

HERRAMIENTA DE DETECCIÓN DE DESCARGAS A MECHERO CON IA

Deamici Luis Emilio, YPF, luis.deamici@ypf.com
Jimena Martinez Pecoraro, YPF, jimena.martinezpecoraro@gmail.com
Marina Camiletti, YPF, marinacamiletti410@gmail.com
Victoria Manoni, YPF,

Sinopsis

Este trabajo se refiere a la reutilización de una herramienta de Inteligencia Artificial llamada Mtell, desarrollada por Aspen Tech para el seguimiento de equipos rotantes en la detección de posibles fallas a futuro que generen una rotura del equipo. En este caso se planteó el desafío de utilizar los diferentes tipos de algoritmos para la detección de las distintas descargas de gases dulces hacia el mechero principal de la Refinería de Luján de Cuyo. La metodología consistió en entender operativamente cómo se comportan los distintos sensores de una instalación ante el inicio y fin de descarga de gases a mechero, y con estos comportamientos entrenar algoritmos para que los mismos puedan predecir en forma automática dichas descargas. Una vez logrado esto se procedió a agregar cálculos de estimación de caudal, para poder asignar cierta cantidad de gas a los equipos en estudio. Esto se realizó con 48 instalaciones diversas, tales como cámaras de coke, separadores de líquidos, válvulas controladoras de presión, purgas de esferas, descargas de seguridad ante el paro de compresores de gases, acumuladores de cabeza y torre debutanizadora. Con esto se logró crear 48 caudalímetros ficticios, con un seguimiento en línea, permitiendo los siguientes objetivos:

- Determinar y cuantificar cuales son las descargas rutinarias de la refinería.
- Determinar cuáles son las descargas no rutinarias y poder detectarlas en tiempo y forma para su mejor control.
- Por medio de una visualización amigable para el personal de turno, facilitar la composición y combinación de las distintas descargas al mechero, dejando en limpio las zonas de la gráfica en donde todavía no se ha detectado el origen de las descargas, permitiendo su mejor análisis para su futura identificación.
- Generar una nueva base de datos historizada, de caudales de descarga por instalación, permitiendo analizar posibilidades de optimización de emisiones y recuperación de gases.
- Generar nuevos indicadores de descarga por planta de procesos, basados en las condiciones normales de operación en función de la información generada con esta herramienta.

Hasta el momento ya se ha logrado detectar y cuantificar el 38% de las descargas al mechero, y en función de las nuevas observaciones estimamos que podremos llegar al 60% en los próximos meses.

Luego de un año y medio de trabajo consideramos que los objetivos logrados y la experiencia adquirida en una nueva forma de trabajo son muy valiosos para la compañía, facilitando la creación de nuevas herramientas de seguimiento, control y optimización.

Introducción

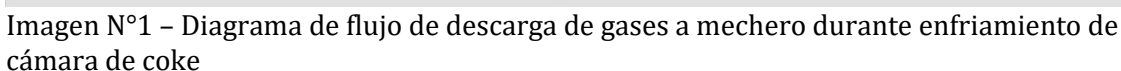
El proyecto se basó en tratar de determinar las cantidades de gases dulces que se descargan hacia el mechero en las diversas operaciones rutinarias de la Refinería de YPF Luján de Cuyo, para poder estudiarlas y evaluar su posible optimización. Y con esta información inferir en forma automática las descargas no rutinarias, no detectadas, para facilitar su detección en tiempo y forma y

El enfoque metodológico que se utilizó fue el de comprender el comportamiento de las diversas obras operativas y de seguridad que terminan generando un inicio y fin de una descarga gaseosa hacia el mechero, y con este patrón entrenar diferentes algoritmos de regla o de machine learning en la herramienta Mtell de la empresa Aspen Tech.

Desarrollo

La Refinería de Luján de Cuyo posee dos planta de Coque, entre las cuales hay un total de 10 cámaras de coquizado. A modo ejemplo, en este trabajo, se desarrollará solo la cámara 201D de la planta de Coke I, explicando dos operaciones distintas con las cuales se descargan gases a mechero.

. En la imagen N°1 se muestra el circuito que van realizando los gases a medida que se realiza la maniobra de descarga de gases durante la maniobra de enfriamiento de la cámara, y en la tabla N°2 se indican los sensores que van cambiando su comportamiento.



201D	CK-TI_2400.PV	Temperatura superior de la cámara	Cuando la T superior cae, mayor descarga de Blowdown a mechero, considerar un lapso de 1-2 h
	CK-TI_2120.PV	Temperatura de entrada a cámara	El período de descarga de la cámara 201-D se produce alrededor de 1 hora después de que la temperatura de entrada comienza a descender desde una temperatura superior a 450 °C
	CK-PI_2601.PV	Presión de cabeza del equipo	Durante el período de descarga, la presión presenta un descenso abrupto y una posterior subida de igual manera.
	CK-TI_2971B.PV	Temperatura de salida aereoenfriadores 291-C	Cuando los valores se encuentran entre 50 y 120, se encuentran descargando las cámaras de Coque I a mechero
	V1-FI0006.PV	Caudalímetro vapor de media área B	Cuando comienza el período de descarga a mechero, se ve un aumento del consumo de vapor de 2 a 3 Tn/h
	V2-GD1	Caudal de descarga a mechero	Cuando las cámaras del Coque I, se encuentran descargando a Blown Down, el caudal de descarga de mechero aumenta

Tabla N°2 – Tabla de variables a seguir durante la descarga de gases a mechero de cámara de coke en el enfriamiento de cámara D-201

En la imagen N°3 se muestra la gráfica con los comportamientos de las variables anteriores, y con los cuales se entrena al algoritmo de machine learning en la herramienta Mtell. Se incorpora a la herramienta un periodo de operación normal del equipo para que el algoritmo conozca las características típicas del funcionamiento e identifique el movimiento de las variables, asignando, en función del patrón asociado a una descarga, una probabilidad de descarga (TRUE) que se mantendrá hasta que las variables regresen a un comportamiento de no descarga donde la probabilidad tenderá a cero (FALSE). Durante este proceso de entrenamiento, Mtell analiza cómo evolucionan las variables en el tiempo y construye un modelo predictivo que permite identificar desviaciones significativas respecto al patrón aprendido.



Imagen N°3 – Comportamiento de las variables durante el enfriamiento de cámara de coke D-201

En imagen N°4 se muestra el resultado que entrega la herramienta Mtell luego del entrenamiento del periodo indicado, mostrando con color rojo la indicación del alerta y durante el periodo que lo mantiene, con

lo cual la herramienta emite la palabra TRUE durante ese periodo. Además se muestra la curva de probabilidad de éxito de detección del comportamiento indicado.



Imagen N°4 – Gráfica que entrega la herramienta Mtell luego del entrenamiento, de detección del periodo de enfriamiento de la cámara D-201

Con la indicación de inicio y fin de descarga, que genera la herramienta Mtell, se activa una ecuación de estimación de caudal de descarga que se desarrolla para cada equipo o condición de operación, entendiendo el comportamiento fluidodinámico de la instalación. Dicha ecuación tiene las siguientes consideraciones:

- De acuerdo con los datos históricos del comportamiento del caudal de mechero durante la maniobra de enfriamiento, se observó un comportamiento lineal a la temperatura ambiente, por lo que se aplica una ecuación lineal con pendiente negativa, afectado por una relación entre temperatura ambiente y temperatura de salida de los aeroenfriadores.
- Caudal máximo de descarga según manual de operación de planta de Coke I de 3,5 Nm³/h.
- Si el caudal calculado con la ecuación de los gases es menor a 3,5 Nm³/h se deja el caudal calculado, ahora si el cálculo es mayor a 3,5 Nm³/h se respeta el valor indicado según manual.

$$Q'_{20xD-E} = (-0.063 \times T_{291C} + 75.46) * \frac{T_{amb}}{T_{291C}} * \frac{1}{10}$$

Referencias:

Q'_{20xD-E} = Caudal de descarga cámara coke

T_{291C} = Temperatura de salida del acumulador 291C enviada por CK-TI_2971B.PV

T_{amb} = Temperatura ambiente enviada por CILC-HT-TI_230.PV

Con esta metodología de trabajo se generaron 10 Agentes de descarga, que sería equivalente a 10 caudalímetros ficticios que solamente miden durante la operación de enfriamiento del total de cámaras de coke. En el Anexo I se puede ver en el Diagrama N°13 el diagrama de flujo de la secuencia de cálculos donde entran estas consideraciones.

