



UNIVERSITAT JAUME I

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES EXPERIMENTALS

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS

INDUSTRIALES

***ANÁLISIS Y MEJORA DE LA FIABILIDAD DE LAS
BOMBAS DOSIFICADORAS EN REFINERÍA A
PARTIR DEL DESARROLLO DE UN PLAN DE
MEJORA CONTINUA***

TRABAJO FIN DE GRADO

AUTOR

Fernando Bueno Payá

DIRECTOR

Antonio Fabián Vela Gasulla

SUPERVISOR

Jorge Marcos Brull

Castelló, Gener de 2015

Título del proyecto:

Análisis y mejora de la fiabilidad de las bombas dosificadoras en refinería a partir del desarrollo de un plan de mejora continua.

Organismo para el que se redacta el proyecto:

BP Oil Refinería de Castellón S.A.U.



Autor del proyecto:

Nombre: *Fernando Bueno*

DNI: *20900910-M*

Director del proyecto:

Nombre: *Antonio Fabián Vela Gasulla*

Supervisor del proyecto:

Nombre: *Jorge Marcos Brull*

Castellón de la Plana, 22 de Enero de 2015



1. Memoria



Bueno Paya, Fernando

Análisis y mejora de la fiabilidad de las bombas dosificadoras en refinería a partir del desarrollo de un plan de mejora continua



ÍNDICE MEMORIA

1. Objeto	3
2. Alcance	5
3. Antecedentes	6
4. Normas y referencias	12
5. Definiciones y abreviaturas	17
6. Tipos de bombas en servicio en refinería	22
7. La instalación de dosificación	25
7.1. Elementos principales y funcionamiento	25
7.2. El NPSH y las leyes de caudal y presión de la bomba dosificadora	29
7.3. Los errores en la instalación	30
8. La bomba dosificadora y su funcionamiento	34
8.1. Función de la bomba dosificadora, ventajas e inconvenientes	34
8.2. Las características de la bomba dosificadora	35
8.3. El dispositivo de accionamiento de la bomba dosificadora	37
8.4. El conjunto mecánico de la bomba dosificadora	38
8.5. El dosificador y la membrana de la bomba dosificadora	41
9. Identificación de los equipos de dosificación disponibles en planta	45
10. La fiabilidad mecánica	48
11. Análisis del estado actual de los equipos en cuanto a fiabilidad	49
11.1. Análisis de bad actors en función de costes y reparaciones y estudio de las zonas críticas	49
11.2. Análisis MTBF de los equipos	54
12. Mantenimiento de equipos: mejoras en la gestión del mantenimiento preventivo y reactivo	63
13. Análisis de las causas raíz de las averías	68
14. Informe de repuestos: situación actual y mejora realizada en el stock. Intercambiabilidad de repuestos	71
15. Compatibilidad entre el fluido bombeado y los materiales de los repuestos de las bombas	80
16. Case study: P-2841, P-2842, P-2843	84
16.1. Funcionamiento de la planta de Hidrógeno I	84
16.2. El rol de las bombas dosificadoras: la unidad de dosificación de agua de calderas X-2804	87
16.3. Características de las bombas actuales	88
16.4. Características de los productos dosificados y comprobación de la compatibilidad de materiales	90
16.5. Condiciones de la instalación y el proceso. Cálculos	92
16.6. Análisis de los fallos y soluciones	100
17. Case study: P-3250, P-3251	104
17.1. Características de las bombas actuales y productos dosificados	104

17.2.	Condiciones de operación y localización de la causa raíz	105
17.3.	Análisis de las soluciones propuestas	108
18.	Case study: P-3501 A/B	109
18.1.	Características de las bombas actuales y productos dosificados	109
18.2.	Condiciones de operación y localización de la causa raíz	110
18.3.	Análisis de las soluciones. Dimensionamiento del amortiguador de pulsaciones.....	111
19.	La mejora en la eficiencia de la reparación: el banco de pruebas	118
20.	Orden de prioridad de los documentos	120

1. OBJETO

El objeto del presente proyecto es el análisis de la fiabilidad de las bombas dosificadoras de BP Oil refinería de Castellón S.A, con el fin de desarrollar un plan de mejora continua que permita aumentar la fiabilidad de las bombas de dosificación presentes en la refinería y reduzca de esta forma, el impacto en disponibilidad de plantilla, los costes, los recursos necesarios para el mantenimientos de las bombas, además de aumentar la seguridad del proceso.

Para ello, se pretende realizar un estudio de las instalaciones típicas de dosificación presentes en la refinería, localizar la zona de refinería dónde se encuentran los equipos más críticos y analizar las causas de fallos de los mismos con el fin de mejorar la fiabilidad de los equipos a partir de la implantación de soluciones como la creación de un historial de reparaciones de las bombas o la adquisición de un banco de pruebas que nos permita conocer el problema real de la avería de la bomba.

Así pues, los objetivos del proyecto serán los siguientes:

- **Identificación de equipos críticos:**

Se comenzará con la recopilación de datos de todas las bombas dosificadoras, así como el ítem de refinería, la ubicación, el modelo de la bomba y el líquido trasegado.

A continuación se procederá a analizar detalladamente las partes de las que consta la bomba dosificadora así como su funcionamiento, recogiendo además el “part number” y el “serial number” de los componentes más problemáticos dentro de la dosificación de la bomba.

Gracias al acceso al historial de reparaciones, los costes de reparación y a la prioridad de las reparaciones de las bombas dosificadoras, se podrá realizar un análisis de fallos e identificar de esta forma, cuáles son los equipos más críticos de la refinería y su impacto en la disponibilidad de la planta.

- **Análisis de fallos de los equipos más críticos (bad actors):**

Se realizará un estudio de las posibilidades de mejora existentes a partir del análisis de las causas raíz de los fallos, su efecto y una propuesta de soluciones a los mismos dentro de los equipos más críticos que se encuentran en refinería.

- **Mejora de la fiabilidad de las bombas:**

Se desarrollará un plan de mejora de la fiabilidad de las bombas con el fin de reducir costes de reparación y mantenimiento de las bombas dosificadoras. Así pues, se propondrá la creación de un historial de reparaciones para las bombas existentes en planta con el fin de identificar más fácilmente futuros fallos.

Por otro lado, se estudiará la posibilidad de introducir un banco de pruebas en el taller de refinería con el mismo objetivo de facilitar la identificación de fallos en las bombas dosificadoras y conocer mejor su funcionamiento.

Finalmente, se redactará un informe de los repuestos existentes de las bombas para optimizar el stock actual y poder desarrollar una tabla de intercambiabilidad entre las diferentes bombas existentes en planta. Con ello, se podrá realizar un análisis de la compatibilidad entre el fluido trasegado por la bomba y el material del que están compuestos los elementos mayormente expuestos a los fluidos corrosivos que transitan por la zona de dosificación de las bombas.

2. ALCANCE

El ámbito de aplicación de este proyecto será la sección de mantenimiento rotativo de la empresa BP Oil Refinería de Castellón S.A. y dentro de la misma nos centraremos en los equipos de dosificación, más concretamente en las bombas dosificadoras.

Las bombas dosificadoras se encuentran repartidas por toda la planta de la refinería, realizando como función principal el bombeo de aditivos químicos como ácidos, inhibidores de corrosión, sosa cáustica, etc., con el fin de adicionarlos al proceso de refino y obtener productos de mejor calidad. Con el paso del tiempo, las bombas dosificadoras han aumentado su relevancia en la industria del refino, debido a que las refinerías han comenzado a optar por reducir gastos comprando el crudo a un precio más barato. Esto implica que el crudo empleado en el proceso de refino sea de una calidad más baja y las refinerías necesiten una mayor cantidad de equipos de dosificación para agregar aditivos químicos al crudo procesado que regulen los niveles de acidez del crudo, así como la cantidad de sustancias corrosivas que puedan dañar las instalaciones y los equipos de la refinería.

Pese a todo, en la mayoría de los casos, estos aditivos agregados al proceso de refino son corrosivos u oxidantes igualmente, de forma que provocan una disminución de la fiabilidad de las bombas dosificadoras si no se tiene en cuenta la correcta compatibilidad entre los elementos de la bomba en contacto con el aditivo y el aditivo mismo.

Así pues, en este proyecto las bombas dosificadoras quedarán divididas en cinco grandes secciones de la refinería:

- Offsites
- Zona de energías
- Zona de destilación
- Unidad de coker
- Unidad de conversión

El total de bombas dosificadoras disponibles y en funcionamiento en la refinería es de 94, distribuidas en las diferentes secciones. De este modo, realizará un estudio de mejora continua en aquellas bombas que se consideren críticas después de realizar el análisis de fiabilidad de todas las bombas, ya que serán los equipos más críticos los que impliquen una reducción de recursos disponibles para la refinería, una mayor cantidad de costes en reparaciones y una disminución de la disponibilidad de plantilla.

3. ANTECEDENTES

En esta sección, se detallarán los aspectos a considerar para entender las necesidades y requisitos de la ejecución del proyecto.

Durante el año 2004 se realizó el desarrollo del proyecto de equipos críticos de rotativo, ya que existían algunos equipos en refinería, cuyos fallos tenían un mayor impacto en planta que otros y por lo tanto necesitaban de una mayor atención y mantenimiento.

Dicho proyecto dividido en tres fases, se centró en la mayoría de equipos rotativos presentes en refinería (bombas, compresores, turbinas, etc.), de los cuales se realizó un estudio de su criticidad. En el presente proyecto, nos basaremos

En la **primera fase**, se analizaron diversas fuentes de información como:

- *Bases de datos*: histórico de averías, datos de MTBF (Mean Time Between Failures) y otros.
- *Informes SOLOMON*: gracias al empleo de los índices EDC (Equivalent Distillation Capacity) se establecen ratios para determinar la pérdida de capacidad de destilación de crudo en barriles al fallar algún equipo de planta.
- *Departamento de mantenimiento*: los encargados de la reparación de los equipos.
- *Departamento de fabricación*: el personal encargado de operar en planta.
- *Departamento comercial/procesos*: los encargados de la evaluación de costes, la planificación y el correcto funcionamiento de la planta.

En la **segunda fase** del proyecto se determinó el nivel de criticidad de los equipos en cada unidad de la refinería a la que pertenecían, dividiendo la planta en 5 unidades: destilación, conversión, energías, coker y offsites. Los aspectos analizados fueron:

- Paro de la unidad:

Contabilización de la pérdida de disponibilidad de una de las unidades de la planta a partir del establecimiento de una equivalencia en los días de parada total que provocan un fallo de un equipo perteneciente a dicha unidad.

En este cálculo se tienen en cuenta el EDC y el tiempo necesario para reparar el equipo que causa la parada de la unidad. Con todo ello se obtiene la tabla siguiente:

	EDC
FCC	$252/920 = 0,27 = 27,4\%$
CDU	$120/920 = 0,13 = 13\%$
Isomerización	$95/920 = 0,103 = 10,3\%$
KHT 1 y 2	$60/920 = 0,065 = 6,5\%$
LVN	$57/920 = 0,062 = 6,2\%$
LGO	$50/920 = 0,054 = 5,4\%$
VPS	$47/920 = 0,051 = 5,1\%$
HGO	$45/920 = 0,049 = 4,9\%$
SRU	$37/920 = 0,040 = 4\%$
PF-1	$37/920 = 0,040 = 4\%$
PF-2	$34/920 = 0,037 = 3,7\%$
Alquilación	$32/920 = 0,035 = 3,5\%$
Hidrógeno	$27/920 = 0,029 = 2,9\%$
HVN	$21/920 = 0,023 = 2,3\%$
Aminas 1	$3/920 = 0,003 = 0,3\%$
Aminas 2	$3/920 = 0,003 = 0,3\%$
TOTAL Proceso	$920/920 = 100\%$

Tabla 3.1. Peso de cada unidad respecto al total según el EDC, indicándose el porcentaje de pérdidas asociadas al paro de una unidad

- Slow-down:

Cálculo del coste global para la refinería del descenso de la capacidad de refino de una unidad estableciendo una equivalencia en millones de euros.

Evaluación de las pérdidas económicas por lucro cesante por unidades en k€/día, además de los efectos dominó en todas las otras unidades así como el tiempo estimado para la realizar la reparación del equipo que ha sufrido la avería.

UNIDADES	PROCESOS/COMERCIAL (€/día por unidad)
P/S	160 k€/día
LGO	45 k€/día
HGO	50 k€/día
PF-1	60 k€/día
PF-2	60 k€/día
Isomerización	80 k€/día
Asfaltos	25 k€/día
PMB	5 k€/día
VPS	210 k€/día
FCC	180 k€/día
Alquilación	40 k€/día

Tabla 3.2. Evaluación del coste en diario por unidad en caso de fallo, sin incluir los efectos dominós que puede provocar el fallo de una unidad en otras

Equipo	Unidad afectada	Tiempo estimado de reparación medio (días*horas*persona = h/pers)	Días fuera de servicio
MC / C-2201	FCC	20*6*12 = 1440	20
P-2102-A/B	VPS	5*10*3 = 150	5
MC / C-2401	FCC LE	20*6*12 = 1440	20
C-2801-A/B	Hidrotratamientos	5*10*3 = 150	5
P-2801-A/B	Hidrotratamientos	2*10*2 = 40	2
P-2802-A/B	Hidrotratamientos	2*10*2 = 40	2
FN-2801	Pérdida en ventas	3*10*2 = 60	3
FN-2802	Pérdida en ventas	3*10*2 = 60	3

Tabla 3.3. Evaluación de los días fuera de servicio de cada equipo de las diferentes unidades en función de las horas/hombre necesarias para realizar la reparación, obtenidas del histórico de averías

- Consecuencias medioambientales:

Análisis y evaluación del impacto del fallo de cada equipo en el medio ambiente.

- Consecuencias de seguridad:

Estudio del riesgo que supone para las personas, el fallo de equipos a presión y temperatura elevadas o que trasiegan fluidos peligrosos.

Una vez realizado el estudio, se clasificaron los equipos de mayor criticidad en refinería en función de los factores comentados anteriormente (seguridad y medio ambiente) y se calificó cada situación de riesgo de una forma cualitativa: impacto grave, medio o bajo.

	IMPACTO			PROBABILIDAD
	Coste (millones de euros)	Perdida de disponibilidad en planta (en días)	Seguridad y medio ambiente/Perdida ventas	Frecuencia anual
Alto	≥ 0,5	≥ 2	Grave / Alto	Entorno a 1
Medio	> 0,25 y < 0,5	> 1 y < 2	Medio	Entorno a 0,66
Bajo	≤ 0,25	≤ 1	Bajo	Entorno a 0,33

Tabla 3.4. Evaluación del impacto y la probabilidad del fallo según sea leve, medio o bajo en función de factores económicos, la pérdida de disponibilidad en planta, seguridad y medio ambiente

En la **tercera fase** del proyecto de equipo crítico, se realizó la aplicación de las técnicas RBM (Risk Based Management) con el fin de evaluar a los equipos en función de diversos rangos de impacto y probabilidad.

- La probabilidad de fallo se determinaba mediante los MTBF y el histórico de averías.
- El impacto del fallo se determinaba en función del paro de la unidad, del descenso de la capacidad de refino, las consecuencias medioambientales y de seguridad y las pérdidas en ventas.

A partir de la recopilación de datos, se logró realizar la siguiente matriz de riesgo de equipos en función del rango de impacto y probabilidad:

Impacto	Alto	58 14 13 27 28 56 57 55	1 3 59 54 60 26 36 78	16 2 64	47 10 12 11
	Medio	112 108 71 96 4 72 119 104 103 120 121 66 73 101 24 117 37 29 90 86 118 93 122 85 61 88 106 107 97 116 62		25 65 123	34 43 87
	Bajo	100 96 32 31 30 94 82 40 99 113 111 109 102 115 33 83 70 89 98 6 80 81 105 7 95 77 69 114 92 39 38 8 91 17 67 5 48 49 68 42 74 18 21 23 50 45 44 41 75 19 22 20 53 52 84 45		15 79 35 76 110	63 51 9
		Baja	Media	Alta	
		Probabilidad			

Tabla 3.5. Matriz de riesgo con los equipos clasificados en función de diversos rangos de probabilidades de fallo e impacto en la unidad afectada. En sombreado, los equipos más críticos.

Una vez identificados los equipos más críticos en función de las variables indicadas, se procedió a realizar una nueva matriz de gestión del riesgo, con el fin de analizar la capacidad de control existente sobre estos equipos, una vez habían sufrido una avería.

Impacto	Alto			10 16 11 12 34 43 63 51 3 59 1
	Medio			60 63 78 26 36 25 54 2
	Bajo			
		Fuera de control	Con influencia	Controlado
		Control		

Tabla 3.6. Matriz de gestión del riesgo de los equipos más críticos

Finalmente, a partir de las matrices de equipos críticos obtenidas se expuso una lista preliminar de aquéllos cuyo fallo o avería, aún siendo controlable, suponían un riesgo medioambiental y de seguridad para la planta y los trabajadores.

Equipo	Unidad afectada	Impacto	Probabilidad
GT-1631 (47)	Utilities (cogeneración)	0,76 M€ (coste global)	Alta
P-2714-A/B (10)	FCC (seguridad)	Grave (seguridad)	Alta
P-604-A/B (16)	Todas	5 días (perdida disp.)	Media
P-2711-A/B (11)	FCC (seguridad)	Grave (seguridad)	Alta
P-2713-A/B (12)	FCC (seguridad)	Grave (seguridad)	Alta
P-1271-A/B (34)	Offsites (API a PTAR) (M.A)	Medio (M.A.)	Alta
GT-1600 (43)	Utilities (cogeneración)	0,26 M€ (coste global)	Alta
C-101-A/B (63)	Todas	4 días (perdida disp.)	Media
GT-1601 (51)	Utilities (cogeneración)	0,25 M€ (coste global)	Alta
C/MC-2401 (3)	FCC	3,6 M€ (coste global)	Baja
P-1302-A/B (58)	Utilities (R.C.I.) (seguridad)	Grave (seguridad)	Alta
C/MC-2201 (1)	FCC	5,48 días (perdida disp.)	Baja
C-1202 (54)	Todas // FCC	4 días // 0,75 M€ (coste y disp.)	Baja
P-1300-A/B/C/D (59)	Utilities (R.C.I.) (seguridad)	Grave (seguridad)	Alta
P-1502-A/B (62)	PTAR (M.A)	Bajo (M.A.)	Alta
P-2102-A/B (2)	VPS	1,05 M€ (coste global)	Media
C-401-A/B/C (77)	PF-1 // Hidrotratamientos	1 M€ (coste global)	Baja
P-1002-A/B (26)	Offsites (c.clar/osc) (M.A)	Grave (M.A.)	Baja
P-1116-A/B (36)	Todas	3 días (perdida disp.)	Baja
P-1001-A/B (25)	Perdida en ventas	Medio (perdida ventas)	Media

Tabla 3.7. Equipos más críticos con las unidades a las que afectan, el impacto y la probabilidad de avería o fallo

Una vez los equipos más críticos de la refinería fueron identificados, se determinó la serie de acciones a implementar en cada equipo:

- **Nivel de stock.** Análisis y reposición del mismo donde fuera necesario.
- **Mejoras a nivel de lectura** desde la sala de control en máquina y proceso.
- Revisión e implementación de **técnicas de mantenimiento predictivo y preventivo.**
- **Aplicación de técnicas de RCFA** (Root Cause Failure Analysis), para hallar y contener fallos repetitivos.
- **Actualización de los equipos** al estado de diseño fijado por las normas de la refinería: IP (International Practices), GP (Global Practices) y DS (Design Practices).

- **Desarrollo de un plan de formación** para las áreas de Mantenimiento y Operaciones, e inclusión del mismo en el plan de entrenamiento de inicio del nuevo personal de BP.
- **Identificación de los equipos críticos** en los HAZOP (Hazard and Operability) y los MOC (Management Of Change).
 - Aplicación de un MOC cuando se va a cambiar el modo de operación de un equipo de alguna de sus variables de funcionamiento.
 - El HAZOP es una técnica de identificación de riesgos inductiva, que se basa en la hipótesis inicial de que los accidentes o problemas de operación son provocados por una desviación de las variables de proceso respecto a los parámetros normales de operación.
- **Identificación y actualización de la criticidad del equipo** ante nuevos proyectos.
- **Establecimiento de un orden sistemático de prioridad de las órdenes de compra y peticiones de oferta** relativos a los equipos críticos.

Durante el año 2007, se comenzaron a desarrollar las primeras acciones del plan: análisis del nivel de stock y reposición. Para ello, se analizó la criticidad de los componentes correspondientes a las bombas y compresores de la planta clasificados como más críticos. Dichos componentes fueron determinados en función de los informes de averías de equipos, de la recomendación de los fabricantes, de la experiencia de los mecánicos o de su exposición al rozamiento, la fricción y esfuerzos de fatiga.

Para las bombas y compresores centrífugos, los componentes críticos elegidos fueron los impulsores, el eje, el acoplamiento, los cierres mecánicos, etc.; mientras que para los compresores alternativos, los componentes críticos encontrados fueron la biela, el cigüeñal, el vástago, las válvulas, la cruceta, etc.

El objetivo final era el de poder disponer de todos los componentes críticos en stock, para que en caso de se produjera un fallo no catastrófico en el equipo, éste se pudiera reparar sin largos tiempos de espera de aprovisionamiento del material de repuesto necesario.

4. NORMAS Y REFERENCIAS

En este apartado de la memoria se contemplan las restricciones impuestas por leyes, reglamentos e instrucciones así como las fuentes de información necesarias para poder llevar a cabo una adecuada redacción como posterior ejecución del proyecto.

En ambas fases del presente proyecto, redacción y posterior ejecución, se van a tener en cuenta diversas normas y referencias americanas por las razones que se detallan a continuación:

- La refinería del polígono el Serrallo del Grao de Castellón que actualmente posee BP Oil fue implantada con capital americano de la empresa ESSO, que es una filial de la actual multinacional petrolera EXXON MOBIL.
- La normativa española de las instalaciones petroquímicas no es muy precisa, de forma que el modo de redactar, desarrollar y ejecutar los proyectos en BP Oil Refinería de Castellón sigue las normas y pasos siguientes:
 - Cumplimiento de la Normativa y Leyes Nacionales
 - Cumplimiento de las correspondientes Normas API (American Petroleum Institute)
 - Cumplimiento de las correspondientes Normas IP (International Practices)
 - Cumplimiento de los GP correspondientes (Global Procedure)

Este proyecto será realizado con la colaboración del grupo de trabajo de Mantenimiento y Operaciones/Fabricación, ya que los empleados de estas secciones y los operarios son las personas que tienen un mayor conocimiento de las particularidades de la planta y de los equipos rotativos.

1. Disposiciones legales y normas aplicadas

Para la redacción y ejecución del proyecto se tendrán en cuenta un conjunto de normas tanto españolas como americanas que son mostradas a continuación:

Normativa para las instalaciones:

- *RD 2085/1994 y sus revisiones posteriores*. Reglamento de Instalaciones Petrolíferas (IPE), colección de leyes, normas y reglamentos.
- *ITC-MI-IP-01 y MI-IP-02*. Instrucción técnica complementaria refinerías.

- **RD 2060/2008.** Reglamento de Aparatos a Presión e instrucciones técnicas complementarias.
- **RD 379/2001.** Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos.

Normativa para equipos:

- **API 675.** Normativa para bombas dosificadoras.
- **REACH.** Reglamento de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas.
- **UNE-EN 14812:2006.** Equipo de acondicionamiento de agua en el interior de los edificios. Sistemas de dosificación de productos químicos. Sistemas de dosificación preajustados. Requisitos de funcionamiento, seguridad y ensayos.
- **UNE-EN 15848:2010.** Equipo de acondicionamiento del agua en el interior de los edificios. Sistemas de dosificación química ajustables. Requisitos de funcionamiento, seguridad y ensayos.

Normativa medioambiental:

- **EMAS ISO 14001.** Certificación de sistemas de gestión ambiental.
- **ISO 9001.** Requisitos para un sistema de gestión de la calidad.

Normativa para proyectos:

- **UNE 157001:2014.** Criterios generales para la elaboración de proyectos.
- **UNE 66916:2003.** Sistemas de gestión de calidad. Directrices para la gestión de calidad en los proyectos.

Normativa para planos:

- **UNE 1027.** Dibujos técnicos. Plegado de planos.
- **UNE 1032.** Dibujos técnicos. Principios generales de representación.
- **UNE 1035.** Dibujos técnicos. Cuadro de rotulación
- **UNE 1039.** Dibujos técnicos. Acotación. Principios generales, definiciones, método de ejecución e indicaciones especiales.
- **UNE 1135.** Dibujos técnicos. Lista de elementos.
- **UNE-EN ISO 5455.** Dibujos técnicos. Escalas.

2. Bibliografía

Manual de operaciones de la Unidad de Hidrógeno 28

Sap [Base de datos de refinería]

Prominent [Web en línea]

Milton Roy [Web en línea]

RCM Ingeniería [Web en línea]

Manual de bombas dosificadoras de SDM [Catálogo en línea]

Kenneth, J. *Bombas: Selección, uso y mantenimiento*. McGraw Hill [Libro en línea]

Poynton, James P. *Metering pumps: Selection and Application (Chemical Industries)*

Okes, Duke. *Root Cause Analysis: the Core of Problem Solving and Corrective Action*

Ebeling, Charles E. *Reliability and Maintainability Engineering*

Beck, Wesley W. *Pumptesting*

3. Disposiciones legales y normas aplicadas

Los programas empleados para el desarrollo del presente proyecto son los siguientes:

- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- Microsoft PowerPoint
- VISIO
- SAP

4. Plan de gestión de calidad aplicado durante el proyecto

Para la realización del proyecto se han tomado en cuenta las normas UNE-157001 y UNE 66916, que provienen en gran parte de la norma UNE-EN ISO 9000, garantía de calidad de proyectos.

En la refinería BP Oil de Castellón, existen redactados una serie de procedimientos de operación para realizar todos los trabajos de Ingeniería, Operaciones, Mantenimiento, etc... Siguiendo los procedimientos de operación aplicables a la redacción del presente proyecto, se puede asegurar la realización de un Proyecto de calidad, en el que se cumplan todas las normativas, leyes y bases que se deben tener en cuenta para la de realización del mismo.

Por otro lado, también se ha considerado la metodología de mejora continua 7-steps desarrollada por la empresa como parte de su objetivo de solucionar los problemas de forma sostenible enfocándose en las causas raíz y no en los síntomas, para evitar que dichos problemas vuelvan a repetirse. Así pues, el plan de mejora continua propuesto queda dividido en 7 etapas que son:

- **Paso 1. Definición del problema:** se define el alcance del proyecto a partir de la selección del problema real y la búsqueda de las necesidades del cliente.
- **Paso 2. Ver y evaluar:** se recolecta la información necesaria sobre el problema, además de establecer el estado actual para marcarse unos objetivos finales de mejora.
- **Paso 3. Identificar causas raíces:** se realiza un listado de las causas raíz potenciales y se priorizan las más importantes.
- **Paso 4. Proponer mejoras:** se genera un borrador de posibles soluciones y se comprueba que las soluciones propuestas no suponen un incremento del riesgo del problema. A continuación, se eligen aquéllas que satisfagan mejor las necesidades del cliente.
- **Paso 5. Construir y ejecutar plan:** se prueban las soluciones o cambios en el proceso elegidas asegurando que no incremento riesgos. Después se validan aquellas soluciones que dan lugar a los beneficios esperados y se identifican otros cambios que hayan sido necesarios para cumplir el objetivo.
- **Paso 6. Validar y mantener resultados:** se recopila la información para comprobar si se ha logrado el resultado esperado y se desarrolla un plan para asegurar que la mejora conseguida sea continua.
- **Paso 7. Aprendizaje obtenido y plan de futuro:** se reflejan las acciones realizadas y el aprendizaje conseguido. Por otro lado, se busca la posibilidad de aplicar la mejora en otro aspecto distinto.

<p>Define the Problem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Should contain 4 elements: object, defect, extent, and impact • Link to why this is important (what's the prize?) • This is the first opportunity to check if others have the same problem! • Break the problem into small components – this is key for large, complex issues • Look for quick wins - there may be 'Just Do Its'! <p><i>Background:</i> This is where you should identify historically significant info, Guidelines, Boundaries, and Constraints</p>	<p>Propose Improvements:</p> <ul style="list-style-type: none"> • List all options, even the ones that you may not do • There maybe short-term and long-term • Assign priority where appropriate • Are there unintended consequences? • How do you manage interfaces with others? <p><i>Guidelines:</i> This is an optional section where leadership provides 'guidance' to the team</p>	
<p>Go See & Assess:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Status/Current State, Stakeholders, and Data gathering • How would you describe the future state? • What is the gap and how would you measure progress? 	<p>Build & Execute Plan: Action Plan – what, when, who, & how ... track to closure</p>	<p>Validate & Sustain Results: Did it work and is it sustainable?</p>
<p>Identify Root Cause:</p> <ul style="list-style-type: none"> • There are various tools and methods (5 whys, fishbone diagram, mapping, brainstorming, RCFA, etc) • Analysis and diagnosis • It doesn't matter what you use as long as you get to the real root cause! • Get help – resources are available 	<p>What did We Learn & What's Next?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Many of the learnings can carry to other projects • Is there a natural sequence for projects based on what we have learned? • If we broke a complex problem down into smaller components, likely we want to tackle the next piece? • Recognize those that contribute – even for those ideas that don't work out! 	

Ilustración 4.4.1. Esbozo del plan de mejora continua 7-steps

5. Otras referencias

Información oral aportada por el personal de Mantenimiento, Fiabilidad y Operaciones de la refinería BP Oil Castellón, que debe valorarse pese a no poder ser reflejada en el proyecto, ya que ha sido de vital importancia para la redacción y ejecución del mismo.

5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

RCM: Reliability Centred Maintenance (Mantenimiento basado en la fiabilidad)

MTBF: Mean Time Between Failures (Tiempo medio entre fallos)

EDC: Equivalent Distillation Capacity (Capacidad equivalente de destilación)

RBM: Risk Based Management (Gestión basada en el riesgo)

RCFA: Root Cause Failure Analysis (Análisis de la causa raíz)

HAZOP: Hazard and Operability (Peligro y Operabilidad)

FMEA: Failure Modes and Effects Analysis (Modos de fallo y efectos asociados)

Bad Actors: equipos que presentan un mayor índice de reparaciones/averías y son más problemáticos en planta.

SV: Security Valve (Válvula de seguridad)

BOM: Bill Of Material

Terminología referente a los equipos:

SG: Steam Generator (Generador de vapor)

D: Drum (Depósito)

R: Reactor (Reactor)

F: Furnace (Horno)

P: Pump (Bomba)

C: Compressor (Compresor)

TG: Turbo Generator (Turbogenerador)

T: Tower (Torre)

K.O.Drum: Knock Out Drum (Depósito separador de gotar)

CT: Cooling Tower (Torre de refrigeración)

E: Exchanger (Intercambiador)

FIL: Filter (Filtro)

Terminología referente a instrumentos:

1ª posición	2ª posición	3ª posición	4ª posición
22	Z	4	CV

- 1ª posición: indica mediante un número la unidad de la refinería.
- 2ª posición: indica la medición realizada por el instrumento.
 - **P**: Presión
 - **PD**: Presión Diferencial
 - **T**: Temperatura
 - **L**: Level (nivel)
 - **LG**: Level Gauge (medidor de nivel)
 - **FG**: Flow Gauge
 - **E**: Electronic
 - **RO**: Rated Orifice (Placa de orificio)
 - **RV**: Relief Valve (Válvula de alivio)
 - **X**: Vibraciones
 - **Z**: Contacto/Final de carrera
- 3ª posición: en ella se señala el número identificador del instrumento.
- 4ª posición: se indica el tipo de acción realizada por el instrumento.
 - **I**: Indicador local
 - **LA**: Low Alarm
 - **HA**: High Alarm
 - **HLA**: High and Low Alarm
 - **CI**: Cut-in (Permisivo de puesta en marcha)
 - **CO**: Cut-out (corte, señal de paro)
 - **CV**: Control Valve (Válvula de control)

Terminología referente a las bombas:

Cavitación: efecto hidrodinámico provocado por el paso de un fluido en estado líquido a gran velocidad por una arista afilada, de forma que se produce una descompresión del fluido que le lleva a alcanzar la presión de vapor. Una vez alcanzado este nivel de presión, las moléculas que componen el líquido cambian a estado de vapor, formándose burbujas, las cuales viajan a zonas de mayor presión e implosionan. El vapor regresa al estado líquido de manera súbita, aplastando bruscamente las burbujas y produciendo una estela de gas y un arranque de metal en la superficie donde se origina el fenómeno.

