Esto generó que los precios se desplomaran y las compañías tuvieran muchas limitaciones en su operación.
- Incierto: esta dimensión hace referencia a la falta o calidad de la información para la toma de decisiones. Por ejemplo: los desarrollos de crudo no convencional en Argentina proveen materia prima con una calidad poco predecible. Con esta materia prima se producen los componentes para finalmente blendear y formular combustibles aptos para comercializar según las especificaciones de un mercado regulado. Esto hace necesario, que se creen herramientas como modelos estocásticos que permitan tomar decisiones en un contexto con un alto grado de incertidumbre.
- Complejo: en los sistemas con muchos elementos y varias interrelaciones entre sí, aumenta el grado de dificultad para encontrar las relaciones de causa-efecto. Esta dificultad se genera porque los sistemas reales no son lineales. Existen modelos para tomar decisiones que linealizan las relaciones y los efectos de las interacciones para poder obtener una solución aproximada. Esto aplica para resolver algunos problemas de la industria, pero no para todos. Un problema que se presenta en el sistema logístico del Downstream es el efecto "látigo". Este fenómeno genera una amplificación de la variabilidad en la demanda de productos desde el punto de venta (en este caso estaciones de servicios) hasta el productor(refinerías). Esto generara distorsiones en el funcionamiento de toda la cadena. Una de las principales causas es el descalce temporal en la generación y transmisión de la información entre eslabones. Este efecto genera exceso de inventarios, aumento de costos de calidad, incremento costos logísticos y pérdidas de ventas.
- Ambiguo: esta dimensión analiza la multiplicidad de soluciones frente a un problema sin la seguridad de cuál es la mejor. Por ejemplo: las nuevas soluciones tecnológicas para la movilidad plantean un escenario ambiguo, ya que no se sabe cuál va a ser la tecnología reinante en el futuro. Este es el caso de los autos eléctricos o de los autos híbridos.



Ilustración 26 Análisis de un escenario VUCA para la industria Oil and Gas. Fuente: elaboración propia.

Por lo antes expuesto, las empresas que puedan desarrollar herramientas y capacidades para tomar mejores decisiones en escenarios VUCA tendrán una ventaja competitiva en la industria. En el presente trabajo, se desarrollará una herramienta como el control estadístico de procesos que permitirá tomar acciones en situaciones con incertidumbre para disminuir costos de calidad.

Sin lugar a duda, desarrollar herramientas y capacidades tienen que tener un incentivo económico asociado. En el siguiente capítulo, se desarrollará el concepto de activo de información y como cuantificar económicamente la incorporación de nueva información al negocio.



CAPÍTULO 8: ACTIVO DE INFORMACIÓN COMO VENTAJA COMPETITIVA

Para analizar el valor de gerenciar el activo de información en las organizaciones, se introduce el concepto de Infonomics (LANEY, 2018). Este concepto y los modelos de valuación de información se utilizarán para cuantificar el valor agregado al negocio de la aplicación de una herramienta como control estadístico de procesos (SPC)

Se definen algunos conceptos, alcance y clasificaciones para analizar:

“Infonomics es la teoría, estudio y disciplina de dar un significado económico a la información. Provee marcos conceptuales para monetizar, gerenciar y medir información de los negocios como un activo actual” (LANEY, 2018)

De esta manera (LANEY, 2018) define 2 maneras para poder encontrarle un valor económico a la información.

“La información tiene un valor económico que las organizaciones pueden convertir en dinero de 2 maneras distintas:

- *Intercambiándola por bienes, servicios o dinero.*
- *Usándola para incrementar las ganancias, reducir los costos o riesgos.”*

9.1.1 Métodos para monetizar información

Según (LANEY, 2018) hay 2 métodos para monetizar información:

- Métodos directos
- métodos indirectos

Como define el autor *“los métodos de monetización directa usualmente se dan por transacción”*. Esto abarca un intercambio de información en retorno de bienes y/o servicios o vendiéndola en un formato u otro.

Los métodos de monetización directa incluyen:

- *“Trueque o comercio con información*
- *Venta de datos sin procesar a través de intermediarios de datos establecidos u otros terceros*
- *Desarrollar y ofrecer suscripciones de datos / informes (predefinidas o personalizadas)*
- *Venta de soluciones de análisis utilizando datos (de clientes y terceros) como un componente de la solución general. “* (LANEY, 2018)

Por otro lado, la monetización indirecta:

“...es por optimizaciones en el negocio. Implica usar información internamente para mejorar un proceso o producto de una manera que dé lugar a resultados medibles, como el crecimiento de los ingresos o la reducción de costos.

Los ejemplos de monetización indirecta se refieren al uso de información para:

- *Mejorar la eficiencia*
- *Reducir los riesgos de forma cuantificable*
- *Desarrollar nuevos productos y mercados,*
- *Construir y solidificar las relaciones con los socios ”* (LANEY, 2018)

En el presente trabajo se trabaja la monetización indirecta de la información para la reducción de costos de calidad de Gasolinas Base producidas en Refinerías (Negocio del Downstream Oil and Gas) mediante SPC.

9.1.2 Validación de información disponible. Prefactibilidad de implementación

Antes de empezar un proyecto de aplicación de una herramienta de tecnología de información, se debe determinar la cantidad y calidad de la información actual. Para esto se utiliza un método cualitativo “*Checklist de factibilidad*” (LANEY, 2018) que permite analizar 6 dimensiones de la información. En la tabla 7, se muestra la guía con preguntas que permiten evaluar la condición actual de la información disponible. El objetivo de esta herramienta es evaluar la factibilidad a priori de la implementación. Esto es importante ya que cualquier desvío detectado entre la situación actual y la situación factible debe ser corregido/solucionado antes de la implementación de la herramienta.

Tipo de factibilidad	Indicador de factibilidad
Practicidad	¿Es la idea útil? ¿Es usable?
Marketing	¿Es la idea suficientemente atractiva tanto internamente o externamente?
Escalable	¿Se puede desarrollar e implementar la idea como el negocio lo requiere?
Gerenciamiento	¿Tenes las habilidades para monitorear el desarrollo e implementación de la idea
Tecnología	¿Tenes las herramientas y habilidades para diseñar, construir, implementar y mantener la idea?
Económico	¿La idea generara retornos de inversión mayores?
Legales	¿La idea es conforme con las regulaciones de la industria y ley local?
Ética	¿La idea puede generar reacciones negativas en los clientes, socios o público general?
Ecológica	¿La idea generará impacto en el medio ambiente?

Tabla 7 Check list de validación información. Fuente: INFONOMICS (p 70) por LANEY, D. B. (2018).. NEW YORK: BIBLIOMOTION INC.

Luego de esto se define que tipo de análisis se realizará en función de los requerimientos del negocio. Esto es muy importante ya que hay que determinar que preguntas va a poder responder el modelo elegido.

En la ilustración 27, muestra los tipos de análisis que se pueden realizar con diferentes modelos. En el eje de las ordenas, se grafica “Valor” y en el eje abscisas se grafica el grado de dificultad en la implementación de los diferentes tipos de análisis.

De esta manera podemos ver como los análisis descriptivos permiten responder preguntas del pasado del tipo ¿qué pasó? Las herramientas son de fácil aplicación tanto en la creación de un reporte como en la incorporación de conocimientos por parte de los analistas para realizarla. Es un análisis reactivo con la información del pasado. Luego,

aparece el análisis de diagnóstico. Este tipo de análisis permite responder preguntas como ¿Por qué pasó? Mediante análisis de causas y efectos.

Posteriormente aparecen los análisis predictivos con el objetivo de modelar que sucederá en el futuro bajo ciertos supuestos. Este análisis ya es pro activo desde el punto de vista que está orientado a encontrar valor en acciones preventivas. También permite generar simulaciones para evaluar escenarios que todavía en el futuro.

Finalmente, se tiene el análisis prescriptivo. Este tipo de análisis permite responder la pregunta de ¿Cómo puedo hacer que pase? Este tipo de análisis mejora el proceso de toma de decisión optimizando el curso de acción a seguir.

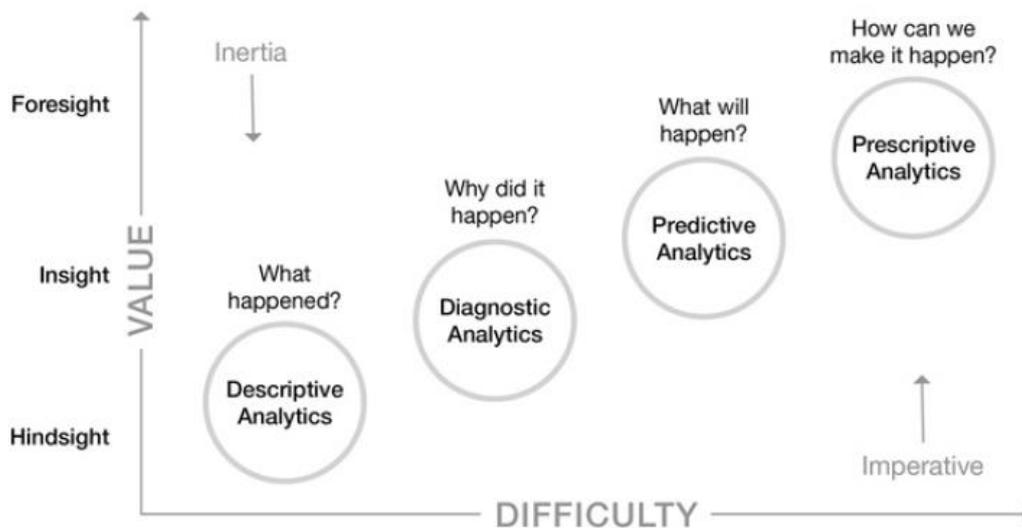


Ilustración 27 Tipos de análisis. Fuente: INFONOMICS (p 83) por LANEY, D. B. (2018). NEW YORK: BIBLIOMOTION INC.

En el presente trabajo se focalizará en análisis predictivo. Esto nos va a permitir estimar, mediante simulación, las propiedades en los combustibles futuras y evaluar el costo de calidad asociado.

9.1.3 Modelos de valuación de activos de información

Finalmente, se tiene que poder determinar el valor que genera el modelo. Para esto (LANEY, 2018) presenta 2 tipos de modelos de valuación:

- Métricas basas en fundamentales
- Métricas Financieras

Se hará una breve mención a los 6 modelos presentando en (LANEY, 2018) con foco en "Economic Value of information". Esta última métrica es la que utilizara para valuar el modelo estocástico que estamos proponiendo para reducir costos de calidad.

9.1.3.1 Métricas basadas en fundamentales

Hay 3 tipos de modelo (LANEY, 2018)

- Intrinsic Value of Information (IVI):

Determina que el valor es función de la Validez, Completitud, Escasez y el Ciclo de Vida de la información. Es el modelo más simple. Se aplica para identificar la calidad de la información.

- Business Value of Information (BVI):

Este modelo basa el valor de la información en función de la Relevancia, Validez, Completitud y Oportunidad. Es un alto grado de subjetividad porque hay que determinar la relevancia para el negocio. Usado para determinar qué tan buena y relevante es la data para propósitos específicos.

- Performance Value of Information (PVI):

Este modelo sirve para ver el impacto de la información en drivers clave del negocio.

9.1.3.2 Métricas Financieras

Hay 3 tipos de modelo (LANEY, 2018)

- Cost Value of Information (CVI)

Este método valúa al activo como los costos incurridos para generar, capturar y coleccionar la información. También toma en consideración el impacto el negocio por pérdida o daño del activo de información.

- Market Value of information (MVI)

Este método evalúa el valor futuro o actual del activo información posicionado en un mercado abierto. Este método en general es usado para información bajo licencia.

- Economic Value of Information (EVI)

EVI evalúa el cambio en el beneficio económico cuando una información en particular se incorpora en un proceso de generación de ganancias. Toma en cuenta el costo de adquirir, administrar y aplicar la nueva información al proceso. En otras palabras, cuantifica el valor diferencial creado por la nueva información.

Formula para EVI

$$EVI = [Revenue_i - Revenue_c - (AcqExp + AdmExp + AppExp)] * T/t$$

Donde:

- Revenue I: es la ganancia generada usando la información del activo (grupo con información)
- Revenue c: es la ganancia generada sin la información del activo (grupo control)
- T= la vida promedio esperada de la información.
- T = el periodo de tiempo durante la prueba de información es ejecutada.
- AcqExp: Costo de adquisición de la información.



UTDT

- AdmExp:Costo de administración de la información.
- AppExp:Costo de aplicación de la información.

Como variante financiera del método PVI anterior, el EVI requiere ejecutar una prueba durante un período de tiempo. Sin embargo, en este método, los ingresos son el único KPI, el valor es monetario en lugar de una proporción, y la vida útil del activo de información está incluido.

EVI es un indicador de seguimiento, aunque los resultados se pueden utilizar para priorizar las iniciativas de tecnología de información (TI)

CUERPO EMPÍRICO

CAPÍTULO 9: ANÁLISIS DEL PROCESO DE REFINACIÓN DE PETRÓLEO

Luego de presentado el marco teórico a utilizar, se empieza a desarrollar un Análisis de proceso de Refinación de Crudo. Partiendo de un sistema muy complejo y dinámico como el esquema anteriormente explicado (Diagrama de flujo Refinería), se realiza un análisis conceptual (que no disminuye el grado de rigurosidad) del proceso de refinación del petróleo. Para el estudio que se va a realizar y con el espíritu de que sea un trabajo orientado al impacto en el negocio, se conceptualizan las siguientes etapas:



Ilustración 28 Grupos funcionales de procesos en una refinería. Fuente: elaboración propia.

Descripción

- **Refinación:**
Es la entrada de crudo a la refinería. Está compuesto por proceso de destilación de crudo atmosférica y destilación al vacío. Son procesos sin reacción química donde sus funciones es destilar los diferentes cortes. En estas unidades se acondicionan las corrientes para obtener las propiedades de algunos productos finales (Por ejemplo, Kerosene que luego será JET A1 y Gas Oil automotor).
- **Conversión:**
Son procesos ubicados aguas debajo de refinación. Están compuesto principalmente Crackeo catalítico fluidizado y unidades de Cokes (también puede incluir un Hydrocraqueo como tiene la Refinería de Luján de Cuyo YPF). Son procesos con reacción química que tienen como objetivo aumentar los rendimientos de los productos de mayor interés comercial. Básicamente rompen o “crackean” moléculas largas en moléculas más cortas para producir componentes de Naftas y Gas Oil. Además, según la selección de catalizador y promotor de olefinas, la unidad de FCC se orienta a maximizar la producción de propileno. Este hidrocarburo se vende a la industria petroquímica para producir polipropileno.
- **Up-grading:**
Estas unidades productivas tienen como objetivo mejorar la calidad de componentes de Naftas o Gas Oil mediante reacciones químicas. Estas mejoras en la calidad de componentes están relacionadas con la disminución de compuestos como Azufre, Nitrógeno u Oxígeno en sus diferentes especies. En general está compuesto de Hidrotratamiento de Nafta y Gas Oil, Isomerización y Reformado de Nafta.

