

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAISO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



PROYECTO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL QUÍMICO

SISTEMAS Y USOS DE VAPOR EN ENAP REFINERÍA ACONCAGUA S.A.

Jonathan Felipe Moris Sánchez

Profesores guías:

Luis Vega Alarcón
José Torres Titus

2014

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mis padres que fueron los que me acompañaron en este largo viaje, gracias por su apoyo y cariño incondicional siempre estaré en deuda con ustedes.

A mis hermanos (mis padres menores) y familiares más cercanos que siempre también estuvieron apoyándome y aconsejándome de cómo responder frente a los distintos problemas que se fueron dando a través del tiempo, muchas gracias.

A mi polola, que en estos 4 años siempre me ayudó a ver el lado bueno de las cosas frente a distintas situaciones cuando la adversidad se presentaba, muchas gracias.

A mis amigos y compañeros que pasamos largas noches de estudio y de diversión.

También es necesario agradecer a mis profesores, sobre todo a aquellos que me motivaron a seguir perseverando y estudiando, en especial, a mis profesores tutores que a lo largo de los años, siempre pude acercarme a ellos a compartir unas palabras, dudas o anécdotas.

A mis compañeros de trabajo y tutor en ENAP Refinería, donde siempre tuve una respuesta que me permitió seguir aprendiendo y, de cierta manera, mostrar cómo es el verdadero mundo laboral al cual voy a pertenecer.

A mis compañeros de trabajo de los fines de semana que siempre tuvieron un consejo o anécdota con la cual aprender, ya que gran parte de estos años los pase a su lado, muchas gracias

Gracias a todos.

RESUMEN

Para la mayoría de las personas es claro que lo más importante en una refinería es el petróleo crudo y sus derivados, pero poco se habla de la importancia que tiene en su funcionamiento el vapor, ya que es en las calderas donde un bien tan básico como el agua es transformado en vapor, el cual se convierte en la energía con la que trabajan todas y cada una de las plantas del complejo petroquímico, es decir, si las calderas no funcionaran, la refinería tampoco lo haría.

De allí nace la importancia de este trabajo de tesis, donde es indispensable tener pleno conocimiento de cada una de las líneas de vapor en distintas presiones que circulan a través de una refinería, y así poder conocer las fuentes generadoras, usos y la máxima recuperación de este suministro.

Es por ello que este proyecto de tesis tiene como objetivo primordial proponer una herramienta Excel que permita a los ingenieros de procesos de Refinería Aconcagua (ERA) visualizar y cuantificar cuánto es el vapor generado y consumido en cada una de las plantas, que permita generar un informe semanal o mensual del uso de vapor.

Los resultados obtenidos en el presente balance, dados por la recopilación de datos operacionales (reales) o datos de ingeniería básica plasmados en la herramienta Excel generada, proporciona datos relevantes de cada uno de los consumos de las plantas, con lo cual será mucho más fácil poder identificar dónde se encuentran las pérdidas de vapor o equipos que no funcionan de la forma correcta.

A su vez, la herramienta Excel generada permitirá prever el futuro escenario una vez incorporada la planta cogeneradora que aportará cerca de 125 (Ton/h) de vapor, lo que traerá consigo una disminución de producción de vapor en las calderas de suministros y, por ende, una disminución en el costo de generación, pero significará depender de una planta externa, donde el suministro deberá ser continuo e ininterrumpido dada la importancia que tiene el vapor en una refinería.

GLOSARIO

TV	:	Topping & Vacío
SPL	:	Reducción de Benceno
MHC	:	Hidrocrqueo Suave
DESO	:	Desodorización
MDEA:		Planta de Metildietilamina
DEBU	:	Debutanizadora
LPG	:	Gases de petróleo licuado
FCCU	:	Cracking Catalítico
LNHT	:	Nitro Hidrotratamiento liviano
DIPE	:	Planta de generación de Di-Isopropileter
SW	:	Sour Waters (Agua ácida)
URA	:	Unidad Recuperadora de Azufre
AMINE:		Unidad recuperadora de amina
REF	:	Reformación
CCR	:	Reformado catalítico
HCK	:	Hydrocraking
HDT	:	Hidrotratamiento de Diesel
HDG	:	Hidrotratamiento de Gasoil
NHT	:	Nitro Hidrotratamiento
DCU	:	Unidad coquificadora retardada
SHP	:	Proceso selectivo de hidrogenación
BUT	:	Planta Butamer
ALQ	:	Alquilación Nueva
SAR	:	Regeneración de ácido gastado
SUM	:	Planta de Suministros
FLARE:		Antorchas
TAG	:	Identificador único asignado a la medición del proceso, calculo o dispositivo dentro del sistema de control
AGA	:	Planta generadora de gases

BFW	:	Alimentación de agua de caldera. (<i>Boiling Feed Water</i>)
B	:	Caldera, Horno
F	:	Estanque contenedor
C	:	Intercambiador de calor, condensador
L	:	Eyectores, Steam Tracing, Desuperheater
E	:	Torres de fraccionamiento (Estanques)
D	:	Reactor
J	:	Bomba, Turbina, Compresor

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN	ii
GLOSARIO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
CAPITULO 1:	1
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS GENERAL:.....	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	3
CAPÍTULO 2:	4
2 ANTECEDENTES GENERALES.....	4
2.1 INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....	4
2.2 MISIÓN DE ENAP REFINERÍA S.A.....	5
2.3 VISIÓN DE ENAP REFINERÍAS S.A.	6
2.4 PETRÓLEO CRUDO	6
2.5 ESQUEMA ENAP ACONCAGUA S.A.	10
2.6 PROCESO DE REFINACIÓN DEL CRUDO	15
CAPÍTULO 3:	18
3 SUMINISTRO DE VAPOR.....	18
3.1 ÁREA DE SUMINISTRO.....	18
3.2 USOS DE VAPOR EN REFINACIÓN DE PETRÓLEO	20
3.3 GENERACIÓN DE VAPOR.....	21

3.4	CONDENSADO	31
4	MODELO DE ESTIMACIÓN DE VAPOR	33
4.1	GENERALIDADES.....	33
4.2	BALANCE GENERAL DE VAPOR EN ERA	33
4.3	LEVANTAMIENTO DE DATOS DE EQUIPOS.....	35
4.4	HERRAMIENTA EXCEL PARA BALANCE DE VAPOR	57
4.5	VISUALIZACION DE HERRAMIENTA EXCEL GENERADA.	72
5	PLANTA COGENERADORA	78
5.1	GENERALIDADES DE PLANTA COGENERADORA	78
5.2	¿CÓMO FUNCIONARÁ LA COGENERADORA?.....	80
5.3	NUEVA SITUACIÓN AL INCORPORAR LA COGENERADORA...	82
6	CONCLUSIONES.....	88
7	BIBLIOGRAFÍA	89
	ANEXOS	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema resumido de proceso de refinación en ENAP Aconcagua	12
Figura 2 Esquema del área de suministros	19
Figura 3 Proceso desmineralización del agua.....	25
Figura 4 curva de mínima concentración de oxígeno requerida en BFW	26
Figura 5 Proceso completo de generación de agua de caldera simplificado	27
Figura 6 Distribución de una caldera Acuotubulares.....	28
Figura 7 Balance General de ERA.....	34
Figura 8 Ejemplo de Recopilación de datos de ingeniería básica planta TV1	36
Figura 9 Ejemplo de obtención directa de datos operacionales en PI	37
Figura 10 Ejemplo de recopilación de datos Operacionales planta TV1.....	38
Figura 11 Ejemplo de Base de datos Generada con datos combinados planta TV1. 39	
Figura 12 Diagrama de Generación de Agua Desmineralizada.....	43
Figura 13 Diagrama de Generación de BFW	44
Figura 14 Distribución BFW en ERA	45
Figura 15 Diagrama de distribución de vapor de 600 y 150 (psig)	48
Figura 16 Diagrama de vapor de 50 (psig)	49
Figura 17 Distribución de Vapor de proceso que llega a plantas Fenoles.....	51
Figura 18 Diagrama de vapor utilizado que llega a separador de aceites.....	52
Figura 19 Balance Vapor de ERA	54
Figura 20 Balance Completo de vapor en ERA.....	56
Figura 21 Estado activo e inactivo en plantas de Fraccionamiento.....	60
Figura 22 Requerimientos de Vapor, BFW y Condensado de procesos.....	63
Figura 23 Cantidad de vapor requerido por el desaireador.....	64
Figura 24 Cambio efectuado en caldera al momento de alterar requerimientos.	65
Figura 25 Cantidad neta aportada por suministros a la matriz de vapor.	68
Figura 26 Requerimientos de Vapor, BFW y Condensado de procesos.....	68
Figura 27 Cuadro reductor incorporados a herramienta Excel.....	70
Figura 28 Ejemplo de base de datos en hoja Excel Datos diagrama de vapor.	73
Figura 29 Ejemplo de visualización de planta cracking en Diagrama de Vapor.....	74

Figura 30 Visualización área Hidrógeno con corrientes de matrices de vapor.	74
Figura 31 Visualización de cuadros reductores, nomenclatura y fecha solicitada. ..	75
Figura 32 Equipos de suministros visualizados en diagrama de vapor.	76
Figura 33 Visualización completa de herramienta implementada.....	77
Figura 39 Localización de proyecto Cogeneradora en Con-cón.	78
Figura 40 Diagrama funcionamiento central eléctrica a gas natural	81
Figura 41 Datos de COGE incorporados a Herramienta Excel.	85
Figura 42 Cambios realizados en Calderas de suministros con aporte de COGE. ...	85
Figura 43 Nuevas condiciones de Desaireador, BFW y agua desmineraliza.	85
Figura 44 Visualización de aporte de COGE en diagrama de vapor.	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Crudos importados a ENAP Refinerías 2013	7
Tabla 2	Productos refinados ENAP Refinerías 2013	8
Tabla 3	Participación de Mercado ENAP Refinerías 2013	9
Tabla 4	Calderas del área de suministros	30
Tabla 5	Calderetas del área de Procesos.....	31
Tabla 6	Especificaciones de vapor condensado.....	32
Tabla 7	resumen de consumo o generación de vapor planta TV1	40
Tabla 8	Cuadro resumen de balance de vapor preliminar.	41
Tabla 9	Purgas de calderas de suministros y procesos	46
Tabla 10	Antorchas presentes en Refinería Aconcagua.	51
Tabla 11	Resumen de Área de Fraccionamiento	57
Tabla 12	Cantidad de vapor neto requerido a la matriz.....	58
Tabla 13	Vapor neto requerido a la matriz considerando aporte de AGA.	59
Tabla 14	Equipos que consumen o generan vapor de forma fija.....	61
Tabla 15	Valores obtenidos de herramienta implementada.....	62
Tabla 16	Plantas Desmineralizadoras área de suministro.....	63
Tabla 17	Producción real de Vapor en calderas de Suministros	65
Tabla 18	(VTF) Utilizados en calderas de suministros.....	66
Tabla 19	Cuadros reductores de ERA.	69
Tabla 20	Balance de vapor realizado por herramienta Excel generada.....	70
Tabla 21	Comparación de parámetros en balances de vapor.....	71
Tabla 23	Cargas mínimas y máximas de calderas suministros.....	83
Tabla 24	Vapor generado en calderas de suministro al incorporar COGE.....	83

CAPÍTULO 1:

1 INTRODUCCIÓN

El vapor de agua es un servicio muy común en las industrias, que se utiliza para proporcionar energía térmica a los procesos de transformación de materiales a productos, por lo que la eficiencia del sistema para generarlo, la distribución adecuada y el control de su consumo, tendrán un gran impacto en la eficiencia total de la planta. Esta situación se refleja en los costos de producción de vapor y, en consecuencia, en la competitividad y sustentabilidad de la empresa.

La industria de refinación utiliza energía para convertir el petróleo crudo en una gran variedad de derivados, algunos de los cuales son utilizados directamente por los consumidores como es en el caso de las gasolinas, mientras que otros sirven de materia prima para otras industrias, para el desarrollo de estos productos es necesario la utilización de energía en forma de electricidad, combustión y vapor de agua.

La importancia de este trabajo recae en que es necesario tener pleno conocimiento cómo es generado y suministrado el vapor en ENAP Refinería Aconcagua (ERA), de tal manera que sea posible pronosticar y prever el funcionamiento al ser alterado los requerimientos de vapor en un futuro.

La mayoría del vapor generado en ERA es proporcionado por calderas, ubicadas en la planta suministros (SUM), algunas calderas presentes en el área de proceso, en menor medida por la transformación de vapor entregada por equipos en el proceso mismo, y parte es entregado por una empresa externa a la refinería llamada (AGA). Luego este vapor se distribuye en diferentes niveles de presión, que son entregados por diferentes cuadros reductores de presión, los cuales expanden vapor desde el nivel de generación, desde alta presión (600 psig), hasta los niveles de media (150 psig) y baja presión (50 psig) y de esta manera, satisfacer los requerimientos de los distintos equipos y procesos.

Actualmente, el vapor se considera un suministro más económico que la electricidad, pero es de vital importancia tener un conocimiento claro de todo el consumo y generación de los distintos procesos, de esta manera no ver diezmada la eficiencia total de la empresa.

Para ello es relevante tener en cuenta que no todos los equipos funcionan en óptimas condiciones y las estimaciones que dan la ingeniería básica de los equipos no siempre son cumplidas en un plano real, es por ello que es necesario desarrollar un modelo que permita estimar las verdaderas exigencias de los equipos en el proceso y, de esta manera, poder prever un escenario futuro con la incorporación de una planta cogeneradora (aporte de vapor y electricidad).

Para ello será necesario realizar en primera instancia un levantamiento de equipos que consuman o generen vapor, los cuales serán recopilados de las ingenierías básicas de los equipos por plantas y posterior a ello almacenados en una base de datos de Excel; una vez efectuado aquello, se realizará una recopilación de datos provenientes del sistema de operación y monitoreo PI Process-Book (visualización gráfica frente y fondo del Sistema PI. Le ayuda a transformar datos brutos en exhibiciones útiles, dinámicas y en tiempo real, donde se puede monitorear los procesos de planta de cualquier computadora de mesa en sus instalaciones).

Donde exista valor medido operacional de los datos de consumo o generación de vapor, reemplazar al valor obtenido de ingeniería básica para poder acercarlo lo más posible a la realidad del consumo de vapor de ERA.

Una vez realizada la base de datos, se lleva a cabo un balance realizado en Excel para determinar mediante una serie de parámetros de comparación, si el balance realizado se encontrará de forma correcta y una vez que se compruebe aquello, se lleva a cabo el desarrollo de una herramienta de Excel que permita determinar con los datos obtenidos del balance obtenido una visualización de la generación y consumo de vapor en las distintas áreas de proceso en ERA, frente a distintas situaciones.

Finalmente, se toma en cuenta la incorporación futura de una planta cogeneradora, la cual aportará, en primera instancia, 125 (ton/h) de vapor de 600 (psig) suministrada a la matriz de vapor, lo cual traerá cambios operacionales en el normal funcionamiento de la planta de suministros, es por ello que la herramienta generada será de utilidad, ya que será posible la adhesión de dicha cantidad al balance generado y, de esta manera, observar de forma clara los cambios efectuados.

1.1 OBJETIVOS GENERAL

Desarrollar una herramienta operacional, que permita determinar la generación y el uso de vapor en ENAP Refinerías Aconcagua, utilizando datos de ingeniería básica y datos operacionales y el futuro escenario al incorporar Planta Cogeneradora.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilación de datos de ingeniería básica y datos operacionales de equipos presentes en las distintas áreas de proceso que consuman o generen vapor.
- Crear una base de datos con la recopilación efectuada y estimar un balance de vapor de ERA.
- Generar un modelo de consumo de vapor de ERA para obtener una herramienta que permita optimizar la información del sistema.
- Evaluar la operación del sistema frente a la incorporación de la nueva planta cogeneradora.

CAPÍTULO 2:

2 ANTECEDENTES GENERALES

2.1 INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

[1] La Empresa Nacional del Petróleo fue creada el 19 de junio de 1950 por el Estado de Chile. Su giro comercial es la exploración, producción y comercialización de hidrocarburos y sus derivados, lo cual realiza, tanto en Chile como en el extranjero. La administración superior de ENAP radica en un Directorio compuesto por ocho miembros, encabezado por el Ministro (a) de Minería y Energía, quien ocupa la Presidencia. La Vicepresidencia es ejercida por el Vicepresidente Ejecutivo de la Corporación de Fomento de la Producción (Corfo), entidad que también designa a otros tres directores, incluyendo entre éstos al Presidente de la Federación Nacional de Trabajadores del Petróleo y Afines de Chile. Los otros tres directores son representantes de entidades privadas; en este caso, el Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, la Sociedad Nacional de Minería y la Sociedad de Fomento Fabril. ENAP constituye una red de negocios en el campo del petróleo, el gas natural y otros productos energéticos como el gas natural licuado. También entrega servicios ligados con la industria petrolera, tales como construcción y mantenimiento de la infraestructura petrolera, tanto en tierra como en mar; y logística para transporte y almacenamiento de combustibles líquidos y gaseosos.

Enap Refinerías S.A. es una filial de la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) y es la encargada de desarrollar las actividades relacionadas con la refinación del crudo de petróleo y la comercialización de los productos combustibles y otros derivados obtenidos.

Enap Refinerías Aconcagua es la filial ubicada en la comuna de Concón en la V Región de Valparaíso, donde se procesa y comercializa alrededor del 50% de la producción nacional de combustibles refinados.

En esta refinería las principales plantas de procesamiento de crudos y cargas complementarias son: Topping y Vacío I, Topping y Vacío II, Cracking Catalítico, Reformación Continua, Hidrocracking Suave (dos plantas), Hidrodesulfuración de diesel y de gasolina, Alquilación, Planta de Solventes, Planta de ácido sulfúrico, Planta de Isomerización, Planta de DIPE, Planta de Azufre y Planta de Hidrógeno (propiedad de AGA), Complejo de Coquización Retardada, Coker Delay.

Además, existen plantas de tratamiento Merox para aguarrás y kerosenes, instalaciones de tratamiento de gases y aguas aceitosas, planta de suministros, sistema cerrado de agua de refrigeración; sistema de antorchas, oleoductos entre la refinería y el Terminal Marítimo de Quintero; instalaciones de cañerías internas de zonas de estanques a plantas procesadoras y de estas plantas a estanques de productos intermedios y finales; zona de bombas para enviar productos desde la refinería; Terminal Marítimo en Quintero con estanques de crudo y productos, zonas de bombas y cuatro fondeaderos, incluyendo uno de tipo monoboya para buques sisternas Suezmax y VLCC; Laboratorio Químico; Patio de carga de camiones; instalaciones para el personal de la Brigada de Respuesta a Emergencias; Cuartel para el Cuerpo de Bomberos para turnos de 24 horas; carros bombas, equipos y elementos para combatir incendios; talleres especializados de mantenimiento y reparación de todas las plantas; equipos eléctricos de emergencia a base de combustible diesel y gas; y sistema de interconexión de gas natural para ser utilizado como combustible en calderas y hornos (generación de vapor).

2.2 MISIÓN DE ENAP REFINERÍA S.A.

ENAP se ha propuesto actuar de manera estratégica en todos sus negocios emprendidos en el mercado energético, tanto a nivel nacional como internacional. Su misión fundamental es afianzar la creación de valor para contribuir al desarrollo del país con recursos importantes; procurando la mayor rentabilidad posible; velando por la seguridad energética, tanto para las personas como para el país en sus actividades productivas; y aportando al desarrollo económico sustentable, en el marco del cuidado al

medio ambiente y de la responsabilidad social empresarial. “Su misión fundamental es afianzar la creación de valor para contribuir al desarrollo del país”. [1]

2.3 VISIÓN DE ENAP REFINERÍAS S.A.

ENAP Refinerías, como empresa pionera, continuará desarrollando su liderazgo en forma innovadora en los mercados nacional e internacional, en toda la cadena del negocio energético. La diversificación y complementariedad de negocios le permitirán entregar seguridad y sustentabilidad en el abastecimiento energético del país, para lo cual se propone perfeccionar la alianza estratégica de la administración con los trabajadores; respetando el medio ambiente y colaborando con la comunidad; actuando con responsabilidad social y protegiendo el entorno en que se desenvuelve. En Chile, ENAP Refinerías y sus filiales realizan sus actividades en un ambiente de economía abierta, donde cualquier inversionista puede explorar, explotar, refinar, importar y distribuir productos y subproductos de hidrocarburos. [1]

2.4 PETRÓLEO CRUDO

El crudo de petróleo es la materia prima para la obtención de los productos finales, y se compone por una variada gama de hidrocarburos. Generalmente, el crudo no tiene un valor inherente sin una industria de refinación que lo procese hasta productos con especificaciones técnicas que permitan su utilización. Sin embargo, debido a la industria refinadora, el petróleo crudo se ha convertido en uno de los bienes de mayor importancia en el mundo.

Debido a la baja producción de crudo a nivel nacional, se debe importar gran parte de la materia prima necesaria desde otros países que dispongan de mayor producción. El año 2013, casi la totalidad de las importaciones de petróleo crudo provinieron de Sudamérica (90%), Canadá (5%) y Reino Unido (5%). Las compras de crudo se realizaron principalmente en el mercado spot, siendo los principales proveedores Taurus, Petrochina, Petrobras, Sinopec, Occidental, Ecopetrol, Chevron, BP, Tranfigura, Repsol y BG.

Durante 2013 el precio del petróleo crudo marcador mundial Brent promedió 111,7 US\$/bbl en la Bolsa Intercontinental de Londres (ICE), con un aumento de 0,7% respecto al nivel de 2012 (110,9 US\$/bbl). Por segundo año consecutivo, el consumo mundial excedió la producción de petróleo, por lo que se mantuvo la tendencia creciente del precio, que alcanzó en 2013 su mayor nivel en la historia.

Es por ello que el crudo que se importa al territorio chileno es de grado API menor a 25°, siendo de carácter pesado y bituminoso, por ende, lograr romper las grandes cadenas de hidrocarburos requiere recursos energéticos cada vez más elevados.

La tabla 1 siguiente muestra la composición de los crudos que son importados al territorio chileno.

Tabla 1 Crudos importados a ENAP Refinerías 2013

Crudos	Mm³	%
Livianos	2536	21
Intermedios	2183	18
Pesados	5400	46
Cargas complementarias	1745	15
Total	11.864	100

Sin contar las cargas complementarias, las refinerías de ENAP, Aconcagua y Bío Bío, procesaron 9,3 millones de m³ de crudo, proveniente principalmente de Sudamérica (93%).

Enap Refinerías Aconcagua tiene una capacidad instalada de refinación que alcanza aproximadamente los 105.000 barriles de petróleo crudo por día, produciendo una variada gama de productos.