Calentamiento Cámara de Coke

Continuando con la cámara D-201 como ejemplo, desarrollaremos la operación de calentamiento de las cámaras de coque para la generación de nuevos caudalímetros ficticios que midan solamente esta operación.

En la imagen N°5 se indica el circuito de los gases durante el calentamiento y los sensores que van modificando su comportamiento.

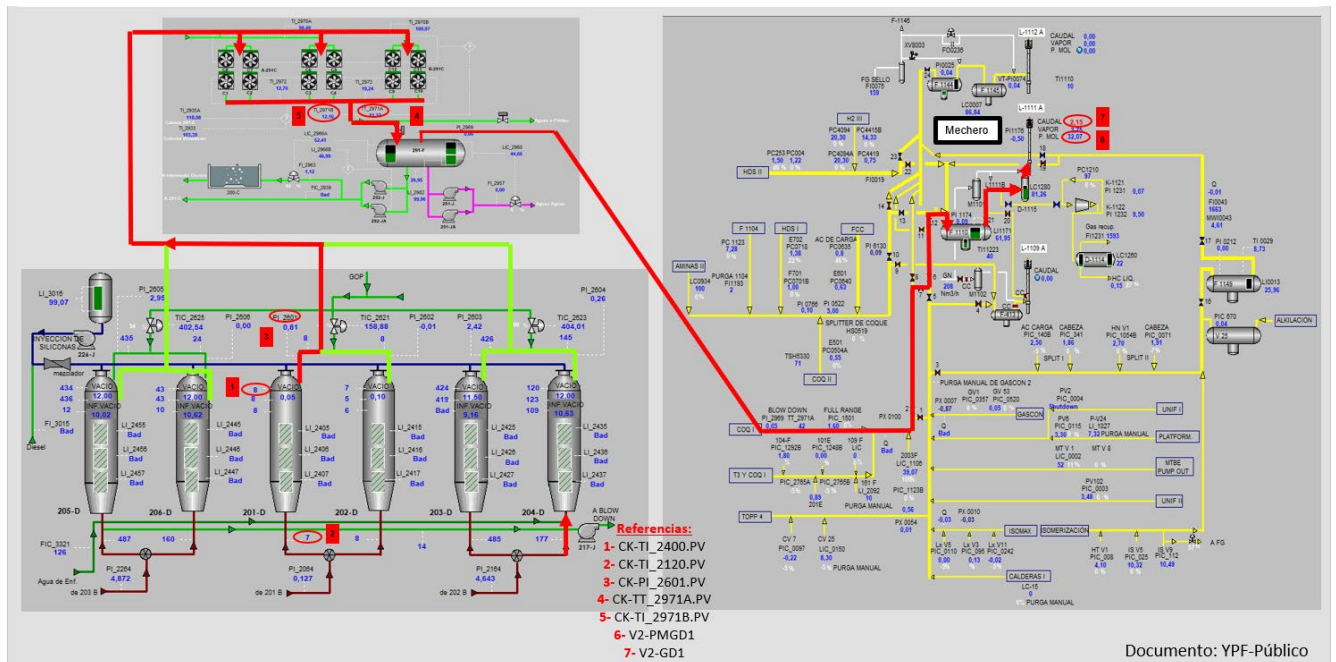


Imagen N°5 - – Diagrama de flujo de descarga de gases a mechero durante calentamiento de cámara de coque

201D	CK-TI_2400.PV	Temperatura superior de la cámara	Cuando la T superior sube, mayor descarga de Blowdown a mechero
	CK-TI_2120.PV	Temperatura de entrada a cámara	La temperatura de entrada a la cámara sube 250°C aproximadamente
	CK-PI_2601.PV	Presión de cabeza del equipo	Durante el período de descarga, la presión tiene un incremento de 2 kg/cm2
	CK-FI_2779.PV	Caudalímetro Producción de FG (Fuel Gas)	El caudal de envío de FG a Aminas desciende ya que se usa ese gas para calentar la cámara
	V2-GD1	Caudal de descarga a mechero	Cuando las cámaras del Coque I, se encuentran descargando a Blown Down, el caudal de descarga de mechero aumenta

Tabla N°6 – Tabla de variables a seguir durante la descarga de gases a mechero de cámara de coque en el enfriamiento de cámara D-201



Tabla N°7 - Comportamiento de las variables durante el calentamiento de cámara de coke D-201



Imagen N°8 – Gráfica que entrega la herramienta Mtell luego del entrenamiento, de detección del periodo de calentamiento de la cámara D-201

Para el caso de la detección de inicio y fin de la maniobra de calentamiento de la cámara de coke se activa, de igual manera que en el caso de enfriamiento, una ecuación de estimación de caudal que tiene la siguiente consideración:

- Caudal máximo de descarga según manual de operación de planta de Coke I de 1,5 Nm³/h.

$$Q'_{20xD-C} = 1.5$$

Con esta metodología de trabajo se generaron 10 Agentes de descarga, que sería equivalente a 10 caudalímetros ficticios que solamente miden durante la operación de calentamiento del total de cámaras de coke. En el Anexo I se puede ver en el Diagrama N°14 el diagrama de flujo de la secuencia de cálculos donde entran estas consideraciones.

Purga de Esferas, Separadores de líquidos, compresores de gases y válvulas de seguridad

La misma metodología de entrenamiento que se realizó en los casos anteriores se realiza para el resto de los equipos que descargan a mechero, solamente se diferencia el tipo de algoritmo a elegir para su entrenamiento, con esta herramienta se utilizan dos tipos de algoritmos, de machine learning y de regla. Machine learning se utiliza cuando el patrón nace de una conjunción de varias variables (al menos 4) porque esto es lo que va a buscar en el entrenamiento, replicar el movimiento de todas las variables juntas para detectarlas. Ahora si el patrón a entrenar es de una sola variable que indicaría el inicio y fin de la descarga, para este caso se utiliza algoritmo de regla.

Purga de Esferas

Para el caso del análisis de la purga de líquido del fondo de las esferas, se toma una sola variable que sería la existencia en Nm³/h de cada esfera por lo que se entrena un algoritmo de regla para obtener el aviso y fin de la descarga. En este caso se lo entrena para que solo busque un comportamiento de descenso breve de la existencia por un periodo corto de tiempo, unos 20 minutos aproximadamente, que sería a la purga de líquidos del fondo de la esfera, y que no tenga en cuenta el trasvase de dicha esfera cuando sale a producción donde en este caso el descenso de la existencia en continuo durante un tiempo prolongado.