Por otro lado, dentro de estas unidades se produce MTBE o ETBE y Alkylato. Estas unidades aumentan el margen de la refinería ya que se convierte un butano es un químico (MTBE o ETBE) o un componente de alta calidad de nafta como el alkylato.

 **UTDT**

- Blending:

Son las unidades donde se realizan las formulaciones finales de productos con los componentes disponibles. Es una unidad crítica ya que su desempeño impacta directamente en la entrega en calidad y volumen de combustible a los clientes.

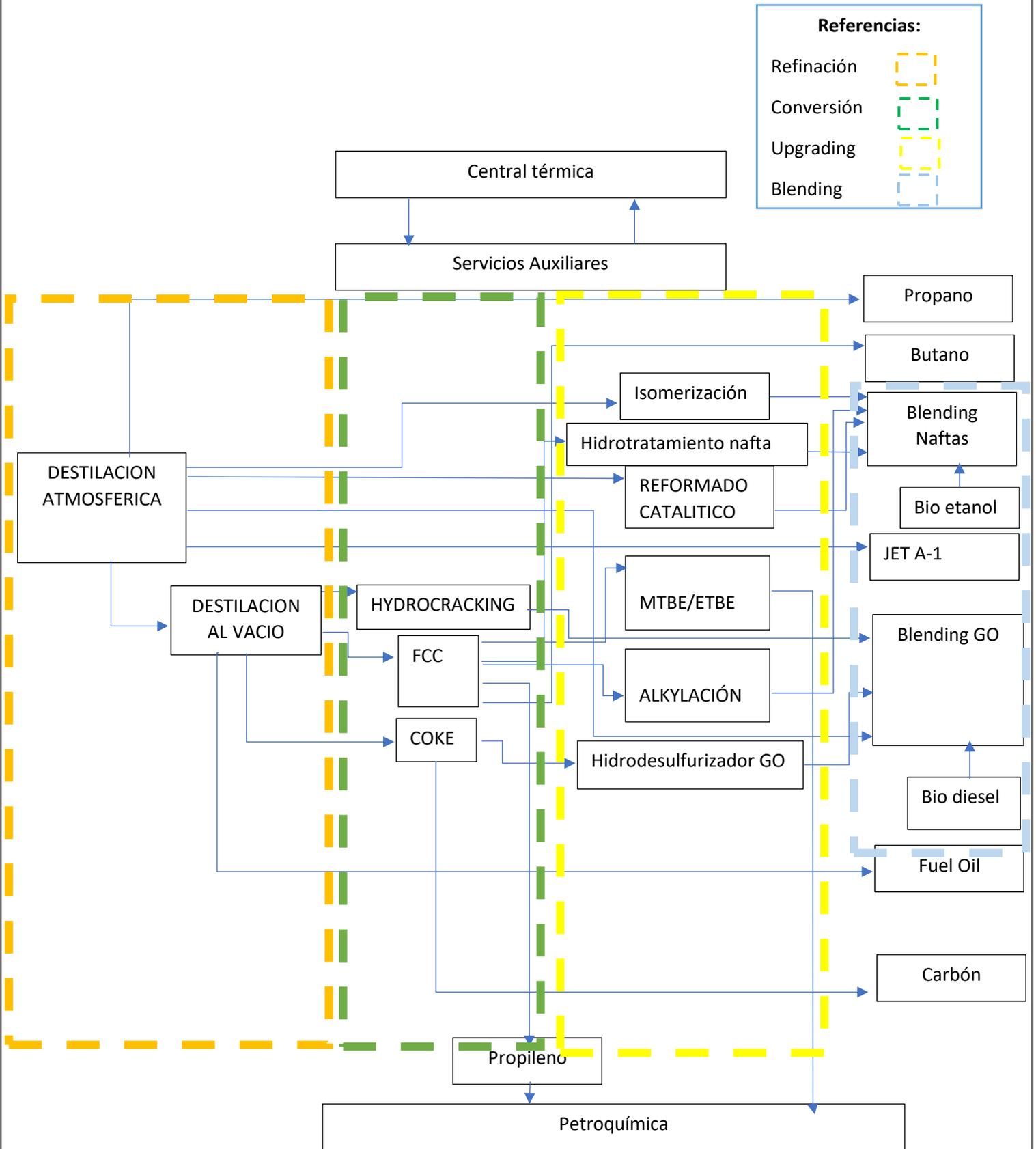


Ilustración 29 Clasificación de procesos en grupos funcionales. Fuente: elaboración propia.

Como muestra la ilustración 29 podemos agrupar las unidades de proceso en función de los objetivos de las mismas. Esto permite analizar de una manera gráfica y conceptual el funcionamiento de las diferentes etapas de la refinería para obtener combustibles. Este análisis permite observar un proceso producto con la visión del negocio, ya que podemos determinar impactos en los productos a colocar en el mercado local.

10.1 Selección de grupo funcional de procesos para análisis de costo de calidad en naftas

Para determinar cuál es el grupo funcional de proceso más relevante para el objetivo del estudio del presente trabajo, se arma tabla 8 de ponderación en función de las siguientes dimensiones.

Unidades de procesos	Capacidad de gestión de la calidad	Probabilidad de impacto en calidad	Impacto al cliente	Score
Refinación	Media	Media	Media	Media
Conversión	Media	Baja	Alta	Media
Upgrading	Media	Baja	Alta	Media
Blending	Alta	Alta	Alta	Alta

Tabla 8 Selección de grupo funcional crítico para aplicación SPC. Fuente : elaboración propia.

Criterios utilizados

- Capacidad de gestión de la calidad: poder modificar características de los componentes o receta de la mezcla final de componentes para una nafta formulada.
- Probabilidad de impacto en calidad: Posibilidad de entregar un producto con una calidad inapropiada, evaluando su posición en el proceso global de producción de naftas.
- Impacto al cliente o margen de la refinería: evento que genere una baja calidad en el combustible formulado o un exceso de calidad que genere una disminución de margen de la refinería.

El foco del presente trabajo estará puesto en el **blending** o mezcla de componentes de nafta producidos. Los motivos para analizar este proceso son:

- Proceso de formulación de productos a distribuir por la red logística (terrestre, marítima y fluvial)
- El mayor impacto en el negocio está en esta etapa. El control estadístico de producción de componentes se aplica (en una primera instancia) acá, por ser el proceso donde se alcanzan las especificaciones de combustibles para poder vender al mercado. Desvíos en esta etapa repercute directamente en el cliente.
- La oferta de combustibles, en la mayoría de los casos, está sujeta a la disponibilidad de componentes y la capacidad de formulación. Esta etapa es el cuello de botella en muchas situaciones debido a la capacidad de tanques, cantidad y destino de productos solicitados.

10.1.1 Costos de Calidad en una refinería

Dentro de los costos de calidad dentro de una refinería podemos identificar los siguientes conceptos:

- Costos de Give Away. (“regalo de calidad”)
- Costos de penalidades por no cumplimiento de especificación requerida.
- Costos de reproceso. Por ejemplo, si sacamos de especificación butano o propano por humedad, hay que reprocesarlo lo que genera que la capacidad de la planta se vea restringida.
- Costos de pérdida de clientes regionales.
- Costos logísticos para poder abastecer terminales por tener producto fuera de especificación.

Dentro de estos costos de calidad se focalizará en los costos de Give Away y costos por penalidades por no cumplimiento de especificación requerida. Son los costos con mayor impacto dentro de la operación.

10.1.2 Validación de la información:

Antes de empezar con la implementación de SPC, se valida la información existente según check list (LANEY, 2018). Según la tabla 9, podemos ver que la información actual cumple con todos los los indicadores de factibilidad. Esto nos indica que podemos usar la información de partida. Es importante realizar un estudio de factibilidad inicial para no gastar recursos (dinero y tiempo) en en construir un modelo para el cuál no se tienen la calidad y cantidad de datos suficiente para obtener resultado que permitan tomar decisiones en el negocio.

Tipo de factibilidad	Indicador de factibilidad
Practicidad	¿Es la idea útil? ¿Es usable? Si. Permite disminuir costos de calidad
Marketing	¿Es la idea suficientemente atractiva tanto internamente o externamente? Reducir costos permite incrementar el margen
Escalable	¿Se puede desarrollar e implementar la idea como el negocio lo requiere? Si, es escalable. Los datos son obtenidos en laboratorios actuales
Gerenciamiento	¿Tenes las habilidades para monitorear el desarrollo e implementación de la idea? Hay disponibilidad en el mercado de profesionales con las habilidades requeridas
Tecnología	¿Tenes las herramientas y habilidades para diseñar, construir, implementar y mantener la idea? Si. Herramientas para inteligencia de negocio hay varias.
Económico	¿La idea generara retornos de inversión mayores? Si. Permite disminuir costos con una inversión marginal.
Legales	¿La idea es conforme con las regulaciones de la industria y ley local?

	Si.
Ética	¿La idea puede generar reacciones negativas en los clientes, socios o público general? No. Es uso de datos internos
Ecológica	¿La idea generará impacto en el medio ambiente? No genera impactos negativos al medio ambiente.

Tabla 9 Aplicación de Checklist de validación de información a refinerías. Fuente: INFONOMICS (p 70) por LANEY, D. B. (2018).. NEW YORK: BIBLIOMOTION INC.

CAPÍTULO 10: CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD EN REFINERÍA

Según el análisis anterior de procesos se observa que el proceso crítico para reducir costos de calidad en las naftas es el blending.

Ahora debemos seleccionar aquellos componentes críticos de naftas dentro del blending. Luego, para estos componentes determinar a qué parámetros se justifica aplicar SPC.

11.1.1 Selección de componentes

Para realizar la selección de componentes de naftas objetivo, se presenta la tabla 10 de puntuación en función de 3 criterios. De esta manera se podrá determinar a qué componentes se le aplicará Control estadístico de procesos. Los componentes con alta puntuación serán los componentes críticos seleccionados.

Componente	Aporte en Volumen al blending	Variabilidad en la calidad del componente	Impacto en formulación de naftas	Score
Isomerado	Medio	Bajo	Medio	Medio
Reforma	Alto	Alto	Alto	Alto
Nafta Catalítica	Alto	Alto	Alto	Alto
Alkylato	Medio	Bajo	Alto	Medio

Tabla 10 Selección de componentes para SPC. Fuente: elaboración propia.

Criterios utilizados:

- Aporte en Volumen al blending: es la cantidad de m³ que se aportan al blending para las formulaciones de naftas grado 2 y grado 3
- Variabilidad en la calidad del componente: grado de dispersión de los datos por la naturaleza del proceso.
- Impacto en formulación: incidencia debido a la calidad del componente en la capacidad de una refinería de formular naftas grado 2 y grado 3

Como conclusión del score resultante, se realizará control estadístico de proceso sobre 2 componentes: Nafta reformada (componente 1) y Nafta catalítica (componente 2)

11.1.2 Selección de parámetros

Para poder seleccionar que parámetros se controlaran de los componentes objetivo, hay que retomar el análisis de procesos de la refinería y a las especificaciones legales del mercado argentino. La tabla 11 muestra el análisis de puntuación para cada parámetro.

El análisis de procesos determinará que parámetros de las naftas se controlarán con SPC.

Por otro lado, las especificaciones legales nos exigirán sobre que parámetros tenemos que controlar.

Parámetro	Variabilidad	Gestión en Blending	Disponibilidad de datos laboratorio	Score
Destilación	Media	Baja	Alta	Media
Benceno	Alta	Alta	Alta	Alta
Aromático	Alta	Alta	Alta	Alta
Plomo	Baja	Baja	Baja	Baja
Manganeso	Baja	Baja	Baja	Baja
RON	Media	Alta	Baja	Media
MON	Media	Alta	Baja	Media
Azufre	Baja	Media	Alta	Media
Oxígeno	Baja	Baja	Baja	Baja
Contenido de Bio-etanol	Baja	Baja	Baja	Baja

Tabla 11 selección de parámetros. Fuente: elaboración propia.

Criterios utilizados:

- Variabilidad: un parámetro con gran dispersión en los datos es un elemento a controlar por SPC.
- Gestión en Blending: El proceso de Blending es el proceso crítico en la formulación de naftas, como se determinó anteriormente. Se controlarán los parámetros que se puedan gestionar en este proceso. Por ejemplo: la destilación de los componentes, en general, se controlan desde los procesos de refinación.
- Disponibilidad de datos laboratorio: tener datos disponibles para alimentar los gráficos de control de procesos es un punto fundamental para poder realizar un seguimiento correcto.

Los parámetros de los componentes naftas con puntuación más alta son Aromáticos y Benceno. Las razones son:

- En los modelos de programación lineal dentro de una refinería son parámetros determinísticos
- Es un parámetro que presenta gran variabilidad.
- Impacto en las formulaciones de todas las naftas automotoras y de uso petroquímico.
- Es un parámetro crítico a la hora de colocar producto en mercados regionales.

11.1.3 SPC: Modelo estadístico para análisis sobre componentes de naftas

Luego del análisis de procesos, se realiza el control estadístico sobre los componentes y parámetros definidos.

A continuación, se adjuntan los gráficos R y X raya. Consideraciones:

- Se propone tomar 24 muestras. Esto corresponde con una estimación inicial de 80% del tiempo la operación de la planta en condiciones normales en un mes para la toma de las mismas.
- Se seguirá la metodología descrita para SPC en el marco conceptual del presente trabajo.

11.1.4 Gráficos de control por variables

A continuación, se crean los gráficos de control de variables para el blending de naftas. Estos seguimientos se realizan para los 2 componentes y sus respectivos parámetros (aromáticos y benceno) seleccionados por su criticidad e impacto en el proceso de formulación de naftas.

De esta manera se tendrá 2 gráficos de control para cada parámetro (Aromáticos y Benceno) de cada componente (Componente 1 y 2).

11.2 Simulación Aromáticos Componente 1 y 2

Los valores de las observaciones se generan por simulación de Monte Carlo. Este tipo de herramienta genera valores aleatorios siguiendo una distribución de probabilidad determinada. Así para cada componente y parámetro seleccionado, se obtendrá una tabla de valores generados aleatoriamente con los cuales se crearán los gráficos R y \bar{x} . De esta manera se podrá monitorear, controlar y tomar acción correctivas o preventivas.