Los principales productos de la refinería son los combustibles destinados al transporte terrestre, representando el 63% de la producción. De esta manera, las

condiciones de operación de la planta productiva y el tipo de crudo que se compra apuntan a maximizar la producción de combustibles diesel y gasolinas.

La producción de combustibles y otros productos fue de 10 millones de m³. De este total destacan las gasolinas (30%) y diesel (33%). El rendimiento volumétrico del período fue 95,2%.

La tabla 2 muestra la cantidad de productos refinados y su porcentaje del total.

Tabla 2 Productos refinados ENAP Refinerías 2013

Productos	Mm³	% Total
Gas licuado	691	6
Gasolina	3440	30
Kerosene	924	8
Diesel	3653	32
Petróleo Combustible	1338	12
Prod. Industriales y otros	1250	11
TOTAL	11.346	100

El consumo nacional de productos refinados del petróleo alcanzó los 18,40 millones de m³, equivalentes a 316.200 miles de barriles por día (bpd), aumentando así 0,4% en relación al año anterior. El aumento en el consumo se explica, principalmente, por la expansión de la actividad económica, se estima en 5,9% el crecimiento real del PIB de Chile en 2012, lo que contrarrestó el impacto negativo de precios reales más altos de los principales productos.

La tabla 3 da a conocer la participación de Enap en cuanto a sus productos comercializados en el país, como en el extranjero.

Tabla 3 Participación de Mercado ENAP Refinerías 2013

Cifras en Mm³	Venta nacional	Consumo nacional	Participación mercado	Venta de importación	Exportaciones
Gas licuado	474	2244	21,1%	8	124
Gasolina	4003	4024	99,5%	701	218
Kerosene	888	1331	66,7%	0	7
Diesel	4768	9183	51,9%	1478	410
Petróleo combustible	1204	1174	102,6%	1	177
Prod. Industriales	335	496	67,6%	0	51
TOTAL	11.672	18.452	63,3	2.189	987

Entre las ventas nacionales, el producto más vendido fue el diesel, con 4,5 millones de m³ (77.100 barriles/día) y una participación de mercado de 48,9%; seguido por la gasolina vehicular, con una venta de 3,8 millones de m³ (65.300 barriles/día) y una participación de mercado de 98,2%.

Los volúmenes siguientes corresponden al petróleo combustible, con ventas de 1,3 millones de m³ (21.500 barriles/día) y una participación de mercado de 83,4%; el gas licuado, con 1,1 millón de m³

(18.800 barriles/día) y una participación de mercado de 51,7%; el kerosene, con 0,9 millón de m³ (15.100 barriles/día) y una participación de mercado de 70,6%; finalmente, los productos industriales, con 0,4 millón de m³ (6.200 barriles/día) y una participación de mercado de 66,1%

Del volumen de venta total, 9,7 millones de m³ (166.800 barriles/día) correspondieron a producción propia, lo que representa el 76,5% del total vendido. El

23,4% restante fue abastecido con importaciones y compras nacionales, que ascendieron a 3,0 millones de m³

(51.000 barriles/día), donde el principal producto nuevamente fue el diesel, con 1,5 millones de m³ (26.100 barriles/día), que equivale al 57,7% de este volumen. Las exportaciones de ENAP llegaron a 0,8 millón de metros cúbicos de productos derivados del petróleo, lo que equivale al 7,5% de la producción total de sus refinerías. Perú fue el principal destino de las exportaciones, con 423.100 m³ (52,3% del total). El diesel representó el principal producto exportado, con el 49% del total.

América Central fue el segundo destino de las exportaciones, con un volumen de ventas de 278.100 m³ (34,4% del total); los principales productos exportados a este destino fueron diesel y petróleos combustibles. En tanto, las ventas a Estados Unidos se convirtieron en el tercer destino de las exportaciones, con 100.300 m³.

2.5 ESQUEMA ENAP ACONCAGUA S.A.

ENAP refinería Aconcagua S.A. está compuesta por 6 áreas de procesamiento y almacenamiento las cuales son:

- Almacenamiento
- Fraccionamiento
- Cracking
- Hidrógeno
- Coker
- Suministros
-

- a) **Almacenamiento:** El área está compuesta por Terminal Quintero, zona intermedia.

- b) **Fraccionamiento:** El área está compuesto por Topping & Vacío 1 y 2, Splitter de nafta, MHC, Desodorización, MDEA, Merox 1 y 2, Debutanizadora y LPG1.
- c) **Cracking:** El área está compuesto por FCCU, PENEX, LNHT, DIPE, SW 1 Y 2, URA 1,2 y 3, LPG 2 y 3, AMINE y alquilación antigua.
- d) **Hidrógeno:** El área está compuesta por Reformación, CCR, NHT, HCK, HDG, HDT.
- e) **Coker:** El área está compuesta por DCU, SHP, Butamer, Alquilación nueva, SAR y Servicios.
- f) **Suministros:** El área de suministros está compuesta una serie de generadores de vapor, generación de electricidad, agua desmineralizada y aire comprimido.

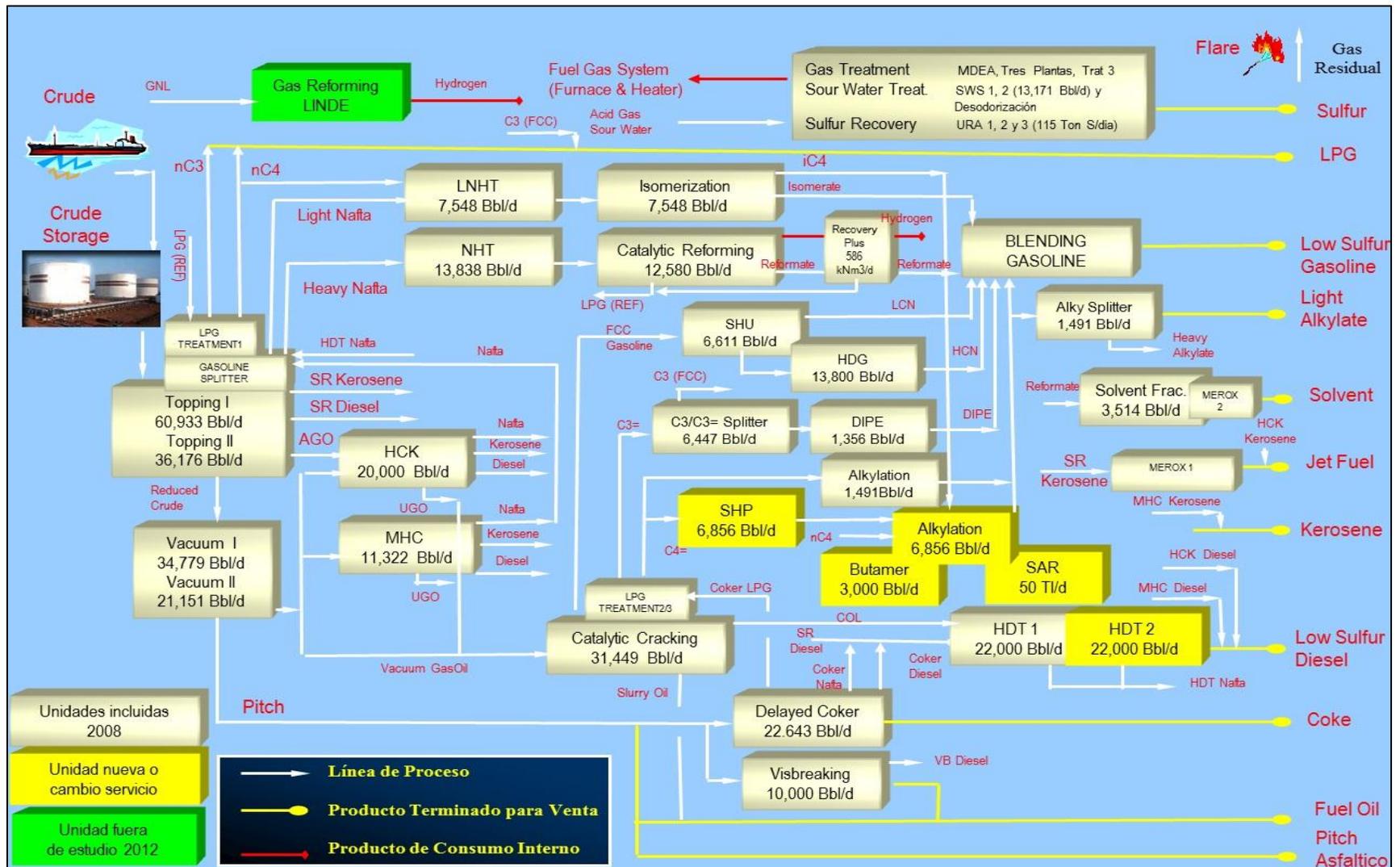


Figura 1 Esquema resumido de proceso de refinación en ENAP Aconcagua

En la figura 1, se muestra en detalle los procesos realizados por Refinería Aconcagua desde la recepción de los crudos provenientes de Terminal Quintero hasta la planta y, posteriormente, la refinación misma en las distintas unidades de procesos.

Distribución de plantas con sus numeraciones

Fraccionamiento	
80	Solventes II
100	Livianos I-Tratamiento 1 - LPG1
100	Topping I-Vacuum I
100	Reducción de Benceno/Splitter de Nafta
180	Solventes I
300	MHC
500	Debutanizadora E501
510	Merox 1- Kerosene
520	Merox 2- Solventes
550	Desodorización
570	MDEA
600	Topping II-Vacuum II

Cracking	
700	FCCU
800	Isomerización-LNHT
900	LPG2-Tratamiento 2
900	E-907/E-908 Alquilación Antigua
950	LPG3-Tratamiento 3
1100	Azufre 1-URA 1
1300	DIPE
1500	SWS1-Sour Water Stripper
1600	Azufre 2-URA 2
3200	Amine Regeneration Unit
3300	SWS2-New Sour Water Stripper
3500	New Sulphur Recovery - URA 3

Hidrógeno	
370	Reformación
400	Recovery Plus
440	CCR Cyclemax
470	NHT
1200	HCK (HDS)
1700	HDG-SHU
3100/1800	HDT

Coker	
3000	DC (Delayed Coker Unit)
1900	SHP
1950	Alkylation
1920	Butamer
1980	SAR
1900	Servicios
3700	AI-Instrument & Plant Air
3720	CSS-Condensate Recovery
3740	New Flare System
3760	CDS-Closed Drain
3780	Tankage

Otros	
F-620	Fuel Gas System
200	Suministros
100	Antorchas
5700	Fenoles 1
3600	Fenoles 2

2.6 PROCESO DE REFINACIÓN DEL CRUDO

Previo al proceso de refinación, los crudos son recepcionados en Terminal Quintero, desde donde es enviado a través de oleoductos al área de almacenamientos de ERA, donde antes de ser incorporado al proceso es desalado y eliminado el agua.

El proceso de refinación se inicia con el procesamiento del crudo desalado y sin agua en las unidades de destilación atmosférica, donde se aprovechan las características fisicoquímicas del petróleo para separar por destilación los distintos productos, que serán utilizados en la preparación y/o mezcla de productos finales. Los productos de la destilación atmosférica son: gases, gasolina, nafta, kerosene, diesel, gas oil y crudo reducido. Este último, es procesado en la unidad de vacío donde se obtiene como producto gas oil y pitch de fondo. Los productos restantes son sometidos a nuevas etapas de transformación en las unidades que se describen de forma breve a continuación.

[2] **Cracking catalítico:** El proceso de Cracking es la conversión del gas oil a gasolina, como resultante se obtiene Tail Gas, LPG, Diesel y Decantado. La capacidad de la planta es de 4,000 [m³/día] la cual se alimenta con Gas Oil de Topping 1 y 2, o Gas Oil no convertido de MHC e Hidrocracking, utiliza lecho fluidizado con catalizador circulante y su proceso es con reacción química a través de catalizador de Zeolita a una temperatura de 530[°C].

Planta de ácido: procesa los gases azufrados y el ácido sulfúrico gastado, produciendo ácido sulfúrico concentrado, el cual es reutilizado.

Isomerización: Su principal función reducir el contenido de Benceno del Pool de gasolinas (saturación), se alimenta básicamente con gasolina de Topping de bajo octanaje o Nafta Liviana, previa de sulfuración en la planta de LNHT. Además, es una planta que opera en un ambiente que requiere hidrógeno, el cual se inyecta con la carga.

Tratamiento liviano: Procesa los gases ricos en contenido de gas licuado LPG, generados en las distintas unidades de procesos y la gasolina de la unidad de destilación atmosférica, de vacío y de cracking catalítico, entregando gas licuado, gasolina y gas combustible.

Planta de azufre: Esta planta procesa los gases ácidos (H_2S) y Amoniaco (NH_3) generados en SWS y en las plantas de Tratamiento Livianos para su recuperación como azufre elemental y disociación del NH_3 a Nitrógeno. La producción de la planta oscila entre 5-15 [Ton/día] para una carga promedio de $H_2S + NH_3$ de 15 [Mm^3 /día]. El proceso utilizado es el conocido proceso Claus, el cual consta de una reacción térmica (2 cámaras) y otra catalítica de 3 etapas, con un 96% de rendimiento.

La etapa térmica se realiza a 1,300 °C. En la primera cámara se quema el NH_3 con un porcentaje del H_2S total en presencia de oxígeno convirtiendo los gases en N_2 , SO_2 ; en la segunda cámara se inyecta el resto de los gases ácidos de livianos, generándose azufre elemental, en la etapa catalítica se convierte el H_2S en presencia de SO_2 a azufre elemental y agua. Posteriormente, el azufre producido es retirado en forma líquida y almacenada en un estanque de 150 Ton de capacidad.

Hidrocracking: La unidad de Hidrocracking tiene como objetivo principal convertir los gas oil de bajo valor en productos de mayor valor como nafta y destilados medios. Además, la unidad remueve contaminantes como nitrógeno, azufre y metales.

El proceso comprende dos etapas: Primero, la hidrogenación catalítica de la alimentación para mejorar la razón H/C y eliminar contaminantes; Segundo, uno o más reactores de Hidrocracking para abrir anillos naftalenos y romper largas cadenas parafínicas.

Reformación: En esta unidad la nafta reacciona en presencia de hidrógeno con el objeto de producir gas licuado y gasolina de alto octanaje (reformato). Además, producto de las reacciones de reformación se produce una importante cantidad de

hidrógeno, el que es utilizado en el mismo proceso y en otros como Hidrocracking, Hidrodesulfuración de diesel e isomerización.

Sour Water Stripper: Esta unidad tiene el propósito de eliminar el ácido sulfhídrico (H_2S) y el amoníaco (NH_3) de una corriente combinada de aguas ácidas. La inyección de aguas ácidas a esta planta proviene básicamente de MHC, CCR y HDS. Los gases ricos en H_2S y NH_3 se envían a la planta de azufre (U.R.A.) y el efluente acuoso a la unidad de Topping (desaladores) o separador de aceite.

Coker: Esta unidad procesa el pitch proveniente de la unidad de vacío, obteniéndose gas oil liviano de Coker (LCGO), gas oil pesado de Coker (HCGO), nafta, LPG, fuel gas y Coker.

Suministros: El área de suministros de Enap Refinerías Aconcagua, es la unidad encargada de proporcionar el agua, el vapor, el aire comprimido y la energía eléctrica para el normal funcionamiento de las plantas de proceso y zonas anexos.

CAPÍTULO 3:

3 SUMINISTRO DE VAPOR

3.1 ÁREA DE SUMINISTROS

En Refinería Aconcagua se consumen diariamente alrededor de 9000 toneladas de vapor, lo que equivale a 375 toneladas por hora.

La generación de energía eléctrica propia máxima es de 7,8 [MW] a través de 2 turbos alternadores de 3,9 [MW], 12 [KV] cada uno.

La capacidad de respaldo eléctrico es de 4 [MW], 12 [KV], a través de una turbina a gas con Kerojet.

La distribución eléctrica interna es en 4,16 [KV], reducidos posteriormente en transformadores de poder a 380 [Volts].

Los turboalternadores también proporcionan al sistema vapor de 150 [psig] a través de la extracción.

En lo que respecta al aire de instrumento y servicio la planta cuenta con 4 compresores de 1,450 SCFM.

La Torres de Enfriamiento es vital para el proceso de refinación, tiene una capacidad de enfriamiento de 3,640 [L/s].

El 65% de la energía eléctrica consumida en Refinería y Terminal Quintero es suministrada por Chilquinta Energía a través de 3 S/E de alta tensión (Miraflores y CCB en 110 KV, Quintero en 12 KV).

Las principales funciones del área de suministros quedan especificadas en la siguiente figura.

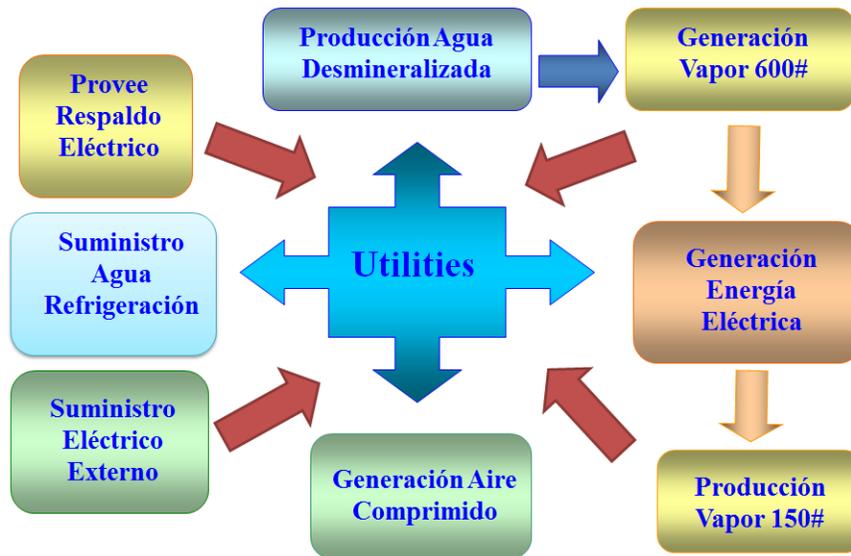


Figura 2 Esquema del área de suministros

Tal como muestra la figura 2 el área de suministros aparte del aporte de vapor a refinería provee de servicios básicos como energía eléctrica a través de sus turboalternadores, agua de refrigeración para turbinas y otros equipos, aire comprimido para desplazamiento de material y agua desmineralizada para las calderas de procesos.

La generación de agua de caldera (BFW) proviene de la generación de agua desmineralizada la cual pasa por el desaireador, el cual retira toda presencia de oxígeno.

El área de suministros también administra y controla el retorno de condensado de proceso, el cual es reutilizado como agua de caldera y así disminuir la cantidad de agua fresca.

Una cantidad de vapor de media presión es generada en los turboalternadores los cuales utilizan vapor de alta presión para generar electricidad, y convierten parte de ese vapor alta presión a media presión.

Los suministros de energía eléctrica, aire, aguas de refrigeración y de servicio no serán incorporados en esta memoria ya que cada sistema es independiente, y no están relacionados con la generación de vapor.

3.2 USOS DE VAPOR EN REFINACIÓN DE PETRÓLEO

[3] El vapor es un insumo primordial dentro del proceso de refinación, de forma general sus principales usos son:

Stripping:

Mediante la inyección de vapor sobrecalentado al crudo se facilita la separación y la remoción de componentes volátiles de la mezcla de hidrocarburos, dado que se reduce la presión parcial de estos. El vapor ayuda a separar los hidrocarburos livianos, los cuales suben dentro de la torre donde son condensados en las bandejas, las cuales van disminuyendo su temperatura, en cambio los más pesados son recolectados por las bandejas del fondo a mayor temperatura.

Sistemas de vacío:

El vapor es usado para lograr las presiones bajo la atmosférica al interior de las torres de fraccionamiento de vacío, mediante eyectores que usan el principio de Venturi. Estas torres operan a una presión entre los 50 y 64 mm Hg.

Calor de proceso:

Se usa vapor en intercambiadores de calor llamados rehervidores, los cuales usan vapor sobrecalentado para entregar energía en forma de calor sensible a ciertas corrientes de productos, logrando temperaturas requeridas en el proceso.

Generación de potencia:

Turbinas de vapor pueden ser conectadas a generadores eléctricos aportando energía a la red de refinería, o bien, ser acopladas a bombas o compresores y de esta manera reemplazar a motores eléctricos. Existe una relación entre la electricidad

comprada y generada que depende de diferentes factores como son: el costo de la energía eléctrica, la capacidad de generación instalada y la demanda real de vapor.

Cuadros reductores:

Para la reducción más básica de presión, es posible usar una simple válvula de globo en una posición fija de parcialmente abierta o al insertar una placa con un orificio en el flujo de vapor. Sin embargo, cualquier fluctuación en el flujo sería acompañado por una fluctuación correspondiente en la presión. Para evitar tales circunstancias, las válvulas reductoras de presión (PRV) pueden ser utilizadas para proveer un control más preciso de la presión aguas abajo. Automáticamente, ajustan la cantidad de apertura de la válvula para permitir que la presión permanezca sin cambio alguno aun cuando el flujo tiene una fluctuación.

Otros:

Entre los otros usos que se le da al vapor en refinería, destaca que es utilizado como controlador de temperatura de reacciones químicas, dilución de las llamas en antorchas, vapor de atomización a hornos, calentamiento de líneas y estanques, main oil pump (lubricación de bombas).

3.3 GENERACIÓN DE VAPOR

La principal generación de vapor en ENAP Refinería Aconcagua es proporcionada actualmente por planta de suministros a través de cinco calderas del tipo acuotubulares, las cuales generan vapor de 600[psi] de presión, para abastecer a las distintas áreas de ERA y, también, una serie de calderetas del área de procesos que aportan vapor a la matriz.

Los distintos tipos de vapor generados y utilizados en ERA son:

- 600 (psig) vapor de alta presión (HP)
- 150 (psig) vapor de media presión (MP)
- 50 (psig) vapor de baja presión (LP)
- 15 (psig) , 10 (psig), 100 (psig) (área de suministros)

Además, existe una generación extra proveniente de AGA de vapor de 600 (psig) para abastecer a refinería del vapor que no alcanza a producir en sus calderas.

Para lograr la obtención de agua, ERA cuenta con 5 pozos ubicados en la localidad de Tabolango, distante a 15 kilómetros de la Refinería aproximadamente.

Estos pozos están situados en la cercanía de la ribera sur del río Aconcagua.

La partida y detención de las bombas que impulsan el agua desde Tabolango, se comanda desde la Sala de Control del Área de Suministros a través de un sistema computacional (TDC 3000) que se enlaza por radio. Este sistema, además, entrega información de las horas de marcha, falla de energía eléctrica en los equipos, niveles de estanques, nivel de autorización de los pozos, falla de comunicación, etc.