NPSH: diferencia existente entre la presión de entrada y el nivel inferior de presión dentro de una bomba. De esta forma, el NPSH expresa la pérdida de presión que tiene lugar en el interior de la primera parte de la carcasa de la bomba. (Net Positive Suction Head).

NPSHr: menor valor de la presión en la entrada que la bomba especificada necesita para un caudal dado con el fin de evitar el efecto de la cavitación.

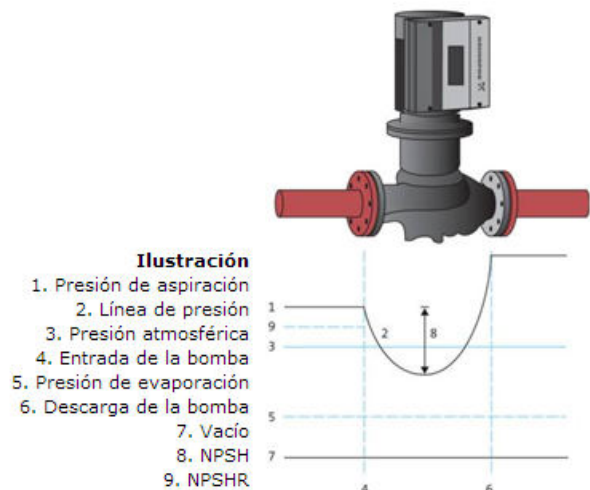


Ilustración 5.1. Esquema explicativo del NPSH de una bomba

Cebado/Descebado: el cebado es el proceso de llenado de líquido de la tubería de aspiración y la carcasa de una bomba, para facilitar la succión de líquido, evitando así la posibilidad de que queden bolsas de aire en el interior. En el caso del descebado, es un problema característico de las bombas instaladas en aspiración, en las que existe la posibilidad de que no llegue el líquido a la entrada de la aspiración de la bomba.

Sifonado: fenómeno hidráulico por el cual un líquido encerrado en una tubería se desplaza desde un punto a presión atmosférica hacia otro punto a una presión superior. En el ejemplo mostrado a la derecha del texto, el líquido se moverá del punto A a presión atmosférica al punto B, que tendrá una presión superior debido a la presión originada por el peso del líquido.

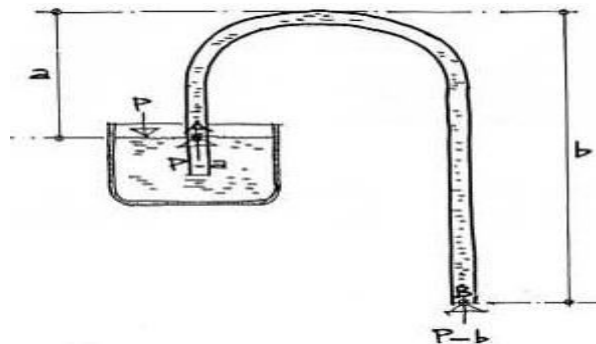


Ilustración 5.2. Ejemplo de sifón (tubo curvado en forma de U y ramas desiguales)

Terminología referente a fiabilidad:

Bad actors: son piezas de equipos o activos que tienen normalmente una gran cantidad de problemas de fiabilidad. Algunas compañías identifican los bad actors por la cantidad de dinero gastado en mantenimiento de activos tanto en mano de obra como en material, y no en las pérdidas de producción. Aun así, cabe destacar que el método más sistemático para determinar si un activo es crítico es el de realizar una evaluación basada en la consecuencia del fallo del activo y el riesgo de fallo para el negocio.

Fallo total del equipo: ocurre cuando un activo falla o se avería y deja de operar completamente.

Fallo funcional: es la incapacidad de uno de los activos de completar una o más de sus funciones.

Fallo parcial del equipo: es el fallo que tiene lugar cuando un equipo continúa funcionando pero algún componente del mismo está en modo de fallo.

MTBF: es el tiempo promedio que un activo funciona antes de que se produzca el fallo en el mismo.

Orden de Trabajo de emergencia: es un aviso formal escrito en el momento en que un activo ha fallado y una persona de mantenimiento es avisada para hacer la reparación.

Fiabilidad: es la habilidad de un ítem o equipo para realizar una función requerida bajo un estado de condiciones durante un periodo de tiempo.

Terminología referente a las zonas de refinería:

AM: Aminas

AN: Antorchas

AQ: Alquilarción

AS: Asfaltos

AZ: Azufre

CO: Cores (almacenamiento)

CR: Coker

FCC: FC

HH: Hidrogeno II

HI: Hidrogeno I

IS: Isomerización

MK: Makfinning

OF: offsites

PM: Plataforma marítima

PS: Destilación

PW: Powerformer I y II

SF: Scanfinning

SV: Utilities (servicios)

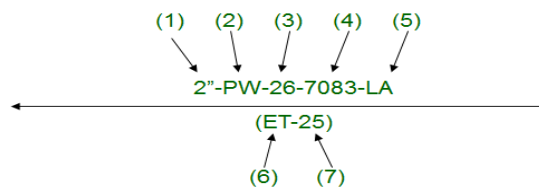
TA: Tratamiento de aguas residuales

UC: Unidad de recuperación de CO₂

VA: Vacío

CK: Manejo de coque

Simbología P&IDs



1. Diámetro nominal de la línea
2. Servicio de la línea
3. Número de la unidad
4. Número de línea
5. Especificación de la línea
6. Especificación de traseado o aislamiento
7. Espesor del aislamiento o temperatura de diseño

Abreviaturas de fórmulas y cálculos:

W: densidad de fluido a la temperatura de dosificación

P: presión en la toma de aspiración (bar absoluto)

T_v: tensión de vapor del fluido a la temperatura de dosificación (bar absoluto)

H: altura geométrica de aspiración

L: longitud de la tubería de aspiración (m)

Q: caudal nominal máximo de la bomba (l/h)

N: cadencia nominal de dosificación (gpm)

d: diámetro interior de la tubería de aspiración (mm)

6. TIPOS DE BOMBAS EN SERVICIO EN REFINERÍA

1. Principio de una bomba y tipos

La bomba es una máquina capaz de absorber energía mecánica proveniente de un motor eléctrico o térmico para transformarla en energía transferible a un fluido como energía hidráulica, la cual permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro, a un mismo nivel y/o a diferentes niveles y/o a diferentes velocidades. En refinería, las bombas disponibles en planta se dividen en dos grandes grupos:

- **Dinámicas:** dentro de las cuales encontramos las centrífugas y las axiales. Se caracterizan por ser las más utilizadas en refinería, aunque requieren un menor mantenimiento. Su característica principal es el hecho de presentar un conjunto de alabes rotatorios encerrados dentro de una cubierta o carcasa. Estos alabes transmiten la energía al fluido por la fuerza centrífuga proporcionada por el giro del impulsor.



Ilustración 6.1.1. Ejemplo de una bomba centrífuga

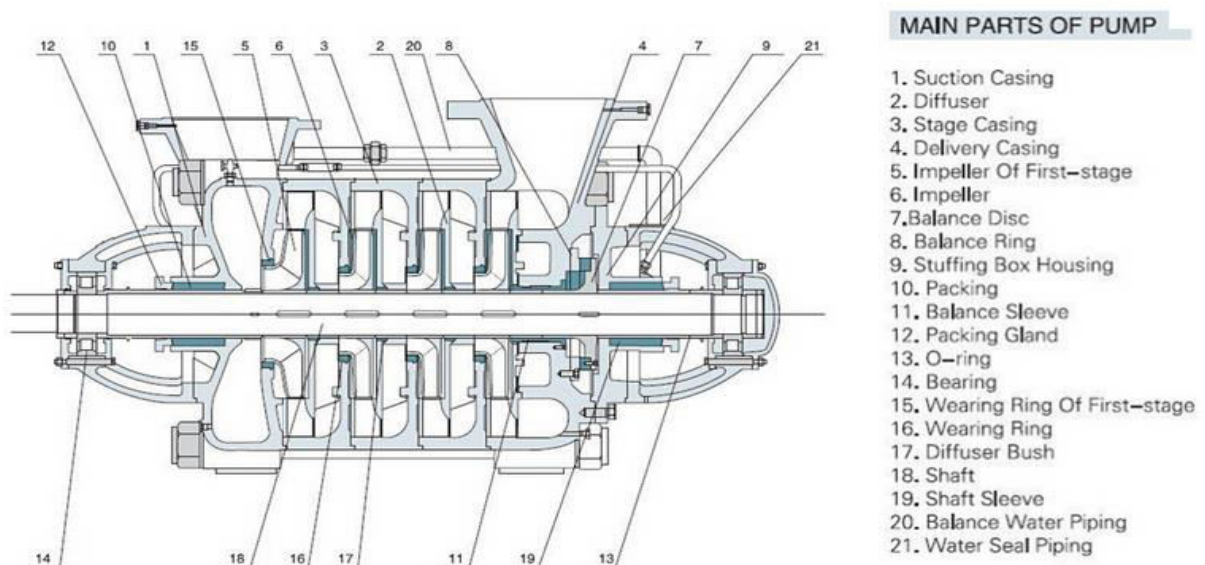


Ilustración 6.1.2. Plano seccional de una bomba centrífuga multi-etapa y lista de componentes

Así pues, el elemento rotativo de estas bombas se denomina impulsor. La forma del mismo, puede forzar al fluido a salir de forma perpendicular al eje (flujo radial), puede dar al fluido una velocidad con componentes axial y radial (flujo mixto) o puede inducir un flujo en espiral en cilindros coaxiales según la dirección del eje (flujo axial). De esta forma, las máquinas con flujo radial o mixto son las denominadas bombas centrífugas, mientras que las de flujo axial son conocidas como bombas axiales o de hélice.

- **Desplazamiento positivo:** son un tipo de bomba menos común en refinería, ya que se usan para aplicaciones específicas, pero se caracterizan por operar trasegando un volumen de fluido fijo desde la entrada hasta la salida. Pueden ser intermitentes o continuas y trabajan a bajos caudales combinados con altas presiones de carga. Se dividen en tres grupos: las bombas alternativas, las bombas de diafragma y las bombas rotativas.
 - **Alternativas:** están formadas por un pistón que oscila en un cilindro dotado de válvulas para regular el flujo de líquido hacia el cilindro y desde él durante toda la carrera. En este tipo de bombas el flujo de descarga es intermitente y por otro lado, no succionan líquidos, sino que reducen la presión en la cámara de succión y es la presión externa (atmosférica) la que se encarga de empujar el líquido de la bomba. Este tipo de bombas no está tan presente en refinería debido a que suponen un coste elevado, además de necesitar un alto grado de mantenimiento debido a su complejidad.

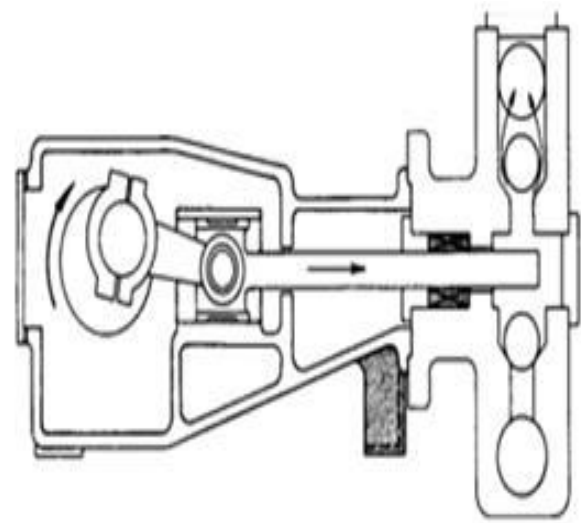


Ilustración 6.1.3. Imagen y seccional de una bomba alternativa

- **Dosificadoras o de diafragma:** son un tipo muy concreto de bombas empleadas para dosificar de forma precisa una sustancia química a una corriente de agua, depósito de agua u otro sistema donde se requiera que la concentración de una sustancia química sea constante. Su exactitud está ligada a la regulación del caudal de la bomba (manual o digital). Trabajan en un alto rango de presión y pueden tener una regulación del caudal aproximada al 1%.

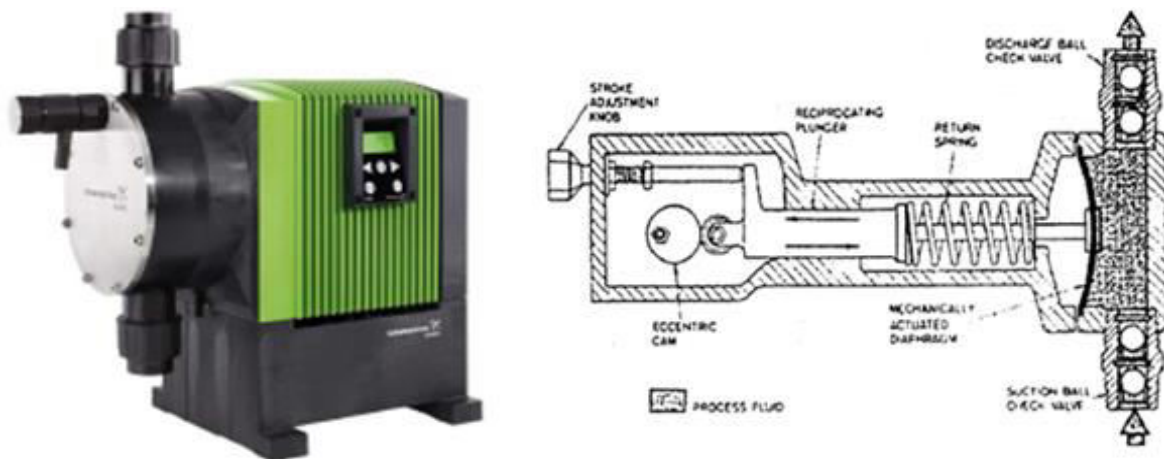


Ilustración 6.1.4. Imagen y seccional de una bomba dosificadora de membrana

- **Rotativas:** este tipo de bombas se utilizan para fluidos con alta viscosidad. Presentan un flujo de descarga continuo y trabajan a altas presiones combinadas con rangos de caudal medios-bajos. Existen tres tipos de bombas rotativas en refinería: las de tornillo, las de engranajes y las de álabes.

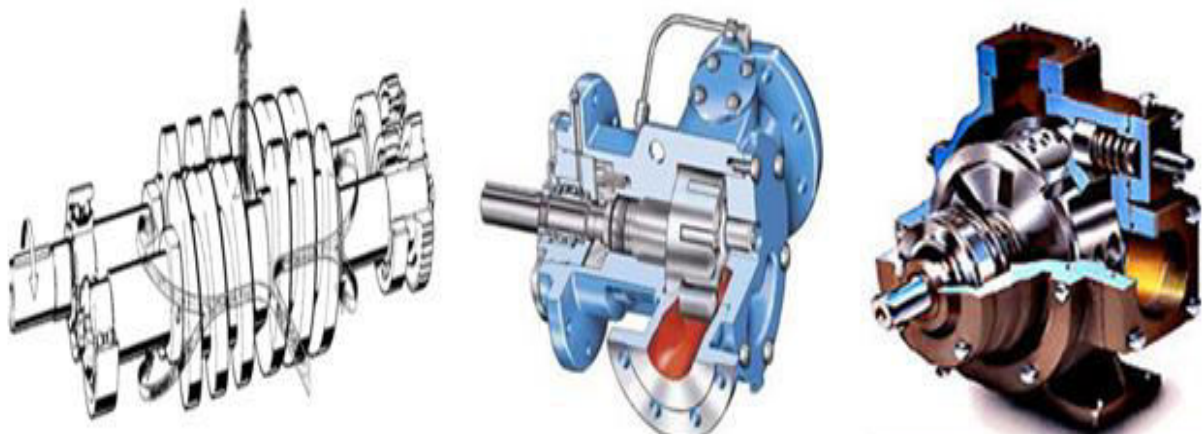


Ilustración 6.1.5. Ejemplos de bombas rotativas de tornillo, engranajes y álabes (de izquierda a derecha)

7. LA INSTALACIÓN DE DOSIFICACIÓN

7.1. ELEMENTOS PRINCIPALES Y FUNCIONAMIENTO

Las bombas dosificadoras presentes en la refinería necesitan una serie de accesorios dentro de sus instalaciones que aseguren el buen funcionamiento de las mismas trabajando dentro de unos rangos de presión y caudal adecuados.

Este grupo de accesorios, entre los que se encuentran los filtros, la caña de inyección, el manómetro, el depósito de calibración, el amortiguador de pulsaciones y las válvulas de pie, de contrapresión y de seguridad se colocan convenientemente en las líneas de aspiración o impulsión de la instalación de dosificación. Un ejemplo de dicha instalación se muestra a continuación:



Ilustración 7.1.1. Ejemplo de instalación de dosificación de refinería

A continuación, se muestra una explicación detallada de los elementos que componen la instalación tanto en la línea de aspiración como en la línea de impulsión:

- **Línea de aspiración**: se caracteriza por ser una tubería corta y de gran diámetro, limitando los codos y evitando los “cuellos de cisne” para favorecer las condiciones de aspiración. Dentro de ella se encuentran:
 - **Filtro**: es necesario emplearlo cuando la bomba está instalada en carga. Su función es evitar la acumulación de partículas sólidas que puedan obstruir las cajas de válvula o deteriorar la membrana para garantizar así, una mayor precisión y duración de la bomba.

- **Válvula de pie:** se trata de la asociación de una válvula anti retorno con un elemento filtrante. Es un componente indispensable cuando la bomba se encuentra instalada en aspiración, ya que minimiza los riesgos de descebado. Por otro lado, para su correcto uso es imprescindible que permanezca de forma vertical y a cierta distancia del fondo, con el fin de evitar la aspiración de partículas sólidas sedimentadas.
 - **Depósito de calibración:** se trata de un depósito de calibración contrastada que se instala en la línea de aspiración para mejorar las condiciones de NPSH de la tubería. Su objetivo principal es medir y regular el caudal real de la bomba dosificadora en condiciones de operación. Su instalación se realiza lo más cerca posible de la bomba dosificadora y con un juego de válvulas que simplifique su utilización.
- **Línea de impulsión:** debe de ser lo más directa posible. Su dimensionado y el de los accesorios serán determinados en función de las condiciones de servicio.
- **Caña de inyección:** funciona como una válvula anti retorno y es colocada al final de la línea de impulsión. Se emplea para crear una contrapresión fija mínima artificial de 0,5 bar aproximadamente y su instalación se realiza en posición vertical ascendente para evitar el retorno de líquido desde la corriente principal.
 - **Manómetro:** se trata de un instrumento de medida de presión del fluido que pasa por la tubería de impulsión. Gracias a esta herramienta se puede realizar un diagnóstico visual de problemas de cavitación, aspiración ocluida, pérdidas de carga locales, pulsaciones anómalas o vibraciones indeseables.
 - **Amortiguador de pulsaciones:** se trata de un depósito con una vejiga hinchada que contiene gas a presión en su interior, normalmente nitrógeno. Es instalado en la línea de impulsión con el objetivo de reducir las pulsaciones de caudal y las oscilaciones de presión asociadas a la bomba dosificadora, que son debidas a la existencia consecutiva de aceleraciones y deceleraciones en el bombeo. Su uso es importante en el caso de alta cadencia o larga longitud de la tubería de impulsión. Además, para su buen funcionamiento requiere una contrapresión mínima de 1 bar junto a una correcta instalación en posición vertical y lo más cerca posible de la bomba.
 - **Válvula de contrapresión:** esta válvula instalada en la línea de impulsión se emplea para crear una contrapresión artificial en la descarga. Mediante ella se previene el efecto de sifonado en la línea de descarga de la bomba además de permitir optimizar el bombeo mediante el ajuste de una presión diferencial

mínima entre la aspiración y la descarga de la bomba. Su rango de regulación oscila entre 1 y 5 bares.

- Válvula de seguridad:** se trata de una válvula instalada en el circuito de impulsión mediante la que se protege a la bomba dosificadora, la tubería y los accesorios de posibles sobrepresiones accidentales. No se debe confundir con la válvula de seguridad interna propia de los dosificadores de membrana hidráulica, la cual protege a la bomba dosificadora pero no a la instalación.

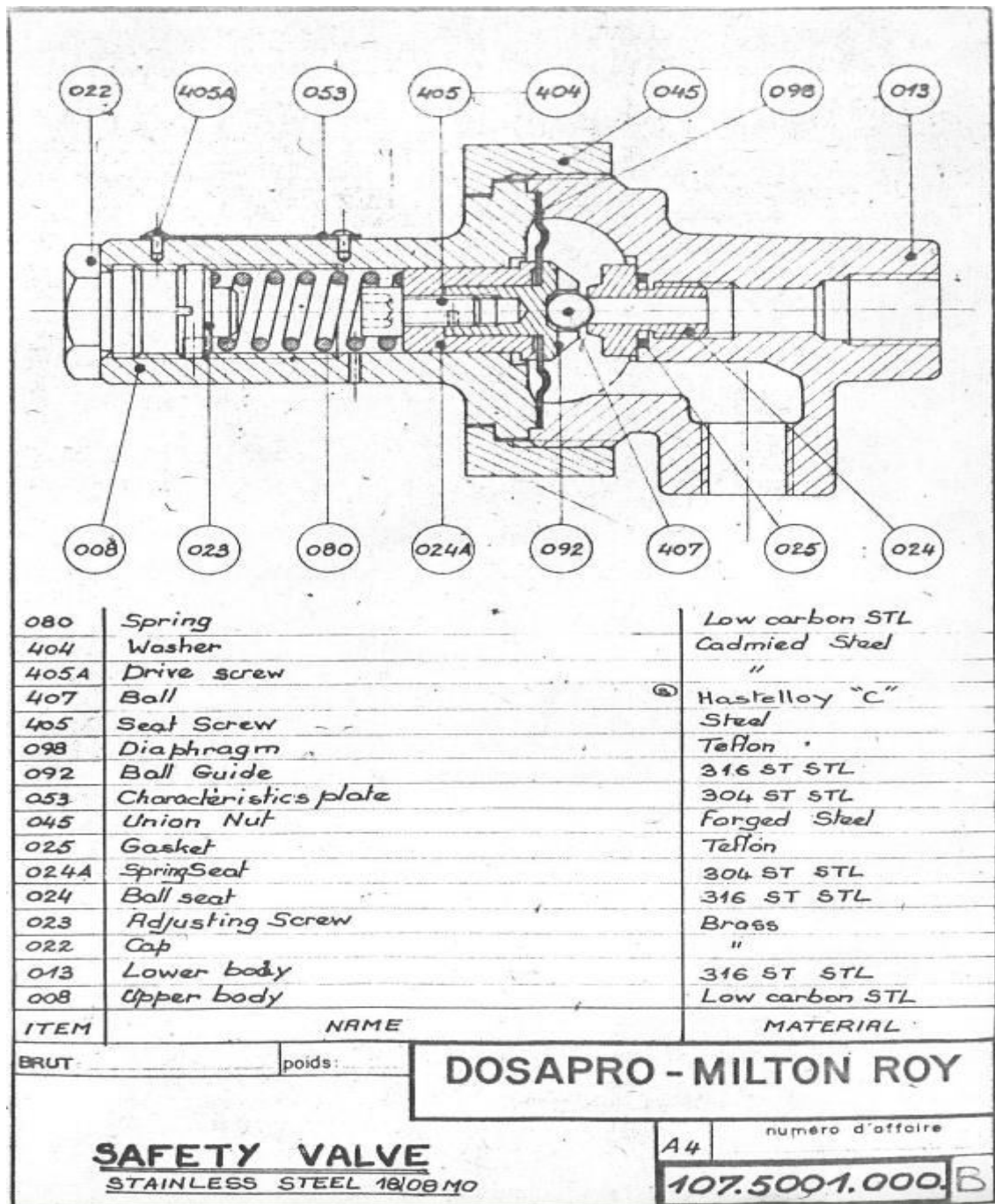


Ilustración 7.1.2. Plano seccional de una válvula de seguridad

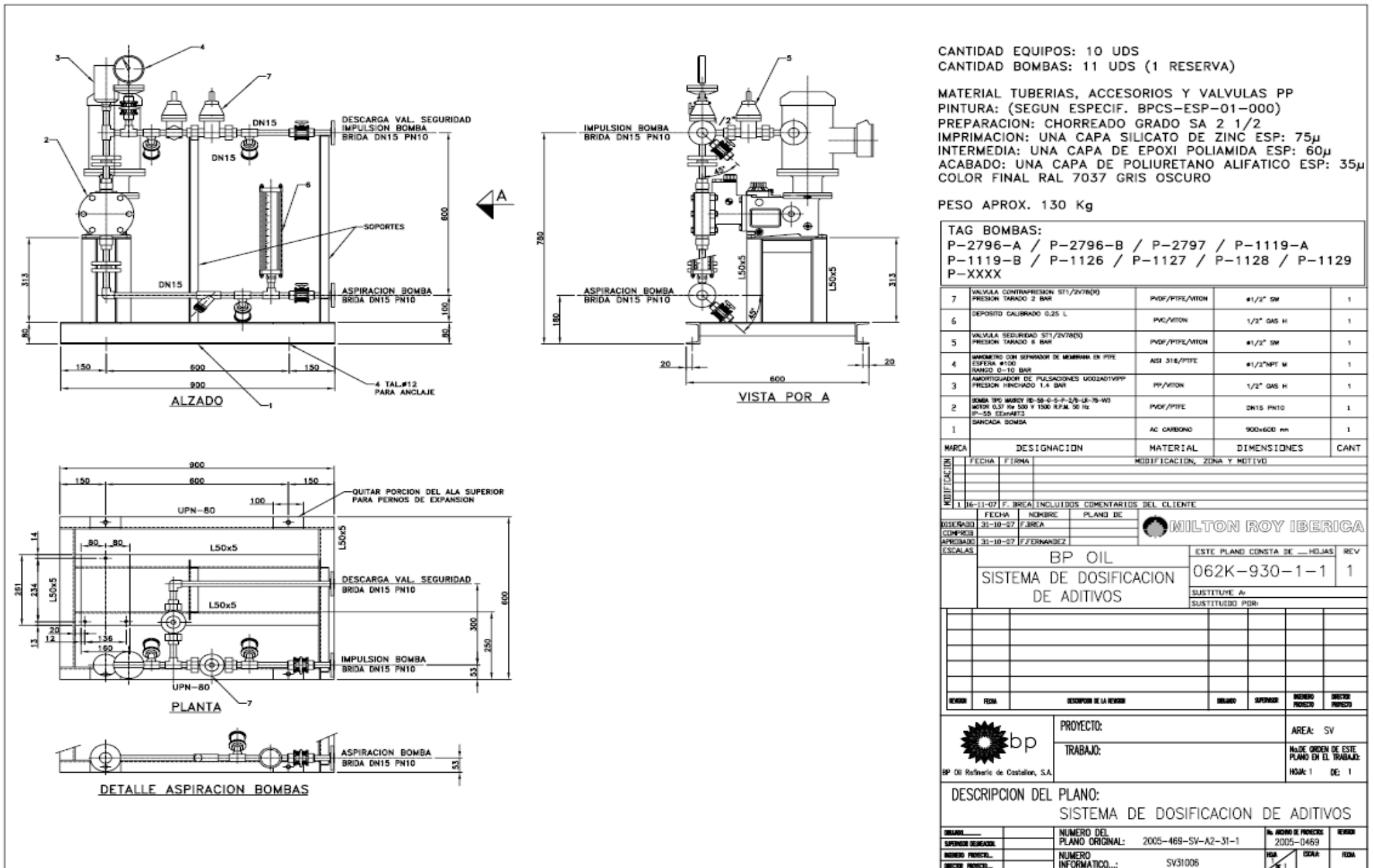


Ilustración 7.1.3. Esquema de instalación de dosificación de la refinería BP Oil Castellón

7.2. EL NPSH Y LAS LEYES DE CAUDAL Y PRESIÓN DE LA BOMBA DOSIFICADORA

La bomba dosificadora es una bomba alternativa de regulación lineal del caudal en funcionamiento o parada. El caudal de una bomba dosificadora es impulsado, y se distingue la fase de aspiración de la de impulsión. En la fase de aspiración se realiza el llenado de la bomba y para el caso de las bombas de simple efecto, durante esta fase, la bomba no suministra caudal al circuito. En cambio, durante la fase de impulsión o salida del líquido de la bomba, ésta suministra caudal y la columna líquida vence tanto a la inercia de la masa del líquido que se encuentra parada como las resistencias que se generan en el circuito al desplazamiento del líquido (altura geométrica y pérdidas de carga). El aspecto de la curva de caudal de una bomba de simple efecto (simplex) se muestra a continuación:

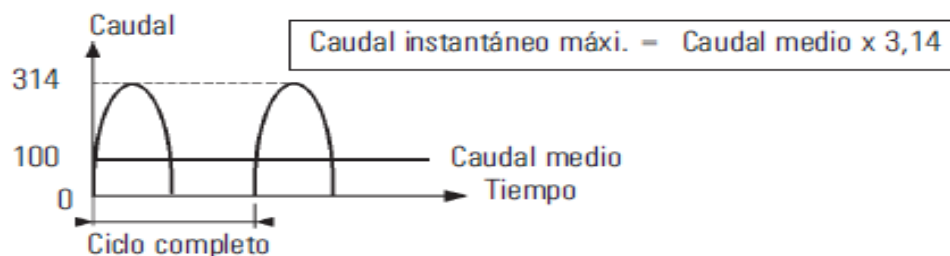


Ilustración 7.2.1. Curva de caudal de la bomba dosificadora simple efecto en función del tiempo

La ley de caudal, así como las características geométricas de la instalación de bombeo, condicionan una ley de presión que se resume de esta forma:

➤ Fase de aspiración

- Aceleración máxima: la bomba genera una depresión por la inercia de la columna líquida que es necesaria poner en movimiento.
- Aceleración nula: el fluido es lanzado y los rozamientos viscosos son máximos.
- Deceleración máxima: la columna fluida debe ser frenada y su inercia genera una sobrepresión relativa en la entrada de la bomba.

➤ Fase de impulsión

- Aceleración máxima: la bomba genera una sobrepresión por la inercia de la columna líquida que es necesaria poner en movimiento.
- Aceleración nula: el fluido es lanzado y los rozamientos viscosos son máximos.
- Deceleración máxima: la columna fluida debe ser frenada y su inercia genera una depresión relativa en la impulsión de la bomba.

El término NPSH proveniente del inglés traduce la energía hidráulica disponible del fluido. Existen dos NPSH dentro de los cálculos a tener en cuenta dentro de una instalación, el NPSH estático disponible (NPSHd) y el NPSH requerido (NPSHr).

El NPSH disponible representa la energía disponible al nivel de la toma de aspiración y se calcula con la siguiente expresión:

$$NPSHd = \frac{10,2}{W} (P - Tv) \pm H$$

El valor de la altura geométrica de aspiración se mide entre el valor más bajo en que se pueda llegar a alcanzar en el depósito de aspiración y la posición de la brida de aspiración de la bomba. De esta forma, se considera +H cuando la bomba está en carga y -H cuando está en aspiración.

Por otro lado, el NPSH interno requerido de la bomba se puede calcular con las pérdidas de inercia en la línea de modo que con la siguiente expresión se calcula el valor máximo de la depresión generada por la bomba en el principio de la fase de aspiración:

$$NPSHr = \Delta H = 0,018 \frac{L Q N}{d^2}$$

Así pues, para realizar la comprobación de NPSH dentro de una instalación de dosificación, y comprobar que es buena bajo este punto de vista, se empleará la siguiente expresión, que retiene un margen de seguridad de 2 m.c.l. para las bombas dosificadoras:

$$NPSHd > \Delta H + 2 \text{ mcl}$$

7.3. LOS ERRORES EN LA INSTALACIÓN

En las instalaciones de dosificación, es importante situar los accesorios externos a la bomba en su posición correcta dentro de los circuitos de aspiración e impulsión, además de dimensionar correctamente las tuberías, con el fin de obtener el caudal deseado a la presión de servicio y evitar fenómenos hidráulicos no deseados. A continuación se muestran algunos problemas típicos de estas instalaciones:

- **Cavitación:** puede aparecer al principio de la fase de aspiración cuando la depresión necesaria para la puesta en movimiento de la columna líquida es muy importante. Este problema afecta a la precisión del bombeo y conduce a deterioros, vibraciones o ruidos inaceptables.
- **Sobrecaudales:** pueden aparecer tanto en la aspiración como en la impulsión por la inercia de las columnas líquidas. Al final de la fase de aspiración se da lugar cuando la presión dinámica en la entrada de la bomba es superior a la estática en la salida; mientras que en la fase de impulsión, aparece cuando la presión dinámica a la salida de la bomba es inferior a la presión estática en la entrada.