11.2.1 Simulación de Aromáticos en Componente 1 y gráficos de control

Para empezar con la construcción de los gráficos de control de variables, se necesitan datos del proceso. Esta data tiene que venir de observaciones agrupadas en números de muestras. Como muestra la tabla 12, podemos armar un modelo de seguimiento para el primer parámetro seleccionado del primer componente. En la primera columna, se tiene el número de muestra conformada por 4 observaciones. Luego (siguiendo las columnas de izquierda a derecha) se tienen los valores mínimo, máximo, rango y media de las muestras.

	mhu		58	DS		2			
Numero de muestra	Componente 1								\bar{x}
	1	Observación		3	4	Min	Max	R	
1	56,746	59,878	56,624	55,615	55,615	59,878	4,263	57,216	
2	57,012	56,485	59,339	58,610	56,485	59,339	2,854	57,861	
3	57,777	59,389	57,785	61,617	57,777	61,617	3,841	59,142	
4	60,100	59,223	58,777	56,379	56,379	60,100	3,722	58,620	
5	55,890	56,787	56,833	65,483	55,890	65,483	9,593	58,748	
6	57,491	58,795	58,639	59,135	57,491	59,135	1,644	58,515	
7	57,038	59,564	57,714	56,023	56,023	59,564	3,541	57,585	
8	59,314	59,512	60,187	52,522	52,522	60,187	7,664	57,884	
9	54,590	53,964	59,902	58,292	53,964	59,902	5,938	56,687	
10	56,954	58,712	57,316	55,781	55,781	58,712	2,931	57,191	
11	61,360	59,181	57,720	58,248	57,720	61,360	3,640	59,127	
12	60,090	56,971	59,242	52,870	52,870	60,090	7,220	57,294	
13	56,792	57,593	53,770	61,350	53,770	61,350	7,580	57,376	
14	61,009	56,309	58,330	55,699	55,699	61,009	5,310	57,837	
15	58,156	57,356	56,466	57,374	56,466	58,156	1,690	57,338	
16	59,950	55,624	58,042	58,018	55,624	59,950	4,327	57,908	
17	60,280	58,631	58,118	58,918	58,118	60,280	2,162	58,987	
18	56,517	57,095	60,628	58,900	56,517	60,628	4,111	58,285	
19	50,517	56,026	58,796	58,184	50,517	58,796	8,279	55,881	
20	57,626	59,703	55,290	59,951	55,290	59,951	4,661	58,143	
21	59,277	56,545	59,104	56,145	56,145	59,277	3,132	57,768	
22	56,661	58,535	56,842	55,703	55,703	58,535	2,832	56,935	
23	56,512	59,441	60,232	56,219	56,219	60,232	4,013	58,101	
24	58,266	57,252	55,875	53,474	53,474	58,266	4,793	56,217	
						sum R	109,742	Sum x raya	1386,645
						R raya	4,573	x raya raya	57,777
						LCL	0	LCL	54,44344891
						R raya	4,573	X raya raya	57,777
						D3	0	A2	0,729
						UCL	10,435	UCL	61,110
						R Raya	4,573	X raya raya	57,777
						D4	2,282	A2	0,729

Tabla 12 Simulación Aromáticos Componente 1. Fuente: elaboración propia.

Cada una de las observaciones se generan por simulación Montecarlo, considerando que los valores siguen una distribución normal. Para el caso Aromáticos del Componente 1, la distribución utilizada es $N(58,4)$. Este compuesto tiene un elevado número de aromáticos ya que su objetivo es mejorar las propiedades de la nafta en la combustión dentro del motor.

Luego de generar el modelo, se procede a generar los 2 gráficos de control con los parámetros calculados:

- LCL (Lower control limit) ó Limite de control inferior para grafico R(valores en azul) y grafico \bar{x} (valores en gris)
- UCL (Upper control limit) o Limite de control superior para grafico R(valores en azul) y grafico \bar{x} (valores en gris)
- Se determinar el promedio de los R y de la media de grafico \bar{x}

Se utilizo la tabla de factores para la construcción de gráficos de control por variables de tabla 13 (MONTGOMERY, 2009) para obtener los valores D3, D4 y A2.

Los valores D3, D4 y A2 son constantes que proporcionan 3 acotamientos de desviación estándar (3 sigma) para un tamaño de muestra dado.

■ APPENDIX VI
Factors for Constructing Variables Control Charts

Observations in Sample, <i>n</i>	Chart for Averages					Chart for Standard Deviations				Chart for Ranges						
	Factors for Control Limits			Factors for Center Line		Factors for Control Limits				Factors for Center Line		Factors for Control Limits				
	<i>A</i>	<i>A</i> ₂	<i>A</i> ₃	<i>c</i> ₄	1/ <i>c</i> ₄	<i>B</i> ₃	<i>B</i> ₄	<i>B</i> ₅	<i>B</i> ₆	<i>d</i> ₂	1/ <i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>D</i> ₃	<i>D</i> ₄
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

Tabla 13 Factores para construcción de gráficos de control de variables. Fuente: *Introduction to Statistical Quality Control(P 702)* por MONTGOMERY, D. C. (2009) USA: WILEY.

Como podemos ver en la tabla 13, a medida que el número de observaciones (columna 1 de izquierda a derecha) aumenta, los factores de control A2 y D4 disminuyen. Por otro lado, el valor de D3 disminuye. De esta manera, los límites de control superior e inferior se acercan cada vez más a la media. Los límites se mueven en estos sentidos porque al aumentar el número de observaciones, la zona de control tiene que representar los mismos 3 acotamientos de desviación estándar (3 sigma). Por ejemplo, si no se ajustan estos límites de control frente a acontecimiento anómalos, no se sabe si es un hecho aleatorio o hay algún evento que justifica investigar la causa del desvío. De esta manera el seguimiento no identifica cuando se tiene el proceso en control estadístico o no.

En la ilustración 30, se observa el gráfico de control de variables R aromáticos del componente 1. En el eje de las ordenadas tenemos el Rango de cada una de las muestras del porcentaje en volumen de aromáticos en el componente. Como se observa los valores no exceden los 2 límites de control por lo que el proceso está en control.

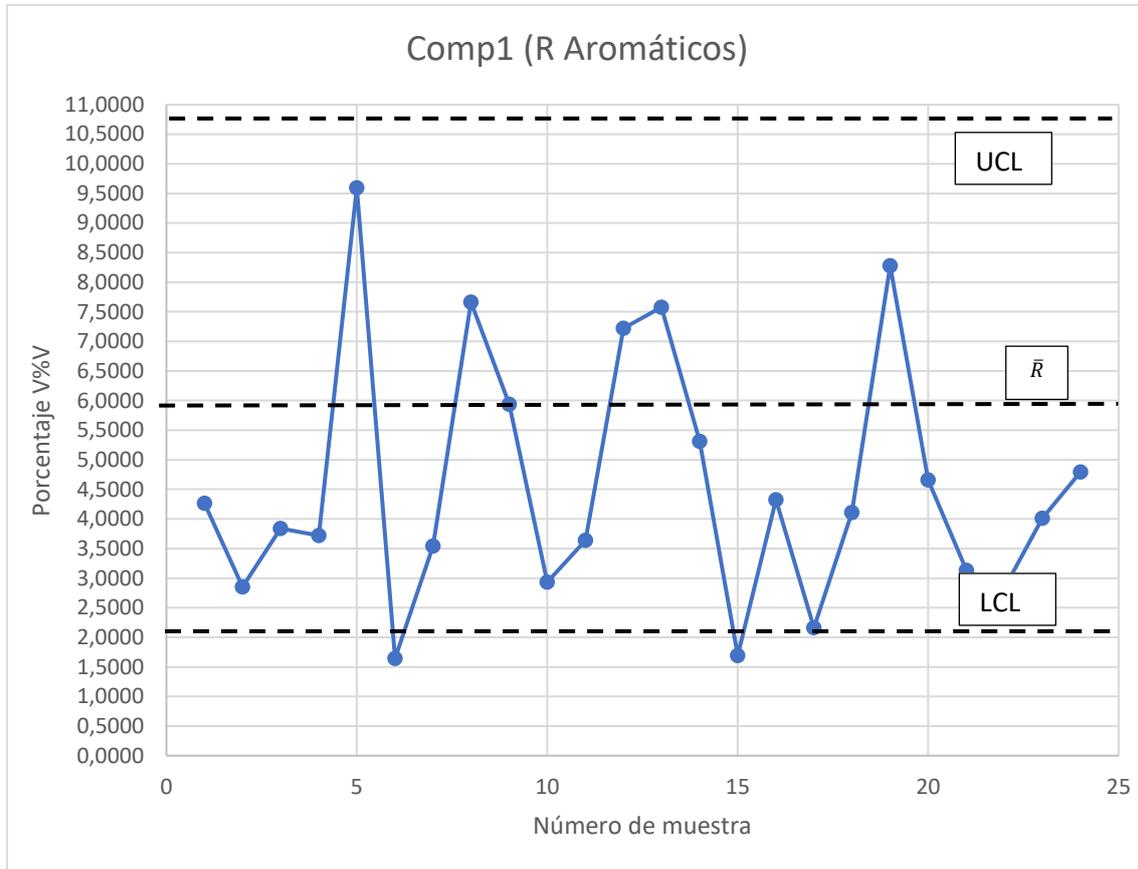


Ilustración 30 GCV Comp1 R aromáticos. Fuente: elaboración propia.

El siguiente paso es observar cómo se comporta la media. En la ilustración 31 se tiene, la evolución de la media de las muestras. En el eje Y se observa el porcentaje en volumen de aromáticos en el componente 1 y en el eje X, el número de muestras. Se puede analizar la siguiente secuencia. Se observa que entre la muestra 2 a 6, las medias están sobre \bar{x} . De esta manera se puede interpretar (si no existiera SPC), en la muestra 5 que hay que tomar alguna acción. Con el monitoreo de esta herramienta, podemos concluir que la intuición de tomar una acción es incorrecta y que la variabilidad observada entre las muestras está contemplada en los límites de control. Una decisión de no tomar acción frente a un desvío es tan importante como tomar acción cuando corresponde hacerlo. Las posibles acciones que se tomarían en una Refinería sería cargar un aviso a mantenimiento para ir a controlar una válvula de control o repetir una muestra en el laboratorio. Esto genera un uso ineficiente de recursos en la organización, generando tensiones entre sectores (como operaciones, mantenimiento, laboratorio) y competencia de recursos. El proceso está en control.

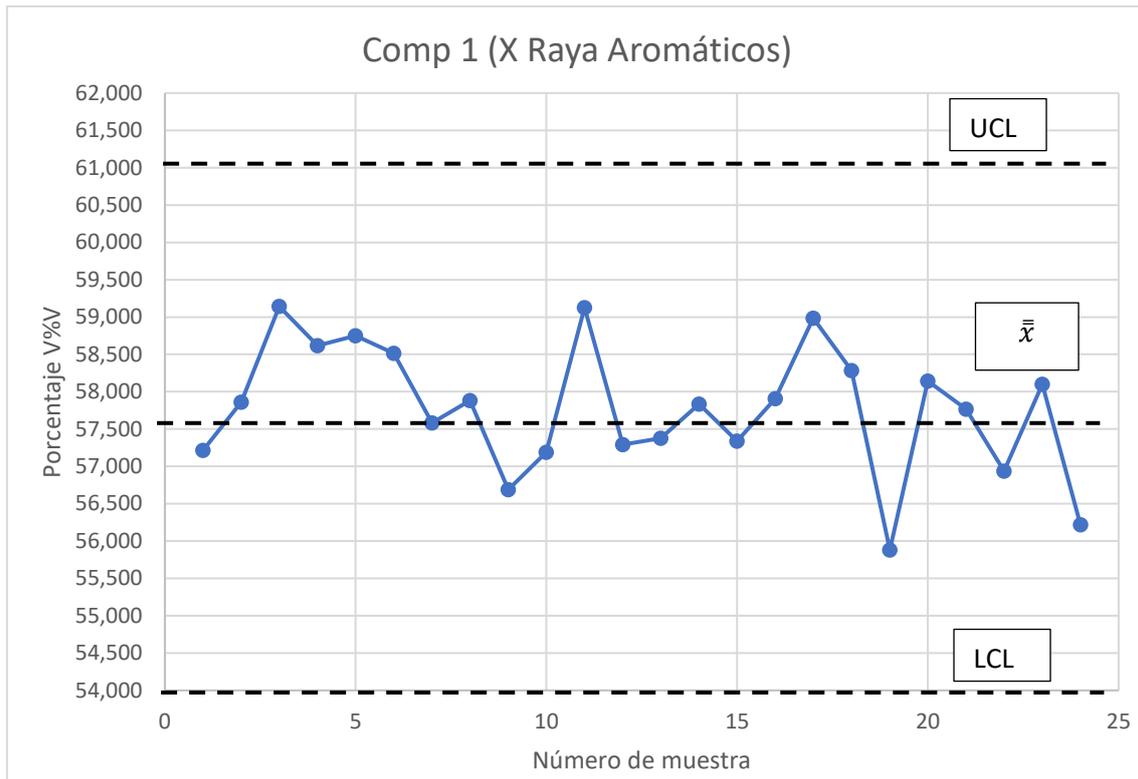


Ilustración 31 GCV Comp1 X raya Aromáticos. Fuente: elaboración propia.

11.2.2 Simulación de Aromáticos en Componente 2 y gráficos de control

En esta sección se genera el modelo para aromáticos en el componente 2 y los gráficos de control asociados. La metodología es la misma que para el modelo de aromáticos del componente 1.

En la tabla 14 se visualiza la simulación realizada para la generación de los gráficos de control. Para este componente 2 se utilizó una distribución $N(30, 16)$. En comparación con la distribución del componente 1 $N(58,4)$, se utiliza una media menor y una varianza mayor. Esto se justifica por la naturaleza de los procesos asociados a los componentes. El componente 1 viene de un proceso con el objetivo de reformar nafta y esta transformación aumenta la concentración de aromáticos. El componente 2 viene de un proceso de ruptura de moléculas.

	mhu	30			DS	4				
	Nafta FCC								\bar{x}	
	Componente 2									
Numero de muestra	Observación				4	Min	Max	R	x	
	1	2	3							
1	30,383	27,026	27,077		30,065	27,026	30,383	3,357	28,638	
2	33,285	26,669	34,314		31,567	26,669	34,314	7,645	31,459	
3	27,341	26,639	30,493		25,195	25,195	30,493	5,298	27,417	
4	30,326	30,834	24,361		29,790	24,361	30,834	6,473	28,828	
5	31,175	31,905	24,827		28,518	24,827	31,905	7,078	29,106	
6	30,111	29,543	28,014		29,405	28,014	30,111	2,097	29,268	
7	26,582	27,482	26,827		35,957	26,582	35,957	9,375	29,212	
8	29,995	34,571	27,848		30,748	27,848	34,571	6,723	30,791	
9	24,315	25,392	24,352		25,462	24,315	25,462	1,148	24,880	
10	25,803	28,773	36,588		30,306	25,803	36,588	10,786	30,368	
11	25,329	27,011	25,844		30,345	25,329	30,345	5,016	27,132	
12	33,586	30,022	34,099		25,118	25,118	34,099	8,981	30,706	
13	28,621	25,625	32,160		28,895	25,625	32,160	6,535	28,825	
14	30,340	34,868	33,828		29,271	29,271	34,868	5,597	32,077	
15	30,407	29,590	30,275		30,648	29,590	30,648	1,059	30,230	
16	24,517	23,651	32,759		31,950	23,651	32,759	9,109	28,219	
17	32,307	35,304	32,059		25,717	25,717	35,304	9,587	31,346	
18	26,756	33,029	28,426		31,031	26,756	33,029	6,273	29,811	
19	24,293	40,443	30,212		31,622	24,293	40,443	16,150	31,643	
20	36,031	24,095	26,575		29,239	24,095	36,031	11,936	28,985	
21	33,358	28,480	30,874		36,088	28,480	36,088	7,608	32,200	
22	22,933	34,089	34,419		31,113	22,933	34,419	11,486	30,638	
23	24,645	31,687	35,940		30,691	24,645	35,940	11,295	30,741	
24	31,310	25,856	25,527		24,796	24,796	31,310	6,514	26,872	
							sum R	177,125	Sum x raya	709,392
							R raya	7,380	x raya raya	29,558
							LCL	0	LCL	24,1778214
							R raya	7,380	X raya raya	29,558
							D3	0	A2	0,729
							UCL	16,842	UCL	34,938
							R Raya	7,380	X raya raya	29,558
							D4	2,282	A2	0,729

Tabla 14 Simulación aromáticos Componente 2. Fuente: elaboración propia.