En caso de no contar con agua proveniente de los pozos, refinería debe contar con el suministro de la red de ESVAL.

Una vez que llega el agua proveniente de los pozos de tabolango a suministros, es almacenada en el tanque T-254 con una capacidad máxima de 1000 m³, posteriormente el agua debe ser desmineralizada.

Proceso de Desmineralización:

[5] El proceso de eliminar las impurezas o desmineralización se efectúa usando resinas de intercambio iónico, las cuales reaccionan con las sales minerales y ácidos contenidos en el agua, transformándolos en otros compuestos químicos que pueden ser eliminados con mayor facilidad.

Las plantas desmineralizadoras son 4, las cuales funcionan de forma alternadas, estas son 2 Sybron, las más antiguas y 2 Devre, las más nuevas, todas ellas funcionan de la misma forma.

En las plantas desmineralizadoras se ocupan cuatro tipos de resinas para el proceso de desmineralización, estas son:

- **Resina catiónica fuerte:** La cual aporta iones hidrógeno al agua, transformando las sales en ácidos.
- **Resina catiónica débil:** La cual aporta iones hidrógeno al agua, transformando las sales en ácidos.
- **Resina aniónicas débil:** La cual elimina los ácidos fuertes como el ácido clorhídrico, sulfúrico y nítrico.
- **Resina aniónicas fuerte:** La cual elimina la sílice y los ácidos débiles como el ácido carbónico.

El agua desmineralizada contiene menos de un 1% del total de las sales disueltas iniciales y es comparable en pureza al agua destilada.

Para disponer de un stock de reserva de agua desmineralizada para casos en que falle o sea necesario hacer mantención a las plantas desmineralizadoras, se cuenta con un estanque de 3.180 metros cúbicos de capacidad denominado T-250 el cual permite una autonomía aproximada de un día y medio.

El poder de intercambio de las resinas va disminuyendo gradualmente con el uso, hasta que llega un momento en que dejan escapar en el agua de salida una cantidad cada vez mayor de sales. Este fenómeno se conoce como agotamiento de las resinas, las que deben ser regeneradas para recuperar su poder de intercambio.

Las resinas catiónicas se regeneran con una solución de ácido sulfúrico y las resinas aniónicas se regeneran con una solución de soda cáustica.

El agua usada en la regeneración de las resinas se acumula en una pileta llamada pileta de neutralización. El agua allí recibida tiene un pH entre 2 y 3, y para poder enviarla al área del separador de aceite se debe neutralizar dejándola con pH=7, para esto se le adiciona soda cáustica al 50% de concentración.

La figura siguiente muestra el proceso de desmineralización con resinas.

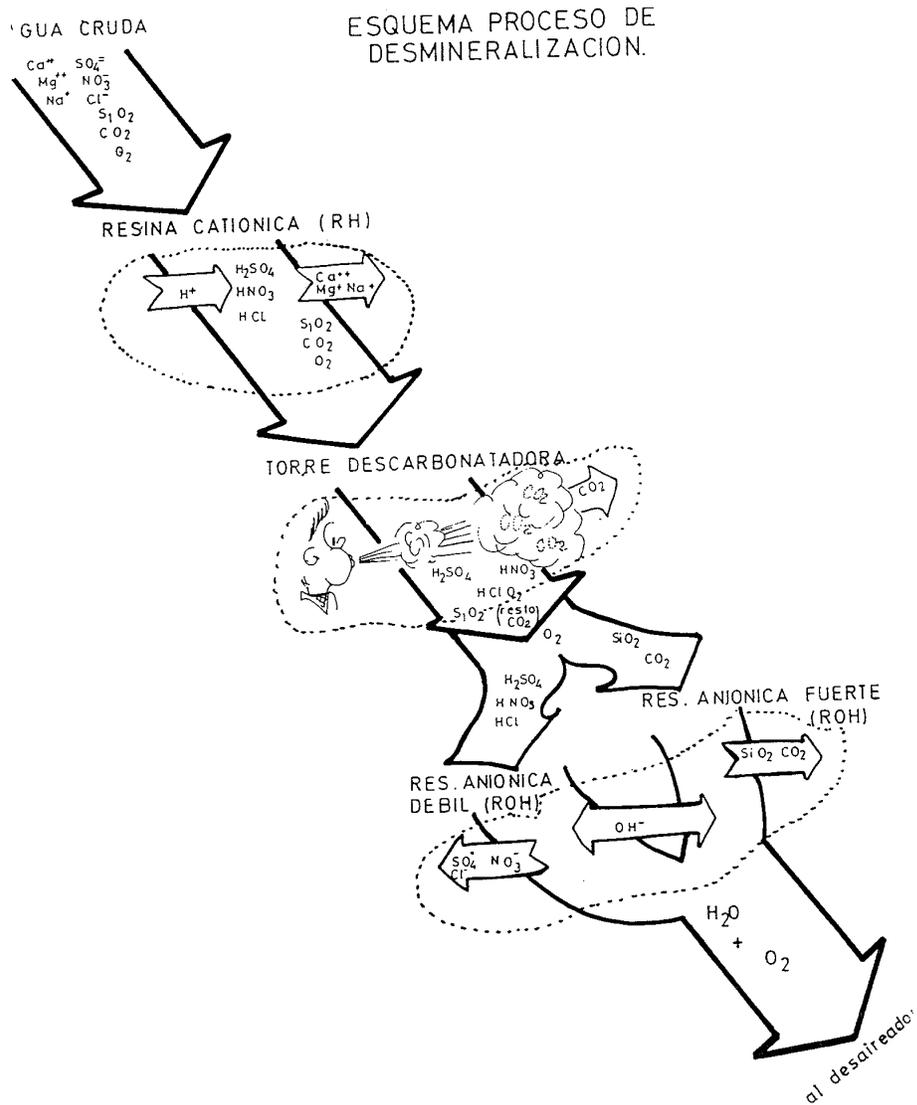


Figura 3 Proceso desmineralización del agua

El agua después de haber sido desmineralizada pasa por un desaireador (F-278), con el fin de eliminar el oxígeno disuelto y los gases no condensables contenidos en el agua.

Al agua en el interior del desaireador, se le agrega un producto químico llamado hidrato de hidracina ($H_2N_4 \cdot H_2O$) que tiene por objeto eliminar restos de oxígeno que pudieran haber quedado en el agua.

Las especificaciones que debe poseer el agua para poder contener las mínimas concentraciones en (ppm), debe ser a una presión de 10 (psig) y a una temperatura de 115 °C (240°F), tal como muestra la imagen siguiente, de esta manera el oxígeno casi inexistente en el agua de caldera evita la corrosión y oxidación en los equipos y calderas. [4]

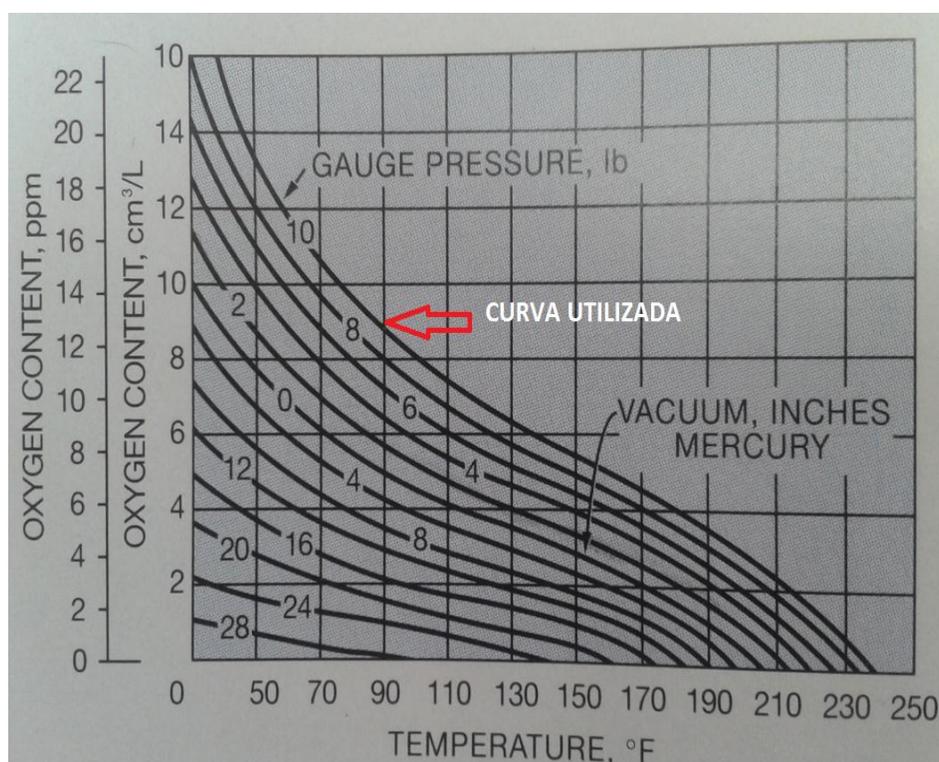


Figura 4 Curva de mínima concentración de oxígeno requerida en BFW

Lo que se muestra la Figura 4 es la curva utilizada en las calderas de suministros, que corresponde a la curva más externa de la figura que define a la presión de 10 (psig), que es la presión que ingresa el agua desmineralizada a las calderas de suministros, y para obtener un agua totalmente desmineralizada es necesario llevar la

de la caldera a la temperatura de 240 °F (115°C), para asegurar que la cantidad de oxígeno presente en el vapor sea casi inexistente (ppm). Tal como muestra la columna de la gráfica mostrada en la Figura 4.

Una vez que el agua ha pasado por estos procesos ya se encuentra en condiciones de ser ingresadas a las calderas para producir vapor.

La ecuación que se efectúa dentro del desaireador es la siguiente:

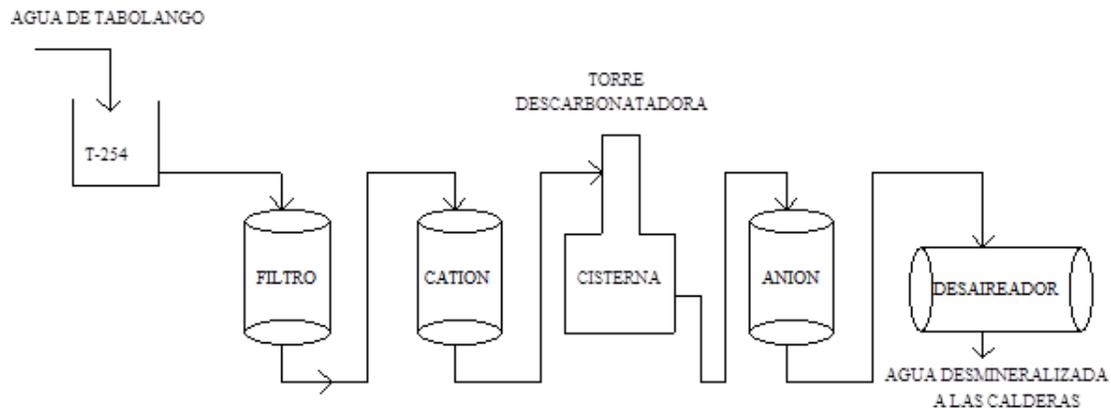
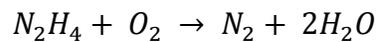


Figura 5 Proceso completo de generación de agua de caldera simplificado

Una vez que se haya completado el proceso de generación de agua de caldera, esta agua es enviada mediante siete bombas de alta presión a las distintas calderas que posee la Refinería, tanto en suministros como en proceso. [5]

Las calderas que aportan la mayor cantidad de vapor están ubicadas en el área 200, la cual corresponde a suministros y son del tipo acuotubulares.

Estas calderas, por el interior de los tubos pasa agua o vapor y los gases calientes se hallan en contacto con las caras exteriores de ellos. Son de pequeño volumen de agua. Las calderas acuotubulares son las empleadas casi exclusivamente cuando interesa obtener elevadas presiones y rendimiento, debido a que los esfuerzos desarrollados en

los tubos por las altas presiones se traducen en esfuerzos de tracción en toda su extensión. La limpieza de estas calderas se lleva a cabo fácilmente porque las incrustaciones se quitan utilizando dispositivos limpia tubos accionados mecánicamente o por medio de aire.

La circulación del agua, en este tipo de caldera, alcanza velocidades considerables con lo que se consigue una transmisión eficiente del calor; por consiguiente, se eleva la capacidad de producción de vapor.

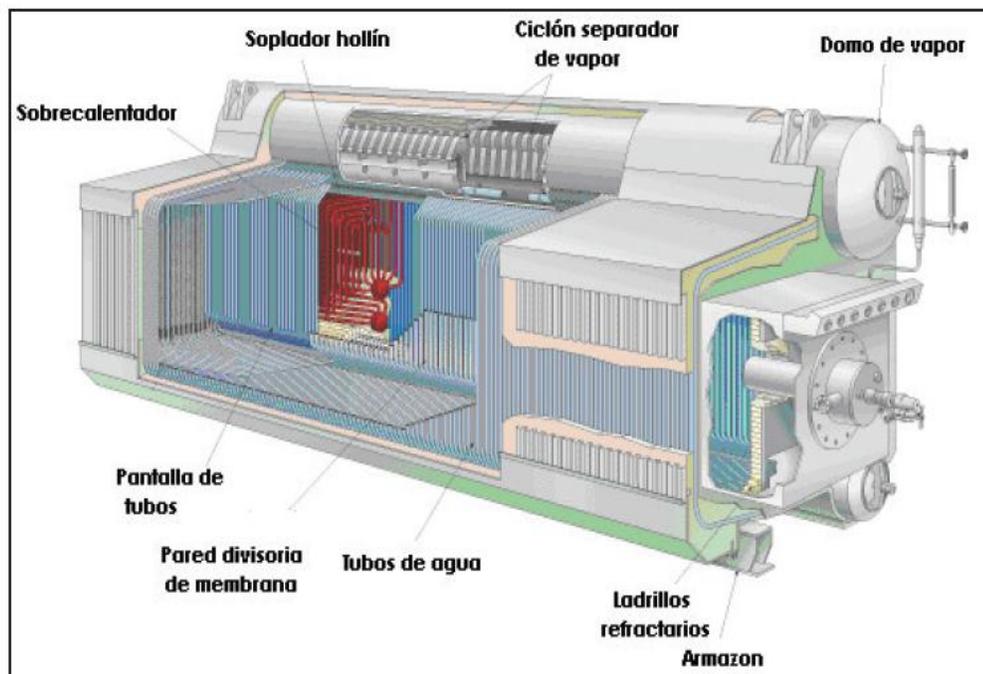


Figura 6 Distribución de una caldera acuotubular

Este tipo de caldera posee un costo de mantenimiento e instalación menor que las otras calderas y poseen una unidad completa con quemadores de combustible, ventilador de tiro, bomba de alimentación de agua, aislamiento térmico, accesorios y controles. Este tipo de caldera está diseñada para poder generar hasta 110 [Ton/hr]. [5]

VENTAJAS

- Menor peso por unidad de potencia generada.
- Pequeño volumen de agua en relación a su capacidad de evaporación, puede ser puesta en marcha rápidamente.
- Mayor seguridad para altas presiones.
- Mayor eficiencia.
- No explosivas.

DESVENTAJAS

- Costo es mayor.
- Agua de alta pureza debe ser alimentada, ya que las incrustaciones en el interior de los tubos son, a veces, inaccesibles y pueden provocar roturas de los mismos.
- Debido al pequeño volumen de agua, le es más difícil ajustarse a las grandes variaciones del consumo de vapor, siendo necesario trabajarlas a mayor presión que la necesaria en las industrias.

Calderas de área de suministros

Suministros cuenta con 5 calderas acuotubulares de distintas capacidades, las cuales se especifican en la siguiente tabla.

Tabla 4 Calderas del área de suministros

EQUIPO	Generación Teórica (Ton/h)	Presión (psig)
B-210	68	600
B-220	65	600
B-230	68	600
B-240	80	600
U-751	70	600

El vapor generado en estas 5 calderas es del tipo sobrecalentado que es enviado a un anillo de vapor de 600 (psig) (42 kg/cm^2) y a una temperatura de $390(^{\circ}\text{C})$, el cual es sometido a algunas transformaciones para producir posteriormente vapor de 150 (psig) y de 50 (psig).

Cada uno de los consumos y generación de vapor del área de proceso estarán expresados en el Anexo A.

De igual manera, en el área de procesos se encuentran una serie de calderas de diferentes especificaciones, las cuales son identificadas en la siguiente tabla:

Tabla 5 Calderetas del área de procesos

Equipo	Área de proceso	Generación actual (Ton/h)	Presión (psig)
B-755	FCCU	20	600
C-740	FCCU	22	150
C-704	FCCU	14	150
B-1201	HCK	20	600
B-1202	HCK	20	600
B-371	REF	21	600
C-1101	URA 1	5	600
C-1641	URA 2	9	600
C-3512	URA 3	7	600

3.4 CONDENSADO

[5] Una cantidad importante de vapor usado en algunas turbinas o en el calentamiento se transforma en líquido condensado.

Como el condensado tiene propiedades químicas mejores que el agua desmineralizada, se debe de recuperar el máximo para usarlo como agua de alimentación a las calderas.

Normalmente se almacenan en el estanque acumulador del desaireador F-275 que tiene una capacidad de 59 m³ o en los estanques T-261, T-900 y T-513.

Desde el F-275 los condensados se envían al desaireador F-278 mediante las motobombas J-242 A o J-242 B; ambas con una capacidad individual de 90 m³/h, a través de un cuadro controlador de flujo (FC-2011) donde se mezclan con el agua desmineralizada proveniente de las Plantas Devre o de las Plantas Sybron.

Para el control de la calidad de estos condensados, se dispone de la siguiente instrumentación en línea: Analizadores de pH, analizadores de conductividad y analizadores de aceite. Todos estos instrumentos tienen indicación y alarma en el TDC de la Sala de control de suministros.

Los condensados almacenados deben cumplir con las siguientes características:

Tabla 6 Especificaciones de vapor condensado

Especificación	Rango
pH	7 y 9
Contenido de aceite	< 1,5 ppm
Aspecto	Trasparente
Olor	Sin olor
Conductividad:	< a 5 micro siemens

Ante una contaminación en los condensados; estos deben ser desviados inmediatamente al sistema de aguas con aceite.

Para verificar si los condensados están contaminados, antes de llegar los condensados al acumulador F-275, se verifican los rangos especificados en la Tabla 6.

Parte del condensado recuperado del área de procesos, antes de ser enviado al F-275, es utilizado como agua de lavado de equipos dado que su naturalidad anticorrosiva es de alta relevancia y hace que los equipos no se vean afectados.

La recuperación de condensado por área de proceso se entrega en el Anexo B.

4 MODELO DE ESTIMACIÓN DE VAPOR:

4.1 GENERALIDADES

- El periodo de estudio abarcó 17 días, desde el día 01 de Diciembre al 17 de Diciembre del año 2013, para los cálculos de promedio de datos operacionales del programa PI Proccess-Book.
- Las unidades utilizadas en este balance serán en [Ton/h].
- Los vapores estudiados serán los de 600# (psig) alta presión (HP), 150# (psig) media presión (MP) y 50# (psig) baja presión (LP), ya que son los que necesitan la mayoría de los procesos de Refinería.
- Las figuras que contengan “mediciones” serán sacadas de datos operacionales (reales), los que contengan “cálculo” serán considerado dato operacional o estimado, pero donde exista algún tipo de cálculo, y “estimado”, serán datos sacados de ingeniería básica o de forma teórica.

4.2 BALANCE GENERAL DE VAPOR EN ERA

Para el balance general se considerará a ERA con una caja negra, donde se tomarán todas las entradas y salidas para determinar los puntos de estudio y medición, de esta manera verificar que todo está en completo balance.

Solo se considerará el agua extraída de los pozos para la formación de vapor, el resto del agua extraída para agua de refrigeración, agua de servicio y otros, no serán consideradas, tanto en el balance como en la herramienta.

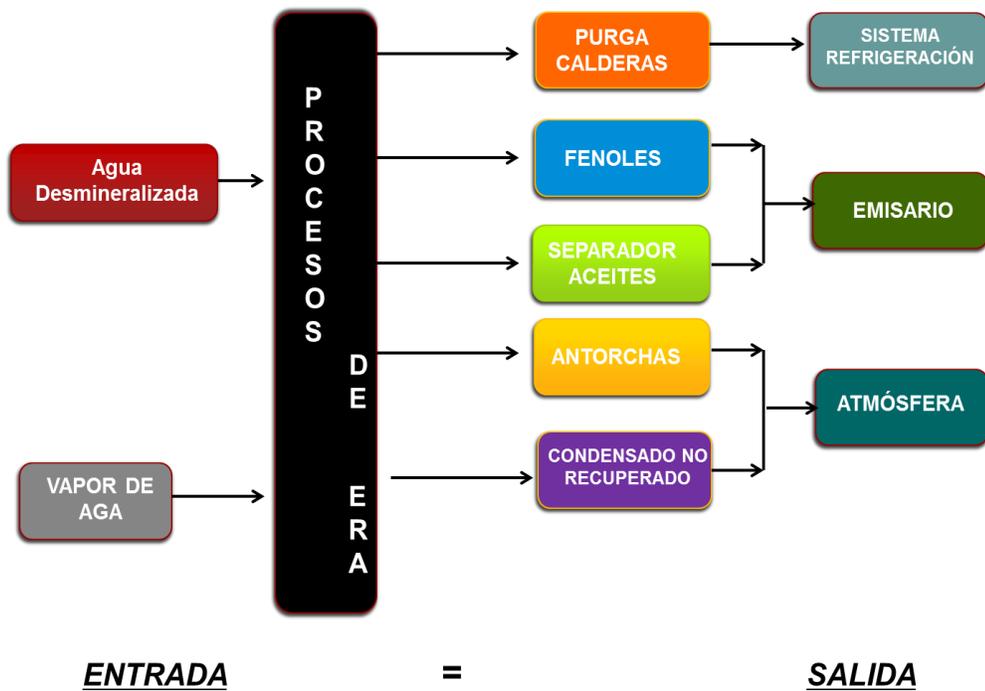


Figura 7 Balance General de ERA

La Figura 7 describe el balance general de ERA, donde el agua que ingresa a refinería es por medio de agua de pozo que debe ser procesada para generar agua desmineralizada que será utilizada para producir vapor y por medio de vapor que aporta la empresa externa AGA.