Para la estimación de caudal de las esferas se toma el valor de existencia, expresado en Nm³/h y se determina la variación del volumen, considerando que el volumen del líquido desplazado generará un empuje de gases sobre el colector de mechero de igual volumen, independientemente que el líquido purgado quede retenido en los separadores de líquido de la instalación de mechero. Una vez obtenido el volumen desplazado se lo convierte en unidad de masa en Tn/h utilizando el dato del peso molecular de los gases que emite el propio caudalímetro de mechero. En el Anexo I se puede ver en el Diagrama N°15 el diagrama de flujo de la secuencia de cálculos donde entran estas consideraciones.

$$Q'_{E19} = (\bar{V}_{(-30m)} - V_i) \times \frac{12}{22.4 \times 100} \times (PM - 6)$$

Referencias:

Q'_{E19} = Caudal de descarga esfera

$V_{(-30m)}$ = Volumen aspirado promedio de los últimos 30 minutos previo a descarga, enviado por TK-VOL_ASP_1188.CAL.

V_i = Volumen aspirado en ese instante enviado por TK-VOL_ASP_1188.CAL.

PM = Peso molecular en el mechero medido por V2-PMGD1.

Con esta metodología se generaron 4 agentes para el control de la purga de 4 esferas.

Separadores de líquidos

En la mayoría de los separadores de líquido que hay en la Refinería, contamos con lectura en línea del % porcentaje de nivel y/o del % de apertura de la válvula de purga, por lo que se utilizó un agente de regla para su entrenamiento son solo 2 variables a analizar. En el caso del que en nivel del separador disminuya y la válvula de purga abra comienza la descarga a mechero. Debido a que es habitual que las tomas de los instrumentos de nivel se tapen, y además que las válvulas de purga queden trabadas por ensuciamiento o rotura, es que se le entrenó al algoritmo a que indique si se genera descarga con la posibilidad de que se den cualquiera de las tres condiciones:

- Nivel descendiente y apertura de la válvula de purga
- Nivel sin variación (posible ensuciamiento) y apertura de la válvula de purga
- Nivel descendiente y válvula de purga sin cambio de estado (posibilidad de que la válvula este no operativa y se esté descargando por el bypass).

Para la estimación del caudal se calcula la el volumen de liquido desplazado cubicando el equipo separador y por la variación de nivel de la purga, tomando la misma consideración que se hizo para las esferas, en donde se estima que la purga de liquido genera un empuje de un volumen igual de gases sobre el colector de mechero, por más que el líquido quede retenido en el separador de líquido del sistema de antorcha. En el Anexo I se puede ver en el Diagrama N°16 el diagrama de flujo de la secuencia de cálculos donde entran estas consideraciones.

$$Q'_{2003F} = (h_{(-5m)} - h_i) \times (A_{acum}) \times \frac{\rho_{FG}^{**}}{1000}$$

Referencias:

Q'_{2002F} = Caudal de descarga separador de líquido

$h_{(-5m)}$ = Nivel de líquido enviado 5 minutos antes por CK-LIC_1106.PV

h_i = Nivel de líquido enviado al instante por CK-LIC_1106.PV

A_{acum} = $[\pi \times (0.794^2) / 4] \times (60 \text{ min} / 1 \text{ h})$

** ρ_{FG} = Densidad de FuelGas tomado en el punto de muestreo 1114.

Con esta metodología se generaron 7 agentes para el control de la descarga de separadores de líquido.

Compresores de gases

En los principales compresores de gases cuentan con un sistema de protección que ante el paro del mismo se abre una válvula automática a mechero para despresionar toda la instalación y para darle curso a los gases sin sobrepresionar la llegada de los mismos. Estas válvulas de descarga tienen indicación de apertura, por lo que se utiliza esa señal, y en algunos casos indicación de presión en el colector de descarga, por lo que se entrenaron agentes de regla con estas variables.

Para la estimación del caudal se considera que el último valor de caudal medido por el caudalímetro de salida del compresor es el que se termina derivando hacia mechero, por lo que esa ultima lectura es la que se congela y se atribuye hacia mechero, mientras la apertura de la válvula se mantenga abierta hacia mechero. En el Anexo I se puede ver en el Diagrama N°17 el diagrama de flujo de la secuencia de cálculos donde entran estas consideraciones.

$$Q'_{J-551} = Q_{enviado}^* \times \frac{\rho_{FG}^{**}}{1000}$$

Referencias:

Q'_{J-551} = Caudal de descarga compresor

* $Q_{enviado}$ = Caudalímetro de envío K2-FC0525 5 minutos antes de inicio de descarga

** ρ_{FG} = Densidad de Fuel Gas tomado en el punto de muestreo 1114.

Con esta metodología se generaron 5 agentes para el control de la descarga de gases por paro de compresores de gases.

Válvula de seguridad

La Refinería cuenta con 270 válvulas de seguridad (PSV) hacia mechero, de las cuales 150 PSV cuentan con un indicador de presión sobre el equipo que están protegiendo, con envío de señal en línea, por lo

que se utiliza dicha indicación para entrenar un algoritmo de regla con el valor de presión de seteo de la PSV como indicador de posible descarga a mechero.

En la estimación de caudal para las PSV se toma como posible máximo caudal a considerar el valor de descarga para lo cual fue diseñada cada PSV, pero en el caso de que el caudal de mechero se menor a este máximo valor de descarga se le atribuye el caudal que esté indicando el caudalímetro en ese momento. En el Anexo I se puede ver en el Diagrama N°18 el diagrama de flujo de la secuencia de cálculos donde entran estas consideraciones.

Con esta metodología se generarán 150 agentes controlando las posibles aperturas de las PSV con indicación de presión.

En resumen, se configuraron 205 agentes de posibles puntos de descarga de gases hacia el mechero L-1111. En la tabla N°9 se indican en detalle

Cantidad	Agentes	Tipo de algoritmo
10	Enfriamiento de cámaras de coke	Machine Learning
10	Calentamiento de cámaras de coke	Machine Learning
7	Separadores de líquido	Regla
4	Esferas	Regla
5	Compresores de gases	Regla
14	Acumuladores	Regla
1	Planta de gases	Machine Learning
2	Válvulas control de presión red de Fuel Gas	Regla
1	Torre debutanizadora	Machine Learning
1	Eyectores planta Crudo y Vacío	Regla
150	PSV	Regla

Tabla N°9 – Resumen de agentes creados

Corrección de caudal por toma de gases del sistema de recuperación de gases de antorcha

Previa a la llegada al mechero L-1111 la Refinería cuenta con un sistema de recuperación de gases de antorcha (FGRU), el cual toma una mezcla de todos los gases que llegan al mechero. El sistema tiene dos compresores de sello líquido por lo que su recuperación esta muy influida por el peso molecular de la mezcla que comprime, esto implica que el caudal de recuperación es variable. Sobre la línea de envío, aguas debajo de los compresores se cuenta con un caudalímetro volumétrico de recuperación.

Esta toma de gases genera una perturbación en los caudales de cada agente que llega al mechero, por lo que se realiza una corrección de caudal a todos los cálculos de caudal de todos los agentes creados.

La corrección que se realiza es tomando en cuenta la consideración que la mezcla de gases que toman los compresores de antorcha es de una mezcla de flujo turbulento, por lo que se realiza una regla de mezcla proporcional al caudal base calculado en cada agente y ajustando al caudal de recuperación de los compresores, previa a un cambio de unidades pasando de valor volumétrico a másico usando el valor de densidad informado por laboratorio sobre una muestra que se realiza una vez por semana y se arrastra dicho valor hasta el nuevo muestreo. De esta manera se obtiene un nuevo valor de caudal de cada agente de llegada al mechero con una reducción de los mismos, siempre y cuando el FGRU esté en servicio recuperando gases. Esta corrección se puede observar en el **Anexo I** en cada diagrama de flujo de secuencia de cálculo caudal de cada agente.