En la ilustración 32 y 33 tenemos los gráficos de control asociados al componente 2. Acá se pueden ver los gráficos en conjunto para poder analizar un evento. Se observa en la ilustración 33, que el Rango de la muestra 19 es muy alto (pero dentro de los límites de control) y además bastante diferente al valor de la muestra 18. Se podría concluir que hubo algún evento que genero una variación real en el proceso. Luego se ve en la ilustración 34, que la media está dentro de los valores de control. Como conclusión, el proceso está en control. Una posible interpretación es que una de las muestras fue realizada en un operador de laboratorio en capacitación y haya omitido algún paso del procedimiento.

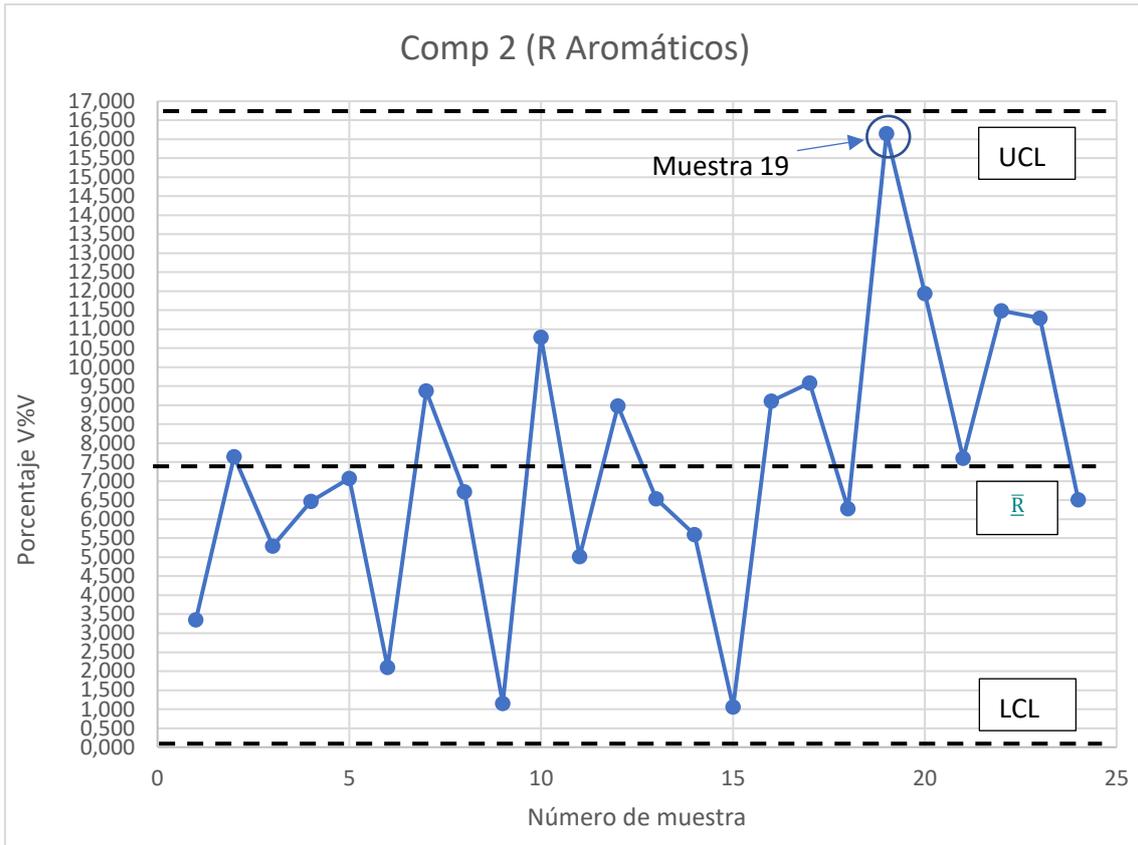


Ilustración 32 GCV Comp2 R aromáticos. Fuente: elaboración propia.

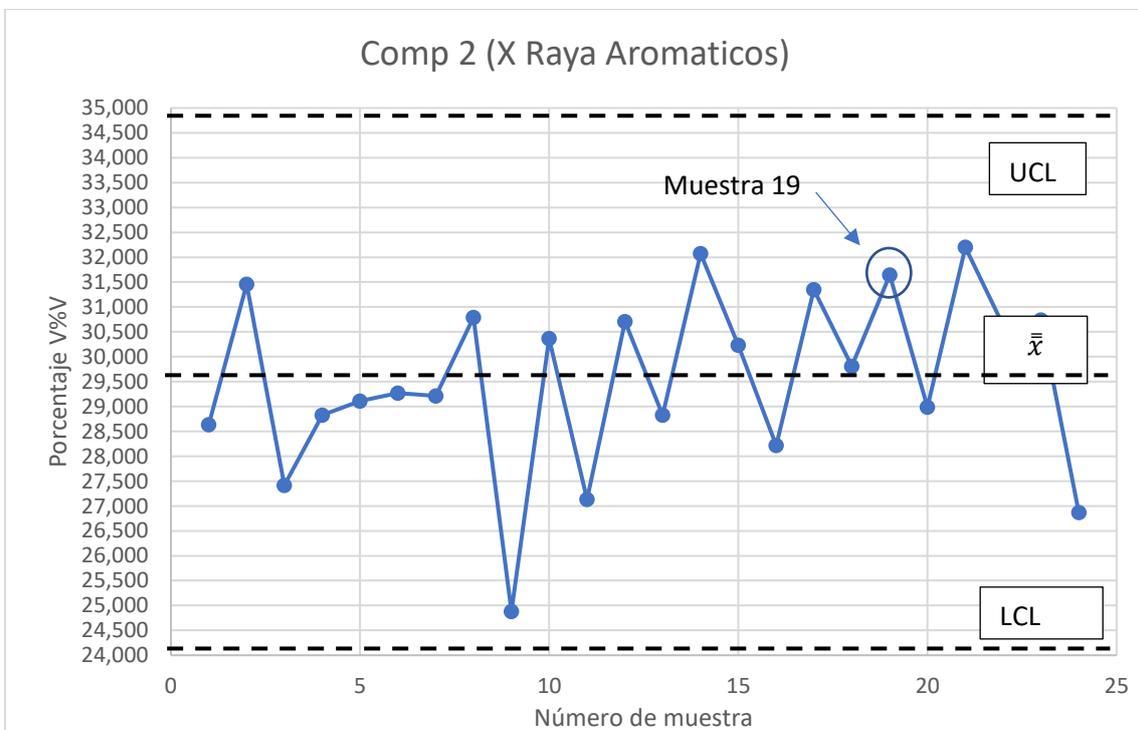


Ilustración 33 GCV Comp2 X raya Aromaticos. Fuente: elaboración propia.

11.2.3 Simulación de Benceno en Componente 1 y gráficos de control

Una vez finalizadas las simulaciones para los 2 componentes en el parámetro de Aromático, se continua con las simulaciones y gráficos de control para el parámetro Benceno.

En la tabla 15, se genera la simulación de los datos para el modelo de benceno del componente 1. Se utilizo una distribución N (1,5, 0,09). La propiedad de benceno también se mide en porcentaje volumen sobre cada uno de los componentes. De esta manera se genera 24 muestras y los cálculos de R y \bar{x} . De esta manera se generan los límites de control superior e inferior y se confeccionan los 2 gráficos de control.

	mhu		1,5		DS		0,3		
	Componente 1								
	Observación								
Numero de muestra	1	2	3	4	Min	Max	R		\bar{x}
1	1,357	1,764	1,729	1,401	1,357	1,764	0,408		1,563
2	1,092	0,882	1,716	0,998	0,882	1,716	0,834		1,172
3	1,666	1,499	1,391	1,942	1,391	1,942	0,551		1,625
4	1,739	1,947	1,541	1,424	1,424	1,947	0,522		1,663
5	1,561	1,756	1,557	1,299	1,299	1,756	0,457		1,543
6	1,773	1,145	1,379	1,431	1,145	1,773	0,628		1,432
7	1,183	1,214	1,751	1,113	1,113	1,751	0,639		1,315
8	1,304	1,309	1,388	1,577	1,304	1,577	0,273		1,394
9	1,293	1,749	1,312	1,316	1,293	1,749	0,456		1,417
10	1,240	1,594	1,250	1,972	1,240	1,972	0,731		1,514
11	1,528	1,042	1,747	1,448	1,042	1,747	0,705		1,441
12	1,289	1,518	1,453	1,275	1,275	1,518	0,242		1,384
13	1,350	1,077	1,177	1,072	1,072	1,350	0,277		1,169
14	1,624	2,046	1,657	1,578	1,578	2,046	0,467		1,726
15	1,920	1,392	2,041	1,580	1,392	2,041	0,649		1,733
16	1,142	1,398	1,503	1,261	1,142	1,503	0,361		1,326
17	1,838	1,597	1,445	1,524	1,445	1,838	0,393		1,601
18	1,019	1,443	1,619	2,030	1,019	2,030	1,011		1,528
19	1,494	1,691	1,439	1,769	1,439	1,769	0,330		1,598
20	1,663	1,123	1,322	1,437	1,123	1,663	0,540		1,386
21	1,309	1,686	1,428	1,360	1,309	1,686	0,377		1,446
22	1,674	1,703	1,483	1,777	1,483	1,777	0,294		1,659
23	1,699	0,784	1,872	1,422	0,784	1,872	1,087		1,444
24	1,429	1,367	1,600	1,294	1,294	1,600	0,306		1,423
						sum R	12,541	Sum x raya	35,503
						R raya	0,523	x raya raya	1,479
					LCL	0		LCL	1,09836805
					R raya	0,523		X raya raya	1,479
					D3	0		A2	0,729
					UCL	1,192		UCL	1,860
					R Raya	0,523		X raya raya	1,479
					D4	2,282		A2	0,729

Tabla 15 Simulación Benceno Componente 1. Fuente: elaboración propia.

En la ilustración 34, se obtiene el gráfico de control R. En el eje de las Y, está el porcentaje en volumen de benceno en el componente 1. En el análisis se puede ver que en la muestra 18 y 23, 2 picos en el valor de R. Este patrón es muy común de un nuevo operador de campo que está tomando de manera incorrecta la muestra. Por no seguir los procedimientos de limpieza de las botellas está contaminando la muestra. Los valores de rango vienen alternando entorno a la media, se genera un pico (18), sigue el proceso sin gran variabilidad y nuevamente 23 un pico. El proceso igualmente está en control

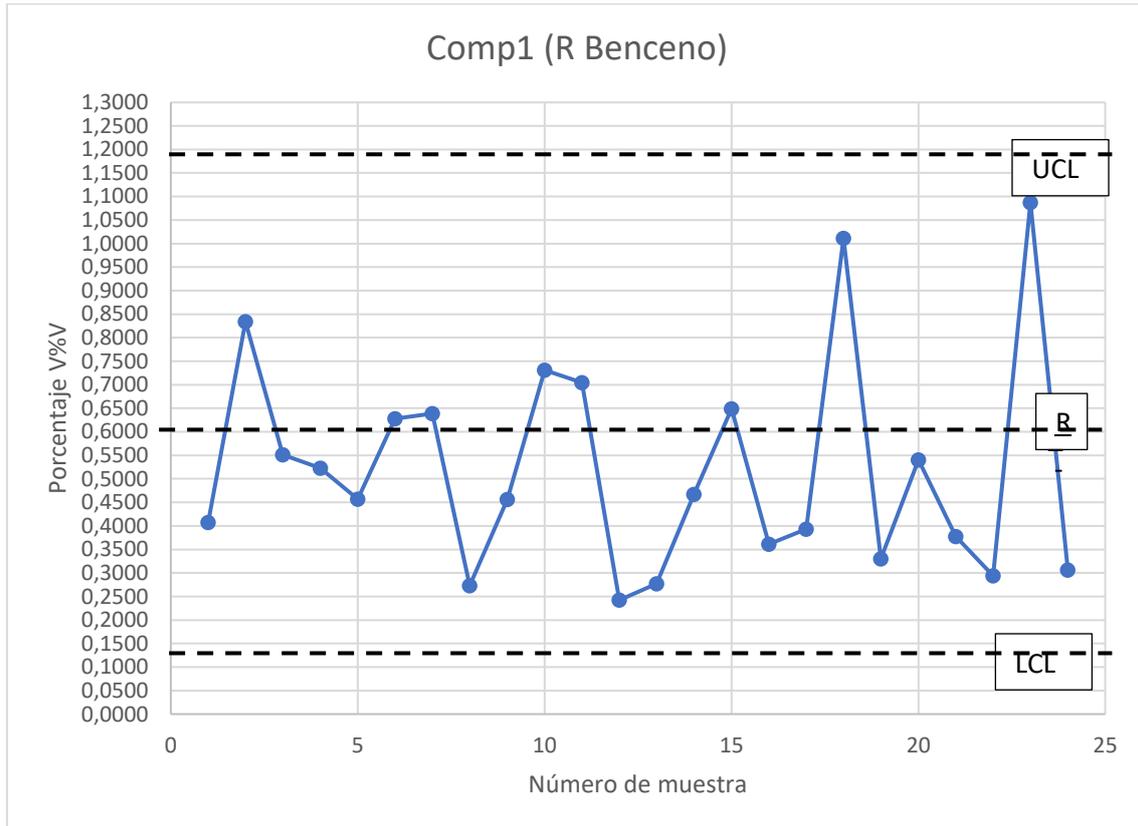


Ilustración 34 GCV Comp1 R Benceno. Fuente: elaboración propia.

En la ilustración 35, se observa el gráfico de control de media de Benceno del componente 1. Observando cómo evolucionan los datos no se observa algo que llame la atención. Todos los valores están dentro de los límites de control y no parece ver algún patrón en particular para monitorear con mayor detalle.