Todo este vapor es utilizado en los distintos procesos de refinería, para posteriormente ser retirados mediante las purgas de las calderas de suministros y procesos, el vapor utilizado y que ha sido mezclado con hidrocarburos debe ser procesados en la planta de fenoles, donde es retirado los hidrocarburos mediante microorganismos y posterior a ello ser enviados al mar, parte de los vapores utilizados en procesos, mezclados con hidrocarburos llegan a piscinas ubicados en el separador de aceites donde por gravedad los aceites son retirados y el agua extraída es enviada a emisario, de la misma manera parte del vapor utilizado en procesos es enviado a sistemas de antorchas para transporte de gases el cual es perdido en las combustiones de gases y es expulsado a la atmósfera y, finalmente, el vapor restante de los procesos,

gran parte no es recuperado o no es cuantificable dado que una porción es enviado a piso o simplemente es enviado a sistema de drenaje.

Para poder determinar cada una de las variables a estudiar es necesario realizar un levantamiento de equipos, desde la extracción de agua desde los pozos en Lajarilla y Tabolango, hasta la llegada a emisario (mar), verificando sus consumos o generaciones, tanto en la ingeniería básica como en datos operacionales.

4.3 LEVANTAMIENTO DE DATOS DE EQUIPOS

Los datos de ingeniería básica fueron recopilados de cada una de las plantas presentes en ERA, los que no aparecen en los utilities de las plantas, debido a que no han sido incorporados a las actualizaciones, fueron recopilados de las hojas de datos de los equipos que están disponibles en página de internet de ENAP Refinerías Aconcagua (DocuShare).

Una vez recopilados los datos de los equipos, se generó en primera instancia una base de datos, por cada una de las plantas presentes en ERA, indicando el área a la cual pertenece, el nombre del equipo, el tipo de vapor utilizado (HP), (MP), (LP), (BFW), Condensado y la cantidad de vapor consumido o generado, indicado en el signo (-) para consumo y (+) para generación.

Cabe recordar que para cada una de las tablas se considerará para los distintos tipos de vapores a (HP) como presión alta, (MP) presión media y (LP) presión baja.

UNIDAD	SIGLA	EQUIPO	STEAM (Ton/h)			BFW	Condensado
			HP	MP	LP		
TV1	E-130	Crude Tower (Stripping)	0	-2,05	0	0	0
TV1	E-131	AGO Stripper (Stripping)	0	-0,09	0	0	0
TV1	E-132	Vacuum Tower (Stripping)	0	0	-6,8	0	0
TV1	E-133	Kerosene Stripper (Stripping)	0	-0,19	0	0	0
TV1	E-134	Diesel Stripper (Stripping)	0	-0,128	0	0	0
TV1	B-51	Process	0	-3,97	0	0	0
TV1	BAT-51	Atomizing	0	0	0	0	0
TV1	B-130	Process	0	-2,52	0	0	0
TV1	BAT-130	Atomizing	0	0	0	0	0
TV1	BSH-130	Superheated Steam	0	0	0	0	0
TV1	C-130	Crude Tower Overhead Condenser	0	0	0	0	0
TV1	J-68	Corrosion Inhibitor Injection Pump	0	0	0	0	0

Figura 8 Ejemplo de recopilación de datos de ingeniería básica planta TV1

En cada una de las 35 plantas de proceso estudiado fueron realizados los mismos procedimientos. Esta tabla de Excel contiene más de 230 equipos que consumen o generan vapor. Este sería la primera aproximación para realizar el balance de ERA.

Estas tablas serán incluidas en un CD y anexado al final ya que es una tabla de larga extensión (Anexo C.1), por medio de un archivo Excel llamado “Ingeniería de vapores en ERA” a través de una hoja de Excel denominada “Datos de Ingeniería” tal como muestra la Figura 8.

Una vez obtenidos los valores de ingeniería básica, se debe verificar si existe medición operacional presentes en PI-Process-book, para cada uno de los equipos que consumen o generen vapor.

En consecuencia, fue necesario ingresar al programa operacional y extraer los datos necesarios para poder obtener la medición.

Para lograr lo propuesto, es necesario registrar el TAG, el cual debe ser recuperado tal como muestra la Figura 9, donde muestra un consumo de vapor de 50 (psig) en una de las torres de destilación (E-132) donde el TAG que corresponde es

(FC-1514), en el cual (FC) alude que es un indicar de flujo y el valor (1514) depende de la planta estudiada.

Este mismo procedimiento debe ser en cada una de las 35 plantas estudiadas.

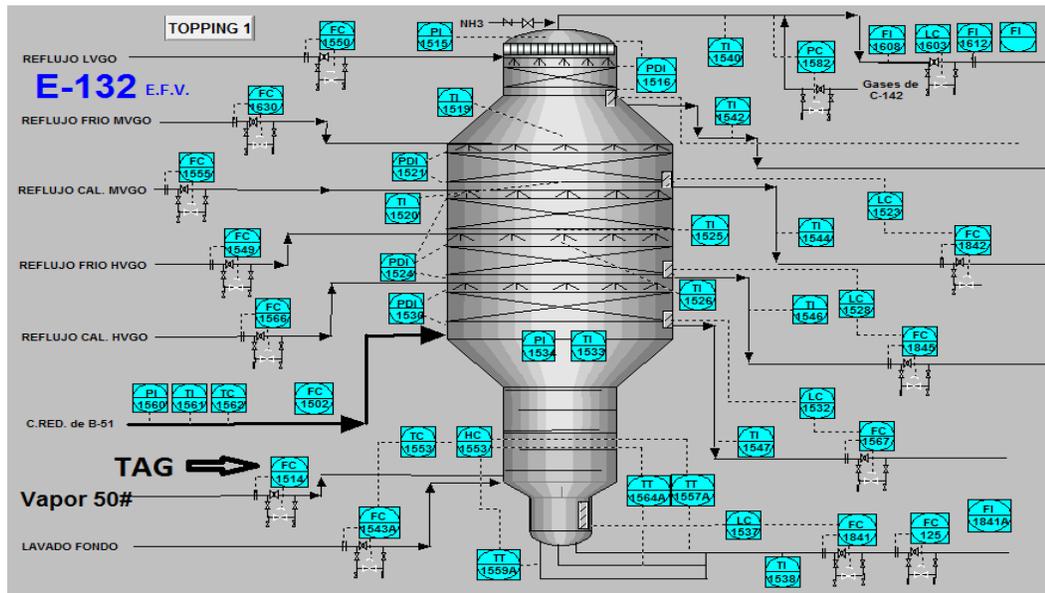


Figura 9 Ejemplo de obtención directa de datos operacionales en PI

Una vez recuperado cada uno de los TAG, mediante una herramienta presente e incorporada en Excel se indica la fecha requerida y, de esta manera se obtiene el valor exacto del vapor consumido o generado.

A partir de la información anterior genera otra base de datos que muestra los datos obtenidos del programa operacional indicadas en la Figura 10.

	FECHA INICIO	01-12-2013						
	FECHA TERMINO	17-12-2013	STEAM (Ton/h)					
UNIDAD	SIGLA	EQUIPO	HP	MP	LP	BFW	Condensado	TAG
TV1	E-130	Crude Tower (Stripping)	0	-2,05	0	0	0	FC_1366.PV
TV1	E-131	AGO Stripper (Stripping)	0	-0,09	0	0	0	FC_1396.PV
TV1	E-132	Vacuum Tower (Stripping)	0	0	-6,8	0	0	FC_1514.PV
TV1	E-133	Kerosene Stripper (Stripping)	0	-0,19	0	0	0	FC_1386.PV
TV1	E-134	Diesel Stripper (Stripping)	0	-0,128	0	0	0	FC_1387.PV
TV1	B-51	Process	0	-3,97	0	0	0	-
TV1	BAT-51	Atomizing	0	0	0	0	0	-
TV1	B-130	Process	0	-2,52	0	0	0	-
TV1	BAT-130	Atomizing	0	0	0	0	0	-
TV1	BSH-130	Superheated Steam	0	0	0	0	0	-
TV1	C-130	Crude Tower Overhead Condenser	0	0	0	0	0	-
TV1	J-68	Corrosion Inhibitor Injection Pump	0	0	0	0	0	-

Figura 10 Ejemplo de recopilación de datos operacionales planta TV1

La Figura 10 muestra la misma tabla generada con los valores obtenidos de ingeniería básica, con la diferencia que en la parte superior izquierda se añade la fecha solicitada por el usuario, la cual corresponde a la entrega en las generalidades y una columna más que contiene el número del TAG, de esta manera es posible obtener el valor operacional.

El mismo procedimiento es realizado con cada una de las 35 plantas de proceso, contabilizando una cantidad de 95 equipos de los 230 equipos presentes en refinería que registran medición operacional, representando un 41% de los equipos medidos.

Entre los cuales se destacó que la mayoría de los equipos más importantes poseen medición operacional.

Cada una de estas tablas será incluida en un CD anexado al final dado que son tablas Excel muy extensas, en el mismo archivo Excel anterior, indicadas con el nombre de hoja "Datos PI" (Anexo C.2).

Una vez realizado estos dos procedimientos previos, se lleva a cabo una etapa en la cual se deben mezclar de cierta manera las dos bases de datos generadas previamente,

en la cual se debe priorizar los datos operacionales sobre los datos de ingeniería básica, para finalmente, obtener un balance de vapor lo más cercano posible a la realidad.

De esta manera, se realiza una nueva base de datos que será incluida en un CD anexo al final dado que es muy extensa, en el mismo archivo Excel utilizado anteriormente (Anexo C.3), la cual en esta ocasión será separada por hojas de Excel, las cuales albergarán cada una de las plantas, por ejemplo “TV1”, donde considere en primer lugar el valor operacional, sino existe medición de algún equipo, tomar el valor de ingeniería básica obtenida de las hojas de servicio de cada una de las plantas.

Un ejemplo de lo obtenido, es esta etapa del balance se representa en la Figura 11.

	FECHA INICIO	01-12-2013					
	FECHA TERMINO	17-12-2013	STEAM (TON/H)				
UNIDAD	SIGLA	EQUIPO	HP	MP	LP	BFW	CONDENSADO
TV1	E-130	Crude Tower (Stripping)	0	-1,8	0	0	0
TV1	E-131	AGO Stripper (Stripping)	0	0	0	0	0
TV1	E-132	Vacuum Tower (Stripping)	0	0	-5,4	0	0
TV1	E-133	Kerosene Stripper (Stripping)	0	-0,3	0	0	0
TV1	E-134	Diesel Stripper (Stripping)	0	-0,2	0	0	0
TV1	B-52	Process	0	-0,5	0	0	0
TV1	BAT-51	Atomizing	0	0	0	0	0
TV1	B-130	Process	0	-0,6	0	0	0
TV1	BAT-130	Atomizing	0	0	0	0	0
TV1	BSH-130	Superheated Steam	0	0	0	0	0
TV1	C-130	Crude Tower Overhead Condenser	0	0	0	0	0
TV1	J-68	Corrosion Inhibitor Injection Pump	0	0	0	0	0
TV1	J-130	Reduced Crude Pump	0	0	0	0	0
TV1	J-130A	Reduced Crude Pump	0	0	0	0	0
TV1	J-131	Heater Charge Pump	0	0	0	0	0
TV1	J-131A	Heater Charge Pump	0	0	0	0	0
TV1	J-132	Diesel Pumpharound Pump	0	0	0	0	0
TV1	J-133	Kerosene Pumpharound Pumps	0	0	0	0	0
TV1	J-134	Whole Naphtha Pump	0	0	0	0	0
TV1	J-137	NaOH Injection Pump	0	0	0	0	0
TV1	J-138	Vacuum Residue Pump	0	0	0	0	0

Figura 11 Ejemplo de Base de datos generada con datos combinados planta TV1

Esta figura muestra un ejemplo de cómo será mostrado la combinación de datos de ingeniería básica y datos provenientes de PI de la planta Topping y Vacío.

En la tabla 7 se indica de forma simplificada cuánto es el consumo y la generación de cada uno de los vapores y agua, tanto de BFW o Condensado, la cual será utilizada para generar la herramienta de monitoreo.

Tabla 7 resumen de consumo o generación de vapor planta TV1

(Ton/h)	HP	MP	LP	BFW	CONDENSADO
Consumo	0	-12,15	-6,70	0	0
Generación	0	0	0	0	5,29

De esta manera, tal como muestra la tabla 7, se utilizará la información de las plantas para generar la herramienta Excel de visualización de vapor a través de ERA, que será visualizada en el Anexo C.

Una vez recopilada toda la información de cada una de las plantas de proceso en ERA, se llevó a cabo un primer balance de vapor, que fue necesario para comparar la realidad con lo generado, posteriormente en la herramienta de monitoreo generada.

La cual dado que son 32 plantas, el archivo Excel “Ingeniería de vapores en ERA” será incluido en CD-ROM en hoja de Excel “Resumen por planta” el cual contendrá cada una de los consumos o generaciones netos en cada una de las plantas de procesos expuestos en el punto anterior donde, además, se incorporará el consumo o generación total por área tal como muestra la Tabla 8.

La Tabla 8 muestra las áreas de proceso de refinería en las cuales se especifica el consumo o generación de vapor, además de los cuadros reductores, cantidad de vapor aportado por AGA y cantidad de vapor condensado de 50 (psig) en C-256, los cuales son valores calculados para lograr que el balance preliminar sea lo más cercano a la realidad

Tabla 8 Cuadro resumen de balance de vapor preliminar

Área	(TON/H)				
	HP	MP	LP	BFW	CONDENSADO
Fraccionamiento	-33	-50	9	-8	44
Cracking	-27	-31	-8	-75	109
Hidrógeno	-24	-27	34	-35	40
Coker	-41	-14	6	-11	45
Suministro	121	102	-28	-250	23
Antorcha	0	-5	-3	0	0
Cuadro reductor 600# a 150#	-26	26	0	0	0
Cuadro reductor 150# a 50#	0	0	0	0	0
Cuadro reductor 600# a 50#	0	0	0	0	0
AGA	29	0	0	0	0
Condensador de vapor de 50#	0	0	-3	0	0
Zona Intermedia	0	0	-7	0	0
TOTAL	0	0	0	-375	262

Donde los parámetros de comparación serán los siguientes:

- Cuadros reductor de 600 [psig] a 150 [psig]
- Cuadros reductor de 150 [psig] a 50 [psig]
- Producción de vapor de AGA.
- Vapor de 50 [psig] condensado en C-256.
- Generación de agua de caldera (BFW).

Los cuadros reductores y vapor de 50 [psig] son datos calculados para lograr que el balance de vapor esté cuadrado (generación menos consumo sea cero).

Además, a través de estos valores se podrá comparar a futuro, si el balance generado con la herramienta Excel está de la forma correcta.

Una vez determinado el balance de masa de vapor por cada una de las áreas, visualizado en archivo Excel “Ingeniería de vapor en ERA” indicado en hoja Excel “Resumen por planta” de proceso en ERA, se lleva a cabo el desarrollo del balance general de vapor en ERA.

Se tomó en cuenta nuevamente la Figura 7 “Balance general de ERA”, de esta manera se realiza el desglose de cada una de las variables presentes.

Agua Desmineralizada

El agua para producir agua desmineralizada proviene de los pozos ubicados en Lajarilla o Tabolango, la cual es almacenada en un estanque acumulador (T-254), el suministra a las plantas desmineralizadoras (4), las cuales a su salida poseen medición operacional. Esta agua libre de minerales es enviada en parte al estanque de agua desmineralizada (T-250), el cual puede administrar el agua, tanto al desaireador como agua utilizada en la regeneración de las resinas en las plantas desmineralizadoras, la cual es posteriormente enviada al separador de aceites, ambas están medidas de forma operacional tal como lo muestra la siguiente figura.

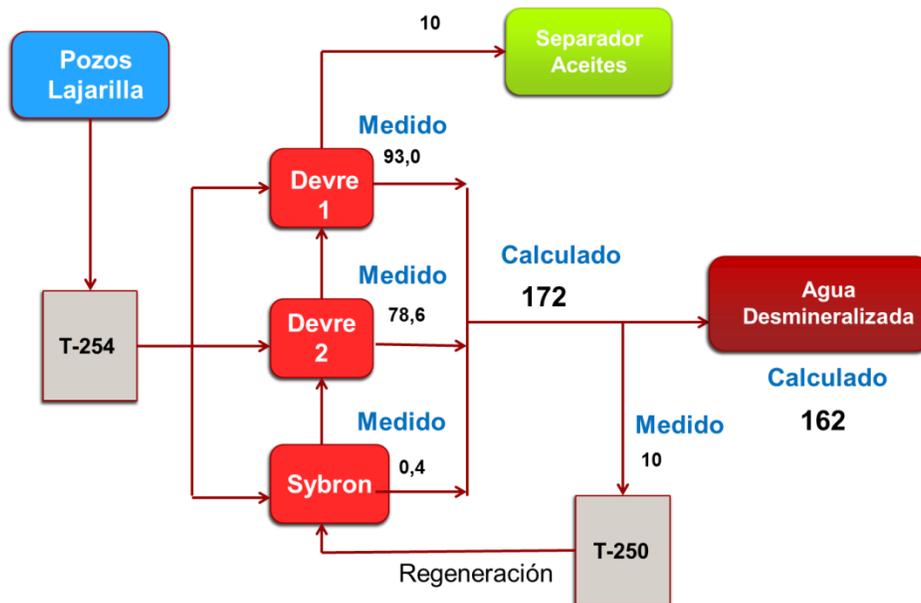


Figura 12 Diagrama de generación de agua desmineralizada

Las cifras están consideradas en (Ton/h), tal como se indica en las generalidades.

Una vez generada la cantidad de agua desmineralizada necesaria (172 Ton/h), el proceso del agua para la generación de vapor en las calderas no termina allí, posterior a ello el agua desmineralizada es enviada, en gran medida al desaireador (F-278) en el cual es retirado el oxígeno y, en menor medida, es enviada al acumulador de condensado (F-275) para controlar la temperatura (QUENCH) de llegada del condensado retornado desde procesos el cual no posee medición operacional, pero por diferencia se pudo obtener. El agua desmineralizada suministrada al (F-278) posee valor operacional mientras que el Quench por diferencia se sabe cuánto es lo que llega al (F-275). Una vez llegada el agua desmineralizada al (F-278) se suman un vapor de 50 (psig) utilizada para retirar el exceso de oxígeno, un combinación de retorno de condensado más agua de Quench, todas estas corrientes con sus respectivas mediciones operacionales, para finalmente, producir la alimentación de agua para calderas (BFW).

Representada en la siguiente figura.

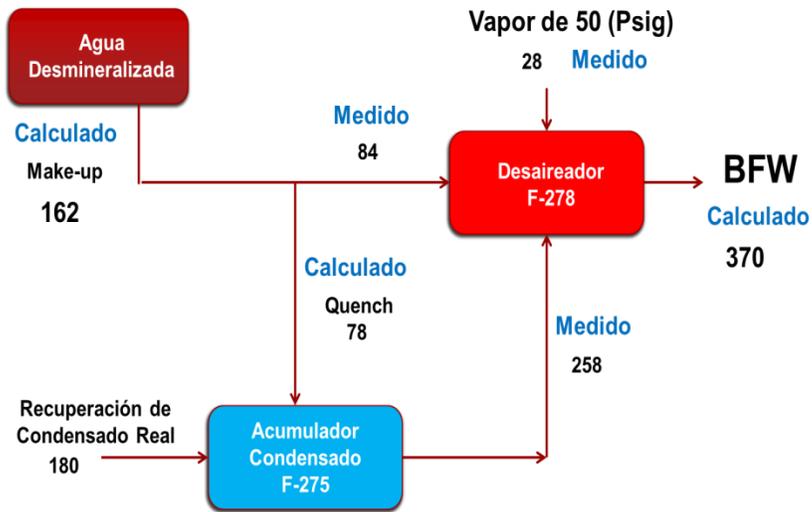


Figura 13 Diagrama de generación de BFW

La cantidad de BFW generada en la Figura 14, será utilizada posteriormente en el cálculo de vapor generado en las calderas de procesos.

Vapor de AGA:

La cantidad de vapor de 600 (psig) aportado por la empresa AGA, resulta ser como subproducto en la elaboración de gases necesarios para refinería, el cual es un aporte intermitente de vapor que está medido operacionalmente y en promedio son 28 (Ton/h), los cuales son aportados directamente a la matriz de vapor de 600 (psig), sin pasar por ningún intermediario.

Purga de Calderas:

La purga extraída de todas las calderas de suministro y de procesos debe ser removida para evitar una acumulación de Hidracinas y material particulado remanente de los procesos previos, que puede alterar el normal funcionamiento de las calderas y posterior generación de vapor de 600 (psig) y 150 (psig).

Las calderas del área de suministros son cinco que generan vapor de 600 (psig).

Las calderas presentes en las áreas de proceso son nueve, de las cuales siete son de generación de vapor de 600 (psig) y dos calderas son de generación de vapor de 150 (psig), todas presentan mediciones operacionales registradas en PI.

La distribución del BFW generada anteriormente se distribuye hacia las calderas de suministros, calderas de procesos, hacia algunos equipos (Desuperheater) para controlar la temperatura de algunas líneas y, finalmente, en agua de lavado de algunos equipos. La Figura 14 muestra cómo se distribuye el BFW generado.

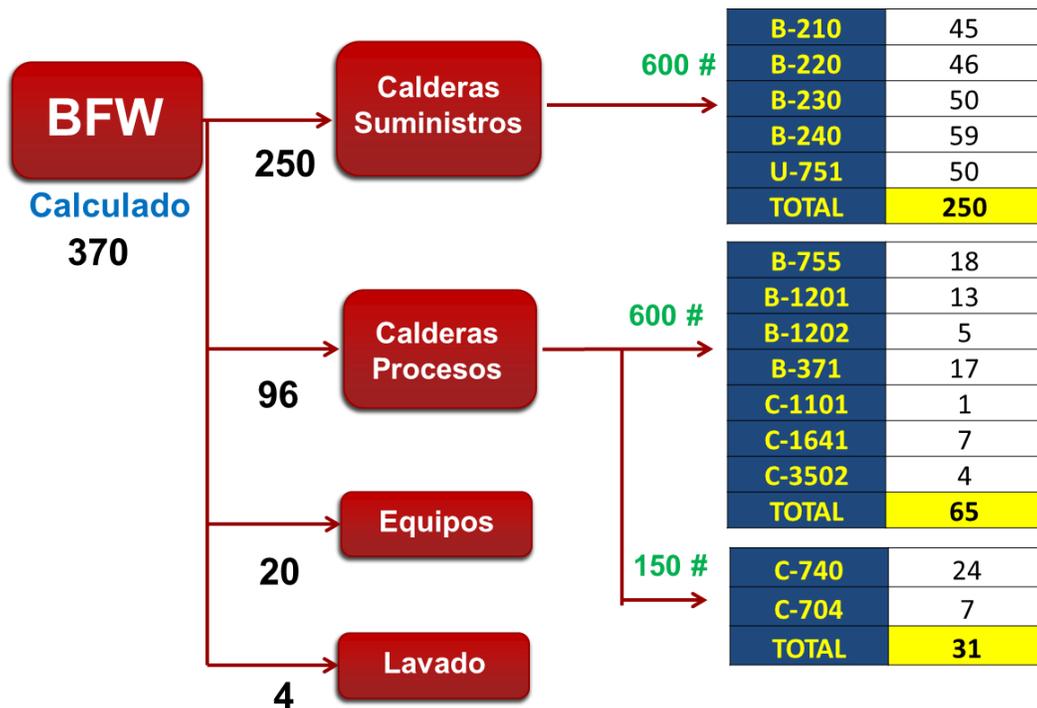


Figura 14 Distribución BFW en ERA

Una vez obtenida la producción real de cada una de las calderas de suministros y procesos se puede determinar cuánto es la purga obtenida.