Corrección de caudal por ajuste a caudalímetro del mechero L-1111

Como se indicó anteriormente, el mechero L-1111 posee un caudalímetro que manda señal en línea, y para que los balances de materia cierren correctamente, y considerando que se han tenido varias consideraciones en la configuración de los agentes y estimaciones de caudal, es probable que en los cálculos

de los caudales brutos se tengan algunos errores, por lo que es necesario ajustar los valores obtenidos luego del ajuste por FGRU al caudalímetro final de llegada al mechero.

La corrección que se realiza es aplicando una regla de mezcla a la suma total de caudales activos en cada instante, para los casos en que dicha suma supera el valor informado por el caudalímetro.

$$Q_{20xD-C} = \frac{Q_{20xD-C}}{\sum \text{caudales}} \times Q_{\text{mechero}}^{***}$$

Referencias:

Q'_{20xD-C} = Caudal de descarga cámara coke

*** Q_{mechero} = Caudalímetro de mechero dulce L-1111.

Esto también se puede ver en el Anexo N°I en el diagrama de flujo de secuencia de cálculo caudal de cada agente.

Gráfica de conjunción de todos los caudales a mechero

Con la intención de unificar toda la información en una gráfica de fácil interpretación y que le permita al personal de turno poder identificar fácilmente quien esta descargando de acuerdo a los agentes que estén configurados, ver cuanto del total de los gases no están identificados y si hay alguna descarga no coordinada que genere un aporte fuera de lo normal se permita identificar su posible aporte en poco tiempo, es que realizamos la siguiente pantalla de seguimiento.

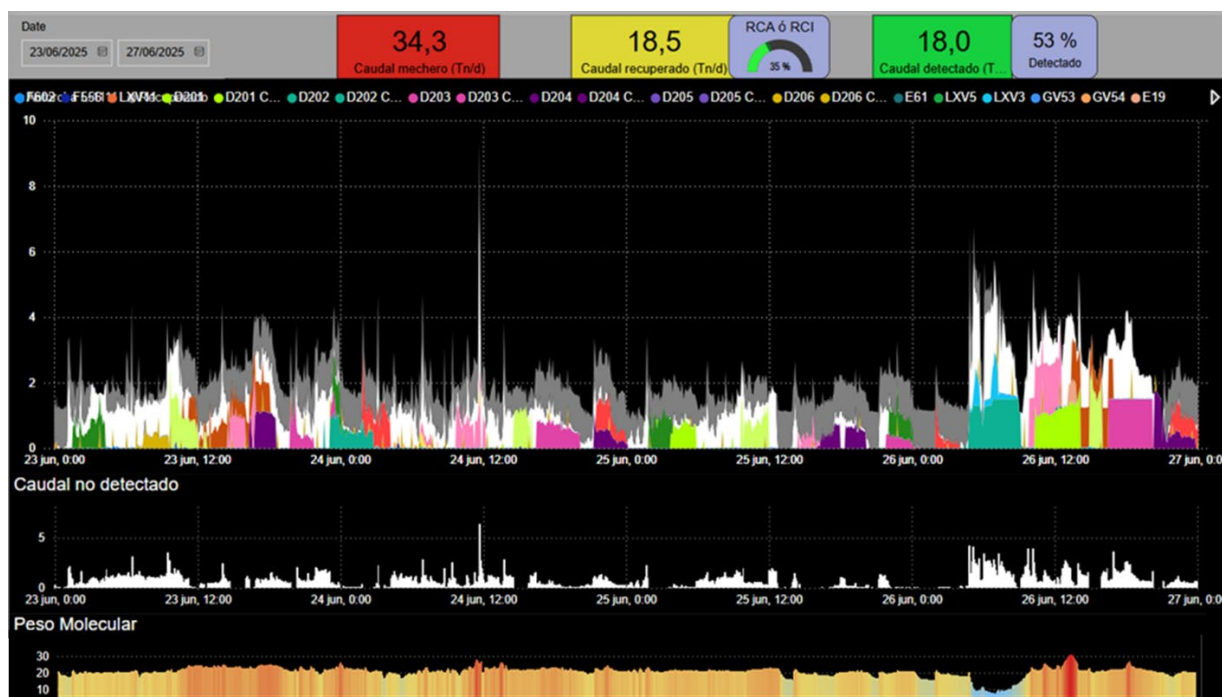


Gráfico N°10 – Pantalla de unificación de aportes a mechero L-1111

La gráfica N°10 se interpreta de la siguiente manera:

- El área en blanco de la primera gráfica es el caudalímetro de mechero L-1111, donde toda el área por debajo sería el papel en blanco que hay que ir pintado de color de acuerdo a cada agente detectado que está descargando en cada momento. Todas las áreas son equivalentes a un volumen de gas en tn/h.
- El área que queda sin pintar en la primera gráfica (color blanco) serían los gases que están llegando al mechero pero que no están identificados.
- Por arriba del área en blanco, en la primera gráfica, se pinta con color gris el área equivalente al caudal que están comprimiendo los compresores recuperadores de gases FGRU, indicando el límite de caudal al cual llegaría el mechero en caso de que se paren dichos compresores.

- Todas las áreas pintadas de color en la primera gráfica serían los caudales equivalentes a cada agente detectado, y solamente pintarían dentro del área en blanco. Cuando no queda área en blanco significa que en ese momento se detectó el 100% de las descargas a mechero.
- En la segunda gráfica, se resume el área blanca que quedó sin pintar de la primera, siendo esto todos los gases no detectados que están llegando al mechero. Esto se gráfica con la intención de ver qué tipo de patrón queda dibujado, al para buscar en el resto de la Refinería algún comportamiento similar para estudiar nuevos aportantes y luego generar los agentes de descarga.
- En la tercera gráfica se muestra el valor del peso molecular, en unidad g/mol, y se le da una intensidad de color que va desde el celeste para bajos pesos molecular, naranja para un valor intermedio y rojo para altos valores. Esto se realiza con la intención de facilitar a simple vista la correlación del comportamiento de los aportantes y de lo no identificado a que tipo de gas se podría corresponder, para facilitar su identificación a futuro.

Con el nuevo historial de datos de descarga por equipo se lleva un Pareto con los mayores aportantes a mechero, ver Gráfico N°11, pudiendo hacer un análisis de comparación entre maniobras similares o contra lo estipulado según diseño.