- **Sobrecarga:** puede aparecer al principio de la fase de impulsión cuando la bomba debe generar una sobrepresión, con el fin de empujar a la columna líquida. La sobrepresión debe ser compatible con la presión máxima autorizada, ya que si no es así, puede producirse una rotura de la bomba, la tubería o los accesorios, un bloqueo del motor o una apertura de la válvula de seguridad.
- **Sifonado:** este fenómeno puede aparecer por el no uso de una válvula de retención tarada en la línea de impulsión del circuito que evite el retorno a la bomba dosificadora del líquido debido al diferencial de presiones existente en la tubería, ya que el extremo final de la tubería se encuentra a P_{atm} . En el caso de la bomba en carga (instalación de la esquina superior izquierda en la imagen inferior) también se puede prever el empleo de un filtro y una válvula en aspiración.

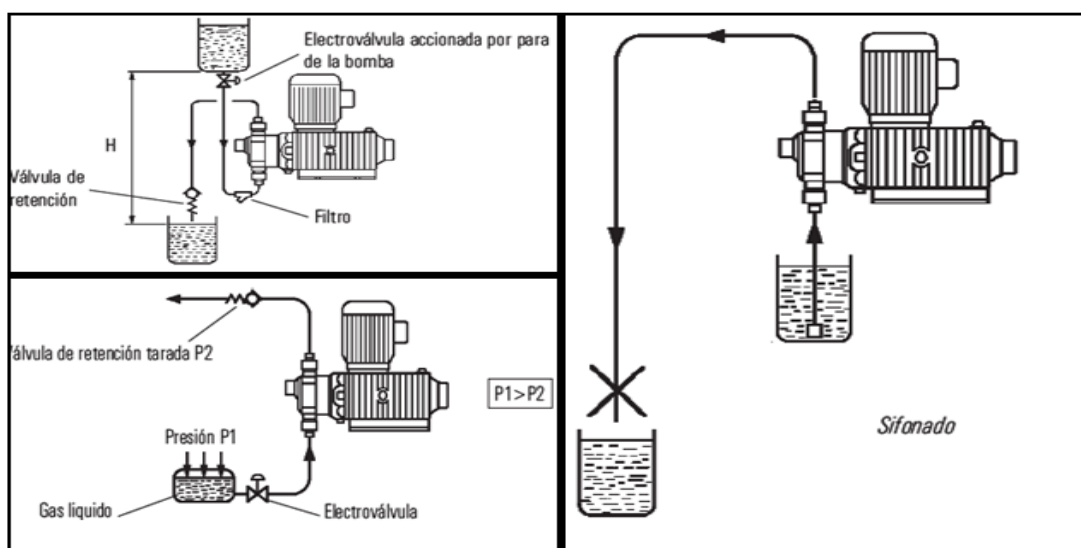


Ilustración 7.3.1. Instalaciones realizadas correctamente para evitar sifonado (izquierda) e instalación mal realizada con riesgo de sifonado (derecha)

- **El mal uso del amortiguador:** en el caso en que la tubería de impulsión sea larga y la cadencia nominal de la bomba sea elevada (más de 140 gpm) es recomendable el uso de un amortiguador de pulsaciones. Aún así, para que este componente sea eficaz, debe de ir instalado delante de la válvula de retención de la línea de impulsión tal y como se muestra en la imagen a continuación:

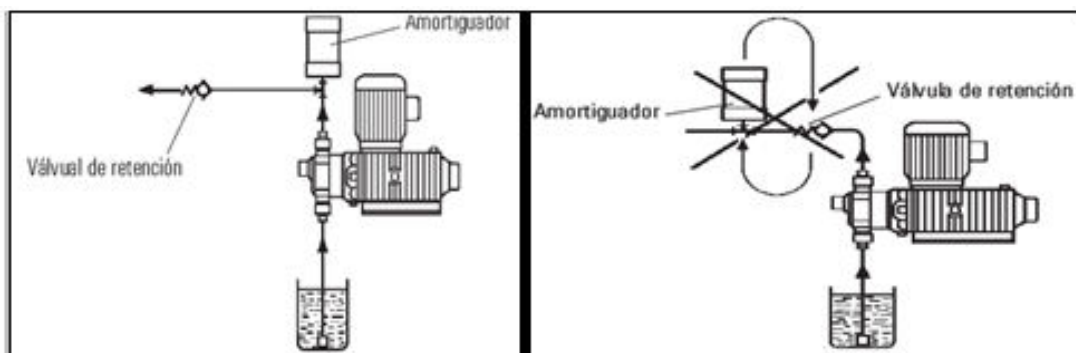


Ilustración 7.3.2. Instalaciones con el amortiguador bien (izq.) y mal (der.) posicionado

- Descebado:** este tipo de problema ocurre debido a una mala concepción de la línea de aspiración del circuito. Generalmente, en el caso de que la línea de aspiración sea vertical pero demasiado larga o tenga algún tramo horizontal a la bomba, el riesgo de descebado se incrementa. Es por ello que conviene instalar una línea de aspiración corta y vertical a la bomba, además de que la tubería presente un diámetro igual o superior al diámetro nominal de la bomba. Finalmente, cabe destacar la necesidad de instalar la caña de inyección en la línea de impulsión, que actúa como una válvula que aísla la bomba del fluido principal.

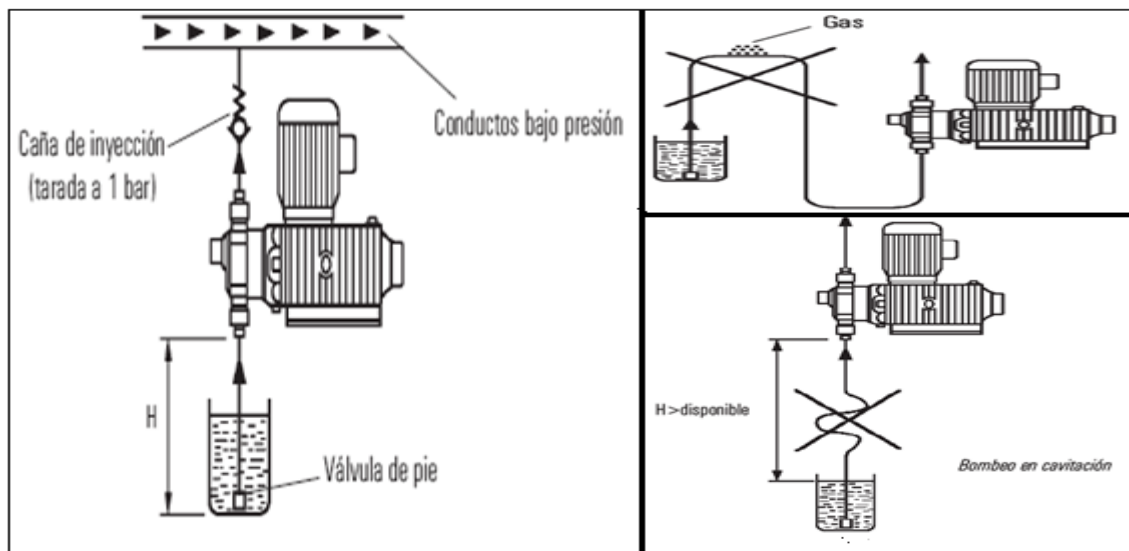


Ilustración 7.3.3. Instalación con una correcta concepción de la línea de aspiración (izquierda) e instalaciones con riesgo de descebado (derecha)

De esta forma, una vez mostrados los errores típicos en las instalaciones de las bombas dosificadoras, se muestran a continuación las dos instalaciones más comunes y correctas para tanto el caso de la bomba en aspiración, como en el caso de la bomba en carga:

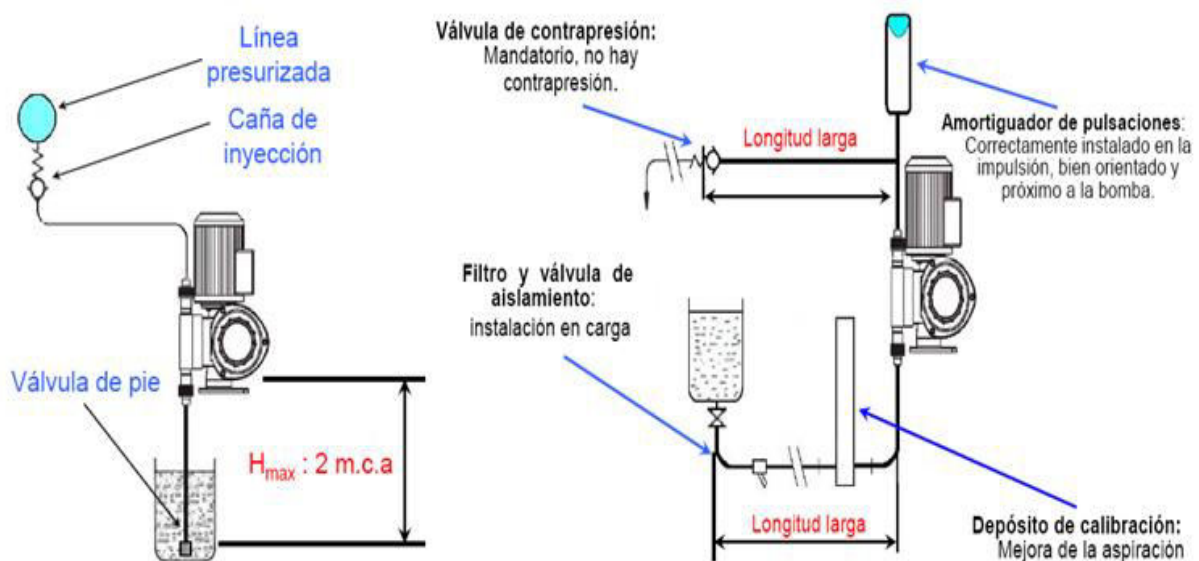


Ilustración 7.3.4. Instalaciones correctas típicas con la bomba en aspiración (izquierda) y en carga (derecha)

En la instalación con la bomba en aspiración, se emplea una válvula de pie para prevenir el descebado de la bomba, además de limitar a 2 m.c.a. la altura máxima de aspiración; mientras que la caña de inyección actúa como válvula anti-retorno del fluido una vez éste ya ha sido impulsado por la bomba. Por su parte, la instalación con la bomba en carga presenta conductos horizontales largos para mejorar la aspiración y la impulsión del fluido y todos los accesorios ya comentados anteriormente.

En conclusión, el hecho de emplear y colocar correctamente dentro de una instalación de dosificación los accesorios de las bombas, puede contribuir a mejorar la fiabilidad y el rendimiento, pero aun así, el elemento clave dentro de estas instalaciones siempre es la bomba dosificadora en sí, ya que es en esta misma donde se realizan la mayor parte de las reparaciones cuando hay una avería dentro de una instalación de dosificación. Esta avería puede haber sido provocada por una mala concepción de la instalación, pero el elemento que siempre se ve afectado por este tipo de errores es la bomba dosificadora. Es por ello, que a continuación nos centraremos en las bombas dosificadoras y analizaremos su funcionamiento y el papel que juegan dentro de la refinería, además de identificar aquellas más críticas y recopilar un histórico de los fallos más comunes que tienen lugar en las mismas.

8. LA BOMBA DOSIFICADORA Y SU FUNCIONAMIENTO

8.1. FUNCIÓN DE LA BOMBA DOSIFICADORA, VENTAJAS E INCONVENIENTES

En la industria actual, existen miles de empresas que elaboran y producen bienes para los cuales es necesario el empleo de técnicas de dosificación precisa de reactivos de toda naturaleza. Aun así, las metas en este tipo de actividades siempre son las mismas: la búsqueda del rendimiento y la fiabilidad junto a la rentabilidad de las inversiones.

Las técnicas de dosificación disponibles en el mercado asumen aplicaciones muy diferentes como la dosificación continua, discontinua, a distancias, a altas presiones, de fluidos claros, cargados, corrosivos, etc. Así pues, dada esta variedad de tipos de dosificación, existen diversos tipos de bombas capaces de realizar estas técnicas como:

- La bomba alternativa dosificadora
- Las bombas rotativas (de velocidad variable para la dosificación continua)
- Las bombas de dosificación ponderal (por gravedad)
- Las bombas centrífugas con válvula de regulación asociada
- La bomba alternativa de velocidad variable

La bomba dosificadora realiza una doble acción: transfiere un líquido y lo dosifica al mismo tiempo. Se caracteriza por:

- **La precisión:** su precisión alcanza valores del $\pm 0,5\%$, con garantías de linealidad, repetitividad y fidelidad según las normas en vigor.
- **La polivalencia:** dosifican fluidos en numerosos campos como tratamiento de agua, petróleo y gas, química, agricultura, etc.
- **La fiabilidad:** es una técnica probada que a menudo se utiliza en malas condiciones como las plataformas en el mar, las condiciones climáticas extremas, etc.
- **La regulación:** estas bombas llevan integrado un dispositivo de regulación de la cilindrada.

A continuación se muestra una tabla comparativa de las ventajas e inconvenientes de las bombas dosificadoras con respecto a otros tipos de bombas de dosificación:

	Ventajas	Inconvenientes	Precisión
Bombas dosificadoras	- Precisión muy grande - Posibilidad de trabajar a alta presión - Regulación de la cilindrada - Resistencia a la corrosión	- Limitada en grandes caudales	$\pm 0,5$ a 2%
Dosificación ponderal	- Gran precisión	- Dosificación a baja presión - Sólo para dosificación continua - Inversión en función de la presión deseada	± 2 a 10%
Bombas alternativas de velocidad variable	- Posibilidad de trabajar a altas presiones y grandes caudales	- Rango de regulación y linealidad limitadas en función de la velocidad	± 1 a 5%
Bombas rotativas	- Adaptadas a altas viscosidades	- Limitada a fluidos claros - Límite de presión de 50 bares	$\pm 5\%$
Bombas centrífugas con válvula asociada	- Grandes caudales	- Mala precisión	$\pm 20\%$

Tabla 8.1.1. Ventajas, inconvenientes y precisión de los diferentes tipos de bombas para dosificación

8.2. LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA DOSIFICADORA

Como ya se ha comentado anteriormente, las bombas dosificadoras pertenecen a la familia de las bombas volumétricas alternativas. A diferencia de las bombas centrífugas, las cuales generan una velocidad al fluido bombeado por aporte de energía mecánica, este tipo de bombas generan o transfieren una cilindrada.

Las bombas volumétricas se caracterizan por poder generar una cilindrada fija o ajustable, gracias a la regulación mecánica de la carrera del pistón (bombas alternativas).

Aún así, la noción de dosificación es muy amplia y también se puede considerar que una bomba centrífuga acoplada a una válvula de regulación, ajustando la contrapresión, ajuste el caudal y se convierta en un sistema de dosificación. Pese a todo, la definición de dosificadora se aplica únicamente a la familia de las bombas volumétricas y considera que a una cilindrada dada, la variación de la velocidad de rotación de la bomba permite la realización de una dosificación precisa. La norma americana API 675 sobre bombas dosificadoras es todavía más restrictiva puesto que hace únicamente referencia a las bombas volumétricas alternativas que disponen de un sistema mecánico o hidráulico de regulación de la cilindrada como sistemas de dosificación.

Así pues, la selección de una bomba dosificadora y su instalación se rige por diferentes parámetros:

- **Caudal y presión:** estos dos parámetros dan lugar a una primera selección, ya que el producto de los mismos equivale a la potencia de la bomba, que determinará el modelo a elegir.

- **Viscosidad del producto:** la viscosidad del fluido trasegado es un segundo criterio de elección. Con este parámetro, se determina el tipo de válvula a escoger (válvula de bola o válvula asistida con recuperación por resortes) así como la cadencia máxima autorizada por la bomba.
- **NPSH:** es el criterio principal para determinar la instalación más conveniente. Se sirve de las características del circuito de bombeo para determinar el valor del NPSH.

La característica principal de las bombas dosificadoras es que vienen fabricadas con una cilindrada regulable, de forma que se puede regular su caudal entre 0 y el valor máximo de caudal de la bomba. Como bomba alternativa, la bomba dosificadora genera un caudal pulsatorio y éste depende poco de la contrapresión a la impulsión. De esta forma, a continuación se muestra el ciclo de funcionamiento de una bomba simplex:

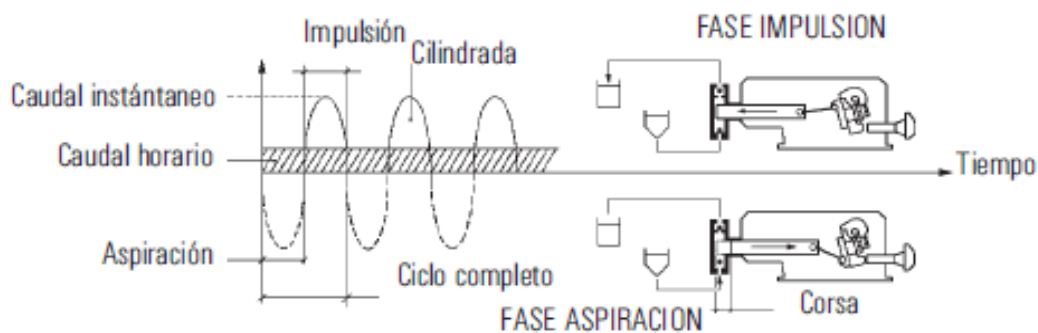


Ilustración 8.2.1. Ciclo de funcionamiento de una bomba dosificadora simplex

De dónde el caudal horario se define como:

$$\text{Caudal horario} = \text{cilindrada} * n^{\circ} \text{ de ciclos/hora}$$

Por otro lado, el caudal es una función lineal de la cilindrada y por lo tanto de la carrera; de la misma forma que también es una función lineal de la cadencia, por consiguiente de la velocidad del motor de accionamiento. Así pues, la representación gráfica del caudal en función de la regulación de carrera sería la siguiente:

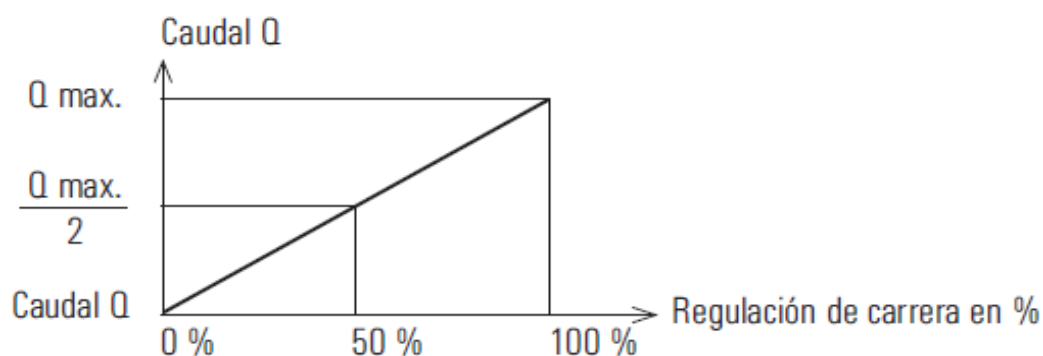


Ilustración 8.2.2. Representación gráfica del caudal en función del porcentaje de regulación de carrera

Finalmente, como ya se ha comentado anteriormente, el caudal de la bomba dosificadora es insensible a las variaciones de la presión de impulsión. La precisión de una bomba dosificadora industrial, instalada según la normativa, oscila un $\pm 0,5\%$.

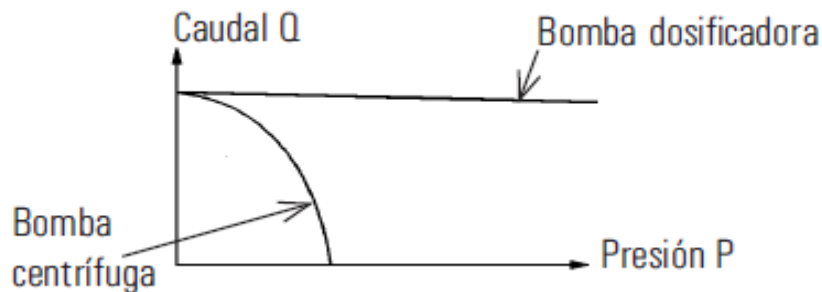


Ilustración 8.2.3. Comparativa gráfica de la evolución del caudal en función de la variación de presión en una bomba dosificadora y una centrífuga

8.3. EL DISPOSITIVO DE ACCIONAMIENTO DE LA BOMBA DOSIFICADORA

Existen dos tipos de dispositivos de accionamiento en función del tipo de bomba dosificadora.

En las bombas dosificadoras electromagnéticas el dispositivo de accionamiento se basa en un electro-ímán equilibrado dinámicamente por resortes y alimentado por medio de una electrónica de mando, los cuales están integrados en la bomba.

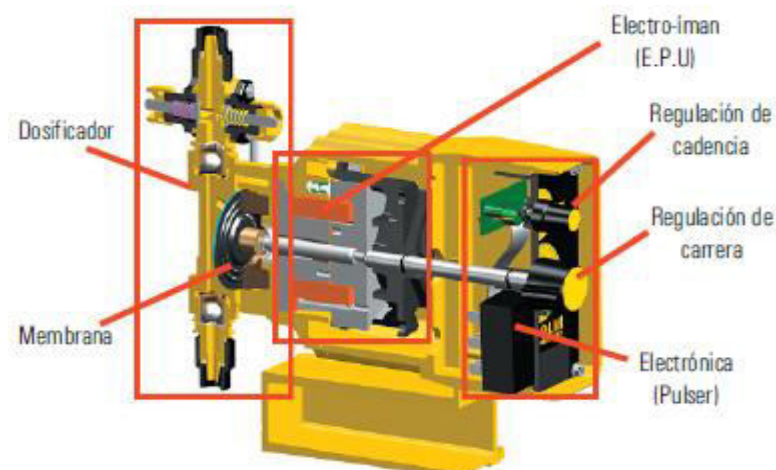


Ilustración 8.3.1. Dispositivo de accionamiento de una bomba electromagnética

En las bombas dosificadoras electromecánicas el dispositivo de accionamiento está compuesto por un motor eléctrico. En el caso de emplear montajes llamados multiplex, la bomba dosificadora es accionada a partir de otra bomba dosificadora a la que está mecánicamente acoplada. También se pueden encontrar accionamientos mediante motores de explosión o de gas. Cuando el dispositivo motriz es de velocidad variable, la bomba dosificadora ofrece la posibilidad de trabajar con una cadencia variable.

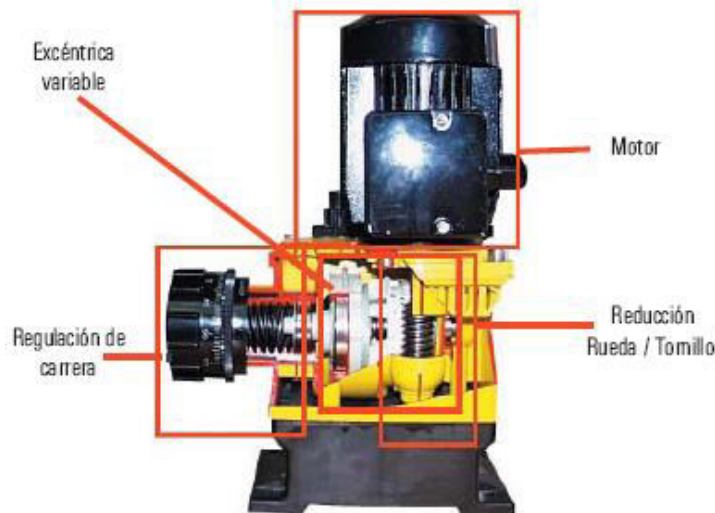


Ilustración 8.3.2. Dispositivo de accionamiento de una bomba electromecánica

8.4. EL CONJUNTO MECÁNICO DE LA BOMBA DOSIFICADORA

Al igual que los dispositivos de accionamiento, el conjunto mecánico de las bombas electromecánicas y electromagnéticas es diferente.

En el caso de las bombas dosificadoras electromagnéticas, el conjunto mecánico está constituido por un electro-imán, su electrónica de mando y los dispositivos de regulación (tanto el dispositivo mecánico de regulación de la cilindrada como el de regulación de la cadencia de funcionamiento).

En el esquema mostrado abajo, se puede ver que el electro-imán genera el movimiento lineal del cuadro móvil en un sentido; mientras que los muelles de retroceso se encargan de efectuar el retorno del mismo. La regulación de la cilindrada se obtiene mediante un tope mecánico regulable del enganche móvil en su fase de vuelta y la regulación de la cadencia se realiza a través de la electrónica de mando.

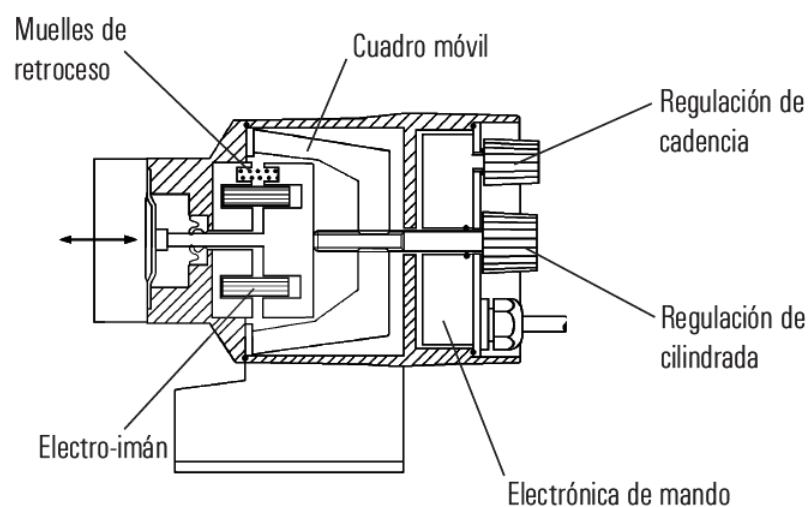


Ilustración 8.4.1. Conjunto mecánico de una bomba dosificadora electromagnética

El conjunto mecánico de las bombas dosificadoras electromecánicas comprende 3 partes: un reductor de engranaje (normalmente tipo rueda/tornillo sinfín como se puede apreciar en la ilustración 9.3.2.), un mecanismo de transformación de movimiento rotativo del sistema de arrastre en movimiento alternativo de la corredera y el dispositivo de regulación de la cilindrada.

En la figura mostrada abajo, se esquematiza el principio de funcionamiento de un mecanismo de leva excéntrica y retroceso por muelle.

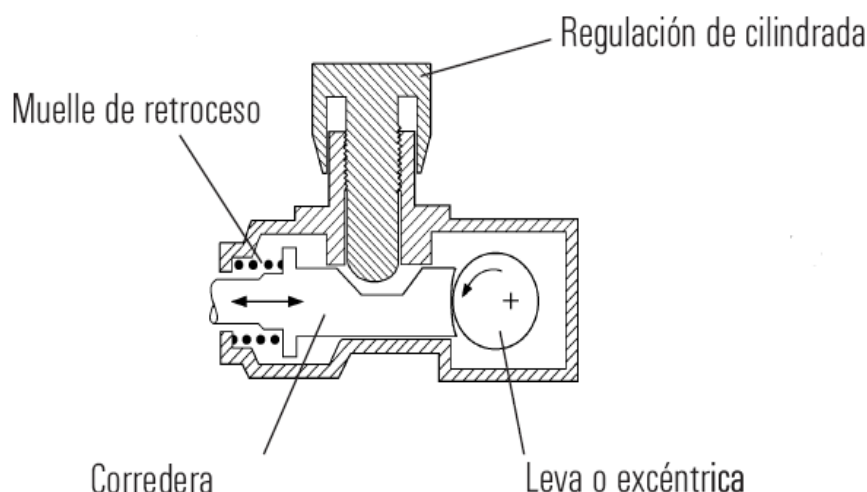
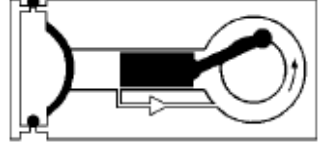
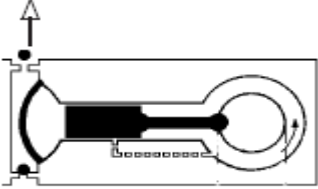
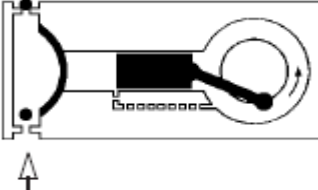
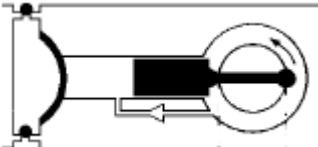


Ilustración 8.4.2. Conjunto mecánico de una bomba dosificadora electromecánica

En este tipo de bombas, la regulación de la cilindrada se obtiene por reglaje del tope mecánico de la corredera en su fase de retorno. Este diseño se reserva a las bombas de potencia reducida, ya que se producen choques mecánicos e hidráulicos en el interior de la bomba. Al igual que en las bombas electromecánicas, un dispositivo se mueve en rotación (la leva en este caso) y convierte su movimiento de rotación en una translación de la corredera, cuyo recorrido es regulado por el mecanismo de regulación de la cilindrada. El muelle de retroceso se encarga de provocar el retorno de dicha corredera.

Existen otros principios de funcionamiento para el conjunto mecánico de las bombas dosificadoras, como es el caso de aquéllos con regulación de cilindrada por by-pass o división de caudal en el circuito de aceite de mando. El principio es únicamente aplicable a las bombas dosificadoras de membrana hidráulica y se basa en el desacoplamiento hidráulico entre pistón y membrana cuando el circuito de retroceso está abierto y, a la inversa, acoplamiento hidráulico entre pistón y membrana cuando el by-pass o circuito de retroceso está cerrado. A continuación se detallan las distintas etapas del funcionamiento de una bomba regulada al 66% mediante la técnica de by-pass:

<p>Primer tercio de impulsión: durante el primer tercio de la impulsión, el circuito de retroceso está abierto y por tanto no hay bombeo (pistón y membrana desacoplados).</p>	
<p>Segundo y tercer tercio de impulsión: el circuito de retroceso se cierra y se produce el bombeo en la etapa de impulsión (pistón y membrana están acoplados).</p>	
<p>Primer y segundo tercio de aspiración: el pistón retrocede hasta que abre de nuevo el circuito de retroceso. En esta etapa se produce el bombeo en la aspiración con el pistón y la membrana acoplados.</p>	
<p>Tercer tercio de aspiración: el circuito de retroceso permanece abierto, de forma que durante el último tercio de la aspiración no hay bombeo (pistón y membrana desacoplados)</p>	

Cuando el sistema de by-pass se regula al 0%, el circuito de regulación está abierto permanentemente, de manera que toda la cilindrada generada por el pistón regresa al cárter. Si por el contrario, la regulación es del 100%, el circuito de retroceso al cárter estará cerrado permanentemente y toda la cilindrada engendrada por el pistón se transmitirá por mediación de la membrana al líquido bombeado.

Finalmente, cabe destacar también el uso de los sistemas de plato inclinable y los sistemas de balancines, los cuales son empleados en las bombas dosificadoras de gran potencia. A continuación se muestran algunos ejemplos de estos mecanismos:

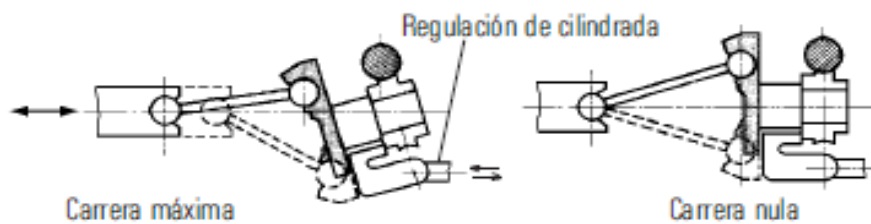


Ilustración 8.4.3. Sistema de plato inclinable en configuración de carrera máxima y mínima

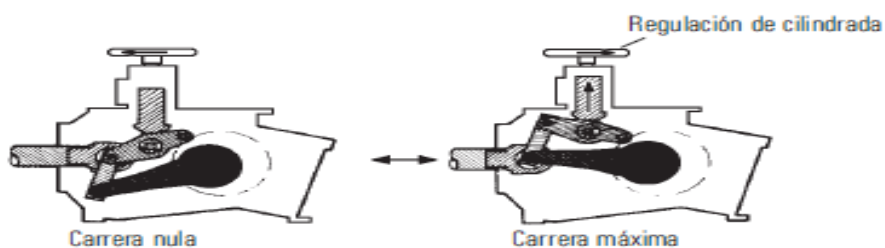


Ilustración 8.4.4. Sistema de balancines en configuración de carrera máxima y mínima

8.5. EL DOSIFICADOR Y LA MEMBRANA DE LA BOMBA DOSIFICADORA

La parte de dosificación es la más importante de la bomba dosificadora, la que suele dar lugar a más averías y necesita un mayor cuidado preventivo, ya que es la que está en contacto directo con el fluido transportado. De esta forma, los materiales de los componentes del dosificador deben ser seleccionados de forma cuidadosa en función de la agresividad química del fluido. Por su parte, las válvulas de aspiración e impulsión de la bomba dosificadora forman parte integral del conjunto dosificador.