La siguiente tabla describe cada una de las purgas en todas las calderas presentes en ERA.

Tabla 9 Purgas de calderas de suministros y procesos

CALDERAS DE 600[psig]	AREA	PRODUCCIÓN [Ton/h]	3% Purga [Ton/h]
B-210	SUM	45	1,87
B-220	SUM	46	1,85
B-230	SUM	50	2,00
B-240	SUM	60	2,35
U-751	SUM	50	2,01
B-755	FCCU	18	0,73
B-1201	HCK	13	0,52
B-1202	HCK	5	0,20
B-371	REF	17	0,66
C-1101	URA 1	1	0,03
C-1641	URA 2	7	0,30
C-3502	URA 3	4	0,15
CALDERAS DE 150[PSIG]			
C-740	FCCU	24	0,97
C-704	FCCU	7	0,19
TOTAL		315	15

Las 15 (Ton/h) obtenidas de la purga de las calderas de ERA, son almacenadas en un estanque, donde posteriormente es enviada como agua al sistema de enfriamiento de agua.

Vapor utilizado en proceso que llega a fenoles:

El agua que llega al tratamiento de fenoles proviene de varios procesos anexos a la generación y consumo de vapor, tales como agua de servicio, aguas servidas, entre otros, solo se considerará la cantidad aportada de la generación de vapor.

El vapor utilizado en procesos que llega finalmente a fenoles, corresponde a vapor que se ha mezclado con hidrocarburo durante el proceso de refinación, el cual no puede ser recuperado como condensado puro, debido a su contaminación.

Para ello fue necesario realizar un diagrama que muestre como es el trayecto desde que se forma el vapor en las calderas de suministro y de procesos hasta que llega a los distintos destinos del proceso.

La generación de 315 (Ton/h) de las calderas de suministro y procesos, más lo aportado por la empresa AGA 28 (Ton/h) de vapor de 600 (psig), representado por el color azul del diagrama, es dividida en tres tipos de consumo. Para ser utilizado en una serie de equipos que generen condensado 115 (Ton/h) representado por el color negro, vapor transformado en vapor de 150 (psig) 161 (Ton/h) en equipos de procesos, representado por el color rojo y vapor transformado en vapor de 50 (psig); 67 (Ton/h), en equipos de procesos representado por el color verde.

Las válvulas mostradas en la Figura 15, representan los cuadros reductores presentes en el área de suministros, Coker y Alquilación, de diferentes transformaciones de vapor.

La cantidad de vapor de 150 (psig) generada en calderas de procesos 31 (Ton/h), más el vapor transformado de 600 a 150 (psig) de 161 (Ton/h), dando un total de 191 (Ton/h).

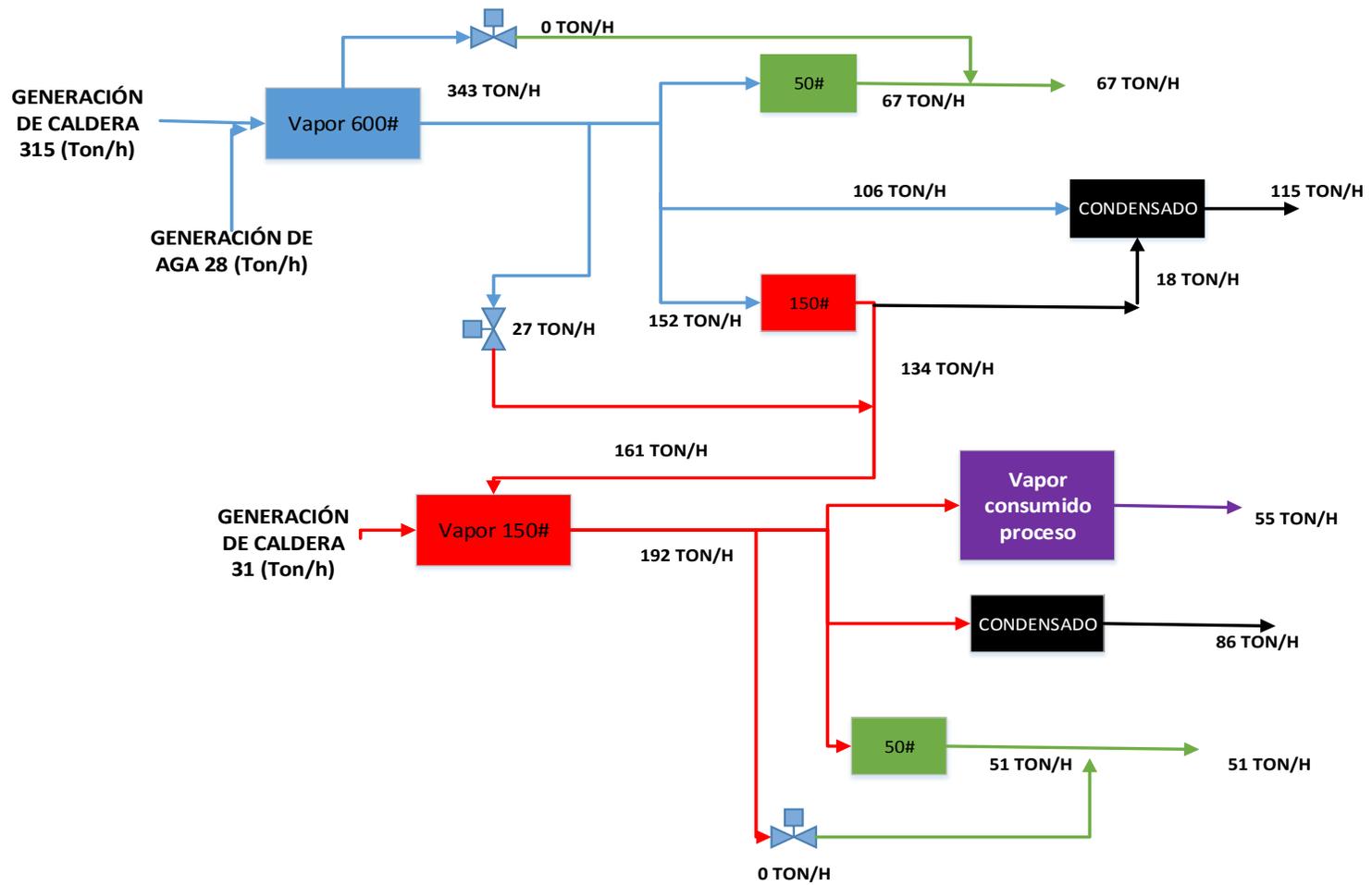


Figura 15 Diagrama de distribución de vapor de 600 y 150 (psig)

El vapor consumido en proceso de 150 (psig) es de 55 (Ton/h), el vapor transformado en vapor de 50 (psig) es de 51 (Ton/h) y el vapor transformado en condensado es de 86 (Ton/h).

El vapor 600 y 150 (psig) transformado en vapor de 50 (psig) es de 118 (Ton/h), el cual también es transformado en vapor consumido en proceso 11 (Ton/h), condensado 76 (Ton/h), desaireador 28 (Ton/h) y 3 (Ton/h) consumido en zona intermedia para transporte y calefacción de líneas de proceso. Mostrado en la figura 16.

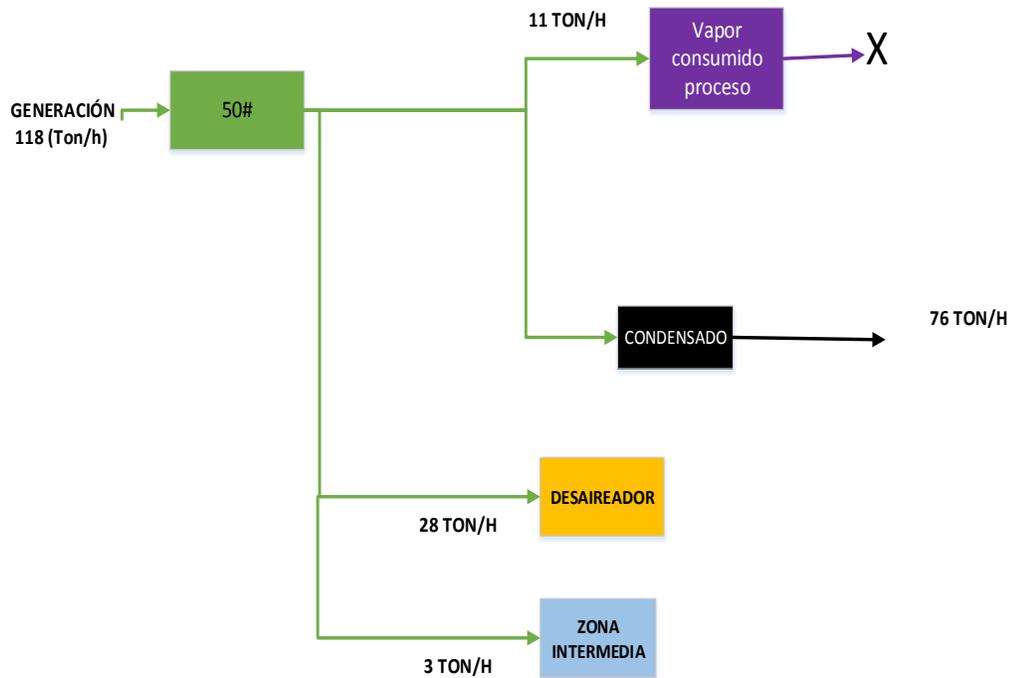


Figura 16 Diagrama de vapor de 50 (psig)

Una vez obtenido el vapor consumido de proceso que es de 11 (Ton/h) de vapor de 50 (psig) y 55 (Ton/h) de vapor de 150 (psig), es enviado a un acumulador de agua ácida ubicado en las plantas de tratamiento de aguas ácidas 1 y 2 (SWS 1 y 2), es procesado junto con el agua de lavado proveniente de proceso 23 (Ton/h), en las plantas de tratamiento siendo en total 89 (Ton/h).

El agua ácida acumulada es dividida entre las dos plantas de tratamiento, 43(Ton/h) en SWS 1 y 46 (Ton/h) SWS 2.

El agua tratada en SWS 1, una vez extraído el azufre es enviada a la planta fenoles 1, donde también es recibida el agua proveniente de la planta DESO, dando como resultado que la planta de fenoles 1 recibe cerca de 56 (Ton/h) de agua provenientes del proceso de generación de vapor, en la cual es añadido microorganismos para retirar material particulado y trazas de hidrocarburos remanentes del proceso, donde posteriormente es enviado a un pre emisario antes de ser transportado a emisario (mar).

En SWS 2 es tratada el resto del agua proveniente del acumulador que son 46(Ton/h), donde una vez retirado el azufre, es enviada a tres destinos, en primer lugar a la planta de fenoles 2 en la cual es tratada de la misma manera que en fenoles 1, dando como resultado 38 (Ton/h), agregando el agua proveniente de PIT- colector de Coker (8 (Ton/h)), el cual es el agua ya utilizada después del corte realizado en los reactores de la planta Coker, más el agua de lavado utilizada en procesos de la planta Coker, dando como resultado una cantidad total de 46 (Ton/h) procesadas en fenoles 2, la cual es enviada a un pre emisario y, posterior a ello, a emisario.

El resto del agua tratada en SWS 2 es enviada a los dos destinos restantes que son el estanque acumulador T-3001 cerca de 6 (Ton/h), donde es utilizado como agua de corte para los reactores y el agua de lavado 2 (Ton/h) utilizado en la planta de Coker.

El proceso descrito es mostrado en la figura 17 de forma más clara.

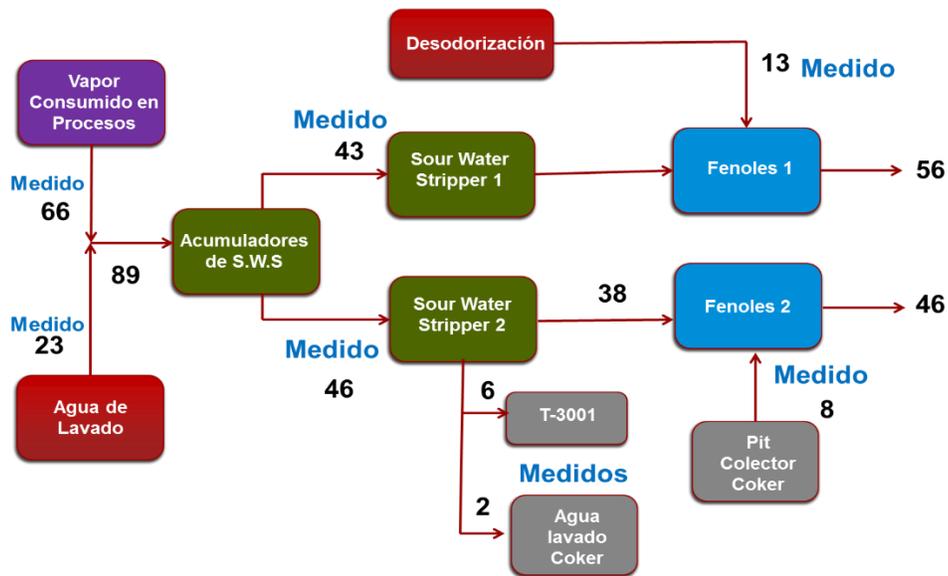


Figura 17 Distribución de Vapor de proceso que llega a plantas Fenoles

Vapor consumido en Antorchas:

El vapor consumido por las antorchas es utilizado en el transporte de gases remanentes del proceso hacia el quemador, los cuales son quemados y expulsados a la atmósfera. Las antorchas presentes en ERA son representadas en la Tabla 27.

Los datos son obtenidos de PI Process-book, que corresponden a datos reales.

Tabla 10 Antorchas presentes en Refinería Aconcagua

ANTORCHAS	MP	LP
FRACCIONAMIENTO	-2,6	0
CRACKING	-3,2	0
COKER	0	-2,7
TOTAL	-5,3	-2,7

Las 9 (Ton/h) consumidas en las antorchas de procesos no son recuperadas.

Vapor utilizado en procesos que llega a separador de aceites:

El vapor luego de participar del proceso de refinación de petróleo, si no es recuperado mediante condensado o agua ácida, llega a una serie de alcantarillas distribuidas a través de toda la refinería que salen al separador de aceites, donde se almacena y por gravedad es separada la fracción de aceite de la del agua; una vez separada la fracción de agua es llevada a pre-emisario, que en este caso en mar adentro.

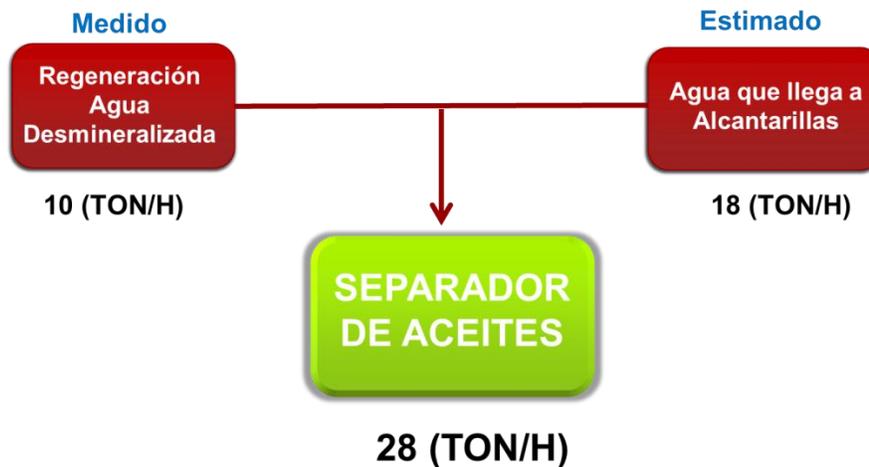


Figura 18 Diagrama de vapor utilizado que llega a separador de aceites

Evidentemente, no toda el agua que llega al separador de aceite proviene de la desmineralización de agua para la generación de vapor, es por ello que el valor representado es solo un estimativo dado que por balances antiguos se estima que cerca de 1000 (Ton/día) son los que llegan al separador de aceite lo cual corresponde a 50 (Ton/h), de los cuales 10 (Ton/h) provienen de la regeneración utilizada en la desmineralización de agua de pozo y 18 (Ton/h) provienen de agua, producto del proceso de generación o consumo de vapor, el cual por alguna razón llega a las alcantarillas y no es retornado al proceso como condensado limpio.

Condensado o vapor no recuperado:

La cantidad de condensado generado de la recopilación de datos es mostrado en la siguiente figura:

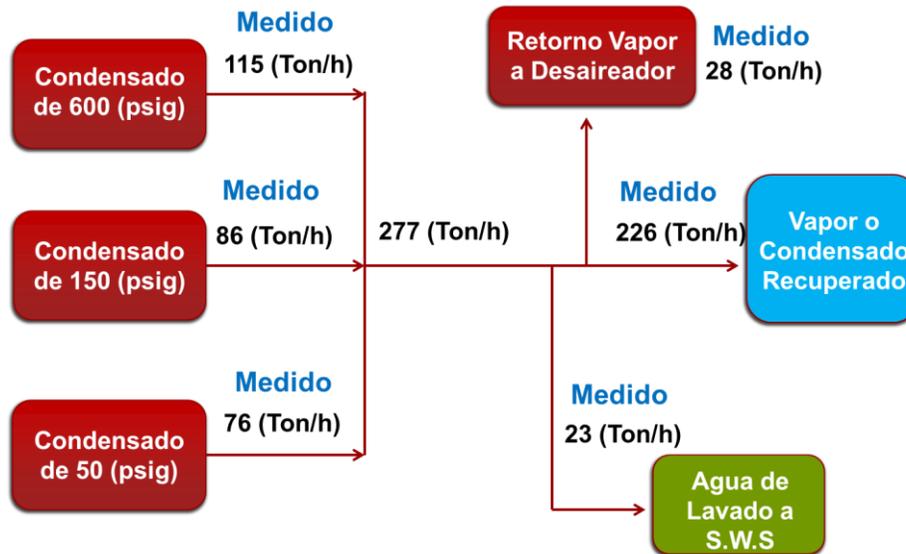


Figura 18 Cantidad de condensado o vapor recuperado

La figura 18 muestra la cantidad de condensado generado de las figuras 16 y 17 que resulta de los vapores condensados de 600, 150 y 50 (psig), los cuales deben ser retornados a la planta de suministros al acumulador F-275, pero antes de retornar parte de los condensados, 23 (Ton/h) deben ser enviados como agua de lavado a las distintas áreas de proceso de ERA y otra parte 28 (Ton/h) es enviada en calidad de vapor de 50 (psig) al desaireador para la generación de BFW, obteniendo como resultado 226 (Ton/h) de condensado que debe ser retornado de proceso al F-275.

Pero, si comparamos lo obtenido del balance al F-275, la cantidad de vapor retornado en calidad de condensado es de 180 (Ton/h), lo cual difiere de la cantidad de condensado obtenida del balance de vapor mostrado en la Figura 18, observando que existe una diferencia de 46 (Ton/h).

De esta manera, se pudo determinar cuál es la relación entre la cantidad real retornada a la planta de suministros y el retorno teórico que debe ser retornada a la planta de suministros, así mismo se pudo determinar cuánto es el porcentaje de recuperación de condensado. La cantidad retornada de condensado se plantea de la siguiente manera:

$$\left[\frac{\text{cantidad de condensado recuperado real}}{\text{cantidad de condensado recuperado teórico}} \right] = \left(\frac{180}{226} \right) \times 100 = 80 \%$$

Este 80 % de recuperación es un porcentaje de recuperación muy bueno dado que las grandes cantidades de vapor que son utilizadas a través de toda la Refinería y los usos y la importancia que tiene el vapor, es alta la recuperación, pero puede ser estudiado a fondo cómo poder recuperar cada uno de estos vapores, ya que en esta oportunidad no está incluido dentro de los objetivos.

Una vez encontrados cada uno de los parámetros de la Figura 7, son especificados en la siguiente figura:

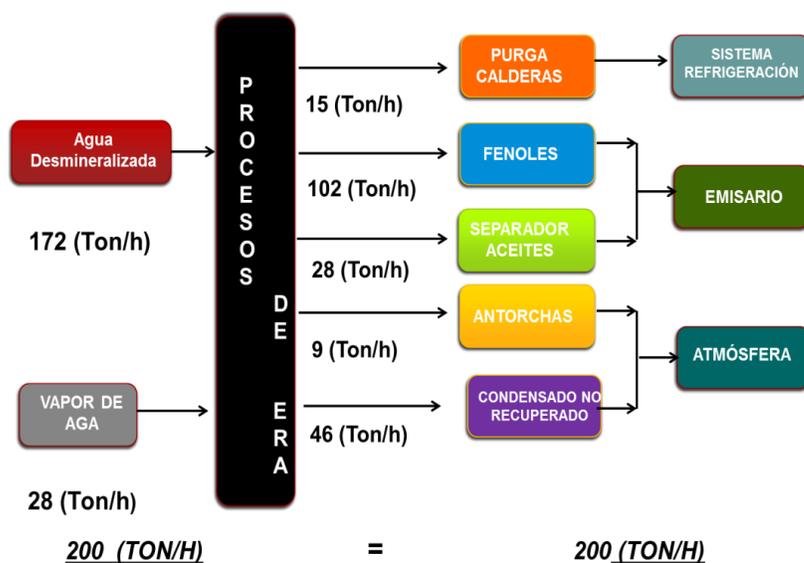


Figura 19 Balance vapor de ERA

En la figura 19 se observa cada una de las variables recopiladas a través de información entregada anteriormente, donde se comprueba que el balance de vapor está completo, ya que todo el agua que ingresa para la generación de vapor, como el vapor mismo entregado por AGA, es recuperado, o bien, es sacado del proceso a través de todas las variables descritas, incluyendo el vapor que no es recuperado como condensado y, es de cierta forma, perdido.