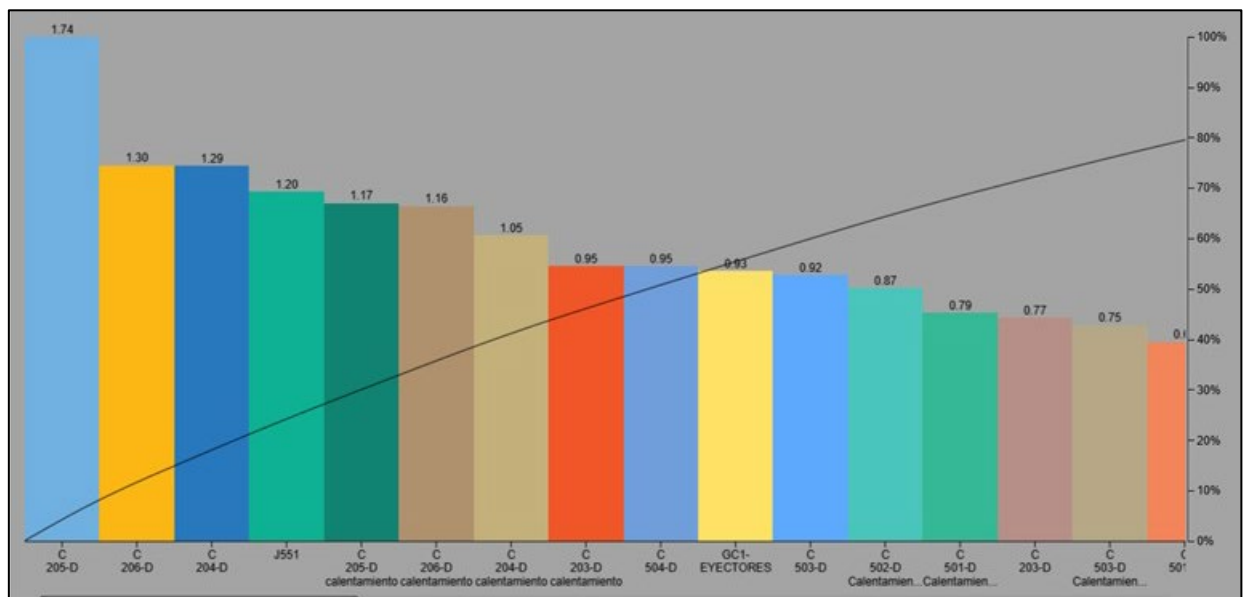


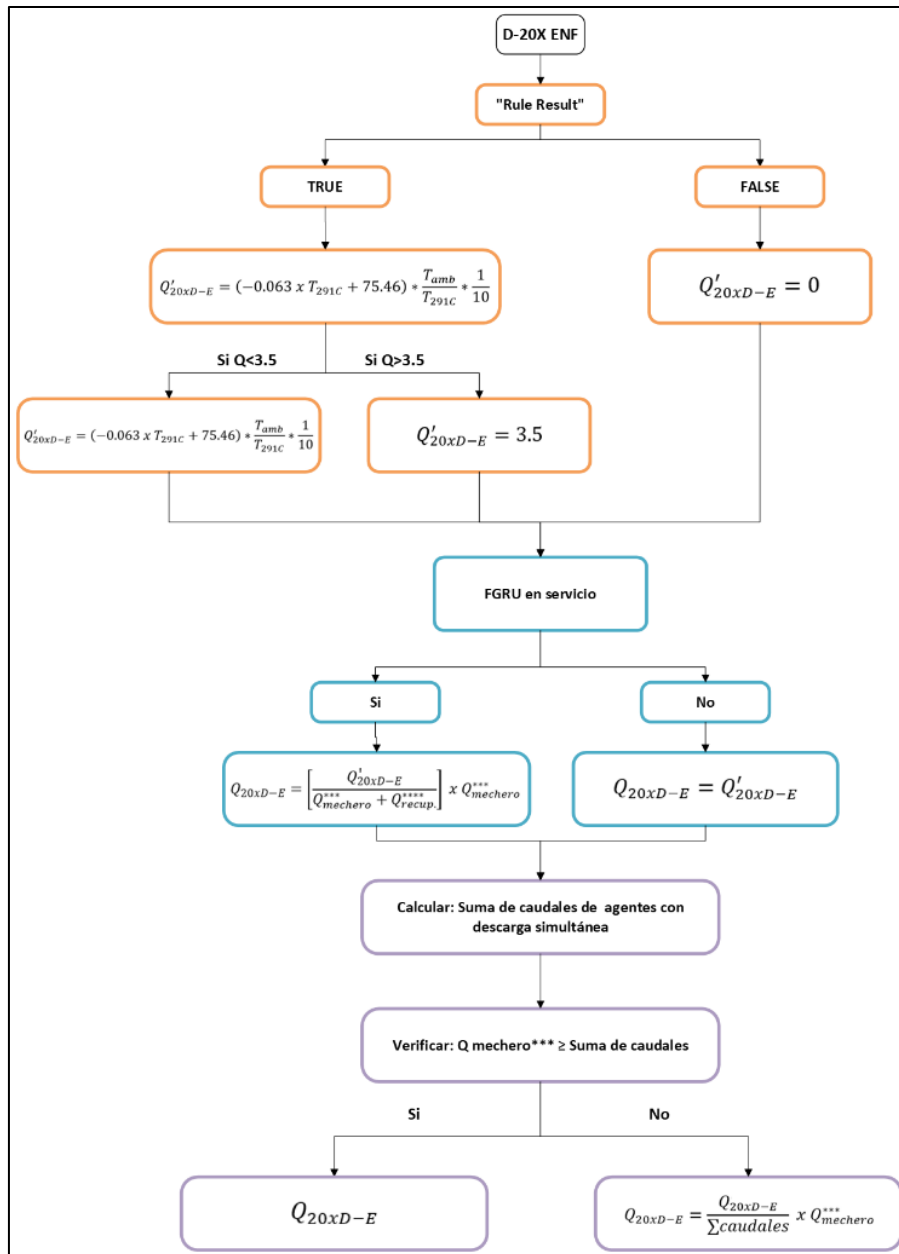
Gráfico N°11 – Pareto de descargas por equipo, promedio tn/d.

También se realizó un seguimiento de descarga por planta, unificando todos los agentes configurados por unidad operativa, tomando en cuenta la sumatoria del promedio de descargas según el historial recabado, con el fin de estandarizar los caudales, y expresando dichos valores según el costo de las mermas gaseosas a mechero. Esto se puede apreciar en la Gráfica N°12 donde se conjugan los relojes con dichos indicadores.



Gráfico N°12 – Indicadores de descarga unificados por planta con la sumatoria de los promedios de las ultimas 12 horas expresados según costo de mermas gaseosas.

Anexo I



Referencias:

T_{291C} = Temperatura de salida del acumulador 291C enviada por CK-TI_2971B.PV.

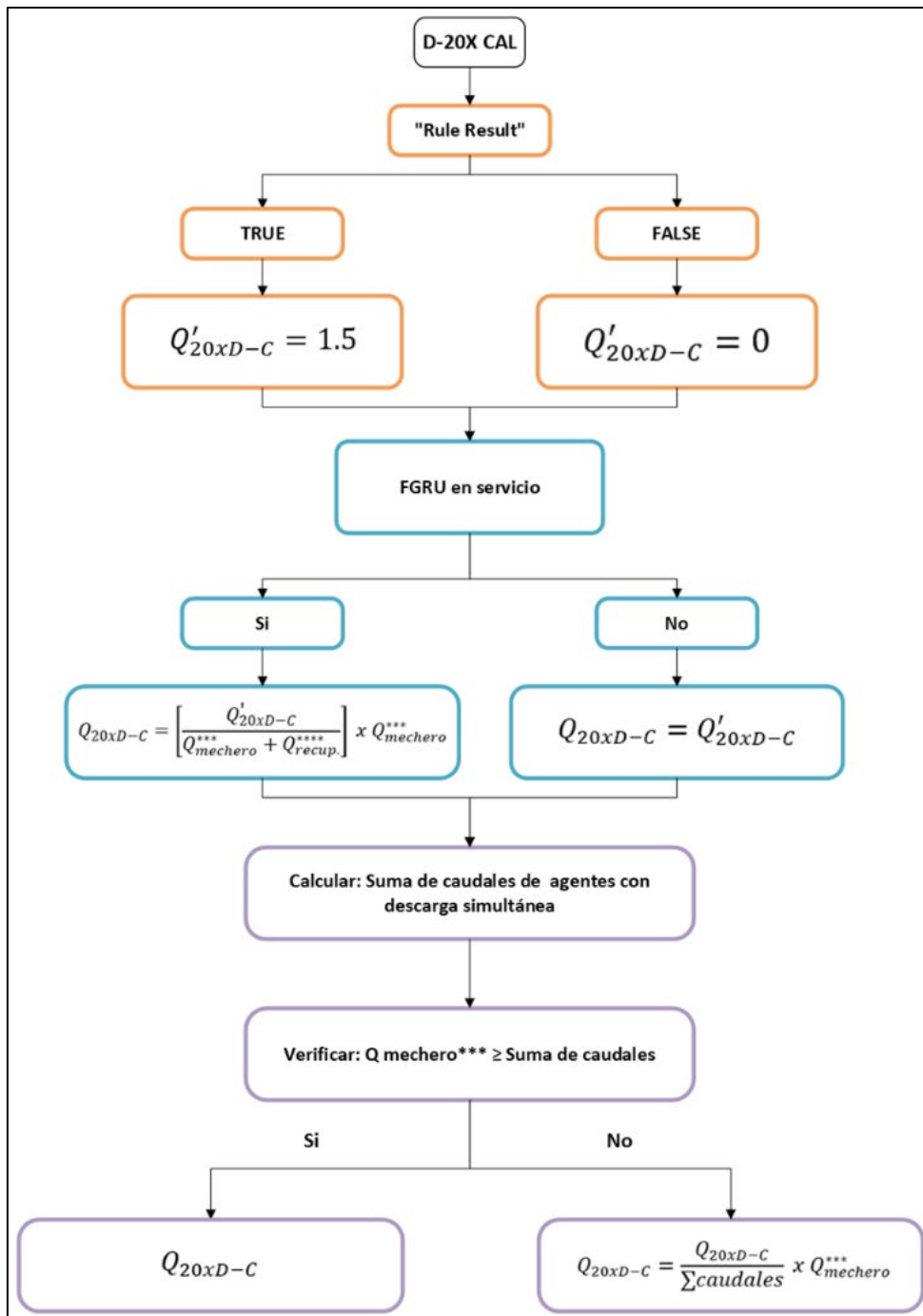
T_{amb} = Temperatura ambiente enviada por CILC-HT-TI_230.PV.