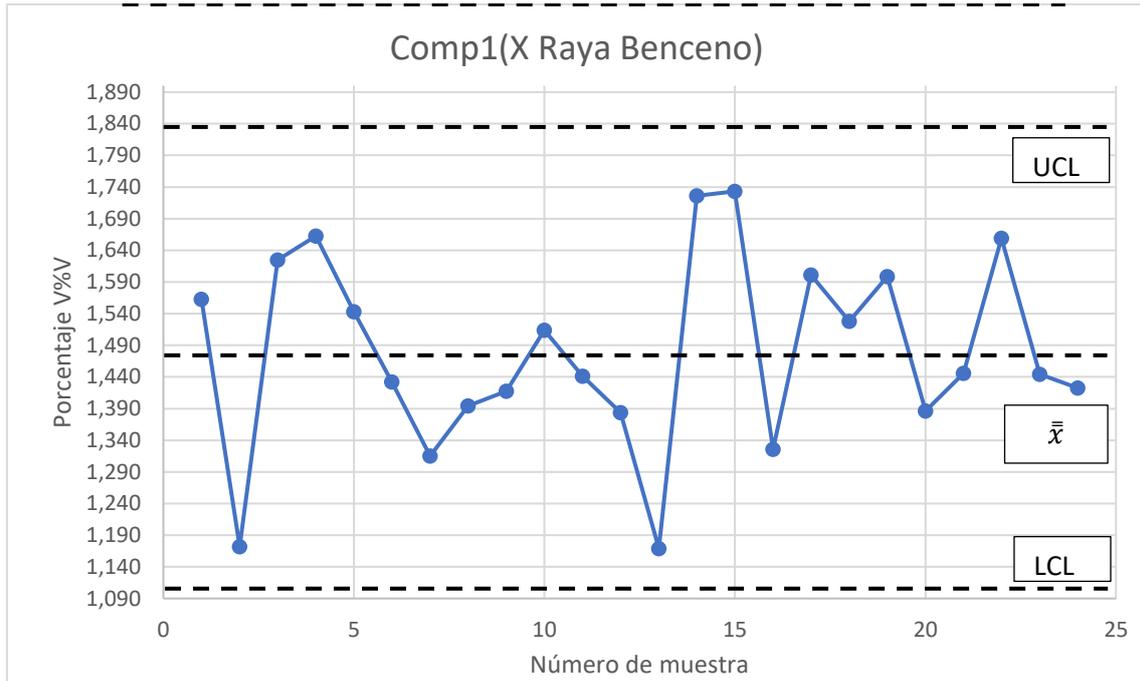


Ilustración 35 GCV Comp1 X Raya Benceno. Fuente:elaboración propia.

11.2.4 Simulación de Benceno en Componente 2 y gráficos de control

Finalmente, se genera la última simulación para generar el modelo de control de benceno para el componente 2. Para este parámetro se utiliza una distribución N (2, 0,25). En la tabla 16 se observan las diferentes observaciones y cálculos con el objetivo de generar los gráficos de control R y \bar{x} .

	mhu	2,07			DS	0,5			\bar{x}
	Observación				Nafta FCC Componente 2				
Numero de muestra	1	2	3	4	Min	Max	R	x	
1	1,869	1,894	1,510	1,185	1,185	1,894	0,710	1,614	1,614
2	1,479	2,270	2,278	1,996	1,479	2,278	0,799	2,006	2,006
3	1,758	1,505	2,113	2,529	1,505	2,529	1,025	1,976	1,976
4	2,073	1,628	1,909	1,784	1,628	2,073	0,445	1,849	1,849
5	1,331	2,768	3,259	2,326	1,331	3,259	1,928	2,421	2,421
6	3,029	3,649	2,435	1,570	1,570	3,649	2,079	2,671	2,671
7	2,291	1,736	1,509	1,653	1,509	2,291	0,782	1,797	1,797
8	2,239	2,207	2,470	2,356	2,207	2,470	0,264	2,318	2,318
9	2,270	2,432	2,616	1,581	1,581	2,616	1,035	2,225	2,225
10	1,892	1,860	2,190	1,416	1,416	2,190	0,775	1,839	1,839
11	2,437	2,399	2,439	2,075	2,075	2,439	0,364	2,338	2,338
12	1,890	2,281	2,088	1,254	1,254	2,281	1,027	1,878	1,878
13	2,103	1,787	2,239	2,315	1,787	2,315	0,528	2,111	2,111
14	2,547	1,625	1,496	2,351	1,496	2,547	1,052	2,005	2,005
15	2,916	1,365	1,317	2,471	1,317	2,916	1,599	2,017	2,017
16	2,451	1,700	2,025	2,935	1,700	2,935	1,236	2,278	2,278
17	2,011	2,533	1,805	1,610	1,610	2,533	0,922	1,990	1,990
18	2,804	1,286	1,887	1,970	1,286	2,804	1,518	1,987	1,987
19	2,459	1,738	1,281	2,582	1,281	2,582	1,301	2,015	2,015
20	2,480	2,383	2,656	1,475	1,475	2,656	1,180	2,249	2,249
21	1,605	2,507	2,191	1,862	1,605	2,507	0,902	2,041	2,041
22	2,553	2,174	2,819	2,334	2,174	2,819	0,645	2,470	2,470
23	2,178	2,753	2,550	1,840	1,840	2,753	0,913	2,331	2,331
24	2,422	1,793	2,930	1,868	1,793	2,930	1,137	2,253	2,253
					sum R	24,165	Sum x raya	50,679	
					R raya	1,007	x raya raya	2,112	
					LCL	0	LCL	1,37760712	
					R raya	1,007	X raya raya	2,112	
					D3	0	A2	0,729	
					UCL	2,298	UCL	2,846	
					R Raya	1,007	X raya raya	2,112	
					D4	2,282	A2	0,729	

Tabla 16 Simulación de componente benceno Comp 2. Fuente:elaboración propia.

En la ilustración 36, se muestra el grafico de control de R. En las muestras 5 y 6 se ve 2 picos consecutivos. Posiblemente 2 analistas ejecutaron correctamente el procedimiento en un cromatógrafo que estaba descalibrado. En un laboratorio de refinería por lo general hay varios cromatógrafos para realizar benceno. Si bien los valores están en control, se podría revisar la calibración de ese cromatógrafo en particular.

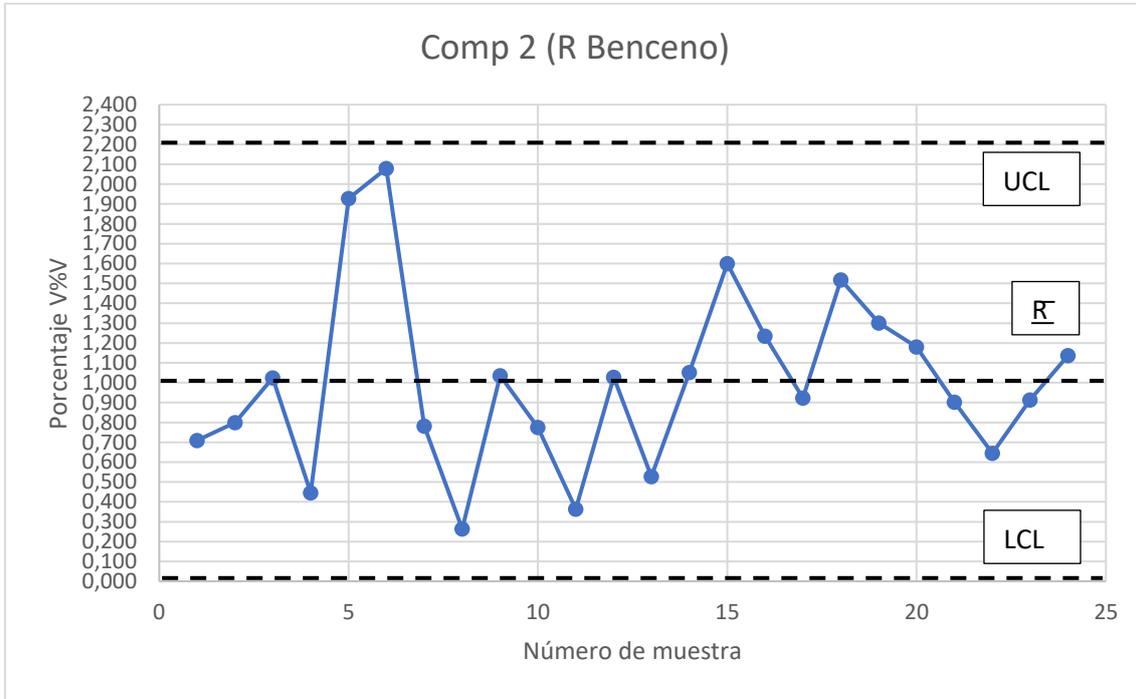


Ilustración 36 GCV Comp2 R Benceno. Fuente: elaboración propia.

En la ilustración 37, se tiene el grafico de control de la media sobre el benceno en el componente 2. Acá se ve una tendencia de izquierda a derecha donde cada mínimo va creciendo en la evolución de los datos. Si bien los datos están en control, esta tendencia al alza amerita investigar si hay alguna causa. Para esto hay que reunirse con el departamento de Operaciones y Procesos para analizar qué cambio en la planta.

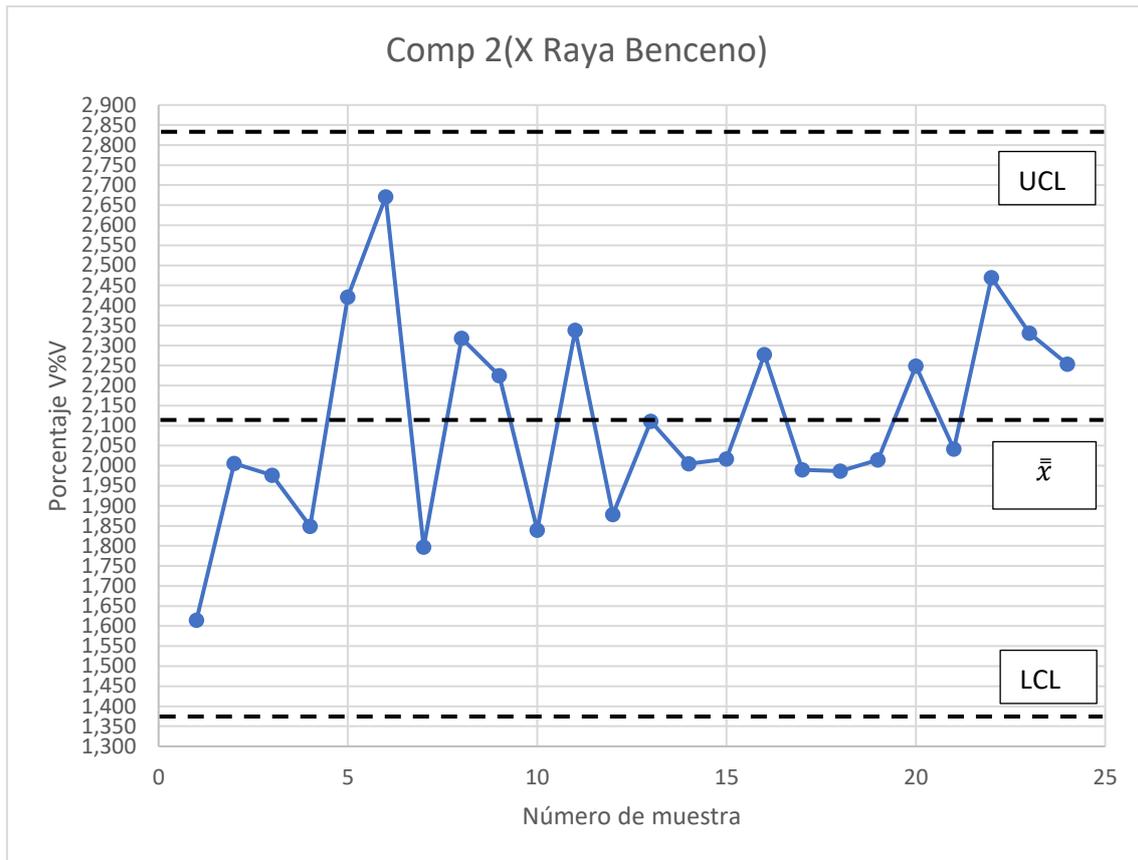


Ilustración 37 GCV Comp2 X Raya Benceno. Fuente: elaboración propia.

Hasta ahora con los modelos generados por simulación tenemos los gráficos de control que nos permiten monitorear la evolución de los parámetros y tomar decisiones sobre el proceso.

En el próximo capítulo, se mostraron los diferentes sistemas de información que tiene una refinería. De esta manera se propondrá una manera de integrarlos para la implementación de un sistema de control estadístico de procesos.

CAPÍTULO 11: INTEGRACIÓN DE DISTINTOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL ESTADÍSTICOS DE PROCESOS

Un sistema de información es un conjunto de elementos que transforman varias entradas en reportes dinámicos o estáticos para la toma de decisiones orientada a diferentes usuarios dependiendo de la función que tengan en la organización. En la ilustración 38 se muestra un sistema de información general. Se pueden definir 4 elementos de entrada al sistema de información:

- Base de datos: conjunto de datos adquiridos de la operación. Se clasifican según se gestionan los datos. Ejemplos: base de datos relacionadas o no relacionadas.
- Tecnología: conocimiento aplicado para transformar datos en información
- Organización: la naturaleza de la compañía define el tipo de sistema de información. Por ejemplo: no es lo mismo un sistema de información para una empresa que opere por lotes a otra que tenga una operación continua.

- Estrategia de gestión de la información: es la forma que dirección de la empresa quiere planificar, implementar, controlar y mejorar los sistemas de información. Está influenciado por los valores y la cultura de la toma de decisiones data-driven.

Estas entradas conforman el sistema de información. El objetivo de este conjunto de elementos es generar soluciones al negocio. Debe agregar valor (por ejemplo, aumentar ingresos, reducir costos, gestionar riesgo, etc) para la toma de decisiones.

De esta manera el sistema tiene que poder generar 2 tipos de reportes en función del usuario de la información. Un reporte gerencial es ejecutivo con indicadores y actividades claves. Un reporte técnico es un informe con mucho enfocado en la operación, seguimiento y mantenimiento del sistema. Es importante que las soluciones tengan el foco indicado ya que mejora el proceso de toma de decisiones en todo nivel de la organización.

Por último, este sistema de información es dinámico en función de los cambios en el negocio y contexto. Debe poder adaptarse a la velocidad de las necesidades de los usuarios que toman decisiones.