Una vez obtenido esto, es posible realizar un balance general de vapor en Era que incluya todo lo recopilado hasta el momento, desde la extracción del agua de pozo para la formación de agua desmineralizada, hasta la recuperación de vapor obtenido que llega a emisario, tal como se muestra en la siguiente figura:

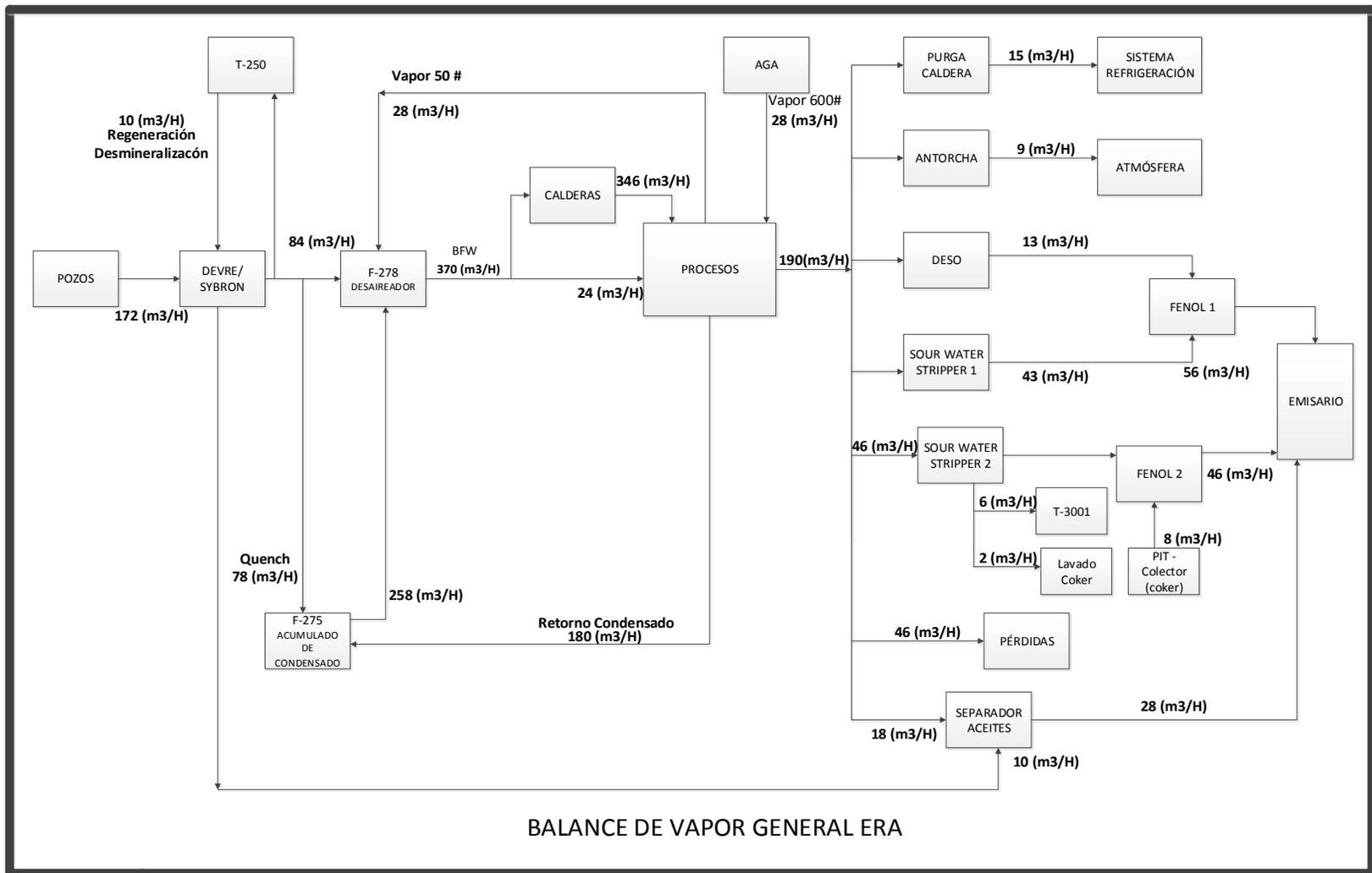


Figura 20 Balance completo de vapor en ERA

4.4 HERRAMIENTA EXCEL PARA BALANCE DE VAPOR

Una vez determinado el balance general de vapor de ERA es momento de desglosar cada uno de los consumos y generaciones respectivas a través de las áreas y plantas de ERA, de tal manera, que sea de forma más sencilla el desarrollo de la herramienta Excel.

Dado el presente problema asociado a la disposición de datos del vapor generado o consumido en ERA, es necesario realizar una herramienta que permita de forma fácil y clara obtener los valores de vapor por planta y, de esta forma, obtener el balance general de Refinería utilizando la recopilación de datos operacionales, como primera opción y de ingeniería básica en segunda opción, si es que no existiera medición operacional en programa PI.

La recopilación de datos fue realizada en el punto (4.3), por lo cual será necesario solo extraer el resumen de cada una de las plantas, las cuales se muestran a continuación:

Tabla 11 Resumen de Área de fraccionamiento

PLANTA	FRACCIONAMIENTO (TON/H)									
	HP		MP		LP		BFW		CONDENSADO	
	G	C	G	C	G	C	G	C	G	C
TV1	0	0	0	-12	0	-10	0	0	5	0
SPL	0	0	0	-22	0	0	0	-8	15	0
TV2	0	-27	17	-29	22	-7	0	0	6	0
MHC	0	-16	8	-8	4	-5	0	0	3	0
DEBU	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0
MDEA	0	0	0	0	0	-4	0	0	3	0
DESO	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0
LPG1	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0
ANTORCHA TV	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	-43	25	-77	26	-26	0	-8	35	0

El resto de las tablas generadas de cada una de las plantas serán incluidas en Anexo D.

La Tabla 11 muestra cada uno de los consumos (C) y generaciones (G) del área de fraccionamiento, donde se indica en la parte izquierda de la tabla, la planta a la cual pertenece; en la parte superior se indica el tipo de vapor consumido o generado y, en la parte inferior, la cantidad total que se necesita o aporta a la red de vapor, este valor será utilizado junto con los valores totales de las demás áreas para mostrar cuánto es el requerimiento neto que se requiere de vapor.

Antes de continuar, se debe establecer que el área de suministro será quien esté a cargo de controlar la demanda de vapor del total de procesos, por lo que no se contabilizará en las generaciones y consumo de vapor neto.

El vapor neto requerido de procesos se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 12 Cantidad de vapor neto requerido a la matriz

Área	(TON/H)				
	HP	MP	LP	BFW	CONDENSADO
FRACCIONAMIENTO	-43	-52	-6	-8	45
CRACKING	-14	-28	-6	-75	113
HIDRÓGENO	-17	-27	34	-35	50
COKER	-44	-22	3	-11	46
TOTAL REQUERIDO DE PROCESOS	-118	-129	25	-129	254

La Tabla 12 muestra los requerimientos netos por área que se deben suministrar al ente controlador de la herramienta a implementar, el cual se encuentra en Anexo C.5 en un CD-ROM, con el archivo Excel descrito anteriormente, en la hoja de Excel “Datos diagrama de vapor”.

A esta cantidad neta generada de las áreas de procesos se debe agregar la cantidad de vapor de 600 (psig) que es de 28 (Ton/h) aportada por la planta externa a refinería AGA, la cual al ser un aporte independiente y de forma constante, no tiene ninguna influencia como agente controlador. De esta manera, los requerimientos de vapor de 600(psig) de procesos disminuyen.

De la misma manera, debe ser incluida la cantidad aportada de vapor de baja presión de la matriz a la zona intermedia 3(Ton/h) para su trayecto y calefacción de líneas.

Tabla 13 Vapor neto requerido a la matriz considerando aporte de AGA

Área	(TON/H)				
	HP	MP	LP	BFW	CONDENSADO
FRACCIONAMIENTO	-43	-52	-6	-8	45
CRACKING	-14	-28	-6	-75	113
HIDRÓGENO	-17	-27	34	-35	50
COKER	-44	-22	3	-11	46
AGA	28	0	0	0	0
ZONA INTERMEDIA	0	0	-3	0	0
TOTAL REQUERIDO DE PROCESOS	-90	-129	22	-129	254

La Tabla 13 muestra el aporte neto que debe ser suministrado a procesos para lograr el balance total de refinería, la cual debe ser generada por la planta de suministros que será el agente controlador de la herramienta. Queda claro que para el signo (-) significa que es un requerimiento hacia proceso y que el signo (+) es un aporte a la matriz correspondiente. El cual se encuentra en Anexo C.5 en un CD-ROM, con el archivo Excel descrito anteriormente, en la hoja de Excel “Datos diagrama de vapor”.

Además, hay que añadir que en la base de datos generada para armar la herramienta, se ha agregado un signo que pueda bajar o subir la planta en cuestión, para así permitir al usuario prever futuras alteraciones a los requerimientos de procesos.

		FRACCIONAMIENTO		TON/HR		
ESTADO		HP	MP	LP	BFW	COND
X	TV1					
	consumo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	generación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
✓	SPL					
	consumo	0,00	-22,04	0,00	-8,30	0,00
	generación	0,00	0,00	0,00	0,00	15,04

Figura 21 Estado activo e inactivo en plantas de fraccionamiento

La Figura 21 indica cómo es representado el estado activo (✓) y el estado inactivo (X) en dos plantas del área de fraccionamiento. Este tipo de estado ha sido replicado en todas las plantas presentes en cada una de las áreas de procesos, el cual se encuentra en Anexo C.5 en un CD-ROM, con el archivo Excel descrito anteriormente, en la hoja de Excel “Datos diagrama de vapor”.

Una vez obtenidos los requerimientos netos de proceso, se debe generar el aporte de la planta de suministro, nuestro agente controlador, pero no todos los equipos presentes en esta planta serán participes dado su baja relevancia en el proceso y solo serán considerados como consumos o generaciones fijas de la planta de suministros, entre los cuales encontramos a los siguientes equipos:

Tabla 14 Equipos que consumen o generan vapor de forma fija

	(TON/H)				
EQUIPO	HP	MP	LP	BFW	COND.
C-254	0	-1,55	0	0	0
C-255	0	-1,55	0	0	0
J-243A	0	-2,6	0	0	0
J-221	0	-1,9	1,9	0	0
J-245	-7	0	7	0	0
J-282	-11	11	0	0	0
J-240	-11,5	11,5	0	0	0
J-216	-33,5	28,3	0	0	5,2
J-226	-34,2	21,7	0	0	12,5
TOTAL	-97	64,9	1,9	0	17,7

Los equipos que se observan en la Tabla 14 corresponden a los equipos de consumo o generación de vapor fijo, entre los cuales se encuentran C-254, C-255 y J-243A que corresponden a condensadores; los equipos J-221, J-245, J-282 y J-240 son turbinas que accionan a bombas de impulso de BFW a calderas y los equipos J-216, J-226 corresponden a los turbos generadores que cumplen la función de generar vapor de media presión, condensado y energía eléctrica utilizando vapor de alta presión.

Se debe obtener ahora la cantidad que va a ir variando y cumpliendo los requerimientos, tanto de procesos como los generados en los equipos de consumo fijo de la planta de suministros.

Los equipos que van a ser los agentes controladores de los requerimientos de vapor serán en primera instancia las calderas del área de suministros; en segundo lugar, serán los ventiladores de tiro forzado que consumen vapor de alta presión para accionar las turbinas que toman el aire de la atmósfera para alimentar a las calderas de suministros y están relacionados de forma directa con la generación de vapor en las

calderas; en tercer lugar, actuará el desaireador dado que dependiendo de la cantidad de BFW necesaria para generar el vapor de alta en las calderas, deberá disminuir o aumentar la cantidad de vapor de baja presión que sea enviada al desaireador para extraer el oxígeno presente en el agua desmineralizada y, finalmente, dependiendo de los requerimientos que no son cumplidos por los agentes anteriores, actúan los cuadros reductores de presión para satisfacer la demanda de vapores de media y baja presión.

Como excepción, se puede incluir también, en el caso de existir un exceso de vapor de baja presión, el condensador C-256 que transforma el exceso de vapor de baja presión en condensado.

El Desaireador

El desaireador es un equipo que tiene como función extraer el oxígeno que se encuentra en el agua desmineralizada y permite el retorno de condensado utilizando vapor de baja presión, el cual extrae el oxígeno y lo retira a la atmósfera, previniendo la corrosión de forma considerable en las líneas donde transita vapor o agua.

Donde la cantidad de vapor requerida para efectuar la extracción de oxígeno del agua dependerá de la cantidad de condensado que retorna del área de procesos al área de suministros, de la cantidad de agua desmineralizada que se necesita de make-up y la cantidad requerida de agua de caldera (BFW), necesaria para cumplir los requerimientos de las calderas de procesos y suministros, como también, de los equipos que consumen BFW. La herramienta actuará de la siguiente manera:

Tabla 15 Valores obtenidos de herramienta implementada

	(TON/H)
BFW TOTAL	370
Agua Desmineralizada	165
Desaireador	30

La cantidad de agua de caldera (BFW TOTAL) necesaria y mostrada en la Tabla 15 dependerá de los requerimientos de proceso enlazados con cada una de las plantas de ERA, mostrada en la Figura 22.

	TOTAL DE PROCESOS				
	HP	MP	LP	BFW	COND
GENERACIÓN	118	71	115	0	223
CONSUMO	207	201	88	-120	0
NETO DE PROCESOS	89	130	-26	-120	223
PÉRDIDAS					65
TOTAL				-370	175

Figura 22 Requerimientos de vapor, BFW y condensado de procesos

La cantidad requerida de proceso en cuanto a BFW TOTAL son 370 (Ton/h), ya que se consideran también la cantidad que necesitan las calderas de suministros y procesos 250 (Ton/h)), el cual se encuentra en Anexo C.5 en un CD-ROM, con el archivo Excel descrito anteriormente, en la hoja de Excel “Datos diagrama de vapor”.

La cantidad de agua desmineralizada se obtendrá de la recopilación de datos operacionales del sistema PI, mostradas en la Tabla 16.

Tabla 16 Plantas desmineralizadoras área de suministro

Desmineralizadoras	TAGS	Cantidad (Ton/h)
Devre 1	FI_207A.pv	90
Devre 2	FI_207B.pv	74
Sybron	FIT_207.pv	1
TOTAL		165

Y por último, es necesario la cantidad de condensado recuperado, que retorna al área de suministros y es almacenado en el estanque acumulador F-275. La cantidad de condensado retornado desde procesos es de 175 (Ton/h) tal como se observa en la Figura 22.

De esta manera, se puede obtener finalmente, la cantidad necesaria de vapor que necesita el desaireador.

$$BFW - \text{Retorno Condensado} - \text{agua desmineralizada} = \text{vapor al desaireador}$$

$$370 - 175 - 165 = 30 \quad (1)$$

La cantidad de vapor necesario en el desaireador es de 30 (Ton/h), esta cantidad ha sido incorporada a la herramienta donde el usuario podrá observar y verificar cuánto es el consumo en ese equipo, tal como lo muestra la figura 23.

Desaireador F-278	▼	HP	MP	LP	Cambios
					-30

Figura 23 Cantidad de vapor requerido por el desaireador

La Figura 23 nos indica la cantidad consumida por el desaireador obtenida, tanto del balance general (abajo del consumo LP), los cambios efectuados una vez que sufra alguna alteración el área de procesos (debajo de Cambios), que está enlazado con balance efectuado en la ecuación (1).

De esta manera, la cantidad de vapor consumida en el desaireador, puede ser incluida al aporte neto de vapor del área de suministros.

Calderas de suministros y Ventiladores de tiro forzado (VTF)

Las calderas poseen un consumo real que corresponde a lo que se obtiene del programa PI de monitoreo operacional, en base a esos datos veremos cómo irán cambiando las generaciones de las calderas de suministros.

Tabla 17 Producción real de vapor en calderas de suministros

Calderas	Producción de vapor (Ton/h)
B-210	45
B-220	46
B-230	50
B-240	59
U-751	50
TOTAL	250

La cantidad real aportada por las calderas dependerá de los cambios efectuados al momento de alterar los requerimientos provenientes del área de procesos, como por ejemplo, al momento de bajar una de las plantas por algún problema o alguna mantención de rutina, la cantidad requerida disminuirá o aumentará según lo requerido por vapor de 600 (psig) y se mostrará en una tabla a un costado de la generación real de las calderas, tal como muestra la figura siguiente.

CALDERAS	ESTADO	TON/HR	Cambios
B-210	✓	45	45
B-220	✓	46	46
B-230	✓	50	47
B-240	✓	59	56
U-751	✓	50	47
Total Calderas		250	240

Figura 24 Cambio efectuado en caldera al momento de alterar requerimientos

La Figura 24 muestra cómo se ve alterada la realidad al cambiar los requerimientos de vapor de procesos; al bajar la planta TV1 los requerimientos de vapor de media disminuyeron, por lo cual no es necesario transformar una cantidad de vapor de alta presión a media presión, por ende, la cantidad de generación de vapor de las calderas debe disminuir tal como lo indica la Figura 21 (Anexo C.5 en un CD-ROM, con el archivo Excel descrito anteriormente, en la hoja de Excel “Datos diagrama de vapor”.

Los (VTF) poseen medición real monitoreada de forma operacional en el programa PI. No todas las calderas poseen (VTF) que utilicen vapor de alta presión, solo las calderas B-230, B-240 y U-751 los poseen, las cuales se presentan a continuación:

Tabla 18 (VTF) Utilizados en calderas de suministros

Calderas	VTF	HP (Ton/h)	MP (Ton/h)
B-230	J-230A	-7,9	7,9
B-230	J-230B	-8,4	8,4
B-240	J-240A	-9,0	9,0
B-240	J-240B	-9,0	9,0
U-751	J-751	-3,9	3,9
TOTAL		-38,2	38,2

La Tabla 18 muestra la cantidad de vapor de alta presión que consumen los VTF instalados en tres de las cinco calderas de suministros, ya que las dos restantes utilizan VTF accionadas por electricidad. La cantidad consumida en los VTF están relacionadas de forma directa, es decir, si la caldera necesita generar más vapor, la cantidad de fuel gas suministrada a la caldera debe aumentar, por ende, es necesario ingresar mayor cantidad de aire a la caldera para asegurar que sea una combustión completa.

Los consumos y generaciones de vapor de las calderas y VTF pueden ser añadidos al aporte neto de la planta de suministros.

Condensador de vapor de 50 (psig)

En el área de suministros se encuentra un condensador de superficie (C-256) que permite recuperar, de cierta forma, una cantidad de vapor de 50 (psig) que no es consumido en el área de procesos, lo cual no es el ideal ya que significaría que una fracción del vapor de media o de alta ha sido transformado a vapor de baja de forma innecesaria.

Este vapor condensado es recuperado y enviado al acumulador de condensado del área de suministros F-275.

Este equipo servirá como medio de comparación y como medición en la herramienta incorporada, de tal manera, que el vapor remanente del consumo y generación de vapor de procesos y suministros debe ser condensado para evitar que se pierda, siendo que ya sabemos que una porción del vapor no retorna al área de suministros, pero el resto del vapor que se encuentra en la matriz de 50# debe ser recuperado.

La forma de ser considerado será la siguiente:

Una vez que se tenga todo el consumo y generación de vapor de procesos (Figura 22) más el aporte neto del área de suministro y las mediciones calculadas de vapor consumido en el desaireador y producción de vapor en las calderas y VTF, se debe verificar si existe alguna diferencia en la cantidad de vapor de 50 (psig) generado y el consumido. Si llegará a existir una diferencia positiva (exceso de vapor) debe ser recuperada en forma de condensado por el C-256, sino debe mantenerse en cero, además, si llegará a existir alguna variación en el área de procesos, debe actuar de inmediato.

Una vez obtenido todos los parámetros de control y cálculos, sin considerar los cuadros reductores, ya podemos obtener el valor neto, tanto del área de procesos como del área de suministros.

Cantidad neta aportada por el área de suministros a la matriz de vapor.

	HP	MP	LP
Consumo SUM	136	6	35
Generación SUM	250	111	9
Total Suministros	114	105	-26

Figura 25 Cantidad neta aportada por suministros a la matriz de vapor

La Figura 25 indica cómo el área de suministro es quien posee gran parte del vapor de alta y de media, pero demanda vapor de baja, ya que posee el desaireador.

Esta cantidad entregada en la Figura 25 debe ser lo más cercana a los requerimientos de las áreas de procesos, por lo cual debe ser comparada con la Figura 22.

	TOTAL DE PROCESOS				
	HP	MP	LP	BFW	COND
GENERACIÓN	118	71	115	0	223
CONSUMO	207	201	88	-120	0
NETO DE PROCESOS	89	130	-26	-120	223
PÉRDIDAS					65
TOTAL				-370	175

Figura 26 Requerimientos de vapor, BFW y condensado de procesos

Donde la cantidad de vapor de alta del área de suministros sobrepasa a la requerida del área de procesos (25 Ton/h), de la misma manera el vapor de media es menor a los requerimientos del área de procesos, por lo cual es necesario incorporar un parámetro más a nuestra herramienta, siendo incorporado a la matriz por parte del área de suministros.

Las figuras 25 y 26 están presentes en Anexo C.5 en un CD-ROM, con el archivo Excel descrito anteriormente, en la hoja de Excel “Datos diagrama de vapor”

Cuadros reductores de presión

Los cuadros reductores de presión son un sistema de válvulas que, tal como su nombre lo indican, reducen presión de alta a media o baja presión; en otras palabras, son el ente regulador del sistema, donde si no es posible obtener una cantidad de vapor de media o baja presión proveniente de algún equipo de proceso, debe ser añadida por los cuadros.

Refinería cuenta con 6 cuadros reductores de distintas capacidades de reducción, dispuestos en distintas plantas del área de proceso y suministros.

Tabla 19 Cuadros reductores de ERA

Planta	Cuadros de HP a MP (TON/H)	Cuadros de MP a LP (TON/H)	Cuadros de HP a LP (TON/H)
SUM	2	1	0
ALQ	0	0	1
DCU	1	1	0

Estos cuadros reductores estarán encargados de equilibrar el balance donde sea necesario, completando la herramienta implementada en el control general de vapor en ERA.

El desequilibrio en el balance generado por la herramienta se encontraba en 25 (Ton/h) de vapor de alta presión que debía transformarse en vapor de media presión, por lo cual esta cantidad será proporcionada por los cuadros reductores y serán señalados en la herramienta de la siguiente manera:

CUADROS REDUCTORES		HP	MP	LP
600# a 150#	✓	-25	25	
		HP	MP	LP
150# a 50#	✓		0	0

Figura 27 Cuadro reductor incorporados a herramienta Excel

El cuadro reductor de 600# a 50# no será incorporado en la herramienta Excel, dado que no es posible determinar una cantidad cuantificable de vapor que debe ser transformado alta a baja presión. La cantidad de vapor aportado por los cuadros reductores ya puede ser incorporada al aporte neto del área de suministro.