** ρ_{FG} = Densidad de FuelGas tomado en el punto de muestreo 1114.

*** $Q_{mechero}$ = Caudalímetro de mechero dulce L-1111.

**** $Q_{recuperado}$ = Caudalímetro de envío V2-FI1231 por compresores K-1122 y K-1121.

Diagrama N°13 – Diagrama de flujo cálculo caudal final Enfriamiento cámaras de coke



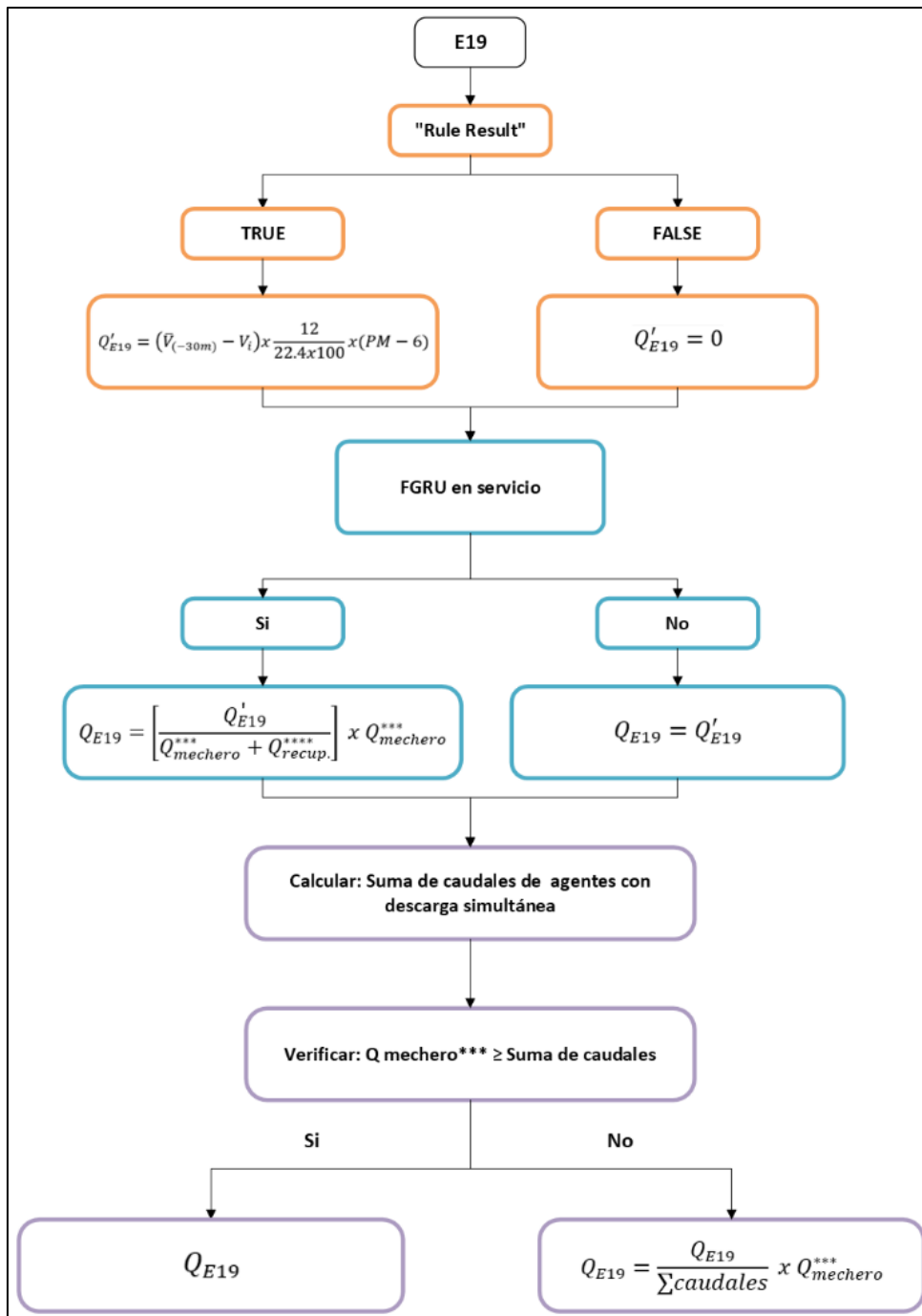
Referencias:

** ρ_{FG} = Densidad de FuelGas tomado en el punto de muestreo 1114.

*** $Q_{mechero}$ = Caudalímetro de mechero dulce L-1111.

**** $Q_{recuperado}$ = Caudalímetro de envío V2-FI1231 por compresores K-1122 y K-1121.

Diagrama N°14 – Diagrama de flujo cálculo caudal final calentamiento cámaras de coke



Referencias:

$V_{(-30m)}$ = Volumen aspirado promedio de los últimos 30 minutos previo a descarga, enviado por TK-VOL_ASP_1188.CAL.

V_i = Volumen aspirado en ese instante enviado por TK-VOL_ASP_1188.CAL.