En función del dosificador se distinguen tres tipos: el dosificador de pistón, el de membrana de mando mecánico y el de membrana de mando hidráulico.

- **Dosificador de pistón:** se trata de la solución tradicional, ya que ofrece un excelente rendimiento a altas presiones y altas temperaturas. Aún así, presenta diversos inconvenientes como la imposibilidad de obtener una estanqueidad perfecta aumentando el riesgo de polución o el difícil mantenimiento debido al desgaste a nivel de empaquetaduras. Además se trata de un sistema de dosificación impropio para líquidos cargados, ya que éstos generan un desgaste rápido del pistón y la empaquetadura que se encarga de separar el aceite del conjunto mecánico del fluido bombeado en la zona de dosificación. A continuación se muestra un esquema de este tipo de dosificador:

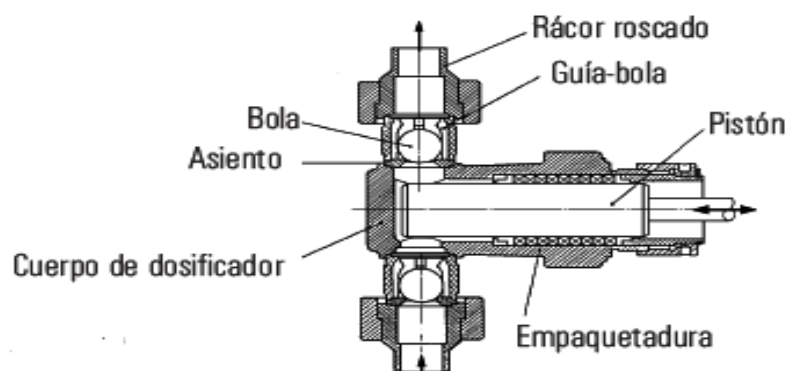


Ilustración 8.5.1. Esquema de un dosificador de pistón

- **Dosificador de membrana de mando mecánico:** el dosificador de membrana, a diferencia del de pistón, es totalmente estanco. En el caso de mando mecánico, la membrana va fijada directa y mecánicamente al cuadro móvil del conjunto mecánico, de forma que su centro se desplaza con la carrera de la bomba y la estanqueidad se obtiene en la periferia. Este tipo de dosificadores se emplea para bajas presiones de impulsión, ya que la membrana trabaja en desequilibrio de presión al soportar la presión del fluido transportado en el lado proceso y la presión atmosférica del aire ambiente en su cara opuesta. A continuación se muestra una imagen de este tipo de dosificador de membrana:

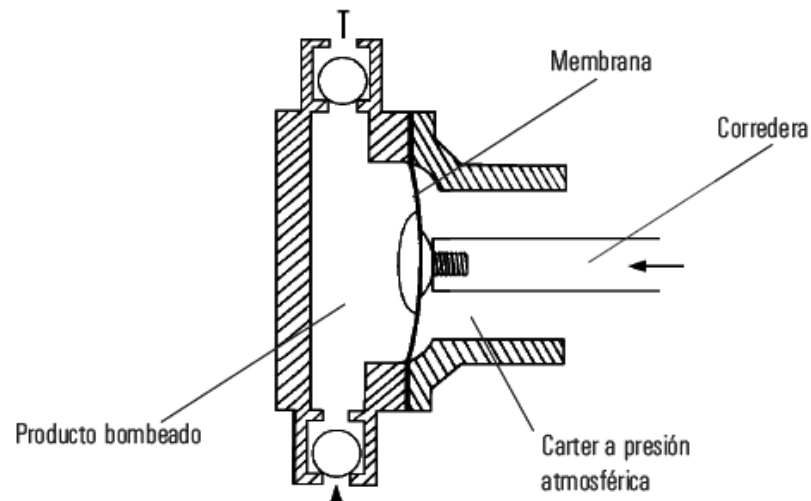


Ilustración 8.5.2. Esquema de un dosificador de membrana de mando mecánico

- **Dosificador de membrana de mando hidráulico:** este dosificador es ideal para las dosificaciones a presiones elevadas y las aplicaciones que requieren grandes caudales o necesitan una presión muy grande en la inyección continua de un microcaudal. En este tipo de dosificador, la membrana engendra el caudal desde el momento en que está hidráulicamente accionada por el pistón y además, actúa como un separador entre el aceite hidráulico de mando y el fluido del proceso. A diferencia del dosificador de mando mecánico, la membrana no se encuentra sometida a presión y su duración es muy grande. En la figura que se muestra a continuación, se considera el esquema de principio de una bomba con este tipo de dosificador de membrana, sin tener en cuenta los dispositivos necesarios para un buen funcionamiento: la válvula de seguridad en el circuito de aceite hidráulico, la purga de aire que evita la acumulación de gas en la parte superior del dosificador y el dispositivo de realimentación de aceite hidráulico.

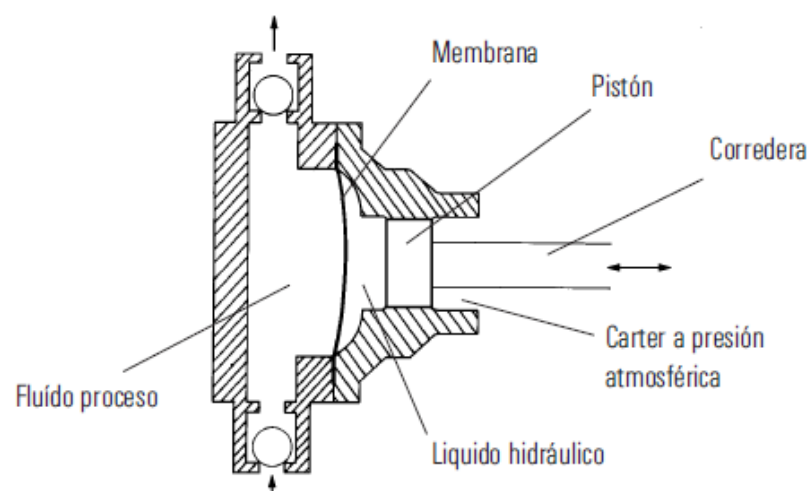


Ilustración 8.5.3. Esquema de un dosificador de membrana de mando hidráulico

La membrana que se emplea en el dosificador es el elemento de estanqueidad absoluta de dicho dosificador. Este componente de las bombas debe ser fabricado teniendo en cuenta los imperativos de compatibilidad química en cuanto al fluido dosificado, así como los imperativos mecánicos que garantizan la precisión del dosificador y la duración de las membranas. De esta forma, la tecnología de fabricación de membranas está en constante evolución y desarrollo.

- **Membrana de mando mecánico:** estas membranas suelen estar fabricadas en PTFE, debido a la inercia química que presenta este material. El empleo de este tipo de membranas permite un trabajo en desarrollo garantizando la precisión del dosificado, además de una resistencia mecánica de cara a tensiones externas de forma que la presión de impulsión se ejerce en una sola cara o en la zona de ajuste en periferia y una resistencia mecánica de cara a las tensiones internas unidas al desarrollo del a voluta. A continuación se muestra el esquema de esta membrana:

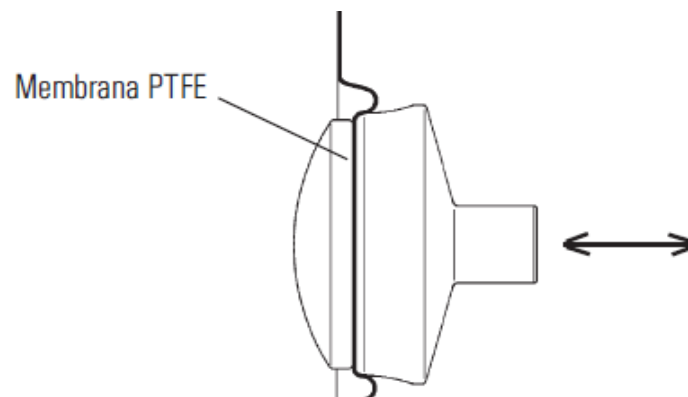


Ilustración 8.5.4. Membrana de mando mecánico

- **Membrana de mando hidráulico:** las membranas hidráulicas son generalmente de dos tipos:
 - En el caso de aplicaciones que necesitan caudales bajos y altas presiones, se emplean discos simples de PTFE o de metal (generalmente, acero inoxidable o aleaciones de níquel). Las características dimensionales como el espesor, el diámetro o los desplazamientos son definidas en función de los caudales, presiones y materiales utilizados.
 - Por otro lado, existen otro tipo de membranas cuya cara del lado de dosificación está fabricada en PTFE y adherida a un soporte elastómero moldeado. Además, la forma de esta membrana, la cual podemos ver en la figura inferior, está realizada para asegurar un funcionamiento sin tensiones mediante la integración de una junta tórica de estanqueidad al moldeado.

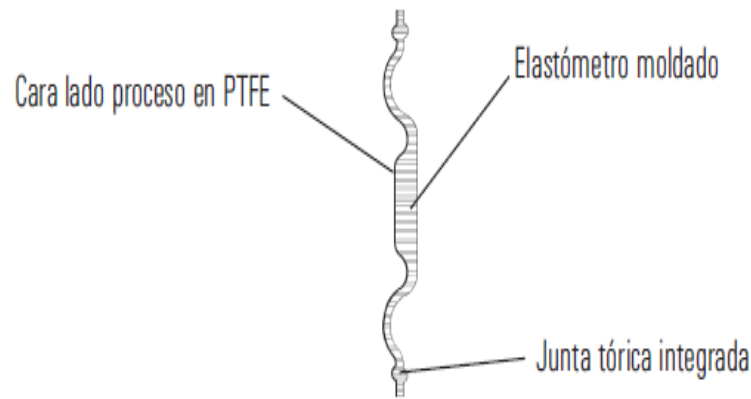


Ilustración 8.5.5. Vista en corte parcial de la membrana de mando mecánico

Las bombas de membrana hidráulica pueden ser de membrana simple o membrana doble. Las versiones de doble membrana pueden ir equipadas con sistemas de detección de rotura accidental basados en la variación de presión, de resistividad, de densidad, etc. De esta forma, si una de las dos membrana se rompe, la otra asegura la estanqueidad y seguridad del bombeo mientras un sistema de detección de rotura emite una alarma visual. Esto ocurre en el caso en el que, por ejemplo:

- Se produce algún contacto accidental entre el líquido bombeado y el aceite de la bomba que no es admisible.
- Se produce alguna contaminación accidental del líquido bombeado que no es admisible.
- Si se produce la emisión accidental al exterior de líquidos peligrosos para el entorno o para el hombre como cloro líquido, sulfuro de hidrógeno.

Los sistemas de doble membrana existentes se basan principalmente en dos tecnologías:

- La doble membrana “sándwich” (sin líquido intercalado entre membranas) asociada a una detección por presión (manómetro o presostato).
- La doble membrana con líquido intercalado unida a una detección por densidad, resistividad o cualquier otro tipo de parámetro.

9. IDENTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE DOSIFICACIÓN DISPONIBLES EN PLANTA

Una vez mostrada la información y características básicas de las bombas dosificadoras y las instalaciones de dosificación presentes en la refinería, se procede a realizar un listado de los equipos de dosificación, puesto que desde el departamento de mantenimiento rotativo no se tenía una lista clara de todas las bombas dosificadoras existentes en planta con el ítem interno de refinería, el código de almacén, la zona en la que trabajan y el modelo de bomba.

Para ello, se toman como base las listas antiguas proporcionadas por los suministradores y el programa interno “SAP”, dónde están registradas todas las bombas dosificadoras operativas en planta para ubicar sus repuestos. Con toda esta información, se realiza una comprobación de los listados proporcionados, haciendo un recorrido por las diferentes zonas de planta y consultando con operación la posible existencia de equipos no operativos o fuera de uso.

Una vez hecha la recopilación de todos los equipos de dosificación, se divide la refinería en 5 grandes zonas según su papel en el proceso de refino:

- Destilación: se realiza la destilación del crudo metido a presión en la torre de destilación atmosférica y se separa el mismo en distintos componentes más ligeros y más pesados.
- Conversión: en esta unidad se procesan las partes más pesadas del crudo que no han podido ser destiladas a presión atmosférica en la torre de destilación atmosférica. Mediante destilación al vacío y procesos catalizadores se consigue destilar las partes pesadas del crudo obteniendo gasóleos y naftas.
- Energías: es la zona donde se genera a partir de turbinas el vapor y la luz con la que se abastece al resto de unidades para que éstas puedan funcionar.
- Coker: en esta unidad se aprovecha la parte del crudo pesada que no ha podido ser destilada en la zona de conversión, para ser tratada y obtener gasóleos ligeros y pesados, además del coque o carbón, que finalmente es comercializado.
- Offsites: es la zona con menos presencia de equipos rotativos, ya que es dónde se realiza el almacenamiento de los productos empleados y obtenidos en la refinería mediante grandes tanques.

De esta forma, el listado completo de las bombas dosificadoras disponibles en planta es el siguiente:

Codigo almacen	Item	Fabricante	Modelo	Ubicación
220013981	P-113	LEWA	H2	Destilación
-	P-121-A	LEWA	HK2	Destilación
-	P-121-B	LEWA	HK2	Destilación
220013991	P-122	LEWA	FK1	Destilación
220013991	P-123	LEWA	FK1	Destilación
220013992	P-125-A	LEWA	FLM1	Destilación
220013992	P-125-B	LEWA	FLM1	Destilación
220014033	P-156-A	MILTON ROY	A 29-FR-121	Destilación
220014033	P-156-B	MILTON ROY	A 29-FR-121	Destilación
220013672	P-180-A	MILTON ROY	XA 112-F1-H3Z/L.HV3	Destilación
220013672	P-180-B	MILTON ROY	XA 29-S(F)2-H14	Destilación
220013672	P-180-C	MILTON ROY	XA 112-F1-H3Z/L.HV3	Destilación
220013672	P-180-D	MILTON ROY	XA 29-S(F)2-H14	Destilación
220013672	P-180-E	MILTON ROY	XA 29-S(F)2-H14	Destilación
220013672	P-180-F	MILTON ROY	XA 29-S(F)2-H14	Destilación
220013672	P-180-G	MILTON ROY	XA 112-F1-H3Z/L.HV3	Destilación
220013672	P-180-H	MILTON ROY	XA 29-S(F)2-H14	Destilación
220014012	P-192	MILTON ROY	A 29-FR-111	Destilación
220014026	P-1117-A	MILTON ROY	RD 58G5P2/RL.78.VV3.Z	Energías
220014026	P-1117-B	MILTON ROY	RD 58G5P2/RL.78.VV3.Z	Energías
220014027	P-1119	MILTON ROY	MMRB 6E63-112R5N	Conversión
220013726	P-1126	MILTON ROY	RD 58G5P2/RL.78.VV3.Z	Energías
220013726	P-1127	MILTON ROY	RD 58G5P2/RL.78.VV3.Z	Energías
220013726	P-1128	MILTON ROY	RD 58G5P2/RL.78.VV3.Z	Energías
220013726	P-1129	MILTON ROY	RD 58G5P2/RL.78.VV3.Z	Energías
220014042	P-1135-A	MILTON ROY	LMI P151-198SM	Energías
220014042	P-1135-B	MILTON ROY	LMI P151-198SM	Energías
220013983	P-1152-A	LEWA	HL1	Energías
220013983	P-1152-B	LEWA	HL1	Energías
220013984	P-1153	LEWA	HL1	Energías
220014038	P-1172-C	MILTON ROY	B 140-SSH-49/9-HV3	Energías
220014038	P-1172-D	MILTON ROY	B 140-SSH-49/9-HV3	Energías
220014045	P-1176-A	MILTON ROY	GA 2P1T3	Energías
220014045	P-1176-B	MILTON ROY	GA 2P1T3	Energías
220014045	P-1177-A	MILTON ROY	GA 2P1T3	Energías
220014045	P-1177-B	MILTON ROY	GA 2P1T3	Energías
220014045	P-1178-A	MILTON ROY	GA 2P1T3	Energías
220014045	P-1178-B	MILTON ROY	GA 2P1T3	Energías
220014045	P-1178-C	MILTON ROY	GA 2P1T3	Energías
220014856	P-1694	MILTON ROY	LMI P133-398S3	Energías
220014856	P-1695	MILTON ROY	LMI P133-398S3	Energías
220014031	P-2113	MILTON ROY	A 112-FR-111	Conversión
220014032	P-2114	MILTON ROY	A 112-FR-121	Conversión
220013673	P-2122-A	MILTON ROY	XA 112-F1-H31/L.HV3	Conversión
220013673	P-2122-B	MILTON ROY	XA 29-S(F)2-H14	Conversión
220013673	P-2122-C	MILTON ROY	XA 29-S(F)2-H14	Conversión
220013673	P-2122-D	MILTON ROY	XA 29-S(F)2-H14	Conversión
220013673	P-2122-E	MILTON ROY	XA 29-S(F)2-H14	Conversión
220018522	P-2505	RDCA	414 R3CD1VX09	Conversión
220013995	P-2552-A	ZENITH	QF	Conversión
220013995	P-2552-B	ZENITH	QF	Conversión
220013995	P-2552-C	ZENITH	QF	Conversión
220014023	P-2553-A	MILTON ROY	A 112-FR-131	Conversión
220014023	P-2553-B	MILTON ROY	A 112-FR-131	Conversión
220014023	P-2553-C	MILTON ROY	A 112-FR-131	Conversión
220014046	P-2791-A	MILTON ROY	A 112-F2-H2,1/EB-9-HD-HV3	Conversión
220014046	P-2791-B	MILTON ROY	A 112-F2-H2,1/EB-9-HD-HV3	Conversión
220014046	P-2792	MILTON ROY	A 112-F3-H1,2/EB-9-HV3	Conversión

220014047	P-2793-A	MILTON ROY	A 29-F1-P1,2/9-HV3	Conversión
220014047	P-2793-B	MILTON ROY	A 29-F1-P1,2/9-HV3	Conversión
220014047	P-2793-C	MILTON ROY	A 29-F1-P1,2/9-HV3	Conversión
220014047	P-2794	MILTON ROY	A 29-F1-P1,2/9-HV3	Conversión
220013726	P-2796-A	MILTON ROY	RD 58G5P2/RL.78.VV3.Z	Conversión
220013726	P-2796-B	MILTON ROY	RD 58G5P2/RL.78.VV3.Z	Conversión
220013726	P-2797	MILTON ROY	RD 58G5P2/RL.78.VV3.Z	Conversión
220013979	P-2841	PROMINENT	MIKRO	Coker
220013979	P-2842	PROMINENT	MIKRO	Coker
220013979	P-2843	PROMINENT	MIKRO	Coker
-	P-3250	MILTON ROY	MD 23-F3.2N3.5/9-VV2	Coker
-	P-3251	MILTON ROY	XA 29-F1-H3,5/9-HV1	Coker
-	P-3252	MILTON ROY	XA 29-F1-H3,5/9-HV1	Coker
220013955	P-3501-A	MILTON ROY	XA 112-F5-H1,2/9-L-HD-HV3	Coker
220013955	P-3501-B	MILTON ROY	XA 112-F5-H1,2/9-L-HD-HV3	Coker
220013955	P-3502	MILTON ROY	XA 112-F3-H1,2/9-L-HV3	Coker
220013955	P-3503-A	MILTON ROY	XA 29-F2-P1,2/9-L-HV3	Coker
220013955	P-3503-B	MILTON ROY	XA 29-F2-P1,2/9-L-HV3	Coker
220013955	P-3503-C	MILTON ROY	XA 29-F2-P1,2/9-L-HV3	Coker
220013955	P-3504	MILTON ROY	XA 29-F1-P1,2/9-L-HV3	Coker
220013955	P-3505-A	MILTON ROY	RD 58-G5-P2/9.LR.78.VV3	Coker
220013955	P-3505-B	MILTON ROY	RD 58-G5-P2/9.LR.78.VV3	Coker
220013982	P-407	LEWA	HL1	Destilación
-	P-4121-A	MILTON ROY	XA 112-F2-H3/L.CZ.FPHV3	Coker
-	P-4121-B	MILTON ROY	XA 112-F2-H3/L.CZ.FPHV3	Coker
220014034	P-503-A	MILTON ROY	B 56-J4-H105/9CB.HV1	Destilación
220014034	P-503-B	MILTON ROY	B 56-J4-H105/9CB.HV1	Destilación
220014035	P-507-A	MILTON ROY	A 74-F3-H21/9.HV1	Destilación
220014035	P-507-B	MILTON ROY	A 74-F3-H21/9.HV1	Destilación
220014036	P-513-A	MILTON ROY	MC 140-T55-H44/9.VV1	Destilación
220014036	P-513-B	MILTON ROY	MC 140-T55-H44/9.VV1	Destilación
220014037	P-515-A	MILTON ROY	MC 112-R145-H6/L8Z.VV3	Destilación
220014037	P-515-B	MILTON ROY	MC 112-R145-H6/L8Z.VV3	Destilación
220014031	P-807-A	MILTON ROY	A 112-AFR-121	Offsites
220014031	P-807-B	MILTON ROY	A 112-AFR-121	Offsites

Tabla 9.1. Listado de bombas dosificadoras disponibles en la refinería BP Oil Castellón

Finalmente, a continuación se muestra un gráfico con el número de bombas dosificadoras existentes en planta según el fabricante que las ha suministrado



Ilustración 9.2. Gráfico con el número de bombas en planta por fabricante

10. LA FIABILIDAD MECÁNICA

En el desarrollo de los programas de mantenimiento, muchos de los activos tienen un alto nivel de fallas, algunos aparentemente interminables. Un programa de “bad actors” ayuda a reducir el número de fallas durante la implementación de soluciones en un proceso de RCFA (Root-Cause Failure Analyse).

Los “bad actors” son sistemas y equipos con una gran cantidad de paradas, emergencias y reparaciones que supuestamente no tienen razón de ser y que concentran la mayor cantidad de mano de obra y desgaste en una organización.

El programa de bad actors dentro de una estrategia de confiabilidad se convierte en una filosofía de mantenimiento, liderada por el equipo de confiabilidad que desarrolla los parámetros para determinar cuáles son los activos que se encuentran desviados en el desempeño de su función.

Para determinar e identificar la lista de los “bad actors” se usan los reportes desde el CMMS, la información de reporte de fallas, llamados de emergencias, las pérdidas de producción y los costos de mantenimiento entre otros.

El ingeniero de Fiabilidad determina la confiabilidad para cada sistema y equipo, usando el Mean Time Between Failure (MTBF), el Mean Time To Failure (MTTF), los costos, el número de fallas y las pérdidas de producción en un periodo predeterminado.

Con esta información se realiza el análisis de cuáles son los equipos “BAD ACTORS” o malos actores y se determinan las acciones para el mejoramiento.

Dentro de la industria del refino se establecen unos KPI's (Keep Performer Indicators) que son: ítems críticos (Bad Actors), tiempo medio hasta fallas (MTBF), tiempo medio hasta fallas (MTTF), tiempo medio del reparo (MTTR), disponibilidad, número de fallas, pérdida de producción, costos de manutención preventiva e de correctiva, costos de mano de obras y de piezas sobresalientes.

En este Proyecto, emplearemos el número de fallas, los costes de reparación y el MTBF como KPI's para determinar los “bad actors” de los equipos de dosificación y la situación actual de la refinería en cuanto a bombas dosificadoras se refiere.

Gracias a ello se podrá establecer un objetivo de mejora y trabajar en los equipos más críticos para reducir su impacto negativo en cuanto a fiabilidad (costes de reparaciones, número de averías, etc.)

11. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS EN CUANTO A FIABILIDAD

Una vez presentados todos los modelos de bombas dosificadoras presentes en la planta de la refinería, se procede a realizar el análisis de fiabilidad de los equipos. Para ello, se extraen del programa informático de base de datos SAP todo el historial de reparaciones de cada una de las bombas, así como los costes, el nivel de criticidad de las averías y el tiempo entre fallos (MTBF). Con todo esto, se establece una lista de “bad actors” o equipos críticos en función de los costes de mantenimiento causados a la refinería y el número de averías/reparaciones sufridas. Para calcular el promedio de reparaciones anuales se empleará la fórmula siguiente

$$\text{Promedio de reparaciones} = \frac{\text{Rep. 2011} + \text{Rep. 2012} + \text{Rep. 2013} + \text{Rep. 2014}}{4}$$

11.1. ANÁLISIS DE BAD ACTORS EN FUNCIÓN DE COSTES Y REPARACIONES Y ESTUDIO DE LAS ZONAS CRÍTICAS

BOMBA	REPARACIONES/AÑO				PROMEDIO REPARACIONES ANUALES	% COSTES	ZONA	FLUIDO BOMBEADO	Marca
	2011	2012	2013	2014					
P-2842	12	9	13	13	11,75	8,258%	Coker	Eliminox	PROMINENT
P-3251	7	7	6	0	5	3,227%	Coker	Inhibidor de corrosión	MILTON ROY
P-2113	0	9	10	0	4,75	3,041%	Conversión	Filmante	MILTON ROY
P-3501 A	9	6	4	0	4,75	3,657%	Coker	Ácido sulfúrico	MILTON ROY
P-3250	5	2	10	1	4,5	1,689%	Coker	Eliminox	MILTON ROY
P-2843	5	4	4	4	4,25	4,662%	Coker	Filmante	PROMINENT
P-2841	8	5	3	0	4	4,741%	Coker	Inhibidor de corrosión	PROMINENT
P-3501 B	3	5	7	1	4	5,593%	Coker	Ácido sulfúrico	MILTON ROY
P-1117 A	3	4	3	2	3	2,233%	Energías	Hipoclorito sodico	MILTON ROY
P-2122 C	5	5	0	1	2,75	1,812%	Conversión	Pasivante	MILTON ROY

Tabla 11.1.1. Top 10 de “bad actors” en función del promedio de reparaciones anual

BOMBA	COSTE REPARACIÓN TOTAL	% COSTES	ZONA	FLUIDO BOMBEADO	Marca
P-2842	32.301,52 €	8,258%	Coker	Eliminox	PROMINENT
P-3503 A	22.323,13 €	5,707%	Coker	Inhibidor de corrosión	MILTON ROY
P-3501 B	21.878,33 €	5,593%	Coker	Ácido sulfúrico	MILTON ROY
P-2841	18.546,70 €	4,741%	Coker	Inhibidor de corrosión	PROMINENT
P-2843	18.235,66 €	4,662%	Coker	Filmante	PROMINENT
P-1126	14.414,69 €	3,685%	Energías	Anti-incrustante	MILTON ROY
P-2552 B	14.389,54 €	3,679%	Conversión	Inhibidor de corrosión	MILTON ROY
P-3501 A	14.305,90 €	3,657%	Coker	Ácido sulfúrico	MILTON ROY
P-3251	12.623,43 €	3,227%	Coker	Inhibidor de corrosión	MILTON ROY
P-2113	11.896,53 €	3,041%	Conversión	Filmante	MILTON ROY

Tabla 11.1.2. Top 10 de “bad actors” en función del coste total para la refinería

En estas tablas se muestran los 10 equipos más críticos de dosificación en función de las reparaciones sufridas y los costes producidos a la refinería. Como se puede ver, la gran mayoría operan en la zona del coker y en concreto, la bomba P-2842 de Prominent es una de las más problemáticas ya que está implicando la mayor inversión en costes de mantenimiento, además de ser un equipo que dobla en incidencias al segundo equipo con más reparaciones. Mediante una mejora de la fiabilidad de los bad actors en un 50%, se podría conseguir una reducción de costes de en torno a 90.000 € en el mantenimiento de bombas dosificadoras, ya que el impacto de los 10 bad actors principales en planta asciende a casi el 50% de los costes totales de mantenimiento de los equipos de dosificación. A continuación, se muestran varios gráficos explicativos:

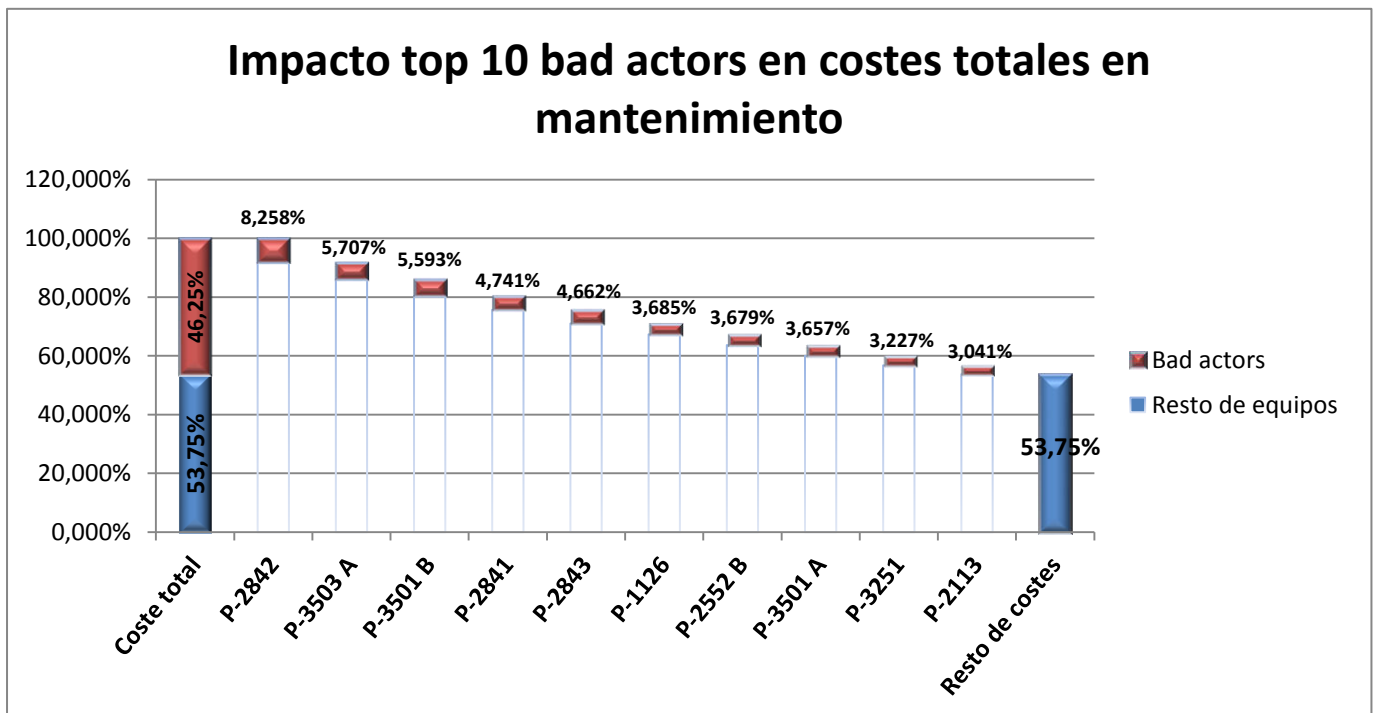


Ilustración 11.1.1. Porcentaje de impacto en costes del top 10 de equipos críticos de dosificación sobre el total

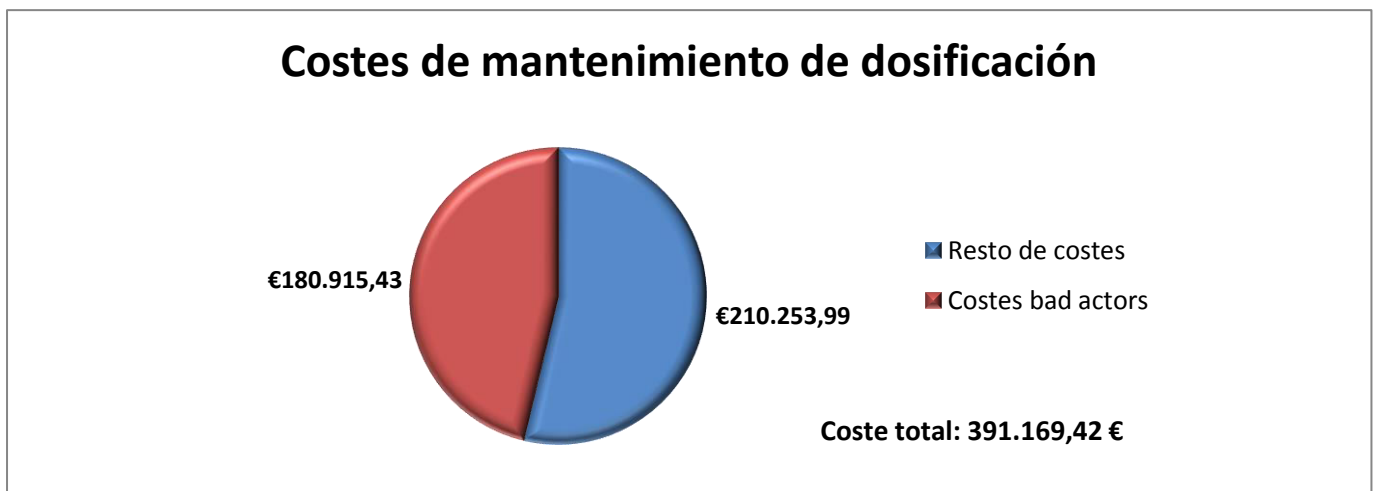


Ilustración 11.1.2. Costes totales de mantenimiento de los equipos de dosificación

Como podemos ver en los gráficos, la influencia de los equipos críticos en los elevados costes de mantenimiento de los equipos de dosificación de la refinería es muy grande. Para poder comenzar una labor de mejora de estos equipos, a continuación se analizan la situación en planta de los mismos, dividiendo la planta en 5 zonas: coker, destilación, conversión, offsites y energías. Esto se realiza con el fin de encontrar en la medida de lo posible, aquélla zona de refinería donde se encuentren los mayores problemas de fiabilidad en cuanto a dosificación, para así poder realizar un estudio de la unidad y el papel que desempeñan los equipos críticos dentro de la misma.