De esta forma, se puede generar un nuevo balance general de vapor utilizando los valores obtenidos en la herramienta Excel generada.

Tabla 20 Balance de vapor realizado por herramienta Excel generada

Área	(TON/H)				
	HP	MP	LP	BFW	CONDENSADO
Fraccionamiento	-43	-48	-6	-8	35
Cracking	-14	-28	-6	-75	103
Hidrógeno	-17	-27	40	-30	40
Coker	-43	-22	9	-7	45
Suministro	119	100	-26	-250	23
Antorcha	0	-5	-3	0	0
Cuadro reductor 600# a 150#	-30	30	0	0	0
Cuadro reductor 150# a 50#	0	0	0	0	0
Cuadro reductor 600# a 50#	0	0	0	0	0
AGA	28	0	0	0	0
Condensador de vapor de 50#	0	0	-5	0	0
Zona Intermedia	0	0	-3	0	0
TOTAL	0	0	0	-370	246

La tabla anterior se encuentra en Anexo C.6 en un CD-ROM, con el archivo Excel descrito anteriormente, en la hoja de Excel “Resumen Total”

Una vez obtenido el balance de vapor utilizando la herramienta Excel, se debe comparar con lo obtenido en el balance previo y en cuanto a los parámetros de comparación vistos con anterioridad, para corroborar si lo realizado está de forma correcta.

Tabla 21 Comparación de parámetros en balances de vapor

Parámetro de comparación	Balance Previo (TON/H)	Balance generado por Herramienta Excel (TON/H)
Cuadro reductor 600# a 150#	26	30
Cuadro reductor 150# a 50#	0	0
AGA	28	28
Condensador de vapor de 50#	3	4
BFW	375	370
Desaireador	28	31

Tal como muestra los parámetros de comparación la Tabla 21, lo obtenido en la herramienta Excel generada es muy parecido a los datos obtenidos del balance de datos operacionales y de ingeniería básica (considerado como real) hecho previamente, por lo cual se da por aceptada la herramienta.

Es importante señalar que cada vez que se vea alterado el proceso por la baja de una de sus plantas o el cambio de fecha requerida por el usuario, la herramienta se ajustará de forma automática para mantener el balance en orden.

Es necesario representar este balance para que el usuario pueda efectuar cambios y visualizar de forma clara el comportamiento y el flujo de vapor en ERA.

4.5 VISUALIZACION DE HERRAMIENTA EXCEL GENERADA

Es de real importancia visualizar de forma más clara cómo es el balance de vapor en ERA, dado que las matrices de vapor abarcan toda la refinería y es difícil estar consciente de cada uno de los consumos o generaciones por planta, es por ello que fue necesario realizar en una primera instancia una herramienta que permita dimensionar cada una de estas variables, pero a su vez, dado que es un tema bien complejo, fue necesario incluir en la herramienta generada un diagrama simplificado de las áreas y plantas de ERA que esté basado en los cálculos hechos y los datos recopilados.

Es por ello, que en primer lugar deben ser recopilados en una hoja Excel los datos de cada una de las plantas más los datos calculados descritos en el punto (4.4), de los equipos que hicieron como ente controlador.

Esta hoja Excel contiene de forma clara cada uno de los consumos y generaciones de vapor, BFW y Condensado de las plantas y separados por área de proceso tal como lo muestra la Figura 28 y será denominada “Datos diagrama de vapor”.

La hoja Excel denominada Datos diagrama de vapor contendrá, además, información relacionada a si la planta está activa o inactiva como se determinó en el punto 4.4 con los signos respectivos; a su vez, permitirá ver de dónde son obtenidos cada uno de los valores y cómo fueron realizados los cálculos respectivos de los equipos que controlan la herramienta generada.

		HIDROGENO			TON/HR	
ESTADO		HP	MP	LP	BFW	COND
✓	REF					
	consumo	-18,10	-8,90	0,00	-16,41	0,00
	generación	23,91	0,00	18,80	0,00	8,20
✓	HCK					
	consumo	-12,19	-7,78	-1,75	-18,60	0,00
	generación	18,60	0,00	17,29	0,00	0,00
✓	HDG					
	consumo	-14,24	-0,55	0,00	0,00	0,00
	generación	0,00	0,00	0,00	0,00	11,79
✓	HDT					
	consumo	-14,66	-10,01	-0,60	0,00	0,00
	generación	0,00	0,00	0,70	0,00	19,61
✓	CCR					
	consumo	0,00	-0,10	0,00	0,00	0,00
	generación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
✓	NHT					
	consumo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	generación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Figura 28 Ejemplo de base de datos en hoja Excel datos diagrama de vapor

De la misma manera que para cada una de las plantas de proceso, tal como lo muestra la Figura 28, estará disponible los aportes de cada uno de los equipos fijos y calculados del área de suministros, incluidos en el Anexo C.5.

Una vez recopilados cada uno de los datos necesarios para elaborar el diagrama simplificado se incorpora otra hoja de datos que fue denominada Diagrama de Vapor, en la cual está separada cada una de las áreas de procesos y cada una de estas posee la nomenclatura de cada una de las plantas y el indicador que es recuperado de hoja de datos generada que indica el estado de la planta, donde el usuario puede hacer modificaciones tales como el mantener en operación la planta o inactivarla, esto por supuesto traerá consecuencias en la herramienta que gracias a los cálculos permitirá que el balance se mantenga en orden.

	FCCU	✓
	PENEX	✓
	LNHT	✓
	DIPE	X
	SW1	✓
	SW2	✓
	URA 1	✓
	URA 2	✓
	URA 3	✓
	LPG2	✓
	LPG3	✓
	AMINE	✓
	ANTORCHA	✓



Figura 29 Ejemplo de visualización de planta cracking en Diagrama de vapor

Además, esta visualización incluirá las matrices principales de vapor, simbolizadas por los colores: verde en el caso del vapor de 50(psig), rojo en el caso del vapor de 150 (psig) y negro en el caso del vapor de 600 (psig), los cuales se distribuirán por todas las áreas de procesos, considerando las toneladas de vapor que se dirigen o que salen del área mostrada, con el signo negativo en el caso que salga y positivo si aporta vapor a la matriz ,tal como lo indica la Figura 30.

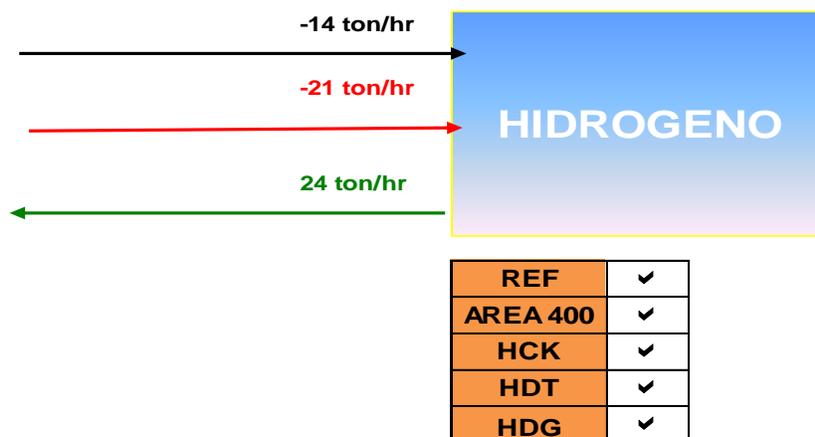


Figura 30 Visualización área hidrógeno con corrientes de matrices de vapor

Las figuras 29 y 30 se encuentra en Anexo C.7 en un CD-ROM, con el archivo Excel descrito anteriormente, en la hoja de Excel “Diagrama Vapor ERA”, para su visualización completa.

Cada una de las toneladas que sean enviadas o recibidas por las áreas de proceso observables en el diagrama de vapor están conectadas con los requerimientos netos presentes en la base de datos generada en la hoja Excel Datos diagrama de vapor, es por ello que cualquier alteración a los requerimientos de procesos se verán alterados los valores observables.

El diagrama, a su vez, incorporará en cada una de las matrices de vapor, los correspondientes cuadros reductores indicados en forma de válvulas, los cuales poseerán el valor obtenido por la herramienta generada en la base de datos, también se puede observar en el extremo superior izquierdo la fecha de inicio y la fecha de término utilizados para los datos operacionales extraídos de PI, donde el usuario puede ingresar la fecha que necesite visualizar.

Otra de las indicaciones presentes en el diagrama de vapor, es la nomenclatura Marlett que se debe incluir en cada una de las casillas de las plantas de proceso, donde será “a” para activar la planta y “r” para inactivarla.

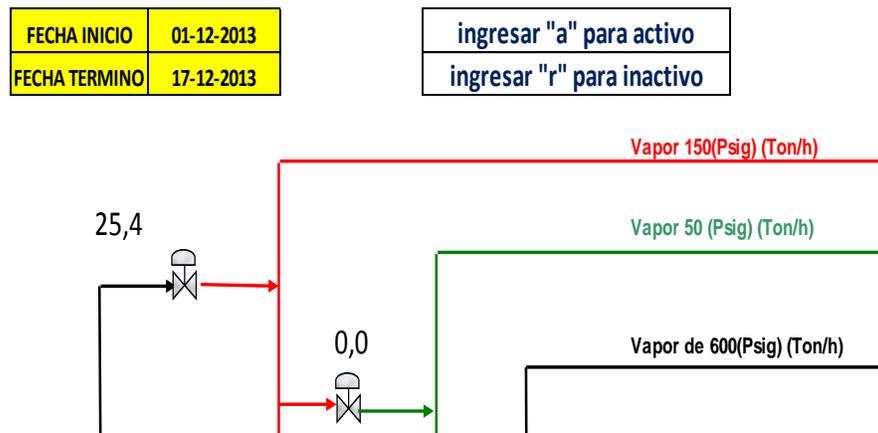


Figura 31 Visualización de cuadros reductores, nomenclatura y fecha solicitada

En último lugar, se indica en el costado izquierdo los aportes entregados por los equipos presentes en suministros, tanto los fijos como los equipos calculados, y que actúan como controladores.

CUADROS REDUCTORES		ESTADO	
	600# a 150#	✓	25,4
	150# a 50#	✓	0,0
TURBOS 600# a 150#			
	J-216	✓	33,5
	J-226	✓	34,2
TURBINAS 600# a 150#			
	JB-230A	✓	7,9
	JB-230B	✓	8,4
	JB-240A	✓	9,0
	JB-240B	✓	9,0
	JB-U751	✓	3,9
	J-282	✓	11,0
	J-240	✓	11,5
Turbinas de 150# a 50#			
	J-221	✓	1,9
Turbina de 600# a 50#			
	J-245	✓	7
Condensador C-256		✓	5,5
Desaireador F-278		✓	30

Figura 32 Equipos de suministros visualizados en diagrama de vapor

Obteniendo una visualización completa de la herramienta tal como muestra en la Figura 33, la cual se encuentra en Anexo C.7 en un CD-ROM, con el archivo Excel descrito anteriormente, en la hoja de Excel “Diagrama Vapor ERA”, para su visualización completa.

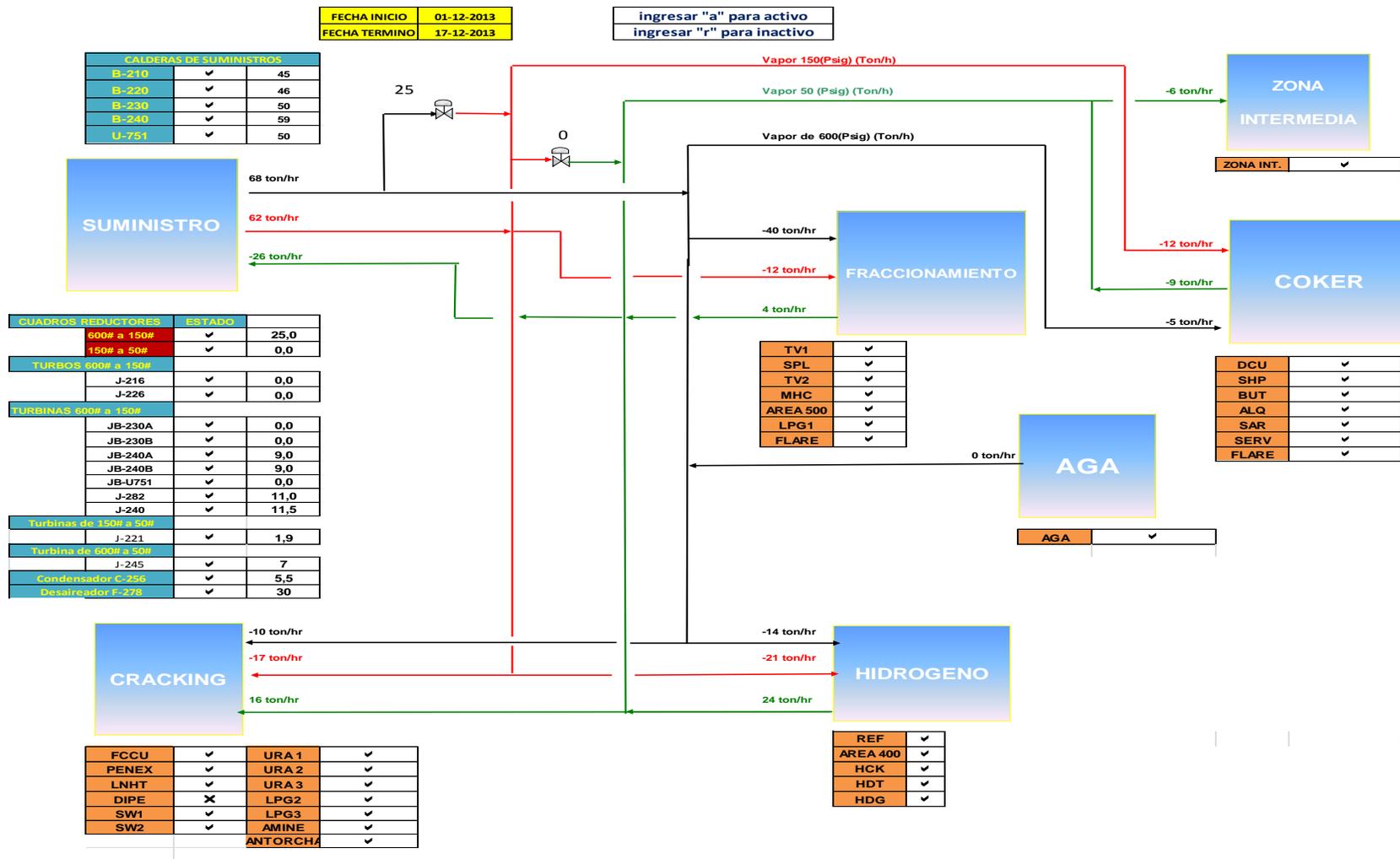


Figura 33 Visualización completa de herramienta implementada

5 PLANTA COGENERADORA

5.1 GENERALIDADES DE PLANTA COGENERADORA

[6] La Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) firmó con BG International Ltd. sucursal Chile y Empresas Copec S.A. un memorando de entendimiento en el que se establece el compromiso de las partes para desarrollar los estudios de factibilidad técnico-económicos, con el fin de evaluar la construcción de una planta de cogeneración de vapor y energía eléctrica de última generación, en terrenos de la Refinería Aconcagua de Enap, en la V Región.



Figura 34 Localización de proyecto cogeneradora en Concón

La ubicación del proyecto se llevará a cabo a 1,5 kilómetros al oriente de la rotonda de Concón por la ruta Rol F-32 cruce ruta 60-CH – Cruce F-30-E. Las coordenadas UTM aproximadas de localización son: N 6.354.046 y E 267.030. [3]

La planta cogeneradora será una planta generadora de energía eléctrica y vapor, que funcionará con gas natural. Se levantará en un terreno de uso industrial de Refinería Aconcagua en la comuna de Concón, con una capacidad de 165 MW de

potencia, cuyo objetivo es el abastecimiento prioritario de la refinería y del resto de los clientes en las cercanías donde ésta se emplaza.

La planta usará gas natural, un combustible de energía limpia y tecnología de última generación, lo que permitirá reducir los niveles actuales de impacto en el medioambiente, sustituyendo combustibles más contaminantes como el petróleo diesel o el carbón.

Al usar gas natural se producen menos emisiones a la atmósfera de dióxidos de carbono (reducción de un 65%), de óxidos de nitrógeno (reducción de un 70%) y de dióxido de azufre (reducción prácticamente del 100%) con respecto a las centrales térmicas tradicionales. No se producen residuos ni partículas sólidas en suspensión.

Según explicó Enap a través de un comunicado, “el proyecto contemplaría una inversión entre US\$200 millones y US\$300 millones y la introducción de tecnología ambiental de última generación al país. Asimismo, ratifica el interés de Empresas Copec S.A. de posicionarse nuevamente como un actor relevante en el sector eléctrico”

Beneficios:

- Desarrollo de un proyecto importante y necesario para Refinería Aconcagua , que le asegura a ENAP la viabilidad económica en su negocio de refinación y sustentabilidad en el tiempo, sin alterar las actuales condiciones de vida de la comunidad.
- Preserva la actividad económica y el empleo local de un actor relevante en la comuna de Con-cón, que es Refinería Aconcagua.
- Aumento de la seguridad en el suministro eléctrico, reduciendo la frecuencia de cortes de energía eléctrica y/o variaciones de voltaje.
- El aporte residual o extra de energía limpia que produzca esta planta (115 MW) se inyectará al Sistema Interconectado Central (SIC).

Compromisos con la comunidad de Con-cón:

- **Calidad del aire:** Complementar actual Red de Monitoreo de Calidad del Aire.
- **Contratación de mano de obra local:** Se privilegiará la contratación de mano de obra local en la etapa de construcción del proyecto, en la medida que se encuentre personal calificado para realizar los trabajos que se requieran.
- **Programa de mejoramiento ambiental:** Evaluar la implementación de un programa de mejoramiento ambiental de la comuna, a través de fondos concursables, cuyos términos de elaboración e implementación deberán coordinarse con la Ilustre Municipalidad de Concón.
- **Plan de contingencias:** Implementar un plan de contingencias coordinado con las demás empresas de la zona e incorporación de la Central al Convenio de Ayuda Voluntaria entre empresas.
- **Fauna nativa:** Realizar dos actividades de capacitación ambiental sobre fauna nativa al personal que labore en las faenas de construcción, al inicio y a la mitad de la obra.
- **Plan de rescate:** Presentar al SAG un plan de rescate y de localización para las especies que se encuentran bajo alguna categoría de conservación.
- **Material de difusión ambiental:** Generar una cartilla informativa impresa sobre fauna nativa para la comunidad escolar de Con-cón, a modo de material de difusión ambiental.

5.2 ¿CÓMO FUNCIONARÁ LA COGENERADORA?

[6] En primera instancia la planta cogeneradora aportará a ERA cerca de 125 (Ton/h) de vapor de 600 (psig) los cuales serán incorporados a la matriz de vapor de refinería, con lo cual la producción de vapor de alta por parte de la refinería debe disminuir en la misma cantidad, por lo que las calderas de suministros deben bajar su producción a la mitad. Además, la cogeneradora aportará cerca de 50 MW de potencia

energética, que será incluido al sistema eléctrico de refinería y el resto incorporado al sistema interconectado central (SIC), aproximadamente 115 MW de potencia.

La planta GNL aportará el gas natural necesario para abastecer los requerimientos de la planta cogeneradora, además, recibirá el agua necesaria en calidad de condensado por parte de la Refinería, cerca de 125 (Ton/h), tal como lo muestra la Figura 35.

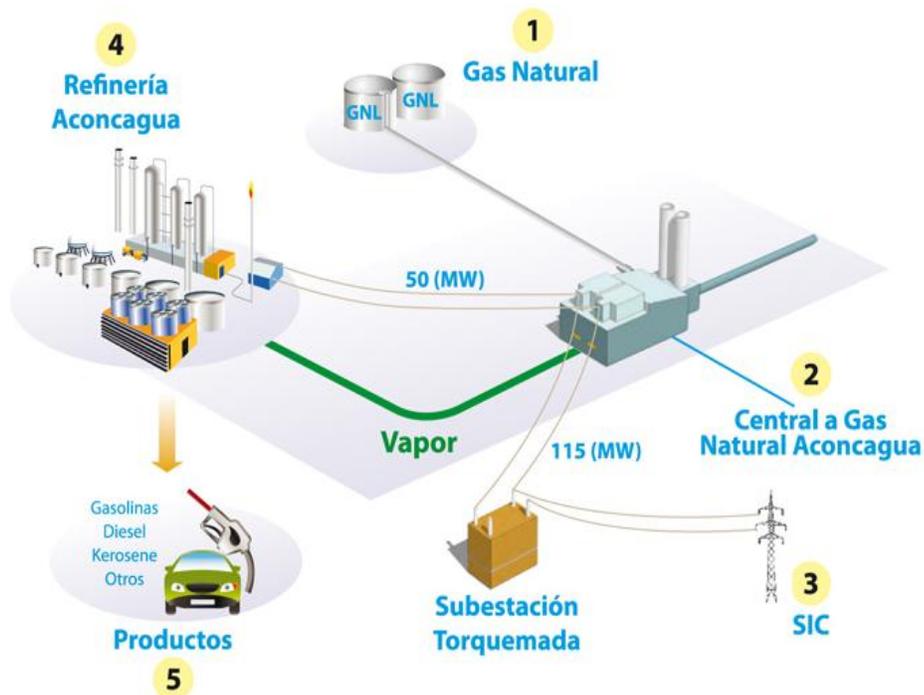


Figura 35 Diagrama funcionamiento central eléctrica a gas natural

5.3 NUEVA SITUACIÓN AL INCORPORAR LA COGENERADORA

Es necesario realizar un escenario futuro al momento de incorporar los aportes generados por la cogeneradora en cuanto al vapor de 600 (psig), verificar el comportamiento de las calderas de suministro, el condensado requerido por la cogeneradora y el comportamiento futuro del área de procesos.

Para ello será necesario verificar qué es lo que sucederá con las calderas de suministros, las cuales actualmente generan 250 (Ton/h) de vapor distribuidas en 5 calderas y, tal como quedó claro en el punto (4.4), el ente controlador de la herramienta y del sistema en general de vapor, son las calderas de suministros. Es por ello que estas serán las que se vean afectadas al momento de incorporar las toneladas de vapor provenientes de la planta cogenerado, el área de procesos junto a su producción no serán afectadas.