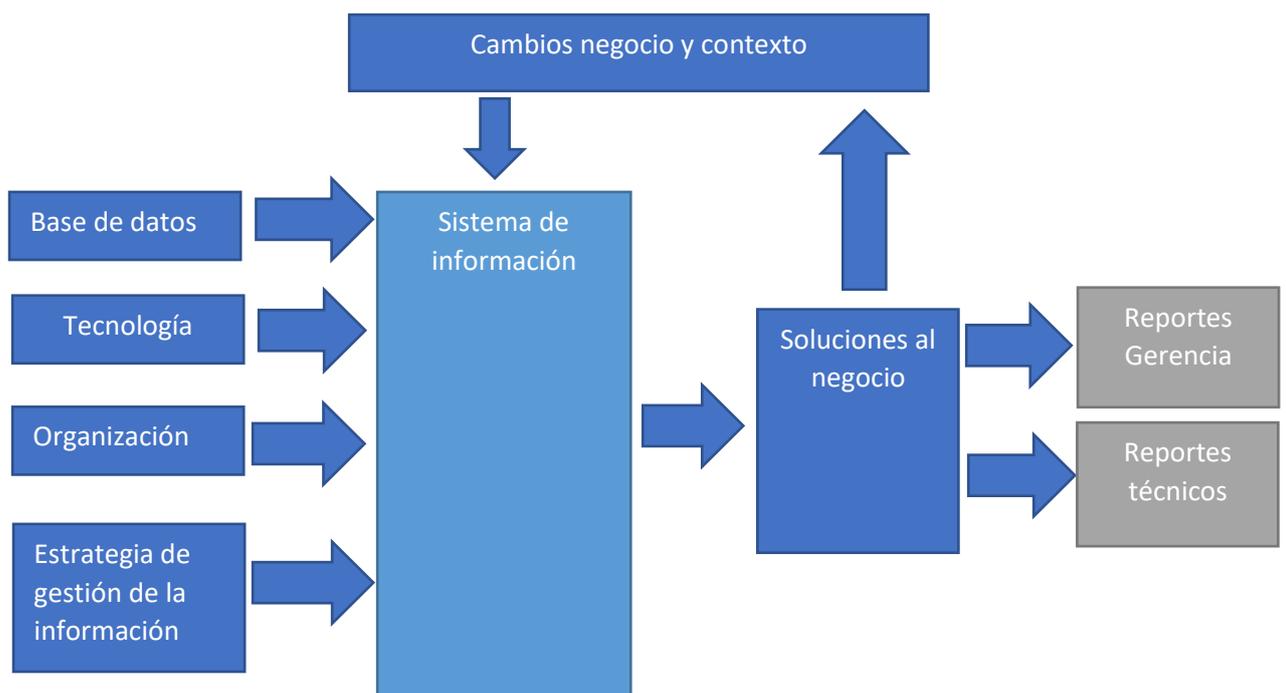


Ilustración 38 Sistema de información en organización Fuente: Management Information Systems(p 241) por Kenneth, L. (2018).. Inglaterra: Pearson.

Para la implementación se propone una solución de tecnología de información como la que muestra la ilustración 39. Dentro del sistema de información agregado de una refinería se puede visualizar los distintos sistemas de información que dan soluciones al negocio para diferentes usuarios.

El sistema de adquisición de datos de plantas da información de tendencias de temperaturas, presiones, niveles, caudales, concentraciones y otras variables. Estos datos son tomados de diferentes sub procesos dentro de las plantas como por ejemplo FCC y transformados en información. Un ejemplo de esto es una alarma de alto nivel de un tanque. Esto indica que la corriente de llegada debe ser derivada a otro tanque con capacidad para evitar el sobrellenado. Los principales usuarios de esta información son los departamentos de Operaciones, Procesos, Optimización y Control y Logística.

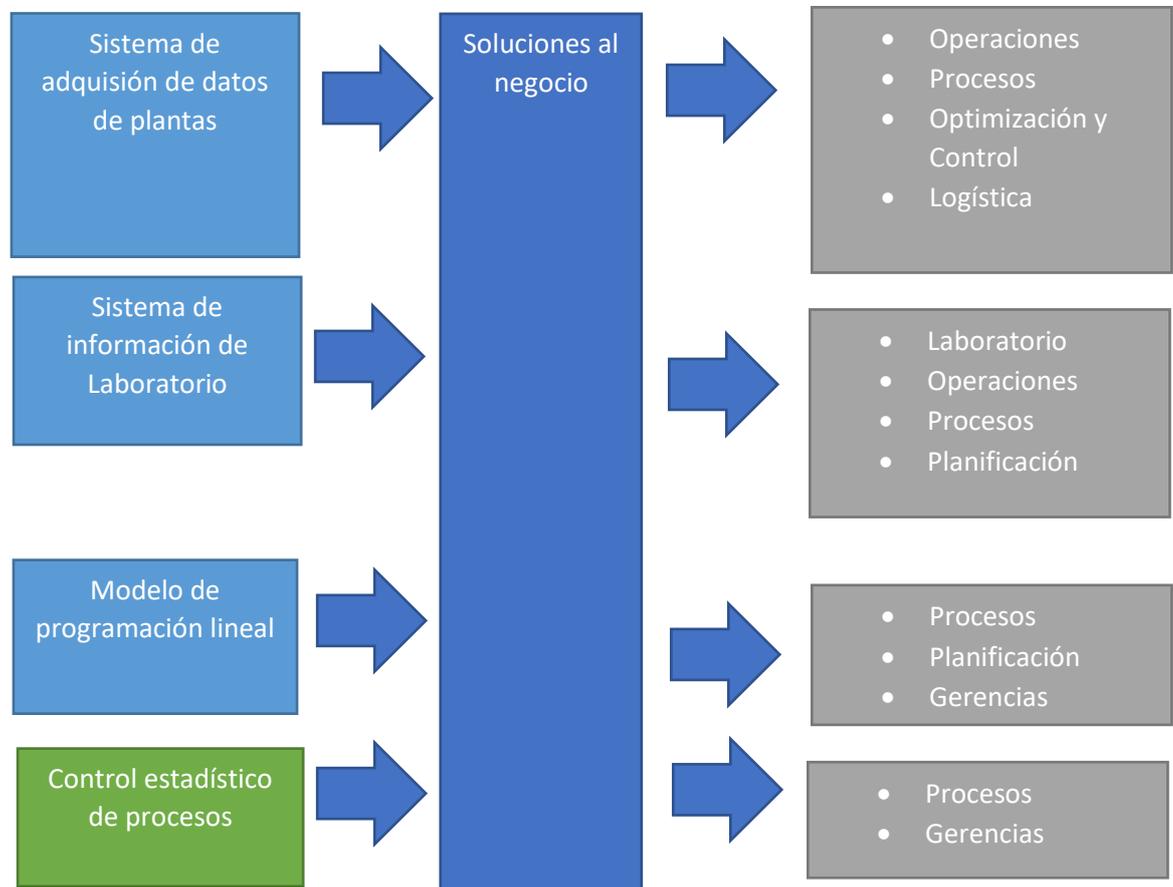


Ilustración 39 Ecosistema de sistemas de información. Fuente: elaboración propia.

Luego se tiene el sistema de laboratorio que provee información sobre la calidad de las corrientes tanto internas (entre plantas dentro de la refinería) como de productos finales para despacho a clientes. Las muestras de cada corriente son tomadas por operadores de campo y enviadas al laboratorio para su análisis en los diferentes instrumentos (Cromatógrafo líquido o gaseoso, densímetro, motores, etc.). Una vez obtenido el resultado, este se carga en una plataforma digital para consumo de los diferentes sectores. Los principales usuarios de este sistema es Laboratorio, Operaciones, Procesos y Planificación.



Posteriormente, el modelo de programación lineal es un sistema que permite optimizar la operación de refinería buscando maximización de una función objetivo. Este es un modelo determinístico por lo que no toma en cuenta la variabilidad de los datos.

Finalmente, se agrega el sistema de información de control estadístico de procesos. Este modelo estocástico permite un seguimiento, control y toma de acciones sobre variables o parámetros críticos considerando variabilidad. Se recomienda que este sistema sea gestionado por el departamento de Procesos. Como se puede ver este departamento tiene interacción con los demás sistemas de información por lo que tiene una visión global de la operación real analiza de manera multidimensional. Procesos es el encargado de diseñar las ingenierías conceptuales y básicas para generar modificaciones en las plantas. No está encargado del día a día de la operación, lo que le permite focalizarse en encontrar oportunidades de mejora con un criterio técnico y económico correcto. Este sistema debería generar un reporte ejecutivo para la gerencia que permita incluirlo en un tablero de comando general.

Hasta ahora se tiene un control estadístico de calidad en variables críticas que permite monitorear, control y tomar acciones sobre el proceso. Este sistema se alimenta de datos de laboratorio que se van generando mediante la corrida de las refinerías y se recomienda que sea gestionado por el sector de Procesos.

A continuación, se generará un modelo para analizar cómo afecta la variabilidad en los parámetros de los componentes críticos en relación a las especificaciones a cumplir en los combustibles presentadas en el capítulo 9.3("Especificaciones legales en combustibles Argentina Resolución 1283/2006."). De esta manera podremos simular un blending con variabilidad en componentes y evaluar el impacto que se genera cuando se compara con la especificación a cumplir. Este delta entre valor propiedad vs especificación a cumplir genera diferentes costos de calidad.

CAPÍTULO 12: VALUACIÓN DE NUEVO ACTIVO DE INFORMACIÓN EN EL BLENDING DE NAFTA

La valuación de activo de información dará el incentivo económico para aplicar este nuevo tipo de control.

En primera instancia, se creará un modelo por simulación para determinar los costos en un proceso con variabilidad en la calidad, utilizando la información provista por el control estadístico de datos.

Por otro lado, se calculará las propiedades mediante un modelo de programación lineal (este modelo no contempla la variabilidad en la calidad de los componentes). De esta manera podremos determinar un delta de costos que podremos capturar con acciones de mejora recomendadas.

En segunda instancia, se aplicará el modelo de valor económico de la información. Este modelo permite cuantificar el agregado de valor de incorporar nueva información, en este caso el control estadístico de procesos en componentes y parámetros críticos para la formulación de naftas. Posteriormente, se evaluará el modelo propuesto por un test de hipótesis para validarlo.

13.1.1 Simulación Impacto de costos de calidad futuros con incertidumbre en la calidad de los componentes

Para poder cuantificar el impacto en costos de calidad futuros considerando variabilidad en los parámetros de la nafta (Aromáticos y Benceno) se realiza una simulación del proceso de blending de componentes.

Conceptualmente, lo que se hará en la simulación es cuantificar los valores de las formulaciones cuando se considera variabilidad en los componentes. De esta manera en las corridas que los valores de la formulación este por debajo del valor de especificación, se tendrá un costo de regalo de calidad o "Give Away". En la corrida que los valores de la formulación este por arriba de la especificación se tendrá un costo de "penalidad por fuera de especificación". Cuando se tengan las 36 corridas, se determinará un costo promedio que representará el costo de la variabilidad de los parámetros en los componentes. A continuación, se detalla el cálculo y descripción de los diferentes costos considerados:

Como muestra la tabla 17, se genera un modelo del blending de componentes de naftas para evaluar los parámetros de aromáticos y benceno.

En la primera columna tenemos la cantidad de meses a simular. Este valor se define en un horizonte de 36 meses. Este es el tiempo promedio entre parada y puesta en marcha de las unidades productoras de componentes.

Las columnas 2,3,4 y 5 son los valores de los parámetros generados a partir de simulación de Montecarlo para aromáticos y benceno de cada uno de los componentes. Los valores de media y desviación estándar se generan a partir del control estadístico de procesos desarrollado anteriormente. Por lo que este modelo se alimenta con el seguimiento y control de SPC.

La columna 6 es el valor de aromáticos en la mezcla de los 2 componentes. Cada componente aporta un porcentaje en volumen a la mezcla. Por ejemplo, el valor de 0,233 de aromáticos de la mezcla de la primera fila, se calcula: $[(56\% \text{ de aromáticos en el comp1}) * (\text{el porcentaje de comp1 en la mezcla}) + (30,3\% \text{ de aromáticos en el comp2}) * (\text{el porcentaje de comp2 en la mezcla})] * 0,88 = 0,233$ de Aromáticos en la mezcla.

El porcentaje de comp1 en la mezcla es 30% y el porcentaje de comp2 en la mezcla es 32%. Estos valores se considerarán fijos para todos los casos ya que se quiere evaluar el impacto de la variabilidad de los componentes. Estos valores están en función de disponibilidad real de componentes.

El valor de 0,88 es un factor que se debe tomar en cuenta por agregado del 12% de Etanol. El etanol no agrega aromáticos ni benceno a la mezcla.

La columna 7 es el valor de la especificación de aromáticos máximo por normativa legal en argentina

La columna 8 es la diferencia entre la columna 6 y la columna 7. Este cálculo es el delta propiedad en la mezcla.

La columna 9 es el valor absoluto del delta propiedad. Es un cálculo auxiliar para contabilizar correctamente los costos de calidad.

En la columna 10 ,11,12,13 se realizan los mismos cálculos, que se hicieron para aromáticos de los 2 componentes, para benceno.



En la columna 14 se calculan los costos de calidad que se produce en cada mes. Estos costos se calculan siguiendo 2 criterios. En primera instancia si el delta propiedad de un componente es negativo, por lo que la mezcla de componentes no llega al valor máximo permitido de la especificación, el costo de calidad asociado a ese componente es un regalo de calidad o Give Away. En segunda instancia, si el delta propiedad de un componente es positivo (por lo que la mezcla de componentes sobrepasa al valor máximo permitido de la especificación) se genera un costo de penalización por fuera de especificación. Este costo incluye varios conceptos:

- Costos por mayor consumo de componentes.
- Costos de oportunidad de no poder realizar la venta de combustible.
- Costos asociados a de ruptura de stock en terminales.
- Costos de reproceso productivo.
- Costos de mantenimiento de acondicionamiento.
- Costos de extras en laboratorio por re muestreo.
- Costos de investigación en el sistema de control de la calidad.

Para poder cuantificar de manera aproximada estos costos, se introduce el concepto de “precio sombra” de los modelos de programación lineal. Las refinerías para realizar el programa mensual de producción utilizan un modelo de programación lineal por lo que cada mes tienen los precios sombra a utilizar.

¿Qué son los precios sombra?

Precio sombra es la mejora en el valor de la función objetivo asociado con el aumento en una unidad de una restricción. En otras palabras, es un análisis marginal sobre la función objetivo en cambios de las restricciones.

En el caso particular del modelo desarrollado, las restricciones son las especificaciones legales. Por lo que, formular productos por fuera de especificación y por debajo de la especificación genera costos. En orden de magnitud los costos de fuera de especificación siempre son mayores que los costos de entregar producto con mayor calidad.

Los costos por mayor calidad o Give Away se pueden estimar como los precios sombras de cada propiedad. Estos precios varían mucho en función del escenario (precios, demandas, disponibilidades de plantas, etc.) de la corrida del modelo de programación lineal. Por ejemplo: en verano con altas demandas de naftas para movilidad, el modelo está “tironeado” para producir nafta. Esta tensión que se genera hace que los valores marginales de un punto de propiedad lleguen a valores altos de 30 USD/punto.propiedad.m³. Pero si además se le suma a ese escenario de alta demanda, una salida de servicio de una unidad productora de componentes de naftas los valores marginales pueden llegar a 60 USD/punto.Propiedad.m³ o más. En el presente trabajo se considera un valor promedio conservador de 5 USD/punto.propiedad.m³.

Por el lado de la penalidad por fuera de especificación se considerará una relación del doble que los costos de Give Away. Este valor se puede ir calibrando en función del escenario de operación. Este supuesto también es conservador ya que, cuando se excede en aromáticos o benceno en las formulaciones finales hay que reformular para poder vender. Al reformular, se incurren desde costos de reproceso, laboratorio, mayor

consumo de componentes hasta costo de oportunidad por no tener producto apto para la venta.