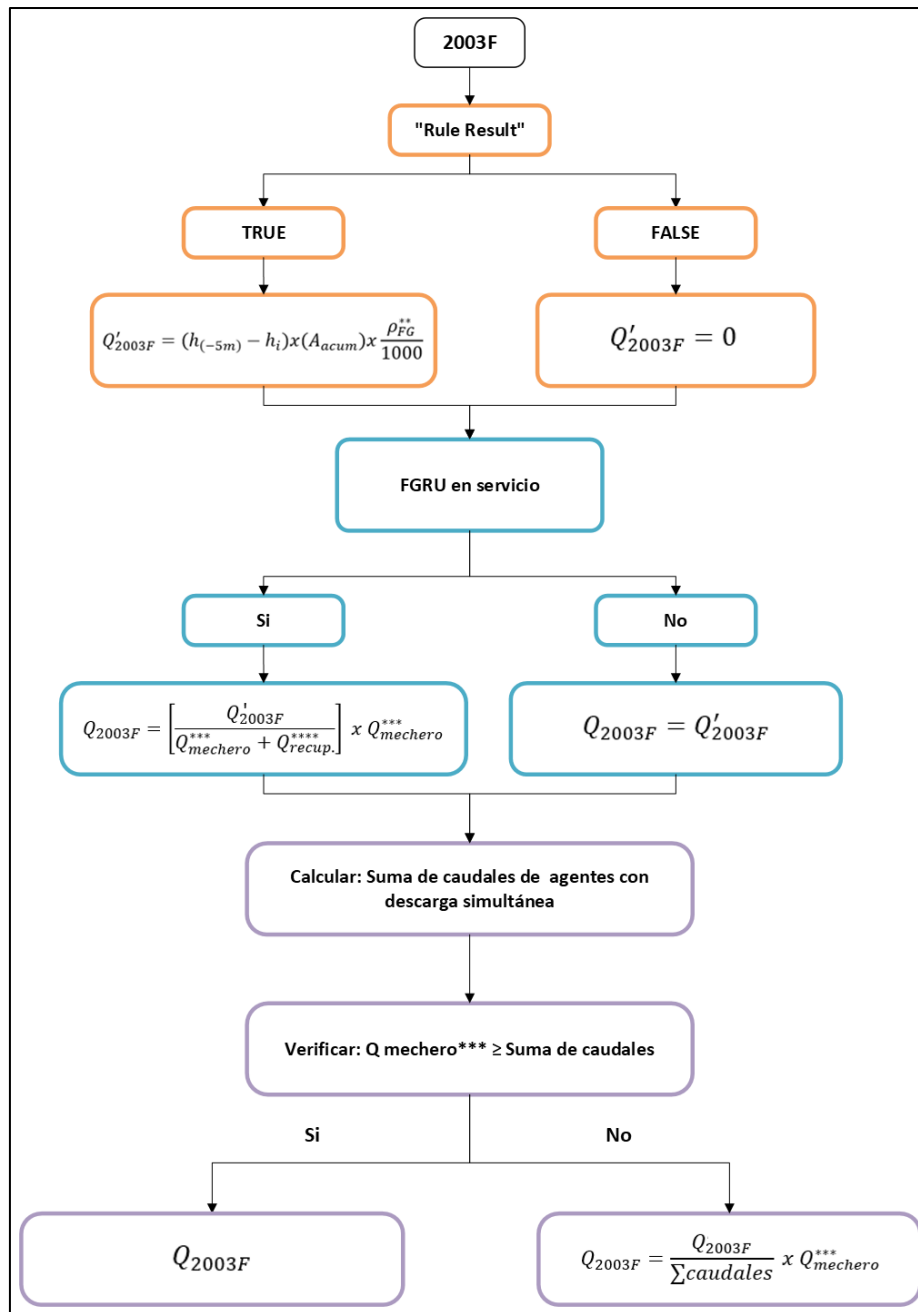
PM = Peso molecular en el mechero medido por V2-PMGD1.

** ρ_{FG} = Densidad de FuelGas tomado en el punto de muestreo 1114.

*** $Q_{mechero}$ = Caudalímetro de mechero dulce L-1111.

**** $Q_{recuperado}$ = Caudalímetro de envío V2-FI1231 por compresores K-1122 y K-1121.

Diagrama N°15 – Diagrama de flujo cálculo caudal purga de esfera E-19



Referencias:

$h_{(-5m)}$ = Nivel de líquido enviado 5 minutos antes por CK-LIC_1106.PV

h_i = Nivel de líquido enviado al instante por CK-LIC_1106.PV

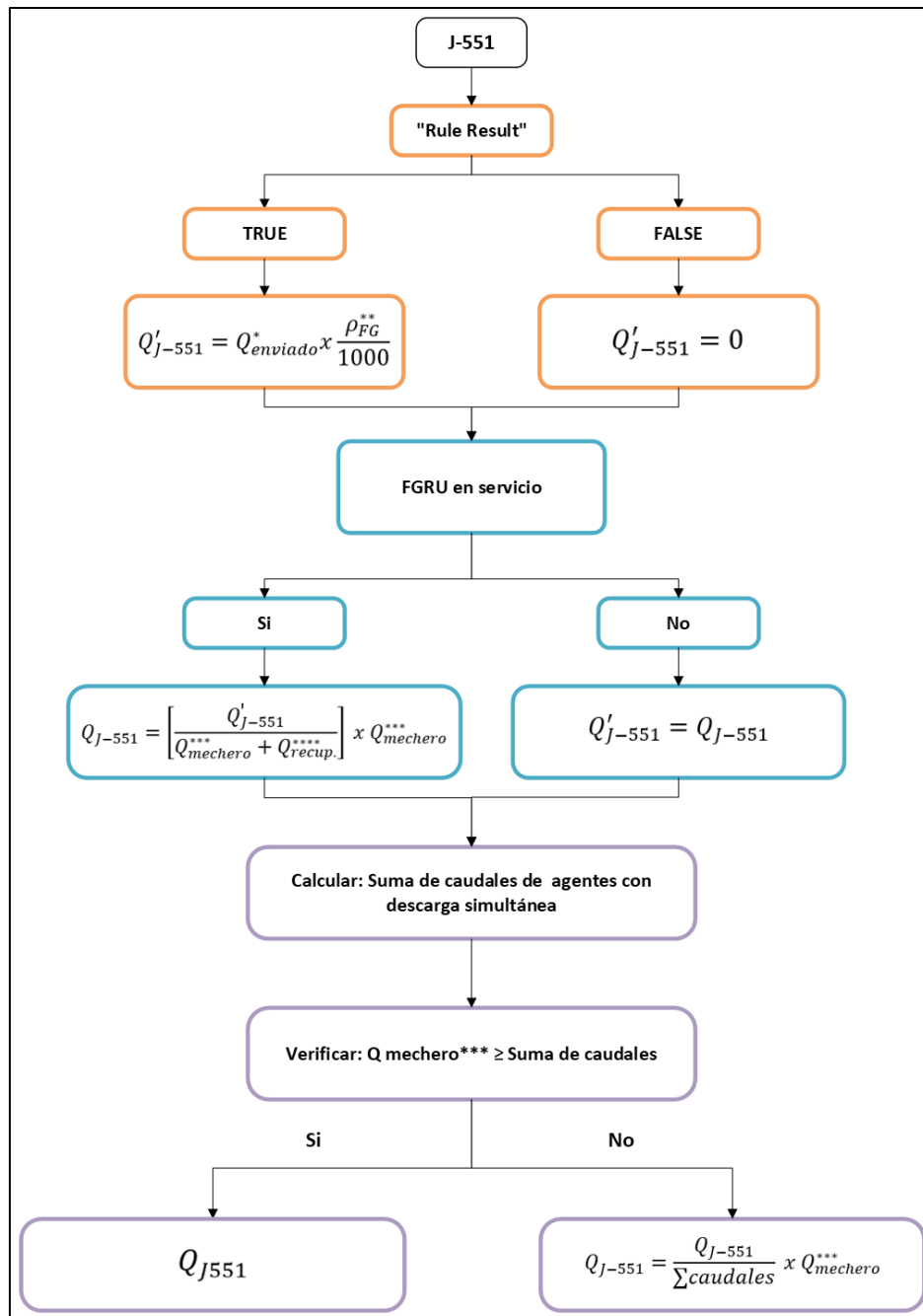
$A_{acum} = [\pi \times (0.794^2) / 4] \times (60 \text{ min} / 1 \text{ h})$