De esta forma, en primer lugar se muestra el gráfico del porcentaje de bombas dosificadoras que hay en cada unidad sobre el total:

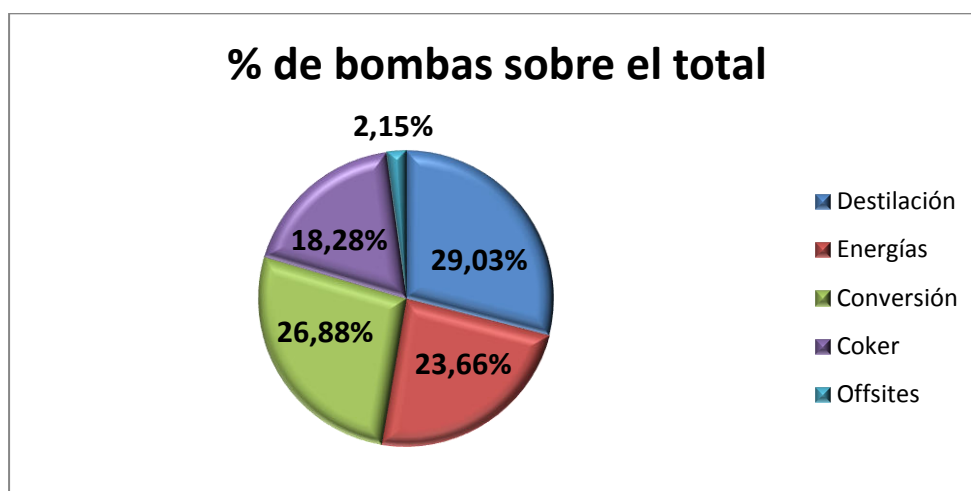


Ilustración 11.1.3. Porcentaje de bombas dosificadoras por zona de planta sobre el total

Se puede apreciar, que la mayor parte de las bombas se reparten entre las zonas de destilación, energías y conversión. En el coker el número de bombas desciende ligeramente; mientras que en offsites la cantidad de bombas es despreciable ya que sólo se cuenta con dos equipos. Pese a todo, los mayores problemas de fiabilidad están localizados en la zona del coker, como podemos ver en los siguientes gráficos:



Ilustración 11.1.4. Promedio de reparaciones anuales de bombas por unidad

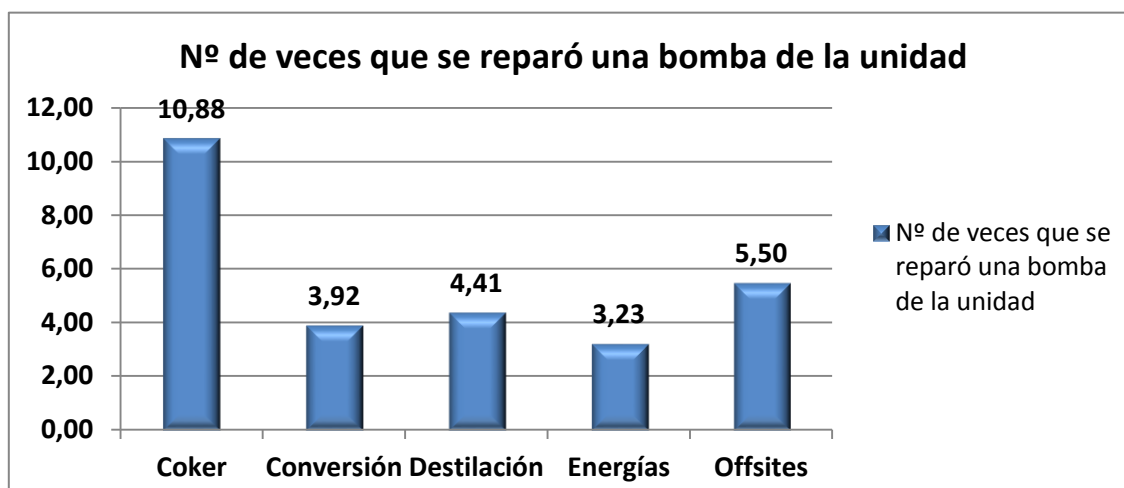


Ilustración 11.1.5. Promedio de reparaciones anuales por bomba en cada unidad

La fórmula empleada para calcular el número de veces que se reparó una bomba de la unidad es la siguiente:

$$N^{\circ} \text{ de veces que se repara 1 item} = \frac{N^{\circ} \text{ de reparaciones totales}}{n^{\circ} \text{ de items}}$$

La zona que sufre un mayor número de reparaciones en equipos de dosificación anualmente es la zona de coker, pese a ser la cuarta zona en número de bombas dosificadoras. Esto provoca que la totalidad de los equipos de la unidad de coquerización sufran un mayor número de reparaciones por año elevándose a casi 11 reparaciones/bomba y doblando o triplicando a los equipos de las otras zonas de la refinería.

Por otro lado, se ha realizado una comparativa también en cuanto a costes y mano de obra empleada en las reparaciones. Al igual que en los gráficos anteriores, la zona del coker es la que da lugar a costes más elevados en mantenimiento de sus equipos. Dentro de los costes de mantenimiento se ha tenido en cuenta la labor externa a los trabajadores BP (trabajo realizado por empresas contratistas), la mano de obra interna, los materiales empleados y sustituidos, el alquiler de equipos y los gastos en servicios de transporte, etc. El 50% de los costes totales en mantenimiento, es decir, en torno a 180.000 € se centran en los equipos de dosificación del coker como se puede ver a continuación:

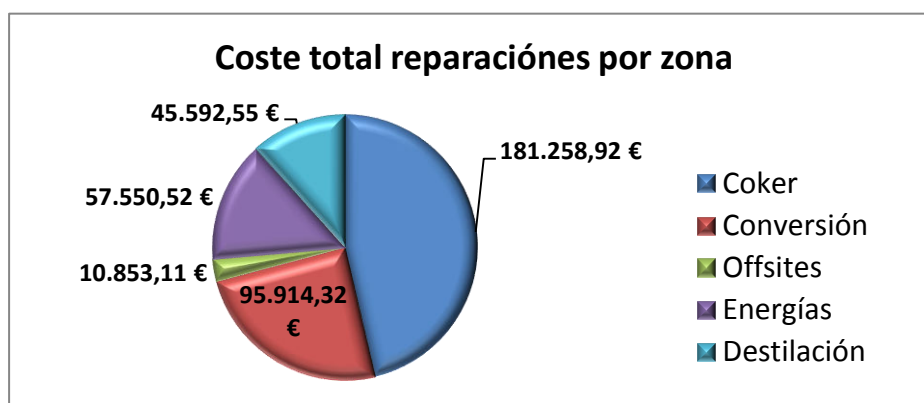


Ilustración 11.1.6. Costes de mantenimiento de equipos de dosificación por zonas de la refinería

También se muestran las gráficas del desglose de costes en las particiones comentadas anteriormente según la zona de refinería, además de una gráfica con el cálculo promedio del coste de mantenimiento que supone una bomba de cada unidad y el promedio de horas de mano de obra interna dedicadas a la reparación de una bomba en las distintas unidades. Estos gráficos confirman definitivamente que la zona del coker es la más problemática en cuanto a fiabilidad.

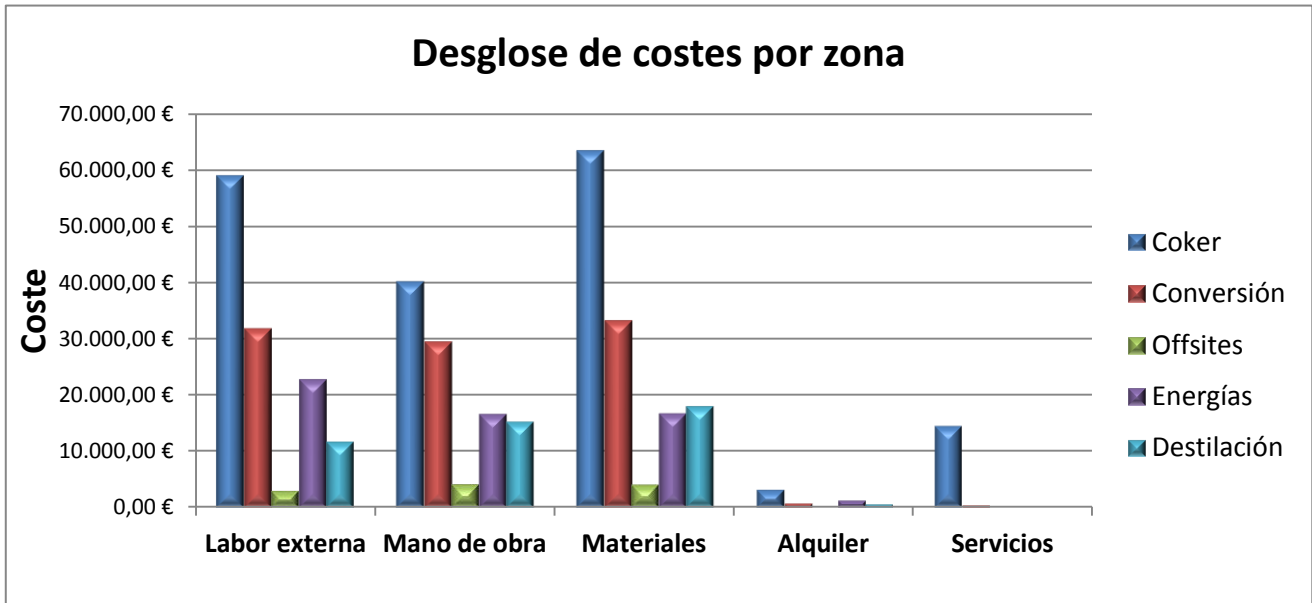


Ilustración 11.1.7. Desglose de costes por zonas de la refinería

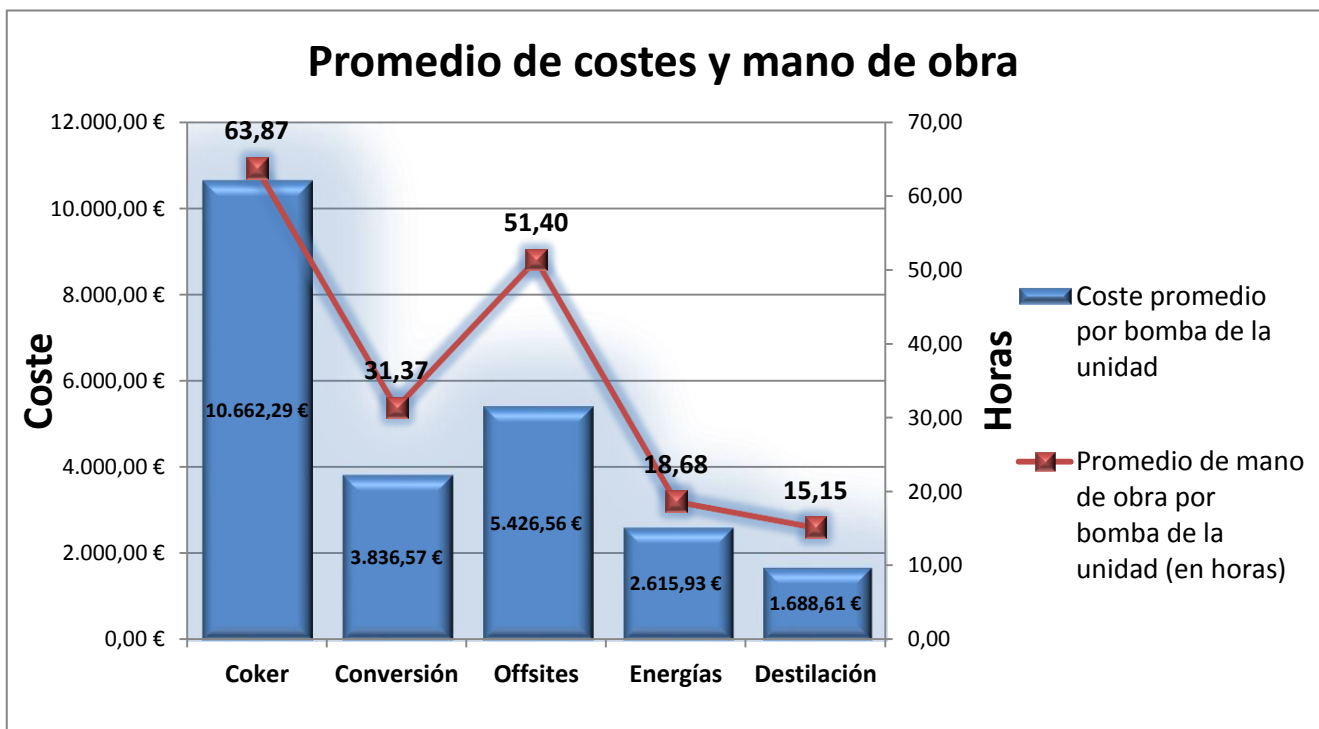


Ilustración 11.1.8. Promedio de costes de mantenimiento y mano de obra dedicadas a una sola bomba en cada unidad

11.2. ANÁLISIS MTBF DE LOS EQUIPOS

La mayoría de compañías no miden el parámetro denominado MTBF (mean time between failures), pese a que realmente es uno de los principales medidores de la fiabilidad dentro de una empresa. El MTBF designa el tiempo promedio de funcionamiento de un activo antes de que este falle.

El proceso de análisis MTBF está dividido en 5 pasos:

- Asegurar que toda emergencia es cubierta con una Orden de Trabajo (OT) aunque el fallo sea leve.
- Comenzar a calcular el MTBF, centrándose en un área de producción o un grupo de activos. Para el cálculo se emplea la siguiente fórmula:

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de bombas} * \text{ tiempo (en meses)}}{\text{Número de OTs de emergencia}}$$

- Graficar los datos obtenidos en el área de producción o grupo de activos analizado para poder observar de una manera gráfica el comportamiento de los equipos en cuanto a fiabilidad se refiere.
- Una vez realizado el análisis del MTBF, otra medida útil es la de graficar o calcular el porcentaje de cambio en el MTBF. Mediante esto, podemos establecer un objetivo y trabajar hacia la consecución del mismo. La fórmula a emplear sería la siguiente:

$$\% \text{ cambio MTBF} = \frac{MTBF \text{ actual}}{MTBF \text{ previo}}$$

- Graficar si es necesario la tasa de cambio de MTBF y aplicar todo el proceso a cada área de producción o grupo de activos.

De esta forma, a parte de la reducción de costes, en este proyecto se busca aumentar el promedio de tiempo que tardan en fallar las bombas dosificadoras (MTBF), con el fin de aumentar así la fiabilidad de los equipos. Para ello, se ha realizado un cálculo del MTBF a partir de las OTs notificadas para las bombas dosificadoras durante los últimos 4 años. El MTBF se ha aplicado a un periodo de 12 meses anteriores al momento del cálculo y con ello se ha obtenido el tiempo en meses que transcurriría antes de que se hubieran realizado en todos las bombas dosificadoras tantas reparaciones como bombas hay en la refinería.

A continuación se muestra una gráfica con las reparaciones realizadas en las bombas dosificadoras por mes, el MTBF calculado a después de los 12 primeros meses y siempre aplicándose a los 12 meses anteriores al del cálculo y el MTBF trimestral, en el cual el cálculo se centra en el tiempo que sería necesario para llegar al mismo número de reparaciones que bombas hay en la refinería centrándose en los 3 meses que se calculan.

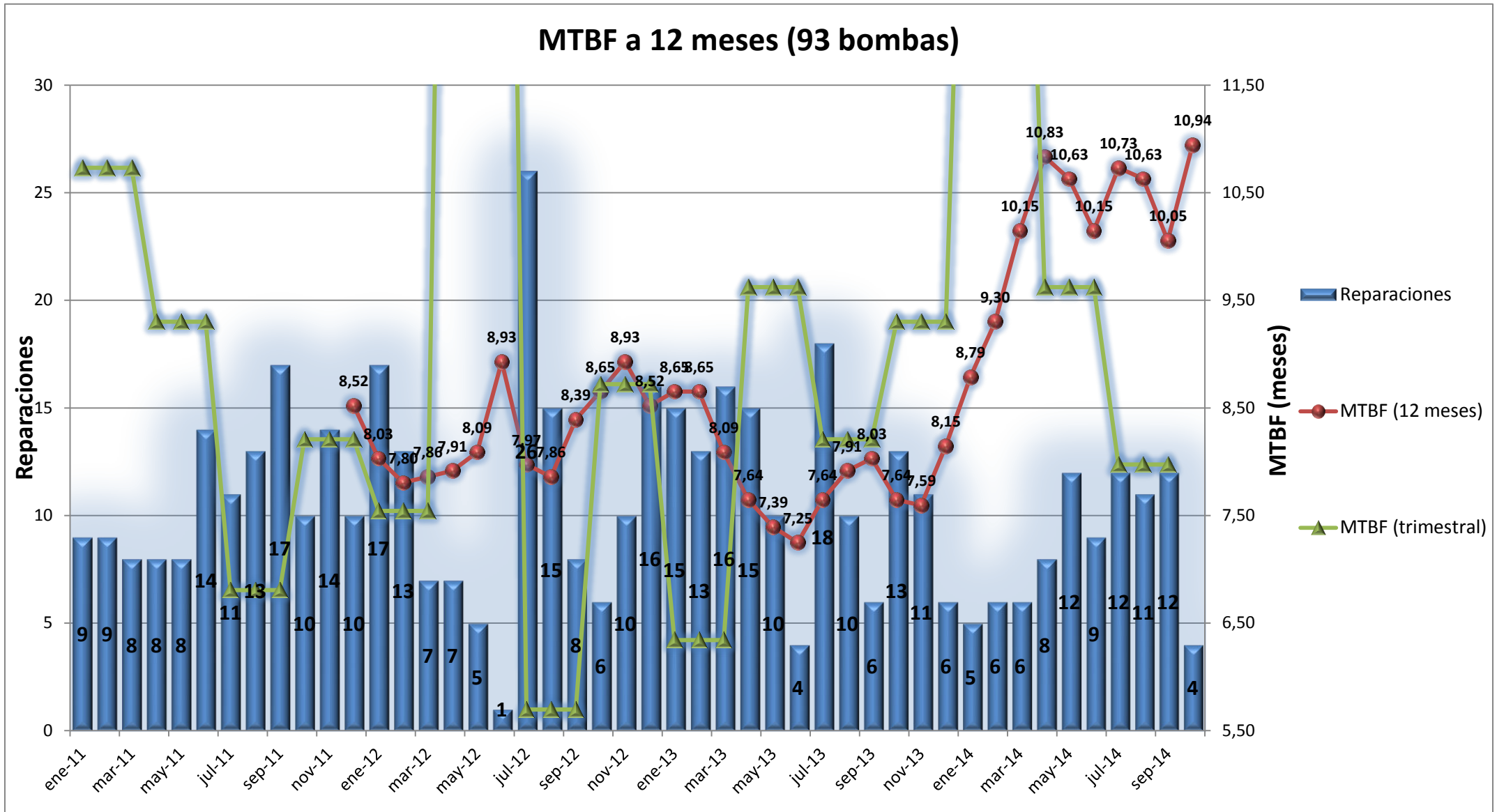


Ilustración 11.1.9. Cantidad de reparaciones mensuales, MTBF mensual a 12 meses y MTBF trimestral de las bombas dosificadoras de refinería

Como se puede observar en el gráfico, el MTBF ha aumentado considerablemente durante el año 2014, en el que se ha pasado de valores en torno a 7-8 meses hasta los 10,94 meses de octubre de 2014. Pese a todo, la cifra actual, que supone un record de MTBF en bombas dosificadoras para la refinería es inferior a un año.

Teniendo en cuenta que el número de equipos de dosificación en refinería es relativamente alto (casi 100 unidades), el hecho de que cada menos de un año se realicen 100 reparaciones en total en estas bombas y la mayoría sean acciones correctivas, es decir reparaciones realizadas sobre las bombas una vez éstas han sufrido una avería notificada por OT, es un dato negativo en cuanto a fiabilidad se refiere.

Con el fin de marcar un objetivo a conseguir en el aumento del MTBF de las bombas dosificadoras, a continuación se muestran las gráficas de MTBF para los 10 bad actors en reparaciones, los cuales han sido detallados anteriormente en la tabla 11.1.1 y el resto de equipos. De esta forma, mediante la reducción del impacto en el MTBF de los bad actors se podrá llegar a establecer una cifra objetivo de MTBF de todas las bombas que como veremos a continuación es notablemente superior a los 11 meses actuales.

MTBF a 12 meses de equipos críticos (10 bombas)

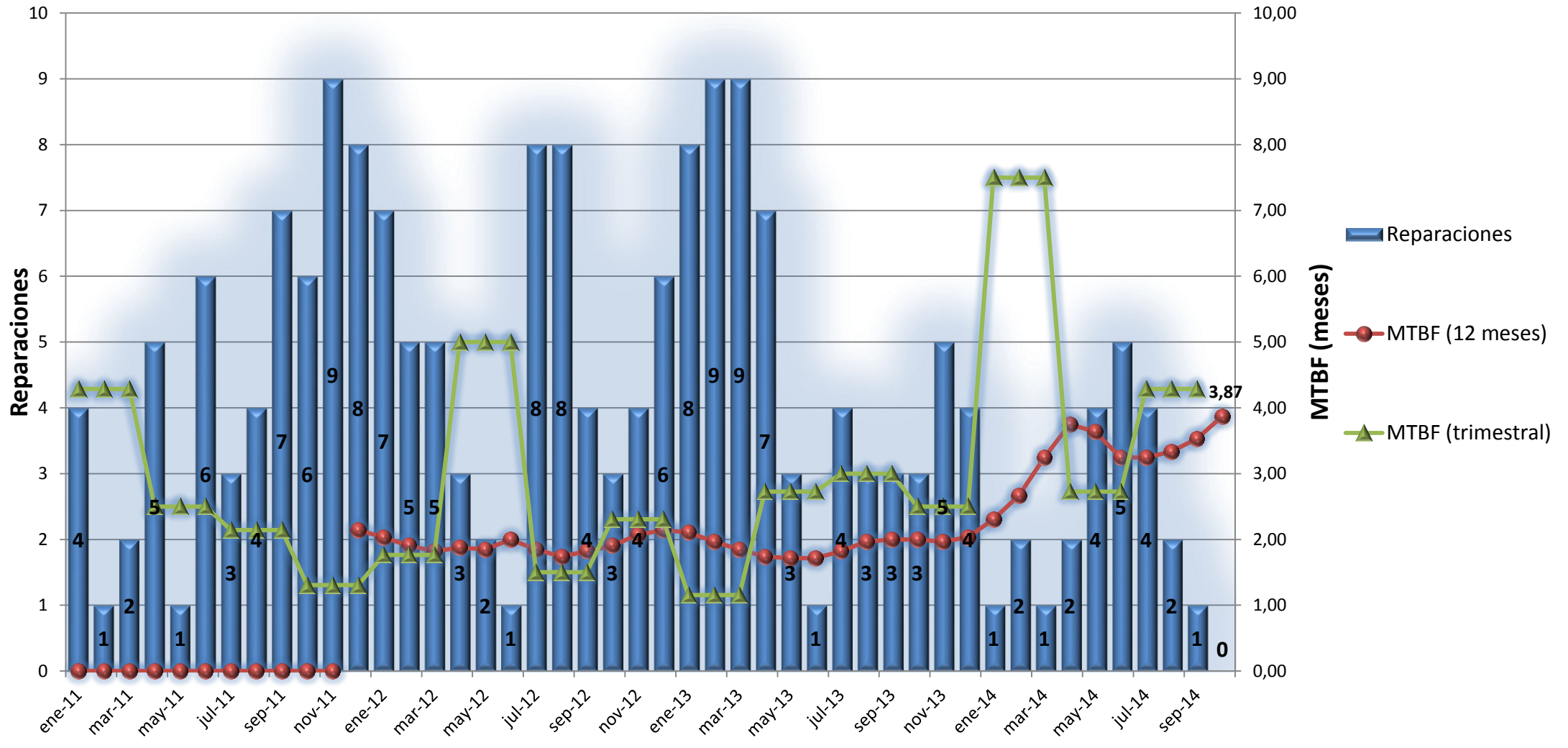


Ilustración 11.1.10. Cantidad de reparaciones mensuales, MTBF mensual a 12 meses y MTBF trimestral de los bad actors o bombas dosificadoras críticas de la refinería

MTBF a 12 meses de equipos no críticos (83 pumps)

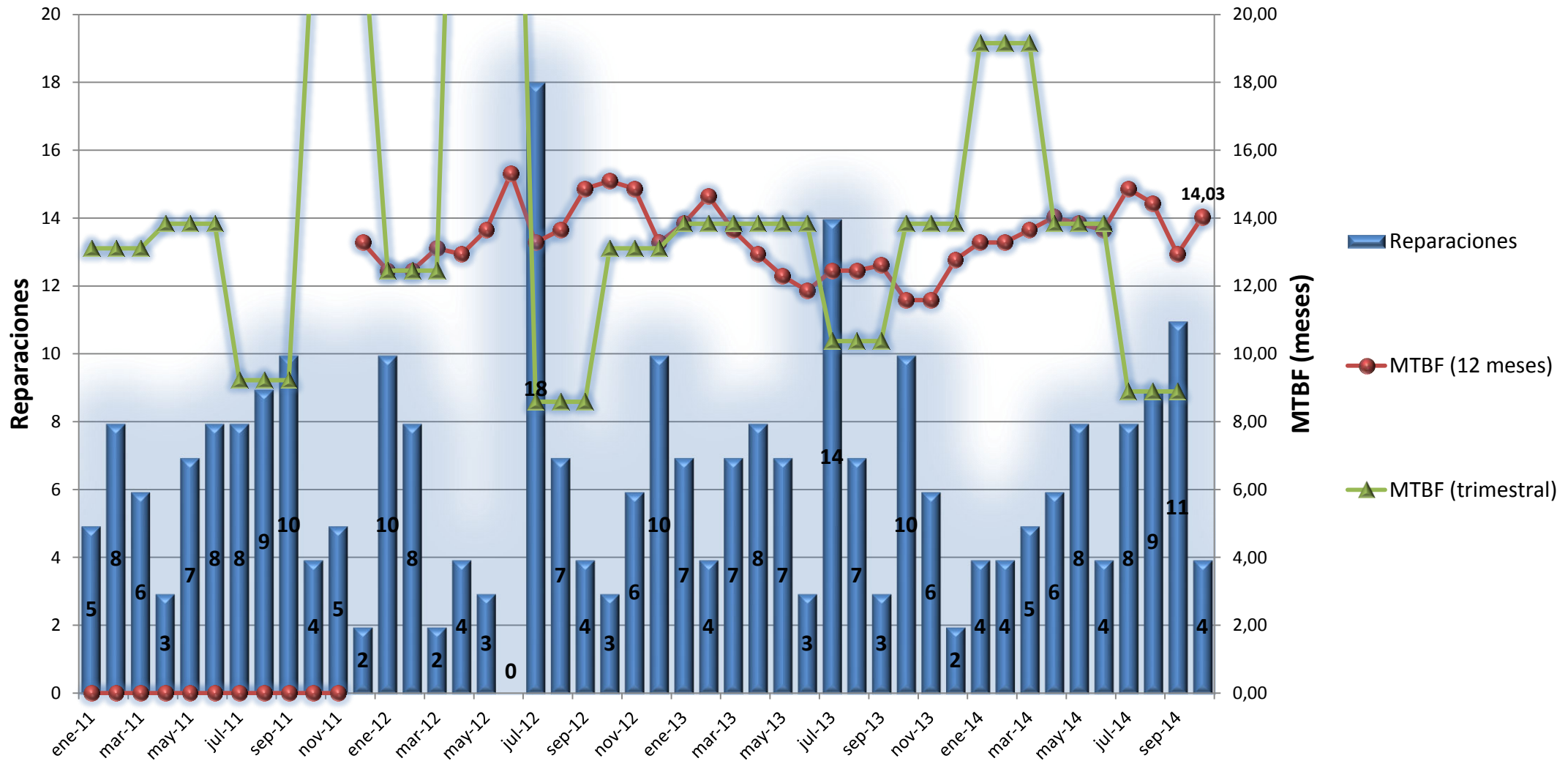


Ilustración 11.1.11. Cantidad de reparaciones mensuales, MTBF mensual a 12 meses y MTBF trimestral del resto de bombas dosificadoras de la refinería

Como se puede observar en los gráficos mostrados, el MTBF de las 10 bombas dosificadoras críticas (bad actors) es muy inferior al del resto de equipos. Mientras que cada menos de 4 meses el conjunto de los 10 equipos críticos son sometidos a un total de 10 reparaciones, en el resto de equipos (83) el número de reparaciones alcanza la cantidad de bombas cada 14 meses de promedio.

De esta forma, si se consiguiera reducir el impacto de los bad actors hasta el punto de conseguir ascender su MTBF al nivel del resto de equipos (pasar de 4 meses a 14 meses) se conseguiría aumentar el MTBF de todo el complejo de la refinería en 3 meses, ya que se pasaría de los 10,94 meses actuales (ilustración 11.1.9) a 14 meses. Esto implica una tasa de cambio de MTBF de:

$$\% \text{ cambio MTBF} = \frac{14,03}{10,94} = 1,28 \text{ o } 28\%$$

Así pues, a parte de conseguir una reducción de los costes de mantenimiento de los equipos, lo que se busca también es aumentar el MTBF. Pese a parecer un porcentaje no muy elevado (ya que sólo se aumenta en una cuarta parte el tiempo que tardan en señalarse el mismo número de OTs que equipos hay en refinería), esto implica una reducción de costes de mantenimiento de más de 100.000€, que pueden invertirse en acciones de preventivo o la introducción de mejoras en los equipos.