Como resumen el lado de los costos de calidad se considera:

- Penalidad por fuera de especificación: 10 USD/Punto.Propiedad.m3
- Mayor calidad o Give Away vs especificación: 5 USD/Punto.Propiedad.m3

Meses	Informado													Delta Costo Info
	Aromaticos Comp1	Aromaticos Comp2	Benceno Comp1	Benceno Comp2	Aromaticos Mezcla	Aromaticos Spec	Delta Aromaticos	Abs Delta Aromaticos	Benceno Mezcla	Benceno Spec	Delta Benceno	Abs Delta Benceno		
1	56	30,3	1,560	1,614	0,233	0,400	-0,167	0,167	0,866	1,000	-0,134	0,134	1,502	
2	59,952	35,303	1,803	2,507	0,258	0,400	-0,142	0,142	1,182	1,000	0,182	0,182	2,533	
3	56,391	23,307	1,298	2,315	0,215	0,400	-0,185	0,185	0,994	1,000	-0,006	0,006	0,955	
4	56,010	26,920	1,335	2,459	0,224	0,400	-0,176	0,176	1,045	1,000	0,045	0,045	1,333	
5	58,068	31,022	1,494	1,799	0,241	0,400	-0,159	0,159	0,901	1,000	-0,099	0,099	1,292	
6	59,858	24,662	1,440	1,347	0,227	0,400	-0,173	0,173	0,759	1,000	-0,241	0,241	2,065	
7	55,410	31,490	2,083	1,647	0,235	0,400	-0,165	0,165	1,014	1,000	0,014	0,014	0,964	
8	56,261	27,742	1,413	2,266	0,227	0,400	-0,173	0,173	1,011	1,000	0,011	0,011	0,976	
9	60,231	27,645	1,557	2,090	0,237	0,400	-0,163	0,163	1,000	1,000	0,000	0,000	0,817	
10	57,297	33,315	1,297	1,024	0,245	0,400	-0,155	0,155	0,631	1,000	-0,369	0,369	2,621	
11	57,592	32,465	1,262	1,898	0,243	0,400	-0,157	0,157	0,868	1,000	-0,132	0,132	1,444	
12	62,291	28,443	1,395	2,044	0,245	0,400	-0,155	0,155	0,944	1,000	-0,056	0,056	1,058	
13	58,497	31,348	1,651	0,912	0,243	0,400	-0,157	0,157	0,693	1,000	-0,307	0,307	2,324	
14	54,523	30,895	1,287	2,518	0,231	0,400	-0,169	0,169	1,049	1,000	0,049	0,049	1,334	
15	56,282	28,572	1,480	2,868	0,229	0,400	-0,171	0,171	1,198	1,000	0,198	0,198	2,837	
16	58,529	30,657	1,448	2,293	0,241	0,400	-0,159	0,159	1,028	1,000	0,028	0,028	1,075	
17	60,281	29,811	1,188	2,283	0,243	0,400	-0,157	0,157	0,956	1,000	-0,044	0,044	1,003	
18	54,355	30,635	1,441	1,888	0,230	0,400	-0,170	0,170	0,912	1,000	-0,088	0,088	1,292	
19	55,079	28,108	1,322	2,531	0,225	0,400	-0,175	0,175	1,062	1,000	0,062	0,062	1,495	
20	58,301	29,857	1,558	2,293	0,238	0,400	-0,162	0,162	1,057	1,000	0,057	0,057	1,381	
21	56,137	29,879	1,135	1,313	0,232	0,400	-0,168	0,168	0,669	1,000	-0,331	0,331	2,492	
22	58,473	29,174	1,463	1,734	0,237	0,400	-0,163	0,163	0,875	1,000	-0,125	0,125	1,444	
23	57,160	26,307	1,386	2,162	0,225	0,400	-0,175	0,175	0,975	1,000	-0,025	0,025	1,001	
24	55,764	29,105	1,771	2,263	0,229	0,400	-0,171	0,171	1,105	1,000	0,105	0,105	1,904	
25	56,072	29,266	1,435	1,649	0,230	0,400	-0,170	0,170	0,843	1,000	-0,157	0,157	1,632	
26	56,477	22,338	1,204	2,658	0,212	0,400	-0,188	0,188	1,066	1,000	0,066	0,066	1,603	
27	59,924	29,480	1,330	1,380	0,241	0,400	-0,159	0,159	0,740	1,000	-0,260	0,260	2,096	
28	59,123	28,310	1,411	1,547	0,236	0,400	-0,164	0,164	0,808	1,000	-0,192	0,192	1,780	
29	58,662	28,626	1,982	2,863	0,235	0,400	-0,165	0,165	1,329	1,000	0,329	0,329	4,117	
30	58,917	28,604	1,385	1,696	0,236	0,400	-0,164	0,164	0,843	1,000	-0,157	0,157	1,604	
31	58,514	30,522	1,544	2,630	0,240	0,400	-0,160	0,160	1,148	1,000	0,148	0,148	2,280	
32	58,195	26,667	1,866	2,057	0,229	0,400	-0,171	0,171	1,072	1,000	0,072	0,072	1,575	
33	56,235	29,215	1,511	2,491	0,231	0,400	-0,169	0,169	1,100	1,000	0,100	0,100	1,850	
34	52,183	32,470	1,737	1,970	0,229	0,400	-0,171	0,171	1,013	1,000	0,013	0,013	0,989	
35	54,851	28,077	1,050	2,054	0,224	0,400	-0,176	0,176	0,855	1,000	-0,145	0,145	1,603	
36	55,792	30,327	1,256	1,753	0,233	0,400	-0,167	0,167	0,825	1,000	-0,175	0,175	1,711	
Valor Esperado	57,325	29,191	1,466	2,023	0,234	0,400	-0,166	0,166	0,957	1,000	-0,043	0,126	1,666	

Tabla 17 Simulación en blending con información de incertidumbre en los componentes. Fuente: Elaboración propia

De esta manera se obtiene un valor esperado de costo de **1,66 USD/m3**(ver valor última fila y columna de tabla 17 Simulación en blending con información de incertidumbre en los componentes en recuadro amarillo) debido a la variabilidad de los parámetros de los componentes. Este valor no es totalmente capturable ya que hay costos de calidad que no son gestionables (modelo sin variabilidad) que son intrínsecos a los procesos de producción de componentes de naftas.

Por lo que, el próximo paso es determinar cuál es el costo considerando que los componentes no tienen variabilidad. **El delta de costos entre modelo con variabilidad y el modelo sin variabilidad es el gap a minimizar con las acciones propuestas.**

13.1.2 Cálculo de propiedades en el blending sin información de incertidumbre.

Como el modelo actual es un modelo determinístico se considera que las propiedades de los componentes no cambian. En la tabla 18 se detallan los cálculos de propiedades en el blending con valores sin variabilidad. Los valores en los 36 meses se mantienen constantes, ya que la calidad del componente 1 y componente 2 en Aromáticos y Benceno es fija porque es un modelo de programación lineal. Por eso solamente en la ilustración se deja el cálculo de un mes. El valor Delta Costo del modelo de control es **0,75 USD/m³(valor de la última columna en recuadro amarillo)**

Control												
Aromaticos Comp1	Aromaticos Comp2	Benceno Comp1	Benceno Comp2	Aromaticos Mezcla	Aromaticos Spec	Delta Aromaticos	os Delta Aromatico	Benceno Mezcla	Benceno Spec	Delta Benceno	ABS Delta Benceno	Delta Costo Control
0,58	0,30	1,47	2,11	0,27	0,40	-0,13	0,13	0,98	1,00	-0,02	0,02	0,75

Tabla 18 Cálculo de propiedades en el blending sin información de incertidumbre. Fuente: elaboración propia

Usando un plazo de 36 meses podemos ver que Delta Costo promedio mensual entre los valores con variabilidad (Modelo con nueva información) vs modelo actual sin variabilidad (modelo de control) es:

$$1,66 \text{ USD/m}^3 - 0,75 \text{ USD/m}^3 = 0,91 \text{ USD/m}^3.$$

13.1.3 Acciones para monetizar en función de nuevo activo información

Se pueden tomar las siguientes acciones para disminuir estos costos de calidad

- Optimizar los procesos productivos de componentes de nafta en conjunto con áreas como Operaciones, Procesos y Control mostrando este incentivo de reducir los costos de calidad.
- Re ingeniería sobre las recetas de componentes considerando la variabilidad de los mismos.
- Celebrar contratos comerciales con otras compañías para adquirir componentes baratos que disminuyan este costo de calidad.
- Re calibrar el seguimiento de SPC una vez al año. Esto permite tomar acciones correctivas y preventivas alineados a la disminución de la variabilidad real de los componentes.
- Realizar capacitaciones en conjunto de los dueños del proceso y IT. Es fundamental que los especialistas en los procesos productivos sepan cual es el alcance de las herramientas disponibles por la compañía. Trabajar en células de trabajo multidisciplinarias es un factor clave en la implementación, mantenimiento y en la generación de impacto real en el negocio de estos modelos estadísticos.

13.1.4 Aplicación del modelo de valor económico de la información

Para poder cuantificar el valor del nuevo activo de información (aplicación de SPC) vamos a utilizar el modelo de valuación de Valor Económico (EVI)

Formula para EVI

$$EVI = [\text{Revenue } i - \text{Revenue } c - (\text{AcqExp} + \text{AdmExp} + \text{AppExp})] * T/t$$

Donde:

- Revenue I: es la ganancia generada usando la información del activo (grupo con información)
- Revenue c: es la ganancia generada sin la información del activo (grupo control)
- T= la vida promedio esperada de la información.
- T = el periodo de tiempo durante la prueba de información es ejecutada.

Para el modelo aplicado al caso de estudio tenemos:

Revenue I = Costo Calidad Información nueva [USD/m³] x Volumen de naftas compañía promedio anual [m³]

Revenue C = Costo Calidad Grupo de control [USD/m³] x Volumen de naftas compañía promedio anual[m³]

T = Tiempo promedio entre Parada planificada General de mantenimiento de unidades productoras de nafta[año]

t = Tiempo estipulado para entre recalibración de SPC [año]

13.1.5 Impacto económico en el negocio

Para evaluar el impacto económico del negocio, se analizará el volumen de naftas formuladas por el mercado. De esta manera se podrá determinar un productor promedio de la industria para determinar el impacto de aplicar esta herramienta.

13.1.5.1 Producciones de naftas de los 3 jugadores principales del mercado

Las producciones de gasolinas están concentradas en 3 grandes jugadores en Argentina:

- PAN AMERICAN ENERGY
- SHELL C.A.P.S.A
- YPF S.A

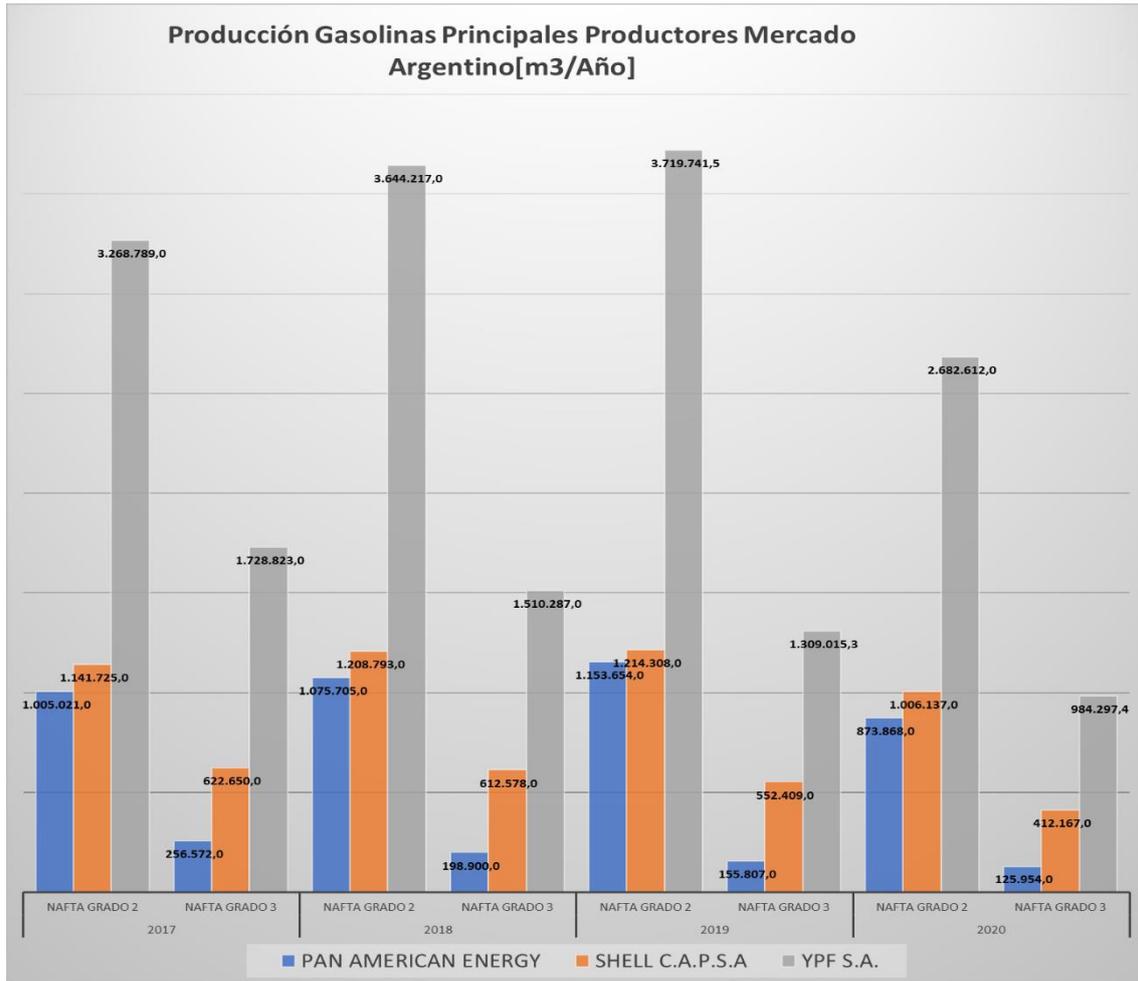


Ilustración 40 Producción Gasolinas principales productores Argentina por grado. Fuente: elaboración propia con datos de Ministerio de economía de Argentina. <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/refinacion-y-comercializacion-de-petroleo-gas-y-derivados-tablas-dinamicas>

Se puede ver en la ilustración 40, que YPF lidera la producción de naftas, seguido de SHELL y luego PAN AMERICAN ENERGY. También podemos ver que la relación de mix de naftas para todas las compañías (Naftas grado 2 vs Naftas grado 3). Se observa que prácticamente la relación para compañía en el mix es semejante. En cuanto a la valorización del impacto se evaluará en las 2 naftas ya que las propiedades de aromáticos y benceno son especificación en ambos combustibles.

13.1.5.2 Producción Agregada Gasolinas

De la ilustración 41, se evidencia que la producción de nafta agregada es aproximadamente de 8 millones de m3 anuales. En el 2020 por efecto de la pandemia, la demanda de naftas fue inferior a un año sin restricciones de circulación a nivel país.