** ρ_{FG} = Densidad de FuelGas tomado en el punto de muestreo 1114.

*** $Q_{mechero}$ = Caudalímetro de mechero dulce L-1111.

**** $Q_{recuperado}$ = Caudalímetro de envío V2-FI1231 por compresores K-1122 y K-1121.

Diagrama N°16 – Diagrama de flujo cálculo caudal purga de separador de líquido 2003F



Referencias:

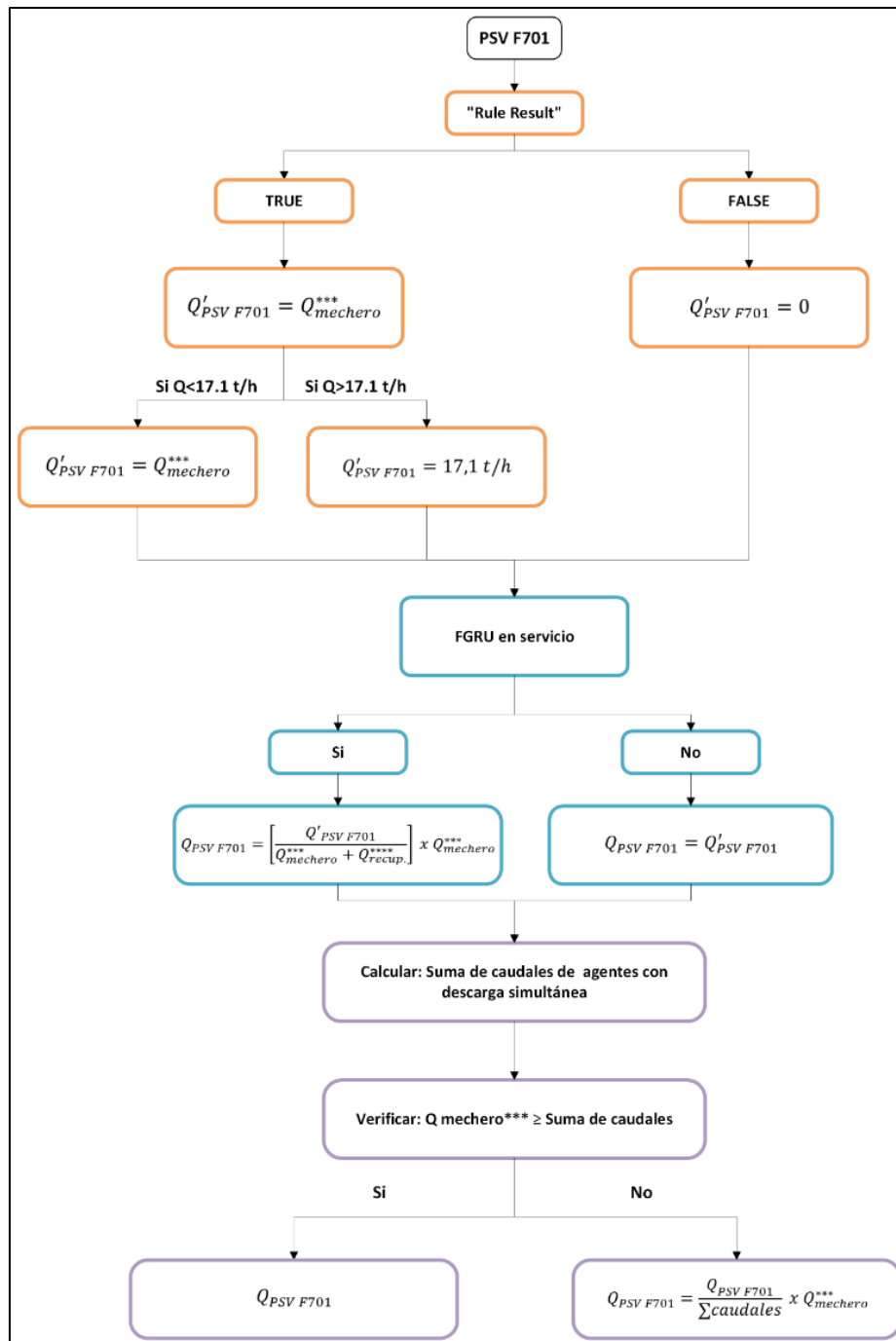
* $Q_{enviado}$ = Caudalímetro de envío K2-FC0525 5 minutos antes de inicio de descarga

** ρ_{FG} = Densidad de FuelGas tomado en el punto de muestreo 1114.

*** $Q_{mechero}$ = Caudalímetro de mechero dulce L-1111.

**** $Q_{recuperado}$ = Caudalímetro de envío V2-FI1231 por compresores K-1122 y K-1121.

Diagrama N°17 – Diagrama de flujo cálculo caudal para la derivación de gases ante un paro del compresor de gases J-551



Referencias:

** ρ_{FG} = Densidad de FuelGas tomado en el punto de muestreo 1114.

*** $Q_{mechero}$ = Caudalímetro de mechero dulce L-1111.

**** $Q_{recuperado}$ = Caudalímetro de envío V2-FI1231 por compresores K-1122 y K-1121.

Diagrama N°18 – Diagrama de flujo cálculo caudal para la derivación de gases ante la apertura de la válvula de seguridad PSV F701

Conclusiones

Con este trabajo se lograron crear 205 caudalímetros ficticios que miden e indican de acuerdo con ciertas combinaciones de comportamiento de variables en línea ya existentes con un costo mucho menor al equivalente de montaje de instrumentos reales en campo y con su correspondiente mantenimiento.

Se logró detectar un promedio del 60% de las descargas al mechero L-1111 de gases dulces, generando una base de datos nueva que permite plantear objetivos de emisiones mas desafiantes con nuevos indicadores de descarga de gases por equipos y por unidades operativas.

Se pudo unificar toda la información en una única pantalla donde se visualiza en forma amigable y rápida el comportamiento del mechero, permitiendo tener un control en línea para el personal de turno facilitando la coordinación de maniobras operativas de descarga de gases.

La experiencia adquirida durante la confección de esta herramienta permitirá el desarrollo a futuro de nuevas aplicaciones, utilizando la misma metodología de combinación de comportamiento de variables para el entrenamiento de algoritmos de Inteligencia Artificial, logrando un salto en calidad, en gestión, en reducción de emisiones y en la optimización de costos.

Breve Cv de los autores

Luis Emilio Deamici

Título y lugar de estudio:

- Ingeniero Químico – Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza

Cargo actual en la empresa:

- Coordinador Gestión Energética - YPF Refinería Luján de Cuyo

Trayectoria:

- Supervisor Operativo Planta EDAR 1 años - YPF Refinería Luján de Cuyo
- Ingeniero de Procesos 6 años – YPF Refinería Luján de Cuyo
- Jefe de Planta 8 años - YPF Refinería Luján de Cuyo
- Coordinar Gestión Energética 2 años - YPF Refinería Luján de Cuyo

Jimena Martínez Pecoraro

Título y lugar de estudio:

- Estudiante Ingeniería Química – Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza

Cargo actual en la empresa:

- Analista de Gestión Energética - YPF Refinería Luján de Cuyo

Trayectoria:

- Pasantía en Laboratorio 1 años - YPF Refinería Luján de Cuyo
- Analista Gestión Energética 2 años – YPF Refinería Luján de Cuyo

Marina Camiletti

Título y lugar de estudio:

- Estudiante Ingeniería Química – Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza

Cargo actual en la empresa:

- Pasantía Gestión Energética - YPF Refinería Luján de Cuyo

Trayectoria:

- Pasantía en Laboratorio 1 años - YPF Refinería Luján de Cuyo

Victoria Manoni

Título y lugar de estudio:

- Estudiante Ingeniería Química – Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza

Trayectoria:

- Pasantía en Laboratorio 1 años - YPF Refinería Luján de Cuyo