Para finalizar, una vez marcado el objetivo de aumentar el MTBF de las bombas dosificadoras en 3 meses, se ha procedido a comparar el MTBF de cada zona de la refinería (offsites, conversión, destilación, energías y coker) con el MTBF correspondiente a todo el complejo. De esta forma, se ha podido comprobar cuál es la zona más crítica de refinería considerando este factor de fiabilidad y analizar el factor MTBF de una forma más pormenorizada zona por zona del complejo:

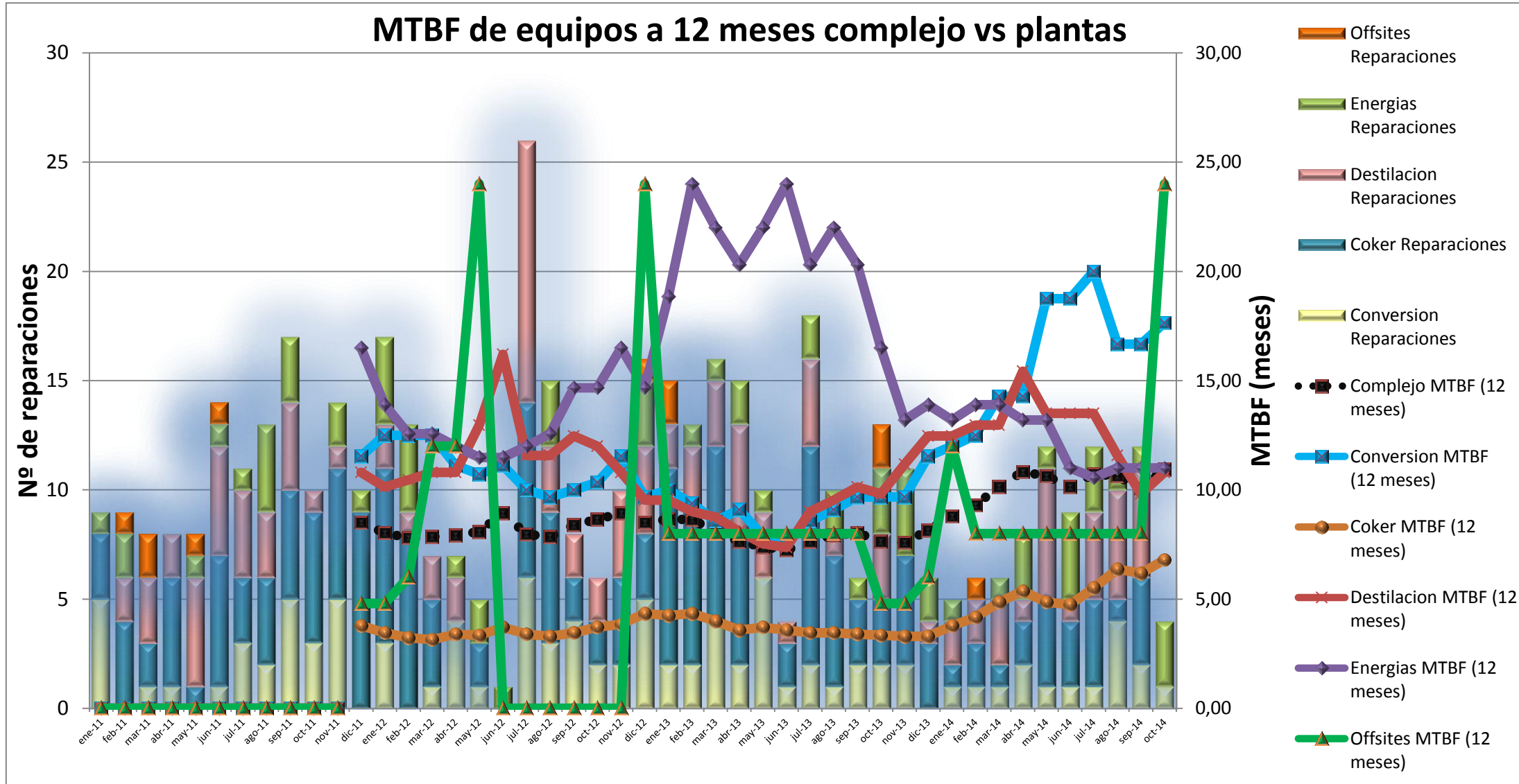


Ilustración 11.1.12. Cantidad de reparaciones mensuales y MTBF mensual a 12 meses de las bombas dosificadoras del complejo y dividido por zonas de refinería

Para finalizar, los comentarios a nivel de planta y global son los que siguen:

- **COMPLEJO:**

El MTBF del complejo se encuentra actualmente por debajo del objetivo previsto. En este último año, se ha conseguido un aumento importante del MTBF, ya que éste ha pasado de 8 a 10 meses gracias a las intervenciones oportunas realizadas en algunas bombas Milton Roy, las cuales durante el año 2012 y 2013 dieron muchos problemas de fiabilidad. El valor actual de casi 11 meses representa un valor record para la refinería, pero aún así, solucionando algunos de los problemas que siguen dando los bad actors, se puede llegar a aumentar esa cifra en un 25% como ya se ha comentado anteriormente.

Si se consigue rebajar el efecto negativo de la alta cantidad de reparaciones de los equipos críticos (sobre todo la bomba P-2842), se podría aumentar el MTBF del complejo hasta los 14 días.

- **Energías:**

Presenta un MTBF muy similar al de la media de todo el complejo, es decir 11 meses aproximadamente.

Esta planta, la cual cuenta con un total de 22 equipos ha llegado a tener valores muy elevados de MTBF durante el año 2013, dónde se alcanzó una cifra record de 24 meses. Aun así, durante el año 2014 los valores de MTBF han descendido hasta la media de todo el complejo de 11 meses, debido a las averías que han sufrido equipos como las P-1117 A/B y las P-1177 A/B.

- **Destilación:**

Al igual que en el caso de energías, su MTBF actual es muy parejo al del todo el complejo de la refinería.

Cabe destacar que es una de las plantas más veteranas de la refinería, ya que cuenta con gran parte de las bombas dosificadoras de LEWA, que son las más antiguas de planta y van a ser sometidas a un plan de renovación.

En cuanto al MTBF de esta zona, durante este último año ha aumentado hasta el valor medio actual de 11 meses, ya que en el año 2013 llegó a descender hasta valores críticos de en torno a 7 meses debido a la antigüedad de muchos de sus equipos.

- **Conversión:**

Su valor de MTBF actual es bastante elevado respecto a la media del complejo, ya que ha llegado durante este año a un valor de 20 meses (17,5 meses actualmente).

Se trata de una de las plantas más exigentes en cuanto a dosificación, ya que en ella se encuentra la zona de alquilación, una de las más exigentes y críticas en cuanto a fluidos operativos (ácido sulfhídrico entre otros). De esta forma, la zona de conversión requiere de

una mayor exigencia en cuanto a compatibilidad entre fluidos trasegados y materiales de las bombas en el conjunto del dosificador.

Pese a todo, el MTBF de conversión ha progresado positivamente este último año dónde ha pasado de 9 meses en octubre de 2013 hasta cifras records de entre 17 y 20 meses actualmente, ya que ha disminuido el número de reparaciones en algunos equipos críticos. Especial mención a la bomba P-2113, que es un bad actor importante en el cual se ha trabajado para aumentar su fiabilidad, aunque sigue sufriendo averías en menor medida.

- **Offsites:**

Es la planta con mayor valor de MTBF actual (24 meses).

Cabe destacar que es la planta menos exigente desde el punto de vista de horas de funcionamiento que el resto del complejo, además de presentar únicamente un 2% de todos los equipos de dosificación de la refinería. Es quizá por ello que el MTBF actual de esta zona presenta buenos valores.

- **Coker:**

Se trata de la unidad más crítica de la refinería en cuanto a equipos de dosificación sin lugar a dudas. Su valor de MTBF, que ha llegado a ser de 3 meses durante algún mes del año 2013, muestra claramente que es la zona donde se encuentran los mayores problemas de fiabilidad de bombas dosificadoras. Actualmente, su MTBF es de 7 meses aproximadamente, pero está muy lejos del valor medio de 11 meses de todo el complejo.

En esta unidad de refinería, se encuentran la gran mayoría de bad actors tanto por cantidad de reparaciones como por costes de mantenimiento. Las bombas más críticas se encuentran dentro de la zona de Hidrógeno-28, dónde están las P-2841, P-2842, P-2843 de Prominent, que están dando muchos problemas de fiabilidad y necesitan una solución que reduzca la cantidad de averías que sufren. También se encuentran aquí otros equipos críticos como las bombas P-3250 y P-3251 junto a la P-3501 A/B, que son bombas de membrana con accionamiento mecánico del fabricante Milton Roy.

Todo ello nos lleva a la conclusión de que la unidad de refinería dónde se debe de trabajar en mayor medida para mejorar la fiabilidad de las bombas dosificadoras es la unidad de coker, ya que sus equipos de dosificación provocan casi el 50% de costes de mantenimiento de bombas dosificadoras y su MTBF (7 días) es de un orden muy bajo respecto al MTBF medio actual del complejo (11 días) y el esperado una vez se consigan las mejoras necesarias en fiabilidad de bombas que debería oscilar los 14 días.

12. MANTENIMIENTO DE EQUIPOS: MEJORAS EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y REACTIVO

El mantenimiento de los equipos de refinería es el conjunto de operaciones realizadas para que un equipamiento reúna las condiciones necesarias de funcionamiento que le permitan desarrollar la tarea para la que fue instalado. Se divide en dos tipos: el preventivo y el correctivo.

El mantenimiento preventivo es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante la realización de revisiones y reparaciones periódicas que garanticen el buen funcionamiento y la fiabilidad de los mismos. Este tipo de mantenimiento se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento y su objetivo es el de evitar los fallos en los equipos antes de que estos ocurran.

Por su parte, el mantenimiento correctivo es aquel que se lleva a cabo una vez un equipo ha registrado una avería. Este tipo de mantenimiento está basado en la localización de las averías o defectos sufridos por los equipos para proceder a corregirlos o repararlos.

Dentro del ámbito de las refinerías, siempre se busca aumentar lo máximo posible el mantenimiento preventivo, ya que es la única forma de tener completamente controlado el funcionamiento de los equipos de una planta. El mantenimiento correctivo son una serie de acciones tomadas para subsanar errores en los equipos, cuando estos sufren una avería y dejan de realizar su rol dentro del proceso de refino. De esta forma, cuando los mecánicos recurren al mantenimiento correctivo en un equipo, es porque se están produciendo una serie de pérdidas económicas por la falta de disponibilidad del equipo averiado en el proceso.

Para mejorar sustancialmente la fiabilidad, es necesario aumentar el mantenimiento preventivo en los equipos, asegurando que éstos se encuentren en buenas condiciones de funcionamiento para evitar que puedan dejar de funcionar por alguna avería. Pese a todo, en la refinería BP Oil de Castellón, el mantenimiento preventivo es prácticamente nulo en cuanto a bombas dosificadoras se refiere, de forma que siempre que se realiza algún tipo de intervención es por el hecho de que la bomba está averiada y no está funcionando correctamente. Esto no ayuda a la mejora de la fiabilidad en los equipos de dosificación y es por ello que a continuación se expondrán diversos puntos para contribuir a aumentar el mantenimiento preventivo en las bombas dosificadoras. De esta forma, uno de los principales objetivos del proyecto es el de ajustar el preventivo sobre el correctivo para reducir costes de reparaciones por averías de los equipos que no han sido correctamente sometidos a revisiones periódicas.

La primera mejora en materia de mantenimiento preventivo y correctivo es la introducción de un protocolo de trabajo cuando una bomba dosificadora tiene que ser intervenida. Este protocolo se divide en 8 pasos mostrados a continuación:

- 1 – Vaciado del aceite del cárter y de la cámara hidráulica
- 2 – Desmontaje del dosificador
- 3 – Desmontaje del motor
- 4 – Desmontaje del conjunto mecánico
- 5 – Limpieza total del cárter y del dosificador
- 6 – Sustitución de las piezas de desgaste
- 7 – Montaje del equipo
- 8 – Pruebas de estanqueidad, presión y caudal

El mantenimiento preventivo consiste en las operaciones y sustitución de elementos de los equipos para conseguir el máximo rendimiento de los mismos. En materia de preventivo, ya se ha podido observar anteriormente que no se está realizando ningún tipo de labor en planta, ya que todas las reparaciones que se realizan en las bombas dosificadoras son de mantenimiento correctivo, una vez la avería en la bomba ya ha tenido lugar.

En cuanto a mantenimiento preventivo, se van a proponer dos tipos de ejecución. La primera consistirá en realizar los trabajos de preventivo cada 2500 horas de trabajo o una vez al año; mientras que la segunda, se basará en realizar tareas de preventivo cada 6000 horas de trabajo o una vez cada dos años.

Con respecto a la primera iniciativa de preventivo (cada 2500 horas), a continuación se muestran las operaciones básicas de mantenimiento que se deben realizar en cada parte del equipo de dosificación:

- Conjunto mecánico
 - Vaciado del aceite del cárter y de la cámara hidráulica.
 - Limpieza y cambio de las juntas de goma.
 - Revisión de estado de las piezas vitales del equipo.
 - Cambio de aceite.
- Conjunto dosificador
 - Desmontaje y revisión de todos los elementos.
 - Verificación y sustitución de la membrana, empaquetaduras (en bombas de pistón) y asientos, bolas y juntas de las válvulas.
- Motor
 - Verificación de ruidos, consumos y estado del acoplamiento motor/bomba.

➤ General

- Comprobación de ruidos anómalos.
- Comprobación de presión y caudal.

En el caso del plan de mantenimiento preventivo de 6000 horas, se proponen unas tablas de verificación y sustitución de los componentes de las bombas (conjunto mecánico y dosificador) y su motor:

Verificación (V) o sustitución (S) de piezas del conjunto mecánico					
PIEZA	PROMINENT	MILTON ROY RD	MILTON ROY MC/MD	MILTON ROY XA/XB/A/B	MILTON ROY G
Aceite	S	S	S	S	-
Juntas	S	S	S	S	S
Compensador	-	-	V	-	-
Válvula de seguridad	-	S	V	S	-
Biela	S	-	S	V	-
Cojinetes cónicos	S	-	S	-	-
Rodamientos	S	S	S	S	-
Pistón	V	V	V	V	-
Corredera/camisa	V	V	V	S	-
Manivela	V	-	V	-	-
Reducción	V	V	V	V	V
Regulador	V	V	V	V	V
Verificación (V) o sustitución (S) de piezas del conjunto dosificador					
Membrana	S	S	S	S	S
Válvulas	S	S	S	S	S
Juntas	S	S	S	S	S
Empaquetadura	S	-	-	-	-
Purgador	-	-	-	V	-
Placas de apoyo	-	-	V	V	-
Cuerpo dosificador	V	V	V	V	V
Verificación (V) o sustitución (S) de piezas del motor					
Amortiguador	S	S	S	S	-
Acoplamientos	V	V	V	V	-
Rodamientos	V	S	S	S	-

Tabla 12.1. Relación de sustitución (S) o verificación (V) de las piezas de los distintos tipos de bombas dosificadoras

En cuanto al mantenimiento correctivo, que engloba las reparaciones directas por parte del personal de mantenimiento sobre las bombas dosificadoras una vez éstas ya han sufrido la avería, a continuación se propone una tabla con los diversos problemas que suelen sufrir las bombas dosificadoras en planta, la causa raíz de los mismos y las posibles soluciones:

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
El motor no gira	Motor defectuoso	Sustitución del motor
	Cableado defectuoso	Bobinado total del motor o sustitución
	Fallo de transmisión	Cambio del conjunto reducción
Recalentamiento del motor	Nivel de aceite incorrecto	Rellenar al nivel correcto
	Calidad del aceite incorrecta	Cambio de aceite por el adecuado
	La bomba se utiliza en condiciones especiales de trabajo	Consultar si el equipo es apto para estas condiciones de trabajo
Ruido mecánico	Desgaste del conjunto reducción	Sustitución del conjunto
	Desgaste de rodamientos	Sustitución de los rodamientos
	Acoplamiento motor / bomba aflojado o defectuoso	Comprobar y apretar los tornillos de sujeción o sustituir las piezas defectuosas
	El cárter no contiene aceite	Rellenar de aceite comprobando que no haya habido daños
	Sentido de giro del motor incorrecto	Comprobar con la flecha de indicación de giro
La bomba no suministra caudal y la corredera y el pistón no se desplazan	El reglaje de caudal está a 0	Regular hasta el caudal deseado y bloquear el nonio
	La biela está rota	Sustituir la biela
	El conjunto reducción está desgastado	Sustituir el conjunto reducción
	El reglaje del caudal es incorrecto	Comprobar posición del regulador, colocar correctamente y bloquear el nonio
	La sección de la tubería de aspiración es pequeña o su longitud es excesiva	Colocar tubos de sección adecuada o poner la bomba en carga
	La estanqueidad del circuito de aspiración es incorrecta	Comprobar circuito y subsanar
El caudal de la bomba es inferior al deseado	La viscosidad del producto a dosificar es inadecuada a las posibilidades de la bomba	Consultar al departamento técnico
	El desgaseado del cárter o cámara es incorrecto	Proceder a desgasear la cámara o el cárter
	El nivel de aceite es escaso	Buscar probable pérdida y subsanar
	La válvula de seguridad de la instalación o interna de la bomba descarga en continuo	La tubería de descarga está en parte o parcialmente obstruida, subsanar

	El compensador de aceite está defectuoso	Sustituir el compensador
	La empaquetadura del pistón está defectuosa	Sustituir la empaquetadura
	La membrana está defectuosa	Sustituir la membrana
La bomba no suministra caudal pero la corredera y el pistón se desplazan	El dosificador está descebado	Descomprimir la tubería de descarga y cebar el dosificador comprobando la estanqueidad de la tubería de aspiración
	Las bolas y los asientos de las bolas están bloqueados por partículas	Limpiar o sustituir las bolas y asientos de las válvulas, comprobar si la presencia de estas partículas es normal y corregir la causa si procede
	Membrana defectuosa	Sustituir la membrana
	Empaquetadura del pistón defectuosa	Sustituir la empaquetadura
El caudal de la bomba es superior al deseado	El reglaje de caudal es superior al deseado	Comprobar que el regulador está en el % deseado, ajustar y bloquear el nonio
	Hay sifonado	Verificar que la presión de aspiración no sea superior a la de impulsión
	El caudal es demasiado pausado	Necesita un depósito amortiguador o si existe está mal dimensionado o bien hay una pérdida de carga, buscar la causa y subsanarla
El caudal de la bomba es aleatorio	Suciedad en el circuito de aspiración	Limpieza del circuito, la membrana, empaquetadura y asientos y bolas de las válvulas sustituyendo las piezas dañadas

Tabla 12.2. Problema-causa-solución del mantenimiento correctivo de bombas dosificadoras

Gracias a la utilización de este protocolo de actuación y el aumento del mantenimiento preventivo en sustitución del correctivo con el fin de prevenir averías en las bombas, se podrán reducir las horas de trabajo de los mecánicos y los paros de algunos procesos de las unidades debido al mal funcionamiento de las bombas dosificadoras. Esto acarreará un beneficio económico a la refinería, ya que se reducirán los costes en mano de obra por reparaciones y se aumentará la productividad de unidades como el coker, que sufre la gran parte de problemas de fiabilidad en cuanto a bombas dosificadoras se refiere.

13. ANÁLISIS DE LAS CAUSAS RAÍZ DE LAS AVERÍAS

En este apartado se van a identificar y recopilar las diferentes causas de las fallas o averías ocurridas en los equipos de dosificación con el fin de resolver los problemas que tienen lugar en las bombas dosificadoras.

Las prácticas de ACR (análisis causa raíz) se centran en resolver problemas a través de la identificación y corrección de las causas raíz de los eventos, en lugar de tratar directamente los síntomas que surjan de un problema. Esto nos permite evitar la repetición de una avería y fomentar el mantenimiento preventivo de los equipos.

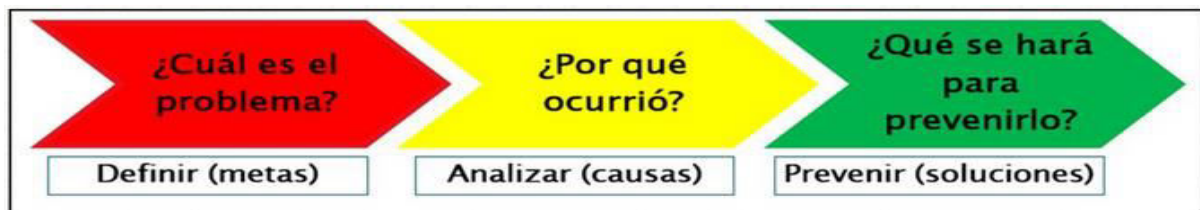


Ilustración 13.1. Esquema del análisis causa raíz

De esta forma, el ACR es un proceso reiterativo y una herramienta para la mejora continua. El análisis se realiza una vez el evento o avería ha ocurrido y su objetivo final es permitir que la metodología sea preventiva, pronosticando eventos probables antes de que sucedan.

Una vez analizadas todas las Órdenes de Trabajo de las bombas dosificadoras, asistido a reparaciones y consultando con los mecánicos especialistas en las reparaciones de bombas dosificadoras y los operarios que las manipulan, se han recopilado todos los problemas más frecuentes que suelen sufrir los equipos de dosificación que hacen obligatoria una reparación de los mismos.

Así pues, a continuación se muestran los fallos más frecuentes en las bombas dosificadoras y las posibles causas que los provocan:

- La bomba no suministra un caudal suficiente o normal debido a la suciedad existente en el circuito que bloquea los conductos de aspiración o impulsión.
- Rotura parcial o encogimiento/desgaste de la membrana del conjunto dosificador que da lugar a una alteración del caudal de la bomba dosificadora y el paso del aditivo químico a la zona del conjunto mecánico donde se mezcla con el aceite de lubricación.
- Recalentamiento del motor o caudal de la bomba anormal debido a errores de operación en la puesta en marcha de los equipos como el empleo de un aceite inadecuado para la bomba dosificadora en la que se está trabajando o un reglaje incorrecto de la carrera o el caudal de la bomba.

- Disminución del caudal bombeado o desgaste rápido de los elementos del conjunto dosificador de la bomba, como la membrana, las bolas de las válvulas, las juntas, etc. debido a que el producto químico bombeado es demasiado corrosivo para los materiales de los que se componen las piezas en contacto con el producto.
- Rotura de una o varias piezas de la parte del conjunto mecánico de la bomba (biela, pistón, conjunto de reducción, etc.) debido al desgaste de los componentes o a la rotura de la membrana, que provoca el paso del aditivo químico a la zona del conjunto mecánico y su posterior mezcla con el aceite de lubricación.
- La bomba suministra un caudal por debajo de lo normal o sufre un ruido mecánico inusual debido al desgaste de los rodamientos o la empaquetadura o el aflojamiento de los tornillos de sujeción del acoplamiento motor/bomba.
- El motor deja de funcionar debido a un problema eléctrico con el cableado, un fallo de la transmisión o un defecto en alguna pieza del motor.
- Problemas en la instalación de dosificación como el mal dimensionado del circuito (falta de un amortiguador, pérdidas de carga, etc.) o una longitud/sección inadecuada para el conducto de aspiración o impulsión, que dan lugar al descebado de la bomba, el sifonado del circuito dosificador o la alteración del caudal normal de la bomba.

Una vez sacadas estas conclusiones sobre los principales modos de fallo de las bombas dosificadoras, extraídos de la documentación de cada reparación y la experiencia del personal de mantenimiento; a continuación, se mostrará gráficamente que tipo de modo de fallo presenta un mayor porcentaje en los últimos 4 años durante los cuales se han notificado las OTs de las bombas dosificadoras.

Para ello, se reagruparán todos los modos de fallo en los siguientes tipos de fallos:

- Fallo por suciedad del circuito
- Fallo por rotura o defecto en la membrana
- Aditivo corrosivo o incompatible con las piezas del dosificador
- Errores de operación
- Fallo en el conjunto mecánico de la bomba
- Desgaste de elementos como empaquetaduras o rodamientos
- Problemas en la instalación o eléctricos (motor, cableado, etc.)

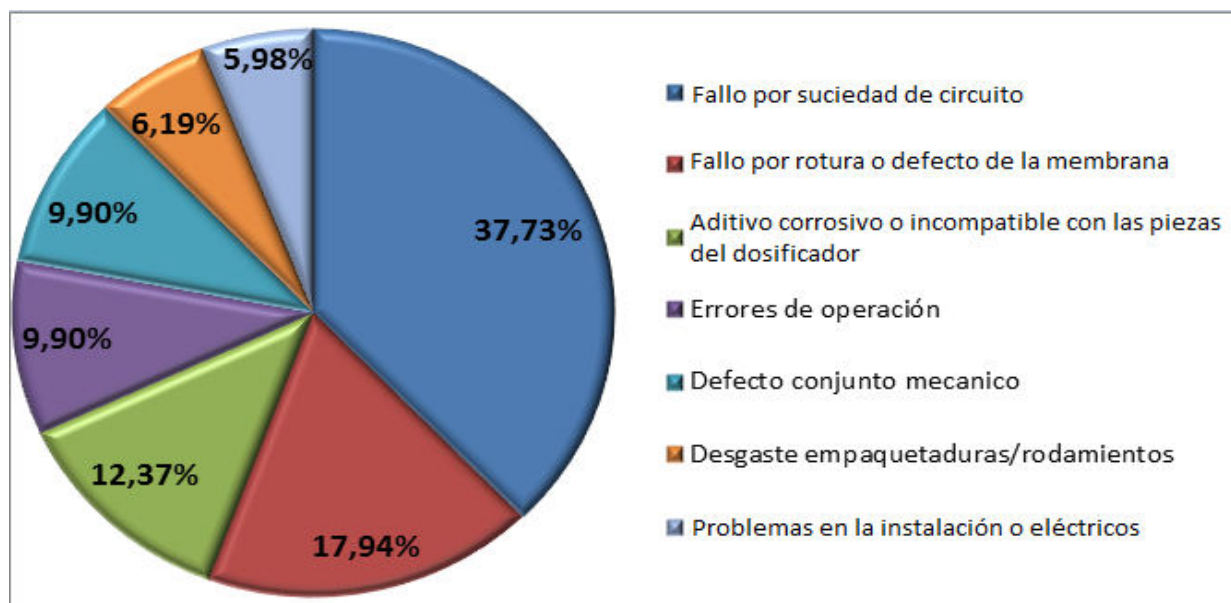


Ilustración 13.2. Porcentaje de modos de fallo de bombas dosificadoras durante los últimos 4 años

Una vez realizado el análisis RCA y mostrado el impacto de las diferentes causas raíz en las averías de las bombas dosificadoras de refinería, se constata que más de un tercio de los problemas de las dosificadoras vienen por bloqueos de los conductos de aspiración e impulsión debido a la suciedad existente en el circuito. Esto puede llegar a causar daños en piezas vitales como la membrana, la empaquetadura o los asientos y bolas de las válvulas; y es debido a la no aplicación del mantenimiento preventivo en aquéllas bombas que no suelen ser sometidas a reparaciones por avería.

Otros fallos menos comunes que también suponen un amplio porcentaje de las averías de las bombas dosificadoras son causados por problemas en la membrana del conjunto dosificador de la bomba o directamente por el hecho de que el aditivo químico de la bomba es demasiado corrosivo para las piezas de la bomba. Este tipo de problemas no suponen un gran trabajo para el personal de mantenimiento, ya que se la sustitución de cualquier pieza de la válvula (bola, asientos o juntas) o la membrana no es demasiado laborioso, pero evidentemente obliga a mantener todos estos elementos en el almacén bien codificados para realizar lo más rápido posible la sustitución de las piezas por otras nuevas.

Finalmente, se encuentran los fallos debidos a problemas en la instalación, a daños en el conjunto mecánico de las bombas dosificadoras, errores de los operadores a la hora de manipular las bombas o desgaste de elementos como empaquetaduras o rodamientos. Estos fallos son los más graves, ya que suponen una mayor cantidad de costes de reparación, debido a que la sustitución de las piezas del conjunto mecánico es más costosa, además de que las piezas en si son más caras que las del conjunto dosificador. Por otro lado, en caso de que se trate de un error en la instalación de la bomba, se debe tratar de solucionar el problema lo antes posible, ya que las bombas que sufren este tipo de fallos suelen averiarse numerosas veces y se convierten finalmente en “bad actors”, como es el caso de gran parte de las bombas dosificadoras de la zona del coker (P-2841, P-2842, P-2843, entre otras).

14. INFORME DE REPUESTOS: SITUACIÓN ACTUAL Y MEJORA REALIZADA EN EL STOCK. INTERCAMBIABILIDAD DE REPUESTOS

El almacén de repuestos de la refinería BP Oil de Castellón es el lugar donde se encuentran todos los repuestos referentes a material de los grupos de mecánicos de los equipos rotativo, estático, eléctrico e instrumentación. Se encuentra situado junto al taller del equipo de rotativo, aunque son dos zonas claramente diferenciadas.

En el taller se encuentran los bancos de reparación, la maquinaria y las herramientas, como son la fresadora, los tornos, etc. mientras que en el almacén hay una serie de estanterías donde se encuentran almacenados todo tipo de repuestos.

La gestión del almacén es independiente a BP, ya que es realizada por la empresa Iturri, que se encarga de gestionarlo, del personal y de todo lo referente al almacén de repuestos.

El almacén se compone de peones de almacén, el encargado de almacén, el gerente, una secretaria, el técnico de “SAP”, que es el programa de gestión de stock y un técnico de BP.

Los peones de almacén son los encargados de recoger el material que llega, etiquetarlo con su código de almacén correspondiente y ubicarlo. El gerente y la secretaria se encargan de la gestión de los repuestos, el técnico de SAP se encarga de la introducción de datos en el programa informático y finalmente, el técnico de BP se encarga de la gestión y la relación entre la empresa Iturri y BP.

En este informe de repuestos nos vamos a centrar en las bombas dosificadoras, ya que el hecho de tener todo el material de bombas dosificadoras bien codificado e informatizado adquiere una gran importancia en cuanto a fiabilidad se refiere y ahorro de costes y recursos.

Con el paso del tiempo, las bombas dosificadoras han ido aumentando su importancia en la refinería, ya que ha aumentado la cantidad de equipos de dosificación en planta. Esto ha provocado un aumento de la cantidad de reparaciones en este tipo de bombas y por tanto, la necesidad de introducir y codificar algunas de sus piezas más críticas en los stocks de almacén. Pese a todo, esta labor ha sido descuidada y existen una gran cantidad de incongruencias dentro de las BOM (bills of material) de cada bomba dosificadora. Esto ha dado lugar a retrasos en reparaciones de bombas de dosificación, y por tanto pérdida de disponibilidad en planta de los equipos y un aumento de la cantidad de horas de trabajo dedicadas a estas bombas, lo cual conlleva un aumento de costes.

Uno de los objetivos del presente proyecto ha consistido en reordenar las listas de materiales de cada bomba dosificadora y separar aquellas BOM dónde se incluían varias bombas dosificadoras con los mismos repuestos como si fueran idénticas, cuando realmente estas bombas eran de distintos tipos y por tanto no compartían repuestos.

Además, en estas bombas, el material del que están hechas las bolas de las válvulas, la membrana y los distintos elementos del cuerpo dosificador en contacto con el aditivo químico trasegado, adquiere una mayor importancia. Esto es debido al hecho de que existe una compatibilidad entre los repuestos de las bombas dosificadoras del cuerpo dosificador y los fluidos bombeados, de modo que en caso de que el aditivo químico empleado no sea compatible con el material del que están hechas las bolas de las válvulas, las juntas, etc., estas piezas se deteriorarán por corrosión, desgaste u otros fenómenos.

A continuación se pueden ver algunas imágenes con las consecuencias producidas sobre las piezas del dosificador al no respetar la compatibilidad fluido-material en las bombas dosificadoras:

Con el fin de reordenar estos desajustes en el stock de almacén de los componentes de las bombas dosificadoras, se han ido extrayendo todos los P/N de identificación de los repuestos de cada bomba dosificadora existente en refinería. Esto ha sido posible gracias a la información suministrada por los fabricantes así como las tablas de intercambiabilidad que nos han proporcionado.