En un primer escenario, el aporte de vapor de la planta cogeneradora será de 125 (Ton/h) a la matriz de 600(psig) de ERA, por lo cual las calderas de suministros deberán reducir sus generaciones de vapor en 125 (Ton/h), significando que dos de las cinco calderas deben dejar de funcionar y que el resto de las calderas aun funcionando, deberán reducir cargas para igualar la cantidad de 125 (Ton/h) para lograr aportar en conjunto las 250 (Ton/h) que necesita ERA.

El criterio de elección de las calderas, que deberán seguir funcionando, se toma de acuerdo a la confiabilidad operacional, a los rangos máximos y mínimos de cada una de las calderas, respondiendo de forma efectiva frente a posibles cortes de suministros por parte de la COGE.

Tabla 22 Cargas mínimas y máximas de calderas suministros

Calderas	Carga Min. (Ton/h)	Carga Max. (Ton/h)
B-210	20	68
B-220	21	68
B-230	23	85
B-240	19	81
U-751	15	78

Estas son las cargas mínimas y máximas que permiten las calderas de suministros, pero el máximo y mínimo controlable por el operario es un 10 % más del mínimo porque el primer criterio de elección es el de mayor rango; el segundo criterio es la eficiencia de las calderas que es un 50% de las cargas a las calderas porque las de mayor rango sobresalen. Otro punto a mencionar, es las que sean más nuevas ya que poseen mejor manejo y mejor tecnología y, por último, uno de los motivos más importantes es la confiabilidad operacional, ya que es esencial que el manejo de los operarios sea óptimo para sacar el mayor provecho y capacidad a las calderas.

Tabla 23 Vapor generado en calderas de suministro al incorporar COGE

Calderas	Ahora (Ton/h)	Futuro (Ton/h)
B-210	45	0
B-220	46	0
B-230	50	41
B-240	59	50
U-751	50	41

Los valores obtenidos en la tabla 23 de la futura producción de las calderas de suministros, fueron obtenidos una vez ingresados los datos a la herramienta generada en el punto (4.3), donde se ha ingresado que las calderas elegidas para mantener en funcionamiento una vez incorporada la COGE, fueron las B-230, B-240 y U-751,

dadas las razones anteriores y el buen manejo que tiene los operarios una vez hecho las consultas a los distintos turnos en ERA.

Estas calderas son las más capacitadas frente a una emergencia ya que pueden alcanzar más rápidamente los máximos permitidos, de forma sencilla y con pocos altercados.

Tal como fue mencionado anteriormente, fue necesario incluir los datos de aporte de vapor por parte de la COGE a la matriz de vapor de 600 (psig) en la herramienta de Excel generada, ya que de esta manera, es posible visualizar los cambios que tendrá esta incorporación, mostrando el futuro escenario de las distintas matrices de vapor.

INCORPORACION DE COGE A HERRAMIENTA EXCEL

La cogeneradora será incorporada a la herramienta Excel tal como fue incorporado el aporte de la planta AGA, con la salvedad que la refinería deberá aportar esa misma cantidad de agua en calidad de condensado, la cual será aportada como BFW tal como se determinó en las distintas reuniones llevadas a cabo con los profesionales a cargo del proyecto, dado su bajo impacto sobre las operaciones dentro de la refinería y los bajos costos asociados a la implementación de líneas y equipos de proceso necesarios para enviar y recolectar el BFW.

Es por ello que va a estar determinado, tanto como el aporte a la matriz de vapor de 600 (psig) y la cantidad de BFW que debe ser generada en el desaireador, la cual debe estar representada en la hoja Datos diagrama de vapor, donde el usuario podrá alterar los valores dependiendo de los futuros aportes realizados por la COGE.

		HP
COGENERADORA	✓	125
BFW a COGENERADORA		125

Figura 36 Datos de COGE incorporados a herramienta Excel

Además, fue incorporada y condicionada la cantidad de vapor que deberán generar las calderas de suministros con las tres calderas seleccionadas al momento de incorporar el aporte realizado por la COGE y, por último, fueron modificados los requerimientos de BFW para las calderas que se mantienen en funcionamiento y el agua aportada a la cogeneradora para cálculos de desaireador y agua desmineralizada.

CALDERAS	ESTADO	TON/HR	Cambios
B-210	✗	0	0
B-220	✗	0	0
B-230	✓	50	41
B-240	✓	59	50
U-751	✓	50	41
Total Calderas		159	132

Figura 37 Cambios realizados en calderas de suministros con aporte de COGE

La Figura 37 muestra cómo serán los futuros aportes de vapor por parte de las calderas de suministros, indicados en la columna “cambios”.

BFW TOTAL	377
Agua desmineralizada	171
Desaireador	31

Figura 38 Nuevas condiciones de desaireador, BFW y agua desmineraliza

Ya que el agua aportada a la cogeneradora corresponde a BFW, es lo mismo si se estuviera aportando a una caldera de mayor carga, por lo que los requerimientos de agua desmineralizada, BFW y consumo de vapor en desaireador se mantengan casi idénticos al no tener activa la cogeneradora.

Por último, fue necesario incluir en la herramienta generada en la hoja de Diagrama de vapor, la visualización de la planta cogeneradora, donde estará incluido la planta COGE con el aporte de vapor a la matriz de 600 (psig), el cual podrá ser alterado por el usuario dependiendo de los futuros aportes de la COGE, que permitirá ver el comportamiento de la red de vapor y de las calderas gracias a la herramienta generada en la hoja Datos diagrama de vapor y, finalmente, el signo que nos permita determinar si el aporte hecho por la COGE está activo o inactivo, tal como fue descrito en los capítulos anteriores.

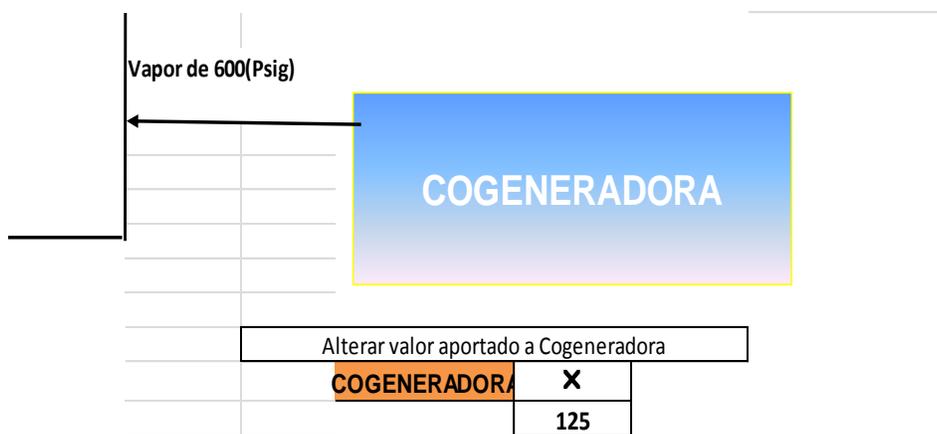


Figura 39 Visualización de aporte de COGE en diagrama de vapor.

La Figura 39 muestra cómo es la visualización en el diagrama de vapor simplificado generado por la herramienta Excel, donde se indica al usuario que puede ser alterado el valor para futuras incorporaciones de vapor mayores a lo propuesto inicialmente.

Los aportes de la cogeneradora son solo estimaciones y primeros indicios ya que el proyecto todavía está en estudio, pero para conocer el futuro escenario la herramienta Excel generada servirá a cabalidad, ya que se tiene pensado a futuro que el aporte de vapor a ERA sea de 150 ó 200 (Ton/h), por lo que el escenario sería totalmente distinto al presentado en la actualidad, donde las calderas de suministros tendrán que estar casi del todo inactivas, donde quizás solo una de ellas tendrá que

mantenerse activa y a media carga, por lo que la herramienta seguirá siendo de utilidad ya que las calderas están controladas y condicionadas en la herramienta Excel.

6 CONCLUSIONES

- Es sumamente importante tener pleno conocimiento de cada una de las generaciones y consumos de vapor en cada una de las plantas, pero uno de los mayores problemas presentados fue que es indispensable mejorar la calidad de la información, ya que solo un 41 % de los equipos presentes, tanto en proceso como suministros de un universo de 320 equipos, poseen medición operacional, el resto fue incorporando los datos obtenidos en ingeniería básica, lo cual hace que la calidad del balance no sea la mejor.
- La herramienta generada cumple a cabalidad su propósito, ya que permite visualizar de forma clara y sencilla las matrices de vapor de cada una de las presiones más utilizadas al interior de la refinería y el circuito realizado, a su vez, permite generar un informe semanal o mensual del balance de vapor que será de utilidad para el jefe de turno correspondiente.
- La cantidad aportada de vapor por la planta cogeneradora y el agua en calidad de condensado retornada por ERA a la cogeneradora, deben ser estudiadas más a fondo, dado que el proyecto todavía está en su etapa de ajustes, es por ello que la herramienta Excel puede ser de gran utilidad a futuro ya que puede ser modificado y actualizado según la necesidad. Además, los cambios generados en ERA, en cuanto a sus calderas, debe ser analizado en plenitud ya que al momento de apagar las calderas de suministros es necesario un tiempo prolongado para volver a levantar carga, tiempo que la refinería no puede permitir dejar de funcionar.
- Se debe tener en pleno conocimiento que las cantidades de retorno de condensado son de vital importancia y aumentar el retorno de condensado al área de suministros es primordial para reducir la incorporación de agua

proveniente de los pozos, los cuales deben ser tratados con resinas, pero que en esta memoria de título no fueron considerados.

7 BIBLIOGRAFÍA

- [1]. ENAP Grupo de Empresas. (2013). *Memoria Anual 2013*. ENAP.
- [2]. Colowell, R. (2008). *Oil Refinery Processes*. Oak Ridge, USA: Process Engineering Associates, LLC
- [3]. American Petroleum Institute. (2005). *API Steam Refineries Process Washington D.C.*
- [4]. Betz Laboratories, Inc (1985). *Handbook of Industrial water conditioning*. Betz
- [5]. Enap Refinerías S.A. (2013). *Manual de operación planta de suministros Concón, Chile*.
- [6]. Enap Refinerías S.A. (2013). *Estudio Impacto Ambiental Proyecto Central Combinada ERA, Servicio de Evaluacion Ambienta, Chile*.

ANEXOS

ANEXO A

GENERACIONES Y CONSUMOS DE VAPOR EN PROCESOS

Generación de vapor de 150 psig.

- Vapor de extracción de las turbinas de los turbo generadores en Suministros.

Equipo	HP (Ton/h)	MP (Ton/h)
J-216	-33,5	28,3
J-226	-34,5	27,7

- Producción de dos calderas de barro de la Planta de Cracking C-704 y C-740.

Equipo	Generación(Ton/h)	Presión (psig)
C-740	22	150
C-704	14	150

- Descargas de Turbinas que trabajan con vapor de 600 Lb/pulg2.

Planta	Equipo	HP (Ton/h)	MP (Ton/h)
TV2	J-610	-3,5	3,5
TV2	J-610A	-3,5	3,5
TV2	J-614A	-4,2	4,2
TV2	J-651A	-4,4	4,4
URA3	J-3501A	-7,0	7,0
SUM	JB-230A	-7,9	7,9
SUM	JB-230B	-8,4	8,4
SUM	JB-240A	-10,0	10,0
SUM	JB-240B	-10,0	10,0
SUM	JB-U751	-3,94	3,9
SUM	J-282	-11,0	11,0

- Tres cuadros reductores de vapor de 600 a 150 (psig)

Planta	HP (Ton/h)	MP (Ton/h)
SUM	-7,6	7,6
SUM	-2,0	2,0
DCU	-18,9	18,9

Generación de vapor de 50 (psig).

- Descargas de turbinas que trabajan con vapor de 600 ó 150 (psig).

Con vapor de 600 a 50 (psig)

Planta	Equipo	HP (Ton/h)	LP(Ton/h)
TV2	J-652A	-5,4	5,4
REF	J-372	-9,0	9,0
HCK	J-1201	-12,2	12,2
SUM	J-245	-7	7

Las turbinas que consumen vapor de 150 y generan vapor de 50 (psig) son de mayor cantidad dentro del área de procesos son alrededor de 20 aproximadamente.

- Dos cuadro reductor de vapor de 150 a 50 Lb/pulg².

Planta	MP (Ton/h)	LP (Ton/h)
(#)SUM	0	0
DCU	-6,0	6,0

(#) % de válvula es cero, por lo tanto, flujo másico es cero

- Un cuadro reductor de 600 a 50 Lb/pulg²

Planta	MP (Ton/h)	LP (Ton/h)
ALQ	-1,6	1,6

- Turbina (J-1976)

Consume cerca de 30 (Ton/h) de vapor de alta y genera 30 (Ton/h) de vapor me baja.

Consumidores de vapor de 600 (psig)

- Turbo generadores del Área de Suministros.

Planta	Equipo	Consumo (Ton/h)	Generación
SUM	J-216	33,2	MP
SUM	J-226	33,2	MP

- Compresores de Cracking, URA 3, HCK, Reformación, MHC, HDT y Alquilación Nueva.

Planta	Equipo	Consumo (Ton/h)	Generación
FCCU	J-701	16,0	Condensado
FCCU	J-721	15,7	Condensado
FCCU	J-753	14,1	Condensado
URA3	J-3501	7,0	MP
REF	J-372	9,0	LP
HCK	J-1201	12,0	LP
MHC	J-301	2,5	Condensado
HDT	J-3107	14,6	Condensado
ALQ	J-1976	33,5	LP

- Reboilers del área de procesos.

La cantidad de rehervidores son varios, pero la mayor cantidad de encuentran en las plantas de URA 1, URA 2, URA 3 y HDG.

- Turbo bombas de suministros y procesos.

Planta	Equipo	Consumo (Ton/h)	Generación
TV2	J-610	3,5	MP
TV2	J-610A	3,5	MP
TV2	J-614A	4,2	MP
TV2	J-651	4,4	MP
TV2	J-652A	5,4	LP
SUM	J-240A (VTF)	10,0	MP
SUM	J-240B (VTF)	10,0	MP
SUM	J-751 (VTF)	3,9	MP
SUM	J-240A	10,5	MP
SUM	J-282	11,2	MP

Consumidores de vapor de 150 (psig)

- Sistemas de vacíos (eyectores).

Planta	Equipo	Consumo (Ton/h)
TV1	L-135	6,8
TV2	L-690X/Y/Z	5,1
FCCU	L-761	0,2
FCCU	L-761A	1,8
REF	L-381	2,1
HDT	L-3112	0,05

- **Turbinas que accionan bombas en algunas unidades de procesos.**

Planta	Equipo	Consumo (Ton/h)	Generación
TV2	J-601A	1,8	LP
TV2	J-602A	1,7	LP
TV2	J-603A	3,8	LP
TV2	J-606A	2,4	LP
TV2	J-604A	5,4	LP
MHC	J-328	2,4	LP
FCCU	J-703	3,4	LP
FCCU	J-704	1,9	LP
LNHT	J-803	1,8	LP
LNHT	J-805	1,5	LP
REF	J-382	1,0	LP
REF	J-383	3,5	LP
SUM	J-221	1,9	LP

- **Stripping.**

Planta	Equipo	Consumo (Ton/h)
TV1	E-130	1,8
TV1	E-131	0,1
TV1	E-133	0,2
TV1	E-134	0,2
MHC	E-303	1,1
MHC	F-303	0,9
DESO	E-550	0,5
FCCU	E-761	1,5
FCCU	E-702	0,4
FCCU	E-703	0,4
FCCU	E-704	0,1
HCK	E-1201	2,0
HDT	E-3102	3,6
DCU	D-3001	1,2

- **Intercambiadores de calor.**

Planta	Equipo	Consumo(Ton/h)	Generación
SPL	C-120	4,8	Condensado
SPL	C-121	10,6	Condensado
SPL	C-20	2,6	Condensado
SPL	C-25	2,0	Condensado
DEBU	C-504	1,4	Condensado
SW1	C-1503	5,1	Condensado
LPG3	C-953 & C-972	5,7	Condensado
SW2	C-3302	8,3	Condensado
HDG	C-1719	0,5	Condensado
BUT	C-1924	0,5	Condensado
ALQ	C-1958	4,3	Condensado

- **Calentamiento de líneas que llevan productos pesados.**

Planta	Equipo	Consumo (Ton/h)	Generación
TV1	L-1135	1,9	Condensado
TV2	L-690	1,9	Condensado
SW1	L-1501	0,4	Condensado
SW2	L-3304	0,03	Condensado
DCU	L-3004	10,0	Perdido

Consumidores de vapor de 50 (psig)

- **Desaireador F-278.**

Consumo de 28 (Ton/h)

- **Rehervidores.**

Planta	Equipo	Consumo (Ton/h)	Generación
MHC	C-325	0,1	Condensado
MDEA	C-572	1,8	Condensado
MDEA	C-575	1,5	Condensado
LPG1	C-28	1,7	Condensado
PENEX	C-871	0,3	Condensado
PENEX	C-877	0,6	Condensado
PENEX	C-878	0,3	Condensado
DIPE	C-1302	11,8	Condensado
LPG2	C-907	3,7	Condensado
LPG2	C-909	2,5	Condensado
LPG3	C-957	4,3	Condensado
HDG	C-1719	0,5	Condensado
SHP	C-1901	0,4	Condensado
SHP	C-1902	1,1	Condensado
BUT	C-1926	0,8	Condensado
ALQ	C-1953	1,7	Condensado
ALQ	C-1956	14,5	Condensado

- **Calefacción de estanques y líneas.**

Planta	Equipo	Consumo (Ton/h)	Generación
TV1	L-135	1,3	Condensado
TV2	L-690	1,6	Condensado
URA1	L-1657	0,3	Condensado
URA3	L-3501	0,05	Condensado
AMINE	L-3204	0,03	Condensado
SW2	L-3304	0,03	Condensado
HDT	L-3112	0,6	Condensado
DCU	L-3004	0,9	Perdido
SAR	L-1985	0,3	Perdido

- **Vapores de Stripping.**

Planta	Equipo	Consumo (Ton/h)
TV1	E-132	5,4
TV2	E-601	1,1
TV2	E-602	0,3
TV2	E-603	1,3
HCK	E-1202	1,5
HCK	E-1203	0,2

ANEXO B

EQUIPOS QUE GENERAN CONDENSADO

Planta	Equipo	Producción (Ton/h)
TV1	Calentamiento de línea	3,2
SPL	Intercambiadores	24,5
TV2	Calentamiento de línea	3,6
MHC	Compresor	2,6
MHC	Eyector	0,2
MHC	Intercambiador	14,3
MDEA	Intercambiadores	3,3
DEBU	Intercambiador	1,4
LPG1	Intercambiadores	2,6
FCCU	Compresores	45,8
PENEX	Intercambiadores	1,4
DIPE	Intercambiador	11,8
SW1	Intercambiador	5,1
SW1	Calentamiento de línea	0,4
URA1	Intercambiadores	0,2
URA2	Intercambiadores	0,1
URA3	Intercambiadores	2,0
LPG2	Intercambiadores	6,2
LPG3	Intercambiadores	10,0
AMINE	Desuperheater	7,0
SW2	Intercambiador	8,3
REF	Compresores	15,1
REF	Eyector	2,1
HDT	Intercambiador	3,0

HDT	Eyector	2,1
HDT	Compresor	14,6
HDG	Intercambiadores	12,1
SHP	Intercambiadores	1,6
BUT	Intercambiadores	1,9
ALQ	Intercambiadores	20,2
SUM	Condensador de Superficie	3,2

La cantidad de condensado generado dependerá de cuantos equipos estén en funcionamiento, y del periodo de estudio seleccionado, eso estará especificado en los resultados obtenidos.

ANEXO C

El Anexo C consiste en un CD-ROM el cual contiene archivo Excel denominado “Ingeniería de Vapores en ERA”, donde se encuentra una serie de pestañas entre las cuales se encuentran las utilizadas en cada una de las etapas de la formación de la herramienta Excel tales como:

Anexo	Hoja de Excel	Descripción
C.1	Datos ingeniería	Datos extraídos de ingeniería básica
C.2	Datos PI	Datos provenientes de PI Process-book
C.3	TV1 a Flare	Datos combinados por planta
C.4	Resumen por planta	Resumen inicial de vapores en plantas y áreas de Refinería Aconcagua.
C.5	Datos diagrama vapor	Base de datos que es utilizada para realizar herramienta operacional de vapor en ERA.
C.6	Resumen Total	Resumen de balance generado al utilizar la herramienta Excel incorporada.
C.7	Diagrama Vapor ERA	Diagrama que muestra la visualización completa de herramienta Excel generada para balance de vapor en ERA.

ANEXO D

CUADRO RESUMEN DE GENERACIONES Y CONSUMO POR AREAS.

PLANTA	CRACKING (TON/H)									
	HP		MP		LP		BFW		CONDENSADO	
	G	C	G	C	G	C	G	C	G	C
FCCU	26	-52	31	-30	12	0	0	-54	44	0
PENEX	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0
LNHT	0	0	0	-3	3	0	0	0	0	0
DIPE	0	0	0	0	0	-12	0	0	12	0
SW1	0	0	0	-6	0	0	0	0	6	0
URA1	1	0	0	0	1	0	0	-2	0	0
URA2	8	-1	0	0	1	0	0	-9	1	0
URA3	14	-9	7	0	1	0	0	0	2	0
LPG2	0	0	0	-2	0	-7	0	0	6	0
LPG3	0	0	0	-6	0	-4	0	0	10	0
AMINE	0	0	0	-9	0	0	0	-5	12	0
SW2	0	0	0	-8	0	0	0	0	8	0
ANT CRACKING	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	0
TOTAL	48	-62	38	-66	19	-25	0	-70	103	0

PLANTA	HIDRÓGENO (TON/H)									
	HP		MP		LP		BFW		CONDENSADO	
	G	C	G	C	G	C	G	C	G	C
REF	24	-18	0	-9	19	0	0	-14	8	0
HCK	19	-12	0	-8	17	-2	0	-17	0	0
HDG	0	-14	0	-1	0	0	0	0	12	0
HDT	0	-15	0	-10	1	-1	0	0	20	0
CCR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NHT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	43	-59	0	-27	37	-2	0	-31	40	0

PLANTA	COKER (TON/H)									
	HP		MP		LP		BFW		CONDENSADO	
	G	C	G	C	G	C	G	C	G	C
REF	24	-18	0	-9	19	0	0	-14	8	0
HCK	19	-12	0	-8	17	-2	0	-17	0	0
HDG	0	-14	0	-1	0	0	0	0	12	0
HDT	0	-15	0	-10	1	-1	0	0	20	0
CCR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NHT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	43	-59	0	-27	37	-2	0	-31	40	0