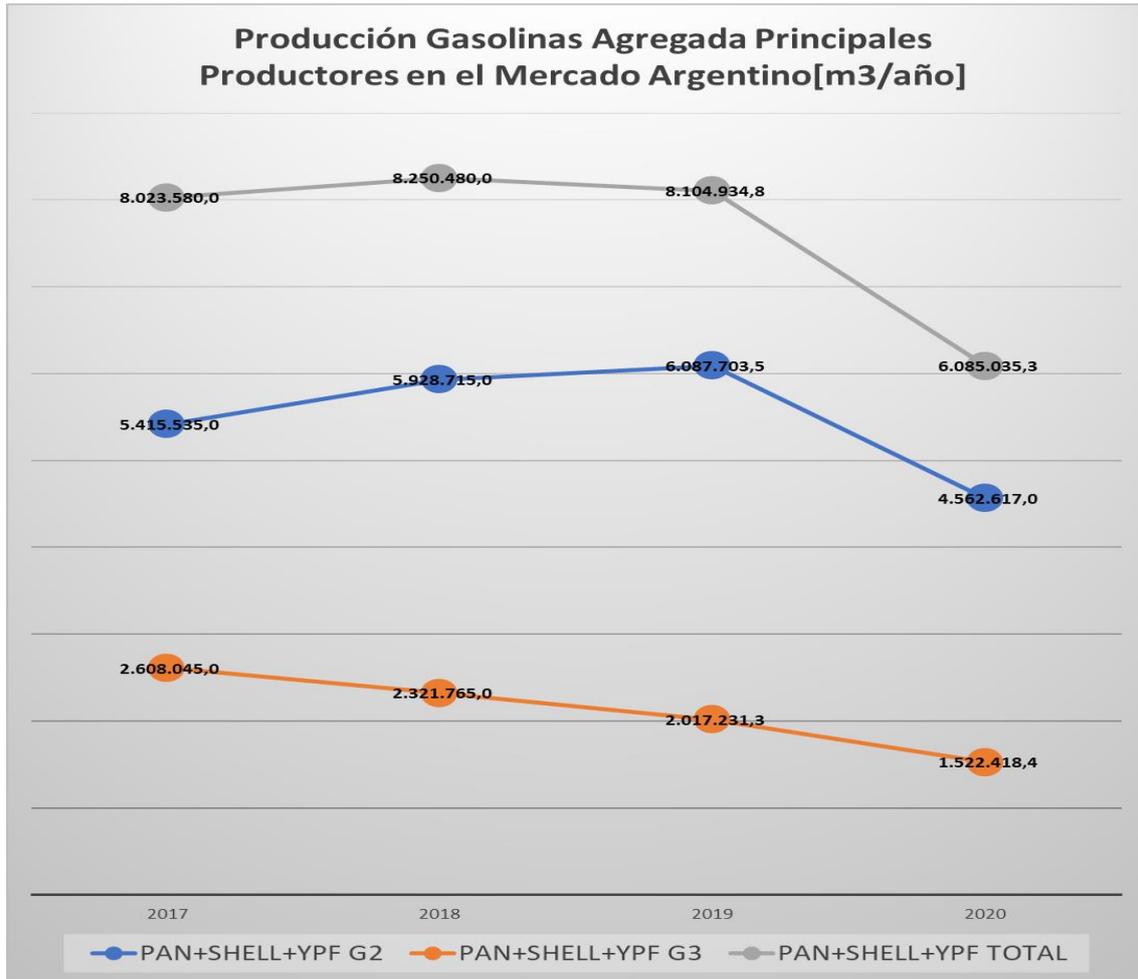


Ilustración 41 Producción de Gasolinas agregada de los principales productores Argentina. Fuente: elaboración propia con datos de Ministerio de economía de Argentina. <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/refinacion-y-comercializacion-de-petroleo-gas-y-derivados-tablas-dinamicas>

Se resume en la Tabla 19, los valores para poder estimar la producción anual de una compañía promedio del mercado en producción de nafta. Se determina que el impacto es de 1,9 millones de m3 de nafta anuales.

	2017	2018	2019	2020	Total[m3]
PAN+SHELL+YPF G2	5.415.535	5.928.715	6.087.704	4.562.617	21.994.570
PAN+SHELL+YPF G3	2.608.045	2.321.765	2.017.231	1.522.418	8.469.460
PAN+SHELL+YPF TOTAL	8.023.580	8.250.480	8.104.935	6.085.035	30.464.030
Compañía promedio					1.904.002

Tabla 19 Resumen producciones de naftas agregada y Compañía promedio. Fuente: elaboración propia con datos de Ministerio de economía de Argentina. <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/refinacion-y-comercializacion-de-petroleo-gas-y-derivados-tablas-dinamicas>

13.1.5.3 Valor Económico de la información en Refinería promedio

Finalmente podemos reemplazar todos los valores del modelo valor económico de la información aplicado a una refinería promedio en Argentina. Para esto se tuvo que generar un modelo SPC para poder monitorear la calidad con variabilidad de componentes que aproxima el comportamiento real de los componentes. Luego se simuló el comportamiento de estos componentes en el blending de nafta, cuantificando los desvíos de calidad vs las especificaciones legales del mercado local. A continuación, se asoció cada desvío a costos de calidad y se calculó el valor esperado de estos costos en el ciclo operación promedio en un modelo con variabilidad y por otro lado en un modelo determinístico.

Ahora, se reemplazan los datos para calcular EVI:

$$\text{Revenue I} = 1,66 \text{ USD/m}^3 \times 1.904.002 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\text{Revenue c} = 0,75 \text{ USD/m}^3 \times 1.904.002 \text{ m}^3/\text{año}$$

T= 36 meses =3 años (Tiempo promedio entre Parada de Planta General para inspección mecánica de equipos. Se toma esta ventana de tiempo ya que en general en las paradas planificadas se incorporan cambios de equipos que influyen en la performance de la planta)

t= 1 año (Tiempo promedio entre recalibración de modelo SPC)

$$\text{EVI} = (1,66 \text{ USD/m}^3 \times 1.904.022 \text{ m}^3/\text{año} - 0,75 \text{ USD/m}^3 \times 1904002 \text{ m}^3/\text{año}) * 3 \text{ años} / 1 \text{ año}$$

EVI = 5,19 MUSD

De esta manera ,el valor de información es de 5,19 MUSD valuado con este modelo.

13.1.6 Experimento para evaluar significancia estadística de los resultados simulados

Para evaluar si la simulación del blending realizada tiene significancia estadística y poder validar el modelo propuesto, se realiza un test de hipótesis. Se simulan los valores de las 4 variables aleatorias definidas durante 36 meses. Luego se va a realizar un test de hipótesis sobre estos valores para determinar si hay significancia estadística global en el experimento.

Hipótesis:

H0: los costos de calidad del Modelo Actual son mayores o iguales vs Modelo con Variabilidad.

H1: los costos de calidad del Modelo con Variabilidad son mayores vs Modelo Actual.

Alpha elegido: $\alpha = 0,05$

En la tabla 20, se obtienen los resultados del test de hipótesis. Se observa que los p-values son menores que 0,05. Por lo que se rechaza la hipótesis nula. Esto indica que el modelo es estadísticamente significativo y el modelo utilizado es válido.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances		
	<i>Delta Costo Control</i>	<i>Delta Costo Info</i>
Mean	0,748404	1,666137399
Variance	1,14103E-31	0,457140514
Observations	36	36
Hypothesized Mean Difference	0	
df	35	
t Stat	-8,144096881	
P(T<=t) one-tail	6,80527E-10	
t Critical one-tail	1,689572458	
P(T<=t) two-tail	1,36105E-09	
t Critical two-tail	2,030107928	

Tabla 20 Test de hipótesis para validar estadísticamente el modelo propuesto. Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Haciendo referencia a las preguntas de investigación, se obtienen las siguientes respuestas:

¿Qué procesos productivos dentro del Downstream presentan oportunidades de optimización de costos de calidad en la formulación de combustibles?

En el presente trabajo se analizó la Industria del Oil Gas. Esta industria esta dividía en 3 grandes negocios: Upstream, midstream y Downstream. Se describieron cada uno de los negocios de manera conceptual y se focalizó en el Downstream, puntualmente en los procesos dentro de una refinería. De esta manera se puede analizar los procesos asociados a la producción de diferentes productos. Así, se organizaron los procesos por su grupo funcional. Esto permite realizar un análisis riguroso de la estructura de procesos y poder seleccionar el proceso que a estudiar para la implementación de herramientas de control. De esta manera se definió el proceso de blending como el proceso de mayor impacto en la formulación de componentes. Definir los procesos a los cuales se va a aplicar la herramienta evaluando el impacto sobre el resultado es clave para la implementación y mantenimiento.

¿Qué modelo se adecúa mejor para tratar la no linealidad en la variabilidad de los componentes utilizados en los combustibles?

En la operación diaria se generan una gran cantidad de datos de distintos tipos de sistema de información. Estos sistemas responden a preguntas y usuarios diferentes. De esta manera los sistemas de programación lineal buscan maximizar una función objetivo como el beneficio en la operación. Esta herramienta es muy útil cuando existen muchas ecuaciones y restricciones en el modelo que se pueden aproximar bastante bien con relaciones lineales.

En la realidad, los procesos y la calidad de los componentes no tienen un comportamiento lineal. De esta manera se produce variabilidad que tiene que ser medida y controlada para poder tomar decisiones. De esta manera se pueden implementar modelos estocásticos que permitan monitorear y tomar acciones sobre procesos reales. Al poder integrar datos variables en el tiempo a un modelo que contemple esas variaciones, se podrá analizar qué está ocurriendo y de ser necesario accionar. Tomar acciones cuando no había que hacerlo, repercuten en el negocio de manera negativa destruyendo valor.

¿Qué Herramienta permite determinar los principales puntos de control y cómo controlar la variabilidad en la calidad de los combustibles para minimizar costos de calidad?

En el presente trabajo, se aplicó control estadístico de procesos con el objetivo de disminuir costos de calidad. De esta manera se puede analizar los impactos en la variabilidad de los componentes en las formulaciones finales de combustibles.

En un contexto altamente volátil e incierto, tener un mix de herramientas que permitan tomar decisiones en función del riesgo asociado aumentará las probabilidades de éxito en el largo plazo de la compañía. No quiere decir que las herramientas actuales no funcionen. Cada herramienta tiene un alcance de aplicación en función de la naturaleza del problema.

Para generar esta combinación de herramientas que puedan responder a diferentes preguntas, se necesitan datos confiables y personas con las capacidades adecuadas para poder modelar problemas reales de manera eficaz. Tener disponibles modelos que trabajen con valores fijos permiten tomar decisiones en situaciones estáticas. Cuando se tienen que tomar decisiones bajo incertidumbre hay que utilizar modelos estocásticos para decidir. Estos 2 tipos de modelos complementarios sumado al criterio y creatividad de los dueños de los procesos, permiten a las organizaciones adaptarse rápidamente a los cambios de contexto.

Los recientes desarrollos de la tecnología de información a nivel del usuario que tiene que tomar decisiones, es fundamental para la implementación de estas herramientas. De esta manera la persona que es responsable de un proceso de negocio conoce las funcionalidades y limitaciones de las tecnologías que posee su compañía.

¿Qué modelos permiten cuantificar el agregado de valor de la nueva información al negocio?

Se presentaron los modelos desarrollados por (LANEY, 2018) .De esta manera, se utilizó el modelo de valor económico de la información. Este modelo compara el ingreso de un proceso con información nueva vs un proceso de control (sin información nueva). Por lo que, se puede encontrar un incentivo económico para desarrollar herramientas de control estadístico con la información disponible actualmente.

Alinear los objetivos y acciones en organizaciones complejas es fundamental para la implementación de la estrategia. Cuando se tienen varias unidades de negocios, las estructuras de control y los incentivos económicos para cumplir con lo requerido se vuelven complejos. El uso de herramientas que permitan explicar qué se controla, por qué y cómo se hace, brinda un marco de referencia para la toma de decisiones basadas en datos y no por intuiciones. Esto genera uniformidad en los criterios desde los puestos gerenciales hasta las posiciones operativas.

Como conclusión final del trabajo, se desarrolló una herramienta que permite crear valor al negocio optimizando costos de calidad en la formulación de combustibles. Se realizó un análisis de los procesos para poder clasificar los procesos críticos según el impacto asociado a la oportunidad de optimización de costos de calidad. Esto permite utilizar la nueva herramienta mediante la integración en el ecosistema de sistemas de información que posee el negocio. Luego se determinó el valor económico de información generado por la nueva herramienta para cuantificar el impacto en el negocio. De esta manera mejorando un Proceso Interno (aplicación de SPC) se impacta positivamente en una métrica financiera. En mi opinión este tipo de iniciativas “bottom – up” permiten implementar mejoras que son sostenibles en el tiempo ya que empoderan a los sectores operativos con el correspondiente control de la dirección. Esto permite el desarrollo de organizaciones mediante el fortalecimiento de sistemas de gestión que den soporte en la toma de decisiones en todos los niveles de la organización con una perspectiva de impacto integral en el negocio.

Lista de referencias

- Economía, M. d. (2020). Obtenido de Argentina Gobierno :
<https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/refinacion-y-comercializacion-de-petroleo-gas-y-derivados-tablas-dinamicas>
- Eppen, G. ., (2000). *Investigación de operaciones en la Ciencia Administrativa*. New Jersey: Pearson.
- GARTH SALONER, A. S. (2001). *STRATEGIC MANAGEMENT*. New York: John Wiley & Sons.
- Gryna, C. ., (2007). *Método Juran Análisis y planeación de la calidad*. México: Mc Graw-Hill.
- IAPG. (2009). *Abecé del Petroleo y del Gas en el mundo y en la Argentina*.
- IAPG. (2011). *Aspectos técnicos , estratégicos y economicos de la refinación del petróleo*. Buenos Aires: IAPG.
- IAPG. (2015). *El abecé de los Hidrocarburos No Convencionales. Shale oil , Shale gas , tight gas*. Buenos Aires: IAPG.
- Jacobs, C. (2018). *Operations and Supply Chain Management*. New York: MC Graw Hill.
- Juran. (1974). *Quality Control Handbook*. McGraw-Hill.
- Kenneth, L. (2018). *Management Information Systems*. Inglaterra: Pearson.
- LANEY, D. B. (2018). *INFONOMICS*. NEW YORK: BIBLIOMOTION INC.
- Mack, K. ., (2016). *Managing in a VUCA World*. Switzerland: Springer.
- Maples, R. (2000). *Petroleum Refinery Process Economics*. Oklahoma: PennWell.
- MONTGOMERY, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control*. USA: WILEY.
- Morgan, J. (21 de Abril de 2020). Obtenido de <https://am.jpmorgan.com/us/en/asset-management/institutional/insights/market-insights/market-updates/on-the-minds-of-investors/why-are-oil-prices-negative/>
- Paz, C., & Gomez, G. (2012). *Control Estadístico de Procesos*.
- Secretaría Política Económica , Ministerio de Hacienda. (2016). *Informe de Cadenas de Valor - Hidrocarburos*. Buenos Aires.
- Tappata, M. (2020). *Ventaja competitiva - Creación y captura de valor - Análisis de la industria*.
- WALPOLE, M. (2014). *PROBABILITY AND STATISTICS FOR ENGINEERS AND SCIENTISTS*. INDIA: PEARSON.