Ilustración 14.1. Bolas de válvulas de bomba dosificadora deterioradas por el fluido bombeado

De esta forma, se ha conseguido reajustar el stock de los equipos de dosificación y solucionar la gran cantidad de incoherencias que había en las BOM de las bombas dosificadoras de refinería. Algunas de ellas se detallan a continuación:

- Existe una única BOM para las bombas dosificadoras P-3501-A/B, P-3502, P-3503-A/B/C, P-3504 y P-3505-A/B, pese a que la bomba P-3505 (modelo RD) es totalmente distinta a las otras bombas (modelo XA). Además, la P-3501 es un modelo XA que no comparte los mismos repuestos que las P-3502, P-3503 y P-3504. La solución adoptada ha sido la de separar la BOM con todas las bombas juntas en varias BOM's distintas, una para cada bomba, como se puede ver en la imagen:

220013955		051934939	00			PARTES PARA BOMBAS MODELO XA Y MILROYAL DOSAPRO MR* P3501, P3502, P3503, P3504, P3505 *
	200109394	05193493A	04		NUEVO	GSKT,OEM:MPN: 3074210009F
	200109395	05193493B	04		NUEVO	VLV,RTRY:MPN: 0800124006N
	200109588	05193493C	04		NUEVO	WASHER,OEM:MPN: 0190272006N
	200109590	05193493D	04		NUEVO	BRG,BALL:MPN: 4390044010N
	200109591	05193493E	04		NUEVO	VLV,OEM:MPN: 3060065050F
	200109592	05193493F	04		NUEVO	MEMBRANE,OEM:MPN: 0980252099N
	200109593	05193493G	04		NUEVO	BALL,VLV:MPN: 3050879700F
	200109594	05193493H	04		NUEVO	VLV,OEM:MPN: 3050870008F
	200114188	05193494J	04		NUEVO	CUERPO DOSIFICADOR P3503 P/N 0210332071N TIPO MROY A XA29F2P1,2/P9LHV3Z
	200114247	05193494K	16		OBSOLETO	CONJUNTO CABEZAL
	200085672	05193494I	04			CONJUNTO TIRADOR/CAMISA
	200085673	051934942	04			CIRCLIP
	200085674	051934943	04			RODAMIENTO TORNILLO SIN FIN
	200085675	051934944	04			LOTE DE JUNTAS CONJUNTO MECANICO
	200085676	051934945	04			MEMBRANA PARA BOMBA
	200085677	051934946	04			MEMBRANA DIAM 111
	200085678	051934947	04			LOTE DE JUNTAS BOLAS ASPIRACION
	200085679	051934948	04			LOTE DE JUNTAS BOLAS IMPULSION
	200085680	051934949	04			MUELLE VALVULA IMPULSION
	200085681	051934950	04			TORNILLO DE PURGA
	200085682	051934951	04			JUNTA TORICA
	200085683	051934952	04			LOTE PR ASPIRACION INOX
	200085684	051934953	04			LOTE PR IMPULSION INOX
	200085685	051934954	04			VALVULA ASPIRACIONB
	200085686	051934955	04			CAJA VALVULAS ASPIRACION INOX
	200085687	051934956	04			VALVULA DE IMPULSION
	200085688	051934957	04			CAJA VALVULAS IMPULSION INOX
	200085689	051934958	04			VALVULA ASPIRACION
	200085690	051934959	04			VALVULA IMPULSION
	200085691	051934960	04			CONJUNTO VALVULA DE PURGA
	200085692	051934961	04			LOTE DE JUNTAS CONJUNTO MECANICO
	200085693	051934962	04			RODAMIENTO
	200085694	051934963	04			LOTE VALVULAS DE SEGURIDAD
	200085695	051934964	04			VALVULA DE ASPIRACION
	200085696	051934965	04			VALVULA DE IMPULSION
	200085697	051934966	04			MEMBRANA M D 52
	200085698	051934971	04			ACUMULADOR 015L 10KG/CM2 084KG/CM2 +50°C53C

Ilustración 14.2. Ejemplo de BOM empleada por la refinería BP

En la ilustración superior se puede apreciar la BOM de las bombas dosificadoras P-3501 a P-3505. El primer número en la esquina superior izquierda en rojo es la referencia de la BOM. Después, se aprecian una lista de códigos en negrita (códigos SAP), otra lista de códigos en letra normal (códigos “mapper) y finalmente una descripción de la pieza a la que hace referencia dicho código. Estos códigos son los empleados en el almacén para identificar los repuestos de las bombas que aparecen en las descripciones. En el caso de esta BOM como hemos comentado, se encuentran los repuestos de bombas completamente distintas, de forma que habrá repuestos que no sean válidos para unas bombas y sí que lo sean para otras. Esto supone una pérdida de tiempo a la hora de realizar reparaciones en las bombas y cambiar elementos de las mismas, ya que el personal de mantenimiento no sabe realmente si el repuesto que emplee va a ser el correcto para el modelo de bomba que está reparando. Para

solucionar este problema, se ha procedido a separar las bombas de esta BOM, creando BOM's distintas (una BOM para cada bomba), obteniendo como resultado final:

P-3501 A/B		P-3505 A/B	
200109590	051934330 RODAMIENTO DE BOLAS PN: 4330044010N	200109394	05193493A LOTE JUNTAS CONJUNTO MECANICO PN: 3074210009F
200085674	051934343 RODAMIENTO TORNILLO SINFIN SUMI CONTROL REF S-4330044010N	200109395	05193493B MUELLE VALVULA SEGURIDAD PN: 0800124006N
200114188	051934344 J CUERPO DOSIFICADOR P-3503 P/N 0210332071N TIPO MROY A XA-29-F-2-P-1.2P-3-LHV3-Z	200109588	05193493C ARANDELA DE MEMBRANA PN: 0190272006N
200086344	058260554 CONJUNTO TIRADOR-CAMISA REF 0120065000 POSPLANO 48	200109590	05193493D RODAMIENTO DE BOLAS PN: 4330044010N
200087145	058261754 CONJUNTO CAMISA-TIRADOR REF 0120065000	200085674	051934943 RODAMIENTO TORNILLO SINFIN SUMI CONTROL REF S-4330044010N
200085672	051934341 CONJUNTO TIRADORCAMISA SUMI CONTROL REF S-0120065000N	200109591	05193493E VALVULA SEGURIDAD INTERNA PN: 30508065050F
200085673	051934342 CIRCLIP SUMI CONTROL REF S-4340031121N	200109592	05193493F MEMBRANA PN: 0980252093N
200085675	051934344 LOTE DE JUNTAS CONJUNTO MECANICO SUMI CONTROL REF S-3075010021F	200109593	05193493G CONJUNTO ASIENTO+BOLAS+JUNTAS PN: 3050879700F
200087038	058261013 MEMBRANA POSPLANO 7 REF 2380005175N ANTES REF 238005175	200109594	05193493H VALVULAS ASPIRACION-IMPULSION PN: 3050870008F
200087149	058261761 MEMBRANA PTFE D101 REF 2380005175	200085698	051934971 ACUMULADOR 015L 10KG/C/M2 084KG/C/M2 +50C-5dC REF HIDRACAR U002A01V1-PC* PARA P-3505*****
200085676	051934345 MEMBRANA PARA BOMBA SUMI CONTROL REF S-2380005175N	200087131	058261684 JUNTA TORICA REF 4380006131
200085689	051934358 VALVULA ASPIRACION SUMI CONTROL REF S-0210238002N	200087130	058261683 JUNTA TORICA REF 43800063022
200087161	058261732 VALVULA DE ASPIRACION REF 0210238002	Sin stock	BOT IL ACEITE MECANICO SUMI CONTROL REF S-4370018051N
200087076	058261067 CAJA VALVULAS ASPIRACION P/N 0210238002	Sin stock	NARIZ DE EXCENTRICA SUMI CONTROL REF S-0370090062N
200085690	051934353 VALVULA IMPULSION SUMI CONTROL REF S-0210320002N	Sin stock	EJE DE EXCENTRICA SUMI CONTROL REF S-0680039006N
200087077	058261069 CAJA VALVULAS IMPULSION P/N 0210320002	Sin stock	CONJUNTO REDUCCION SUMI CONTROL REF S-305152000F
200087162	058261733 VALVULA DE IMPULSION REF 0210320002	Sin stock	CONJUNTO VALVULA SEGURIDAD SUMI CONTROL REF S-3075010014F
200085691	051934360 CONJUNTO VALVULA DE PURGA SUMI CONTROL REF S-3050869017F	Sin stock	LOTE DE PURGA SUMI CONTROL REF S-3050869107F
200087160	058261731 CONJUNTO DE PURGA REF 3050869017 FAB. DOSAPRO	Sin stock	CONJ SUJECCION VALVULAS SUMI CONTROL REF S-3050564060F
200085692	051934361 LOTE DE JUNTAS CONJUNTO MECANICO SUMI CONTROL REF S-3050052150F	Sin stock	CANULA DE PURGA SUMI CONTROL REF S-0470096073N
200085693	051934362 RODAMIENTO SUMI CONTROL REF S-4090091031N	Sin stock	PLACA APOYO LADO DOSIFICADOR SUMI CONTROL REF S-0380327071N
200085694	051934363 LOTE VALVULAS DE SEGURIDAD SUMI CONTROL REF S-3060070010F	Sin stock	LOTE DE MANTENIMIENTO SUMI CONTROL REF S-3051011020R
200085695	051934364 VALVULA DE ASPIRACION SUMI CONTROL REF S-02101716028N	Sin stock	LOTE DE TAPONES SUMI CONTROL REF S-3075010013F
200085696	051934365 VALVULA DE IMPULSION SUMI CONTROL REF S-0210171028N	Sin stock	PISTON SUMI CONTROL REF S-0120101006N
200085697	051934366 MEMBRANA MD 52 SUMI CONTROL REF S-0980319010		
200086345	058260555 CONJUNTO BIELA-EJE BIELA REF 3050564130 POSPLANO 56 ANTERIOR REF 0500109000		
200086326	058260189 PLACA APOYO LADO ACEITE REF 2380033006 POS PLANO 8		
200087158	058261789 LOTE JUNTAS/BOLAS IMPULSION REF 3050901210		
200087159	058261790 JUNTA TORICA ASPIRACION REF 4380018072		
200087163	058261794 MUELLE DE IMPULSION REF 0800038026		
Sin stock	BOT IL ACEITE MECANICO SUMI CONTROL REF S-4370013051N		
Sin stock	DEDO ENGANCHE + TORNILLOS SUMI CONTROL REF S-3075020001F		
Sin stock	CONJUNTO REGULADOR CAUDAL SUMI CONTROL REF S-3050001010F		
Sin stock	EJE DE EXCENTRICA SUMI CONTROL REF S-0680039006N		
Sin stock	CONJUNTO REDUCCION SUMI CONTROL REF S-305152000F		
Sin stock	CONJUNTO VALVULA SEGURIDAD SUMI CONTROL REF S-3075010014F		
Sin stock	LOTE DE PURGA SUMI CONTROL REF S-3050869107F		
Sin stock	CONJ SUJECCION VALVULAS SUMI CONTROL REF S-3050564060F		
Sin stock	CANULA DE PURGA SUMI CONTROL REF S-0470096073N		
Sin stock	PLACA APOYO LADO DOSIFICADOR SUMI CONTROL REF S-0380327071N		
Sin stock	LOTE DE MANTENIMIENTO SUMI CONTROL REF S-3051011020R		
Sin stock	LOTE DE TAPONES SUMI CONTROL REF S-3075010013F		
Sin stock	PISTON SUMI CONTROL REF S-0120101006N		

Ilustración 14.3. Resultado final de las BOM una vez han sido separados sus repuestos (P-3501 y P-3505 en la imagen)

En la imagen superior se muestran dos de las bombas una vez han sido separados sus repuestos en BOM's distintas e individuales. Debajo de la lista de repuestos con códigos aparecen algunos repuestos "sin stock", que se consideran repuestos básicos o recomendados que no están disponibles en almacén, pero que de acuerdo al fabricante sería necesario adquirirlos, ya que en cualquier momento pueden necesitarse para realizar alguna sustitución o reparación en la bomba.

- La bomba P-3250 está operativa en planta y no se disponía de ninguna BOM sobre la misma. Se pide información al fabricante y se nos proporcionan los planos seccionales con lista de componentes y P/N de la misma. Esto nos permite adquirir en stock aquellos repuestos que fueran necesarios para realizar las reparaciones o sustituciones que fueran necesarias en esa bomba dosificadora.
- La mayoría de bombas de los modelos LMI y G de Milton Roy presentan un único elemento en stock dentro de sus BOM's que es la bomba dosificadora completa. Esto obligaba al personal de mantenimiento a sustituir la bomba al completo cuando esta sufría una avería. Para solucionar este problema, se procede a incluir en la BOM los repuestos básicos y recomendados a la hora de reparar estas bombas, con el fin de sustituir una sola pieza de la bomba y no la bomba entera.

- Se modifica el modelo de bomba indicado en el catálogo SAP para las bombas dosificadoras P-1117. Se consideraban modelo XA, cuando realmente estas bombas de la zona de energías son modelo RD.
- Se actualizan las bombas P-1176, las cuales eran un modelo obsoleto de bomba que se estaban utilizando en campo y comenzaban a dar problemas. Se sustituyen por nuevas bombas del modelo G, que es un modelo equivalente al anterior pero con tecnología más avanzada.
- Se eliminan de la base de datos de SAP todas aquellas BOM que incluían bombas dosificadoras que habían dejado de estar operativas en planta.

Todas estas acciones entre otras, dan lugar al hecho de que existían algunos repuestos en almacén que ya no se empleaban en las bombas dosificadoras, ya que la bomba para la que se utilizaban ya no estaba operativa, pero aun así estos repuestos seguían comprándose para ser almacenados en stock. Gracias a la supresión de estos repuestos, se ha conseguido ahorrar este gasto innecesario por la mala gestión de las BOM de las bombas dosificadoras en el almacén.

Por otro lado, se han adquirido aquellos repuestos que no estaban disponibles en el almacén de la refinería y pueden ser requeridos para alguna reparación, ya que son repuestos críticos que pueden fallar en cualquier momento en las bombas dosificadoras. Para seleccionar estos repuestos, se ha considerado el criterio de la información suministrada por el fabricante y el personal de mantenimiento. Se han elaborado dos listas según el plan de mantenimiento preventivo (2500 horas o 6000 horas), las cuales se muestran debajo. En principio, el plan de mantenimiento preventivo que seguirá la refinería será el de 6000 horas para ahorrar en gastos de intervención preventiva, aunque esto supondrá la necesidad de adquirir en stock un mayor número de componentes de las dosificadoras.

➤ **Repuestos para el mantenimiento preventivo de equipos a 2500 horas**

- **Bombas Milton Roy G:**
 - Lote de mantenimiento dosificador (membrana, juntas, asientos y bolas de las válvulas)
- **Bombas Milton Roy A/B/XA/XB/RD:**
 - Lote de juntas del conjunto mecánico
 - Lote de mantenimiento dosificador
 - Aceite

- Bombas Milton Roy MC/MD:
 - Lote de juntas del conjunto mecánico
 - Asientos, juntas y bolas de las válvulas
 - Aceite

- Bombas de émbolo Prominent:
 - Lote de juntas del conjunto mecánico
 - Asientos, juntas y bolas de las válvulas
 - Aceite

- **Repuestos para el mantenimiento preventivo de equipos a 2500 horas**
 - Bombas Milton Roy G:
 - Membrana
 - Válvulas de aspiración e impulsión
 - Caña de inyección
 - Válvula de pie

 - Bombas Milton Roy A/B/XA/XB:
 - Lote de juntas del conjunto mecánico
 - Conjunto camisa tirador
 - Membrana
 - Válvulas de aspiración e impulsión
 - Válvula de seguridad
 - Rodamientos
 - Amortiguador del motor
 - Aceite

 - Bombas Milton Roy A/B/XA/XB:
 - Lote de juntas del conjunto mecánico
 - Membrana
 - Válvulas de aspiración e impulsión
 - Válvula de seguridad
 - Rodamientos
 - Amortiguador del motor
 - Aceite

- Bombas Milton Roy MC/MD:
 - Lote de juntas del conjunto mecánico
 - Rodamientos
 - Amortiguador del motor
 - Cojinetes cónicos
 - Biela
 - Membrana
 - Válvulas de aspiración e impulsión
 - Aceite

- Bombas de émbolo Prominent:
 - Lote de juntas del conjunto mecánico
 - Rodamientos
 - Amortiguador del motor
 - Cojinetes cónicos
 - Biela
 - Empaquetadura
 - Válvulas de aspiración e impulsión
 - Aceite

Con el stock de repuestos organizado y el plan de mantenimiento de repuestos trazado, se realiza la tabla de compatibilidad/intercambiabilidad de los repuestos de las bombas dosificadoras Milton Roy. En esta extensa tabla, se mostrarán todos los repuestos disponibles y útiles de las bombas dosificadoras Milton Roy operativas en planta, la cantidad de repuestos necesarias por unidad o bomba, el P/N además de los códigos “SAP” y “mapper” de los repuestos, así como el stock actual en almacén del repuesto, el stock mínimo y el máximo. Las bombas del listado mostrado anteriormente que tengan el mismo modelo, compartirán todos los repuestos prácticamente, salvo que se haya realizado alguna modificación posterior en las mismas, pero aún así, puede haber bombas de distintos modelos que compartan un repuesto concreto y es por ello que esta tabla de intercambiabilidad es de gran utilidad para el personal de mantenimiento. A continuación, se muestra una parte de la misma en la imagen inferior:

La combinación de esta tabla de intercambiabilidad de repuestos, junto al trabajo realizado en la actualización del stock de repuestos en almacén y el plan de mantenimiento preventivo de repuestos para bombas dosificadoras tiene como objetivo claro la reducción sustancial del coste de mantenimiento de los equipos de dosificación.

El efecto esperado de todo este trabajo de stock de repuestos es el aumento de las acciones preventivas para mejorar la fiabilidad de los equipos y la reducción de la mano de obra necesaria en la realización de acciones correctivas en las averías sufridas por las bombas dosificadoras.

15. COMPATIBILIDAD ENTRE EL FLUIDO BOMBEADO Y LOS MATERIALES DE LOS REPUESTOS DE LAS BOMBAS

Una de los principios básicos a la hora de seleccionar las bombas dosificadoras es conocer el material del que están fabricados sus repuestos y comprobar que se pueda garantizar una duración de funcionamiento lo más extensa posible según el fluido bombeado con el que vayan a estar en contacto los materiales del conjunto dosificador; favoreciendo así al aumento del MTBF de la bomba.

En primer lugar, hay que analizar las propiedades de los fluidos con los que se va a trabajar, ya que éstas intervienen en la selección de la bomba dosificadora adecuada, así como en la fase de la medida de la instalación (cálculo del NPSH particularmente). Las 3 propiedades más importantes a tener en cuenta en los fluidos son:

- **Densidad-masa volúmica:** expresada generalmente en kilogramo por metro cúbico (kg/m^3); es la relación de las masas volúmicas del líquido considerado con relación al agua.
- **Viscosidad:** representa la resistencia de un fluido a las deformaciones tangenciales. Algunos fluidos se clasifican en newtonianos, como por ejemplo la leche o el aceite, y su viscosidad depende únicamente de la temperatura; mientras que otros se clasifican como tixotrópicos o reopéticos y tienen una viscosidad que también depende de la cizalladura que se les aplique (pastas dentífricas, tinta de bolígrafo, etc.). La unidad usual de la viscosidad dinámica es el centipoise (cp), aunque la unidad del SI es el (Pa·s) que equivale a 1000 centipoises. Por su parte, la viscosidad cinemática se mide en mm^2/s .
- **Tensión de vapor:** mide la tendencia de las moléculas en fase líquida a dispersarse para formar una fase vapor en equilibrio termodinámico. Un producto demasiado volátil presentará una alta tensión de vapor, de forma que al calentarlo o someterlo al vacío, hervirá rápidamente. Dentro del campo de hidráulica, se observa una ebullición de este género cuando aparece el fenómeno de la cavitación en alguna instalación.

Por otro lado, se debe analizar la resistencia a la corrosión de los materiales al fluido con el que estén en contacto. Esto depende de numerosos parámetros como la concentración química, la temperatura, las tensiones mecánicas, el ambiente, etc.

Así pues, a continuación se mostrará una tabla de corrosión entre los materiales típicos de los repuestos de las bombas dosificadoras y la naturaleza del fluido en contacto, dependiendo de la temperatura, la concentración, etc.

	Naturaleza del fluido	Concentr. máxima	PE	PP	PVC	PVDF	Vidrio	316	304	Alloy 20	Alloy C	NBR	IIR EPDM	FRM	NR
1	A bonos (NPK-PKO)		+	+	+	+		+	+	+		-	+	0	-
2	Acetona		-	+	-	0	+	+	+	+	+	-	+	-	-
3	Acido acético	30 %	+	40 °C	0	40 °C	0	+	+	+	+	-	0	-	0
4	Acido bórico		+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	+
5	Acido bromhídrico	50 %	+	+	+	+	+	-	-	-	0	-	+	+	-
6	Acido cítrico		+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	+
7	Acido clorhídrico	36 %	+	+	+	+	+	-	-	-	0	-	-	+	-
8	Acido crómico	50 %	40 °C	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	40 °C	-
9	Acido fluorhídrico	40 %	40 °C	+	40 °C	+	-	-	-	-	0	-	-	+	-
10	Acido fluosilícico	32 %	+	+	+	+	-	-	-	-	0	-	0	-	+
11	Acido fórmico	50 %	+	0	40 °C	+	+	+	+	+	+	-	40 °C	40 °C	0
12	Acido fosfórico	85 %	0	0	40 °C	+	+	+	+	0	0	-	+	+	-
13	Acido graso		+	+	+	+	+	-	-	+	+	0	+	+	0
14	Acido nítrico	40 %	0	0	40 °C	+	+	+	+	0	0	-	+	+	-
15	Acido oxálico	40 %	+	+	+	+	+	-	-	+	+	0	+	+	0
16	Acido sulfúrico	< 92 %	+	+	40 °C	+	+	0	-	+	+	-	-	+	-
17	Acido sulfúrico	92 % < c < 96 %	0	0	40 °C	+	+	0	-	+	+	-	-	+	-
18	Acido sulfúrico	> 96 %	-	-	-	40 °C	+	0	-	+	+	-	-	+	-
19	Acido tartárico	50 %	+	+	40 °C	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
20	Agua destilada		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	40 °C	+	+
21	Agua oxigenada (ver 79)	50 %	40 °C	40 °C	40 °C	+	+	+	+	+	+	-	0	40 °C	-
22	Alcohol etílico (ver 53)		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
23	Alcohol metílico (ver 74)		+	+	40 °C	+	+	+	+	+	+	0	+	-	+
24	Aldehído (ver 25)		0	0	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-
25	Aldehído acético (ver 24)		0	0	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-
26	Aldehído fórmico (ver 59)	37 %	40 °C	40 °C	40 °C	+	+	+	+	+	+	-	+	+	40 °C
27	Alginato de sodio	1 %	40 °C	40 °C	40 °C	40 °C	0	+	+	+	+	40 °C	40 °C	-	-
28	Almidón		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
29	Aminas		+	+	0	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-
30	Amoniaco (ver 65)	35%	40 °C	40 °C	40 °C	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-
31	B enceno		-	-	-	40 °C	+	+	+	+	+	-	-	+	-
32	Bicarbonato de sodio		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
33	Bióxido de cloro (ver 78)	15 %	40 °C	40 °C	40 °C	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-
34	Bisulfito de sodio	50 %	+	+	40 °C	+	+	+	0	+	+	-	0	+	+
35	Bromo		-	-	-	+		-	-	-	+	-	-	0	-
36	C arbon activo		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
37	Carbonato de calcio		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	0
38	Carbonato de sodio	35 %	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
39	Ciclohexano		0	0	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
40	Clorito de sodio	30 %	0	0	0	+	+	-	-	-	+	0	+	+	+
41	Clorosulfato de aluminio		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
42	Cloruro de calcio		+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	+
43	Cloruro de cinc		+	+	40 °C	+		-	-	+	+	+	+	+	+
44	Cloruro de magnesio		+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
45	Cloruro de potasio		+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+
46	Cloruro de sodio		+	+	40 °C	+	+	0	0	+	+	+	+	+	+
47	Cloruro ferroso		+	+	40 °C	+	+	-	-	-	+	0	+	+	+
48	Cloruro férrico		+	+	40 °C	+	+	-	-	-	0	0	+	+	+
49	D iatomeas		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
50	Dicloroetileno		0	0	-	40 °C	+	+	+	+		-	-	0	-
51	Dietilenoglicol		+	+	+	+	+	+	+	+		40 °C	+	+	+
52	EDTA		0	0	-	+		+	+	+		-	+	-	+
53	Etanol (ver 22)		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
54	Eter etílico		0	0	-	40 °C	+	+	+	+	+	-	-	-	-
55	Etil-mercaptano		0	0			+	+	+	+		-	-	+	-
56	Etileno-glicol		+	+	+	+	+	+	+	+	+	40 °C	+	+	+
57	F enol		0	0	0	40 °C	+	+	+	+	0	-	0	+	-
58	Fluosilicato de sodio		+	+	+	+	+	0	0	0		+	+	+	+
59	Formaldehído (ver 26)	37 %	40 °C	40 °C	40 °C	+	+	+	+	+	+	-	+	+	40 °C
60	Fosfato de amonio		+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+

61	Fosfato trisódico				+	+	40 °C									
62	G asóleo				-	+										
63	Glicol				+	+										
64	H idracina	35 %			+	+					0	0				
65	Hidróxido de amonio (ver 30)	35 %	40 °C	40 °C	40 °C											
66	Hidróxido de potasio (ver 82)	50 %			+	0										
67	Hidróxido de sodio (ver 84)	50 %	0	0	40 °C	0	0									
68	Hipoclorito de calcio	20 %			+	0	40 °C	40 °C								
69	Hipoclorito de sodio (ver 73)				+	+	40 °C									
70	Hiposulfito de sodio	10 %			+	+										
71	J ugo de fruta (jarabe)				+	+										
72	L echada de cal				+	+										
73	Lejía (ver 69)				+	+	40 °C									
74	M etanol (ver 23)				+	+	40 °C									
75	Morfolina				+	+		40 °C								
76	N itrito de sodio				0	0		0								
77	P ermanganato de potasio		40 °C	40 °C	40 °C											
78	Peróxido de cloro (ver 33)	15 %	40 °C	40 °C	40 °C											
79	Peróxido de hidrógeno (ver 21)	50 %	40 °C	40 °C	40 °C											
80	Policloruro de aluminio				+	+										
81	Poliectrolitos				+	+										
82	Potasa cáustica (ver 66)	50 %			+	+	40 °C									
83	S ilicato de sodio				+	+	40 °C	40 °C								
84	Sosa (ver 67)	50 %	0	0	40 °C	0	0									
85	Sulfato de alúmina (de aluminio)				+	+										
86	Sulfato de amonio				+	+										
87	Sulfato de calcio				+	+										
88	Sulfato de cobre				+	+										
89	Sulfito de sodio				+	+	40 °C									
90	Sulfato ferroso				+	+										
91	Sulfato férrico				+	+										
92	Sulfuro de hidrógeno				+	+										
93	T etracloruro de carbono				-	-		40 °C								
94	Tolueno				-	-										
95	Tricloroetano				-	0										
96	Trietilenoglicol				+	+										
97	U rea	30 %			+	+	40 °C									
98	X ilenos				-	-		40 °C								

Ilustración 15.1. Tabla de corrosión de los materiales de los repuestos de las bombas dosificadoras en función del fluido

Así pues, a partir de la tabla de corrosión se podrá comprobar si el fluido bombeado por la bomba dosificadora es corrosivo para los componentes del dosificador de la misma. Cabe señalar las siguientes indicaciones respecto a la tabla de corrosión:

- **PE:** Polietileno
- **PP:** Polipropileno
- **PVC:** Policloruro de vinilo
- **PVDF:** Polifluoruro de vinilideno
- **316:** Acero inoxidable 316 (o 316L)
- **304:** Acero inoxidable 304 (o 304L)
- **Alloy 20:** Acero inoxidable 20/25/4
- **Alloy C:** Hastelloy C
- **NBR:** Nitrilo
- **IIR / EPDM:** Butyl o EPDM
- **FPM:** Vitón
- **NR:** Goma natural

- **PTFE:** Teflón, compatible con la totalidad de productos de la tabla de corrosión
- **+**: es compatible por completo (60°C de máximo para los plásticos)
- **40°C:** es compatible hasta 40°C de temperatura
- **o:** puede ser compatible, en función de la temperatura y la concentración
- **-:** no es compatible

16. CASE STUDY: P-2841, P-2842, P-2843

Las tres primeras bombas que se van a analizar son las bombas de PROMINENT de la zona del coker de la refinería que se encuentran bajo los tags P-2841, P-2842 y P-2843. Estas tres bombas dosificadoras operan dentro de la planta de Hidrógeno 28 o HI, y se caracterizan por la baja fiabilidad mostrada durante los últimos meses, sobretodo en el caso de la P-2842, cuya frecuencia de averías la sitúa como el “bad actor” más importante de la refinería en cuanto a bombas dosificadoras. Antes de abordar los problemas que sufren estas bombas y las posibles causas con el fin de encontrar una solución, se analizará brevemente que papel desempeñan dentro de la planta de Hidrógeno.

16.1. FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE HIDRÓGENO I

El objetivo de la planta de Hidrógeno es el de convertir hidrocarburos parafínicos en hidrógeno y óxidos de carbono al hacerlos reaccionar con vapor de agua, purificando el gas posteriormente para conseguir hidrógeno de alta pureza. Esta planta se alimenta mediante nafta ligera, butano y gas de tratamiento rico en H₂ en la planta I o gas natural en el caso de la planta II. El producto final obtenido es hidrógeno de alta pureza que se envía a los hidrotratamientos de la refinería. A continuación se muestra un esquema gráfico del funcionamiento de la planta de Hidrógeno I:

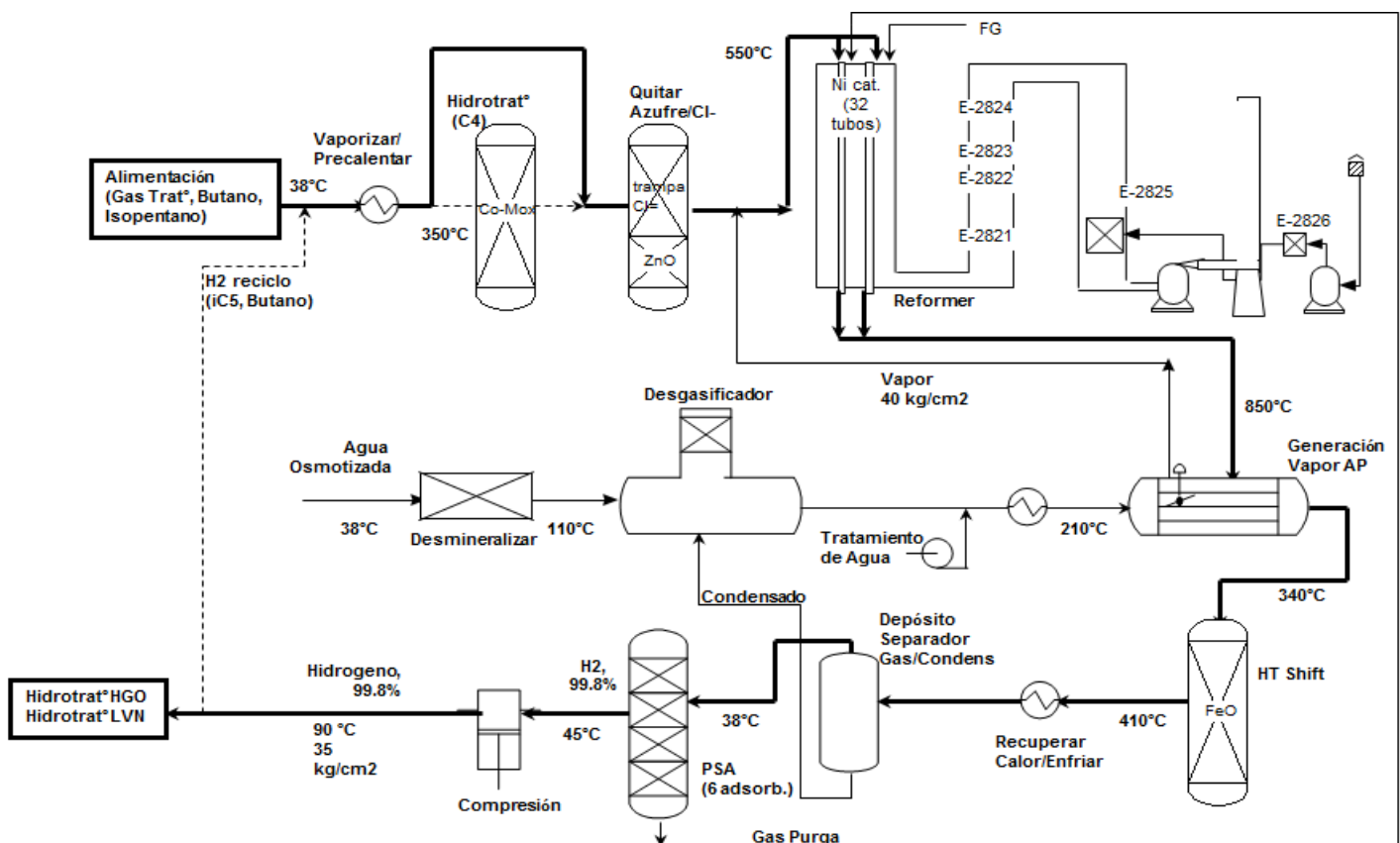
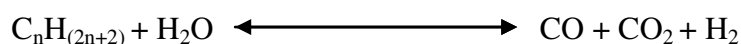


Ilustración 16.1.1. Esquema de la planta de H₂-28

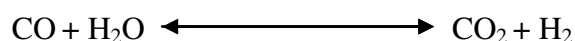
El proceso comienza con la alimentación ya comentada por butano, naftas y gases de tratamiento. Estos gases son precalentados y vaporizados para ser sometidos a una reacción de hidrotreamiento con hidrógeno que elimine el azufre en forma de tioles que contienen, convirtiéndolo en SH₂. Esta reacción se produce en un lecho catalítico o reactor (R-2801) y el hidrógeno empleado en el hidrotreamiento proviene de una corriente de reciclo del producto obtenido al final del proceso. Después, es necesario eliminar las impurezas que puedan envenenar el catalizador del reformer; lo cual se realiza a través de un adsorbedor (R-2802) que elimina el HCl y SH₂. De esta forma, la reacción principal durante la etapa de purificación de los gases de alimentación es:



Después de la purificación, los gases de alimentación se mezclan con vapor de agua de alta presión generado en una caldera propia de la unidad. La mezcla pasa al reformer, dónde se produce la conversión de los hidrocarburos en hidrógeno. El reformer (F-2801) es un horno que trabaja a altas temperaturas y está formado por 32 tubos dónde va alojado el catalizador. La reacción que se produce en el reformer es de tipo endotérmica y por tanto, necesita el suministro de una gran cantidad de calor, quemando en el horno fuel gas y el gas de purga sobrante proveniente de la planta de adsorción. De esta forma, en el reformer se produce la conversión de HC a H₂, CO, CO₂ y CH₄ en presencia de vapor de agua de alta presión en exceso y de un catalizador a temperatura y presión altas:



El efluente de la reacción del reformer contiene CO que empobrece la pureza del hidrógeno. El producto obtenido pasa por un intercambiador, dónde disminuye su temperatura. A continuación, se mezcla con vapor de agua y se dirige hacia el reactor catalítico o shift (R-2803), dónde el CO se transforma en CO₂ y H₂. La reacción producida en el reactor es de tipo exotérmica, por lo tanto se produce un gran desprendimiento de energía:



El efluente que sale del reactor o shift está formado por H₂, CO₂, CH₄ y vapor de agua. Esta mezcla es enfriada mediante intercambiadores de calor y enviada a un depósito (D-2802) dónde se separa la parte gaseosa de la líquida (gas condensado durante el enfriamiento). El condensado obtenido es enviado a un desgasificador (DH-2801) con el fin de aprovecharlo de nuevo para la generación de vapor a alta presión y eliminar el CO₂ disuelto con el agua condensada que llega al desgasificador. La parte gaseosa efluente es dirigida hacia la PSA (Pressure Swing Adsorption) que son los reactores (R-2811/2/3/5/6). En esta última parte del proceso se realiza la purificación final del hidrógeno, dónde salvo el H₂, todos los elementos se eliminan mediante la adsorción de los mismos en diferentes lechos. El H₂ obtenido al final del proceso de adsorción presenta una pureza del 99,8% y es sometido a compresión mediante los compresores (C-2801-A/B) antes de ser enviado finalmente a los hidrotreamientos de nafta (LVN) y Heavy Gas Oil (HGO) de la unidad del FCC.

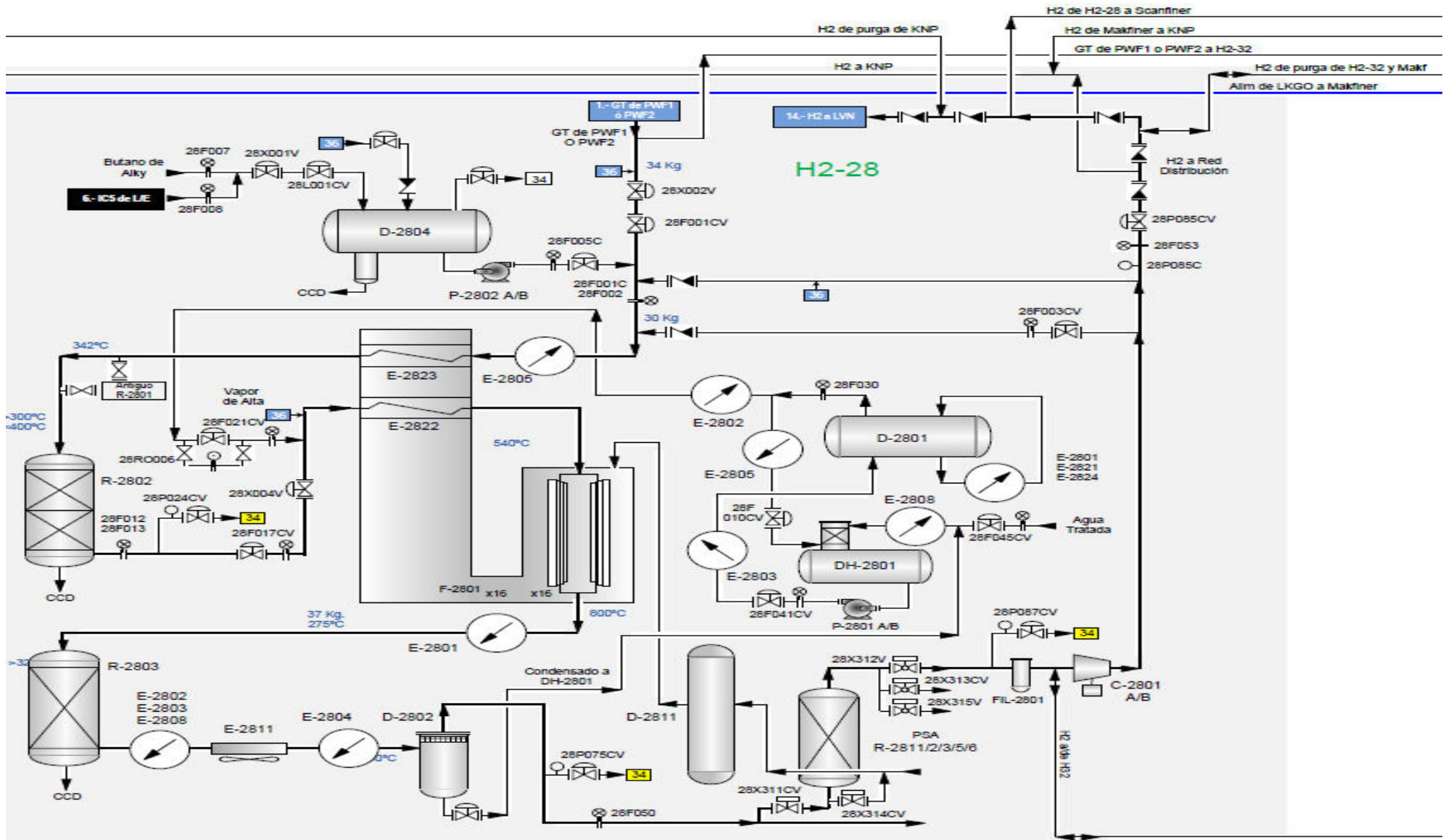


Ilustración 16.1.2. Esquema de la planta de H2-28

16.2. EL ROL DE LAS BOMBAS DOSIFICADORAS: LA UNIDAD DE DOSIFICACIÓN DE AGUA DE CALDERAS X-2804

Las tres bombas dosificadoras de la planta de hidrógeno 28 se encuentran en la zona de tratamiento de agua osmotizada para generar vapor a alta presión y emplearlo en el proceso de producción de hidrogeno puro. Dos de ellas (P-2842 y P-2843) bombean al desgasificador (DH-2801) mientras que la tercera (P-2841) bombea un aditivo químico a las bombas centrífugas (P-2801-A/B) que se encargan a su vez de bombear el fluido del desgasificador (DH-2801) al depósito de la zona de calderas (D-2801). En el desgasificador se realiza un calentamiento previo del agua osmotizada/tratada y el agua recibida del proceso de purificación de hidrógeno (condensado proveniente del D-2802 que se encuentra mezclado con gases como el CO₂) para disminuir la energía necesaria a aportar por las calderas a la hora de generar el vapor. Además, como su propio nombre indica, en el desgasificador se elimina la parte gaseosa (CO₂) disuelta con el agua condensada, para poder obtener vapor de agua en la zona de calderas.

La Unidad de Dosificación de Agua de Calderas es necesaria para condicionar el agua desgasificada para la generación de vapor de más de 69,3 kg/cm², O₂ < 10 ppb, CO₂ libre < 500 ppb basado en 2% de purgas del depósito de vapor. Está constituida por los depósitos de almacenamiento de los diferentes aditivos y sus respectivas bombas, cuya presión de descarga máxima es de 5,5 kg/cm²g.

Para atrapar el oxígeno, y controlar el pH y los depósitos, es necesaria la adición de químicos. El aditivo para el oxígeno se inyecta directamente al fondo del desgasificador, y los de control de pH y de depósitos, a la aspiración de las bombas de agua de calderas del DH-2801.

De esta forma, el tratamiento químico de agua de calderas (X-2804) consiste en:

- Control del pH con la P-2841, que se puede alimentar a la línea de agua de alimentación de calderas del DH-2801, a las P-2801 A/B o directamente al DH-2801, si el pH de este depósito es muy bajo. Se trata del aditivo Nalco N-72210.
- Control del oxígeno, que se alimenta con la P-2842 al DH-2801 directamente. Se trata del aditivo Nalco Eliminox.
- Control de sólidos con la P-2843 que se adiciona a la línea de agua de alimentación de calderas de aspiración de las P-2801 A/B. Se trata del aditivo Nalco N-72310.

16.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS ACTUALES

Las bombas dosificadoras instaladas en la unidad de Hidrógeno 28 son de la marca PROMINENT Mikro Delta. Las 3 bombas dosificadoras son bombas de pistón o émbolo, cuyas características principales, materiales de construcción y dimensiones se muestran a continuación:

Cuerpo dosificador	Bolas de las válvulas	Asientos de las válvulas	Émbolo	Junta de la válvula	Junta del émbolo
Acero inoxidable	Rubí	Cerámica	Cerámica	PTFE	PTFE

Tabla 16.3.1. Hoja de materiales de los repuestos más críticos de las bombas dosificadoras PROMINENT Mikro Delta

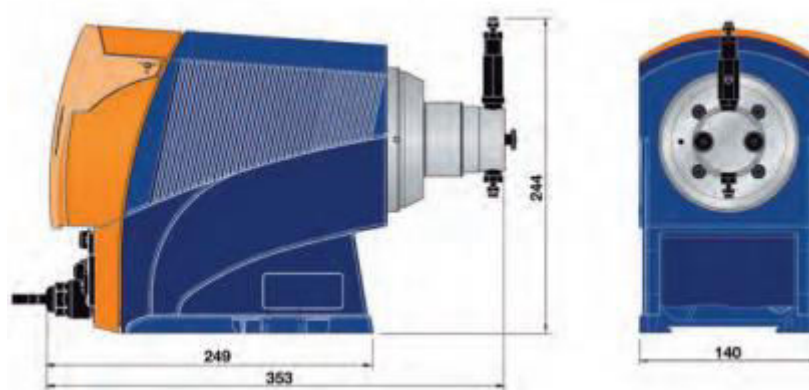


Ilustración 16.3.1. Dimensiones de las bombas dosificadoras PROMINENT Mikro Delta

Presión de bombeo	60 bares
Caudal de bombeo	145 mL/h
Columna de aspiración	6 m.c.a.
Presión máxima en aspiración	30 bares
Tensión eléctrica	100-230 V
Ø émbolo	2,5 mm
Tamaño de conexión de tubo	1,9 mm
Longitud de la carrera	24,17 µm
Cadencia	100 gpm

Tabla 16.3.2. Características de funcionamiento de las bombas dosificadoras PROMINENT Mikro Delta

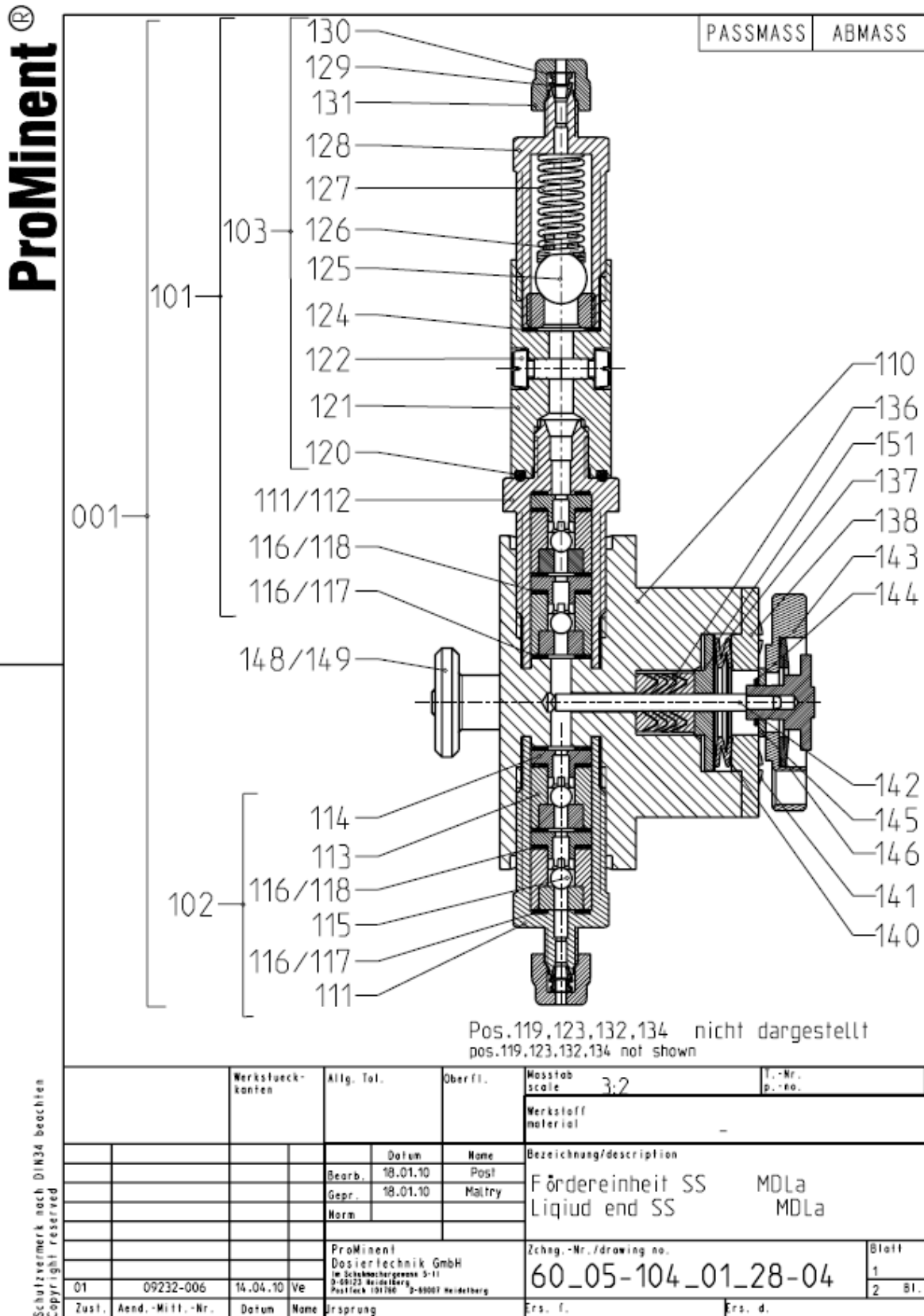


Ilustración 16.3.2. Plano seccional de las bombas dosificadoras PROMINENT Mikro Delta

16.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS DOSIFICADOS Y COMPROBACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD DE MATERIALES

A continuación se muestran las hojas de características de los aditivos dosificados por las bombas de la unidad de dosificación de agua de calderas:

Bomba	P-2841
Servicio	Aditivo CONTROL CORROSION / INCRUSTACIÓN
Aditivo	Nalco N-72210, solución de pirofosfato de tetrapotasio e hidróxido de potasio
Tipo de Bomba	Desplazamiento positivo
Temperatura de Bombeo	Ambiente min 5°C, max 35°C
Densidad producto	1460 kg/m ³
Presión de vapor @ Temperatura de bombeo	0,0093 bares
Viscosidad dinámica	12·10 ⁻³ Pa·s
Caudal máximo	0,36 L/h
Caudal necesario para este producto	0,18 L/h

Tabla 16.4.1. Hoja de características del aditivo de la bomba dosificadora P-2841

Bomba	P-2842
Servicio	Aditivo SECUESTRANTE OXÍGENO
Aditivo	Nalco N-EliminOx, solución de carbohidrazida
Tipo de Bomba	Desplazamiento positivo
Temperatura de Bombeo	Ambiente min 5°C, max 35°C
Densidad producto	1020 kg/m ³
Presión de vapor @ Temperatura de bombeo	0,016 bares
Viscosidad dinámica	3·10 ⁻³ Pa·s
Capacidad máxima requerida	0,25 L/h
Caudal necesario para este producto	0,12 L/h

Tabla 16.4.2. Hoja de características del aditivo de la bomba dosificadora P-2842

Bomba	P-2843
Servicio	Aditivo FILMANTE / ALCALINIZANTE
Aditivo	Nalco N-72310, solución de monoetanolamina y metoxipropilamina
Tipo de Bomba	Desplazamiento positivo
Temperatura de Bombeo	Ambiente min 5°C, max 35°C
Densidad producto	1040 kg/m ³
Presión de vapor @ Temperatura de bombeo	6,66·10 ⁻⁴ bares
Viscosidad dinámica	4,5·10 ⁻³ Pa·s
Capacidad máxima requerida	0,25 L/h
Caudal necesario para este producto	0,12 L/h

Tabla 16.4.3. Hoja de características del aditivo de la bomba dosificadora P-2843

Los tres productos dosificados por las bombas dosificadoras de Hidrógeno 28 son mezclas de compuestos químicos que exigen el empleo de determinados materiales en las piezas correspondientes al conjunto dosificador de las bombas dosificadoras.

La bomba P-2841 bombea un aditivo denominado “Nalco N-72210” que se basa en una solución de pirofosfato de tetrapotasio e hidróxido de potasio para evitar la corrosión cáustica y la incrustación. Se trata de un fosfato alcalino diseñado específicamente para mantener la razón PO_4/pH requerida en el agua de calderas, cuando son alimentadas con una mezcla de agua desmineralizada y condensados. Este producto tiene tendencia a cristalizar y para evitar daños en los componentes de la bomba dosificadora, a continuación se muestra una tabla con los materiales de construcción más y menos adecuados para las piezas del conjunto dosificador:

MATERIALES COMPATIBLES	MATERIALES NO COMPATIBLES
Latón, Acero suave, Acero inoxidable 304, Acero inoxidable 316L, Plasite 7122, HDPE (Polietileno de alta densidad), Neopreno, PVC, PTFE, Polipropileno, CPVC (rígido) , Co-polímero de politetrafluoroetileno/polipropileno	Plasite 4300, Fluoroelastómero, Buna-N, Nitrilo y evitar el uso de PTFE como material para el sello

Tabla 16.4.4. Materiales compatibles y no compatibles para la bomba dosificadora P-2841

La bomba P-2842 bombea un aditivo denominado “Nalco N-Eliminox” basado en una solución de carbohidrazida para eliminar el oxígeno residual a la salida del desgasificador, por lo que evita la corrosión en las líneas de alimentación y en la caldera. Al no existir oxígeno, y en las condiciones alcalinas del tratamiento, se forman especies pasivantes en las superficies metálicas, que evitan la corrosión. Este producto tiene tendencia a cristalizar y formar precipitados cuando se encuentra por debajo de 4°C, además de desprender burbujas de gas. Para evitar daños en los componentes de la bomba dosificadora, a continuación se muestra una tabla con los materiales de construcción más y menos adecuados para las piezas del conjunto dosificador en el caso de este aditivo:

MATERIALES COMPATIBLES	MATERIALES NO COMPATIBLES
Acero inoxidable 304, Acero inoxidable 316L, CPVC (rígido), HDPE (Polietileno de alta densidad), Plexiglass, Polipropileno, PVC, PTFE, Difluoruro de polivinilideno, Perfluoroelastómero, EPDM, Fluoroelastómero, Nitrilo, Plasite 7122	Latón, Acero suave, Neopreno, Nylon

Tabla 16.4.5. Materiales compatibles y no compatibles para la bomba dosificadora P-2842

Finalmente, la bomba dosificadora P-2843 bombea un aditivo denominado “Nalco N-72310” que contiene en su formulación una mezcla de aminas neutralizantes con diferentes coeficientes de reparto V/L, para proteger las zonas inicial, intermedia y final de todo el ciclo de vapor/condensado. El producto es totalmente estable a 100 kg/cm² ya que es muy importante que las aminas tengan un punto de ruptura superior a la temperatura del sistema para evitar que su degradación origine subproductos agresivos para el sistema. Para evitar daños en los componentes de esta bomba, a continuación se muestra una tabla con los

materiales de construcción más y menos adecuados para las piezas del conjunto dosificador en el caso de este aditivo:

MATERIALES COMPATIBLES	MATERIALES NO COMPATIBLES
PVC, Acero inoxidable 316L, Hastelloy C-276 (aleación de níquel, hierro y molibdeno), Plexiglass, EPDM, PTFE, HDPE (Polietileno de alta densidad), Etileno-propileno, Acero suave, Polipropileno, Polietileno, Acero al carbono C1018, Acero inoxidable 304	Cobre, Aluminio, Latón, Nylon, Buna-N, Caucho natural, Poliuretano, Neopreno, Co-polímero de politetrafluoroetileno/polipropileno, Goma de polietileno, Fluoroelastómero

Tabla 16.4.6. Materiales compatibles y no compatibles para la bomba dosificadora P-2843

Se puede comprobar, que los materiales empleados en los elementos del cuerpo dosificador de la bomba no están en los listados de materiales no compatibles de estas bombas dosificadoras, de forma que en cuanto a compatibilidad de materiales, las bombas empleadas no deberían dar problemas teóricamente.

16.5. CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN Y EL PROCESO. CÁLCULOS

En los diferentes casos se emplea una dosificadora modelo Mikro Delta 600150 SS con un caudal de dosificación de 145 ml/h. Esta dosificadora se compone de un cabezal dosificador en inoxidable impulsada por un pistón de cerámica.

El aditivo bombeado se almacena en depósitos comerciales de 1000 litros de la empresa Nalco (uno abajo donde aspiran el químico y otro arriba para trasegar el producto al de abajo). La aspiración del químico se realiza en la parte inferior del depósito, estando éste elevado con el fin de mantener las bombas en carga en todo momento.

Por otro lado, los diámetros de las tuberías eran de 1 pulgada inicialmente, es decir 25 mm aproximadamente. Debido a los problemas de fiabilidad que daban las bombas se decidió sustituir las tuberías rígidas de 1" por tubings de 1/4"; pero aun así, las bombas dosificadoras tienen un diámetro de conexión del tubo de 1,9 mm, de forma que teóricamente el diámetro de las tuberías es muy superior al permitido por las bombas.

En otro orden de cosas, la instalación no presenta una válvula de contrapresión específica, ni automatización, ni amortiguador de pulsaciones. Las únicas válvulas presentes son las válvulas de retención y la válvula de seguridad tarada a 10 kg/cm² montada en derivación y con retorno a la aspiración.

Respecto a las presiones de impulsión, el ΔP está definido a un máximo de 10 kg/cm² por la válvula de seguridad, y en caso de que se supere esta presión en la bomba, esta se abre y deriva el caudal a la aspiración de la bomba nuevamente. Por otro lado, la presión real del depósito a donde impulsa está a 0,3 kg/cm², con lo que la resistiva del sistema real serían esa presión más la diferencia de cotas (perdidas de longitud de línea) hasta el depósito de unos 7 metros.

Además, la inyección de los aditivos químicos al desgasificador se realiza por la parte inferior de un calderín, dejándose a un metro de la entrada del calderín. En los puntos de inyección al DH-2801 la presión es de $0,3 \text{ kg/cm}^2$, más la columna de 7m de altura que es necesario vencer y el condensado que hay dentro del desaireador, que suele estar siempre al 50 o 60% de nivel. Esto determina la contrapresión de las bombas.

En cuanto a los caudales de bombeo de los aditivos químicos, el proceso de tratamiento de agua de calderas necesita de 30L/semana del aditivo Nalco N-72210 y 20L/semana de los aditivos de Nalco Eliminox y Nalco N-72310. Esto da lugar a los caudales horarios mostrados a continuación:

$$Q_{\text{Nalco N-72210}} = 30 \frac{L}{\text{semana}} = 0,18 \text{ L/h}$$

$$Q_{\text{Eliminox y N-72310}} = 20 \frac{L}{\text{semana}} = 0,12 \text{ L/h}$$

Finalmente, cabe destacar que las bombas dosificadoras cuentan con un manómetro en la zona de impulsión instalado en derivación.

Una vez explicados todas las condiciones de proceso de la instalación de las cuales tenemos información, se muestra un esquema simplificado de la instalación de las bombas P-2841, P-2842 y P-2843. Se va a considerar el mismo caso para las 3 bombas ya que dos de ellas impulsan el aditivo directamente al desgasificador, mientras que la última bomba dosificadora también lo hace de forma indirecta, ya que impulsa su aditivo a las bombas centrífugas P-2801 A/B que a su vez bombean al desgasificador.

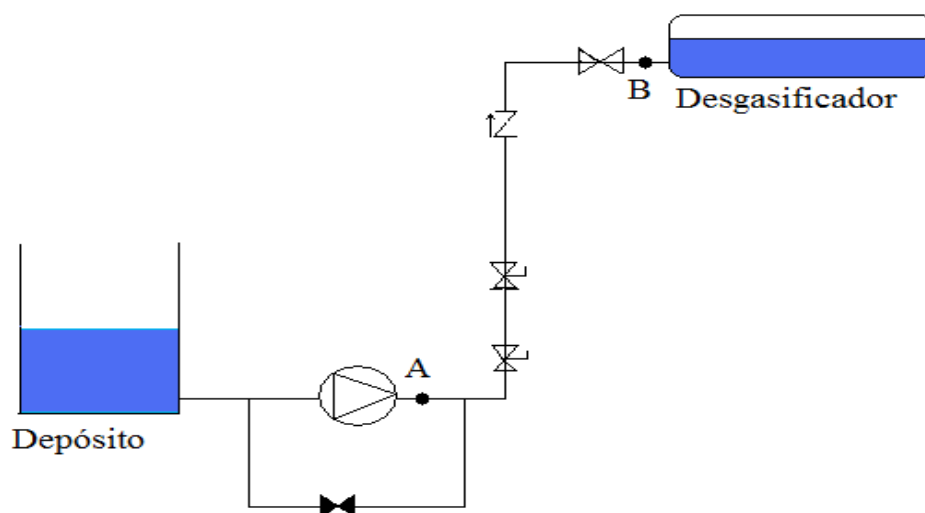


Ilustración 16.5.1. Esquema de la instalación de dosificación

A continuación se realizarán los cálculos para comprobar la presión de impulsión de las bombas dosificadoras y verificar mediante el NPSH que el circuito empleado está correctamente montado y cumple las condiciones de NPSH mostradas anteriormente en la introducción de las bombas dosificadoras.

En primer lugar, se muestra la ecuación de Bernoulli, que describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una corriente de agua y afirma que la energía de un fluido ideal en régimen de circulación por un conducto cerrado se mantiene constante a lo largo de su recorrido. La ecuación consta de los siguientes términos:

$$\frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + z = cte$$

dónde:

V = velocidad del fluido en la sección considerada (m/s)

ρ = densidad del fluido (kg/m³)

P = presión a lo largo de la línea de corriente

g = aceleración gravitatoria (N/kg)

z = altura en la dirección de la gravedad desde una cota de referencia (m)

Gracias a la aplicación de la ecuación de Bernoulli entre el punto A y el punto B en el circuito, se va a calcular la presión de impulsión de la bomba en el punto A. Todo ello considerando que la presión de aspiración de la bomba dosificadora es cercana a 0 bares con la válvula de seguridad cerrada y considerando que el depósito de 1000 litros de NALCO se encuentra a presión atmosférica. Los datos de partida de los que disponemos son los siguientes:

$$P_B = 0,3 \text{ bares}$$

$$\varnothing_{\text{Tubería}} = 1/4'' = 0,00635 \text{ m}$$

$$Q_{P-2841} = 0,18 \text{ l/h} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{P-2842} = Q_{P-2843} = 0,12 \text{ l/h} = 3,3 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Z_B = 7 \text{ m}$$

Se calcula primero la velocidad a la que circula el fluido por las tuberías gracias a la ecuación de la continuidad y a la relación entre el caudal y la velocidad:

$$Q = V * A = cte$$

dónde:

Q = caudal del fluido bombeado

V = velocidad del fluido bombeado

A = área seccional atravesada por el fluido

De esta forma:

$$V_{P-2841} = \frac{Q_{P-2841}}{A} = \frac{Q_{P-2841}}{\pi \cdot \frac{\Phi_{Tuberia}^2}{4}} = 0,001578 \frac{m}{s}$$

$$V_{P-2842} = V_{P-2843} = \frac{Q_{P-2842}}{A} = \frac{Q_{P-2842}}{\pi \cdot \frac{\Phi_{Tuberia}^2}{4}} = 0,001042 \frac{m}{s}$$

Con las velocidades del fluido circulando por las tuberías ya calculadas, se procede a calcular las pérdidas de carga a lo largo del circuito las cuales serán:

- Para las pérdidas de carga en las tuberías se empleará la formula general de Darcy-Weisbach:

$$h_c = 0,0826 \cdot f \cdot \frac{Q^2}{D^5} \cdot L$$

dónde:

Q = caudal del fluido bombeado

D = diámetro de las tuberías

L = longitud de la tubería a partir de la impulsión

f = factor de fricción, obtenido a partir de la relación de Von Karman:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}}$$

dónde Re es el número de Reynolds calculado a partir de la velocidad del fluido (V) el diámetro de la tubería (D) y la viscosidad cinemática del fluido (v) con la siguiente expresión:

$$Re = \frac{V \cdot D}{v}$$

El número de Reynolds define el tipo de régimen (laminar o turbulento) y será distinto para cada bomba, ya que el fluido bombeado es distinto. La viscosidad cinemática del fluido (v) vendrá dada por la relación:

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

donde μ es la viscosidad dinámica fluido y ρ es su densidad (valores en la tabla 16.4.1).

De esta forma, obtenemos:

$$v_{P-2841} = \frac{\mu_{P-2841}}{\rho_{P-2841}} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}}{1460 \text{ kg/m}^3} = 8,21 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Re_{P-2841} = \frac{V_{P-2841} \cdot \Phi_{tubería}}{v_{P-2841}} = 1,22$$

$$v_{P-2842} = \frac{\mu_{P-2842}}{\rho_{P-2842}} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}}{1020 \text{ kg/m}^3} = 2,94 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Re_{P-2842} = \frac{V_{P-2842} \cdot \Phi_{tubería}}{v_{P-2842}} = 2,25$$

$$v_{P-2843} = \frac{\mu_{P-2843}}{\rho_{P-2843}} = \frac{4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}}{1040 \text{ kg/m}^3} = 4,32 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Re_{P-2843} = \frac{V_{P-2843} \cdot \Phi_{tubería}}{v_{P-2843}} = 1,53$$

Con los números de Reynolds para cada bomba ya obtenidos, se calculan los factores de fricción para cada bomba a partir de la relación mostrada anteriormente y obtenemos:

$$f_{P-2841} = 6,15$$

$$f_{P-2842} = 2,83$$

$$f_{P-2843} = 4,49$$

Considerando una longitud de $L=15$ metros para la línea de impulsión que lleva la tubería desde las bombas dosificadoras hasta el desgasificador DH-2801, las pérdidas de carga para cada caso son:

$$h_{c P-2841} = 0,0826 \cdot f_{P-2841} \cdot \frac{Q_{P-2841}^2}{D_{Tubería}^5} \cdot L = 0,00184 \text{ m}$$

$$h_{c P-2842} = 0,0826 \cdot f_{P-2842} \cdot \frac{Q_{P-2842}^2}{D_{Tubería}^5} \cdot L = 0,00036 \text{ m}$$

$$h_{c P-2843} = 0,0826 \cdot f_{P-2843} \cdot \frac{Q_{P-2843}^2}{D_{Tubería}^5} \cdot L = 0,00058 \text{ m}$$

A partir de los cálculos, podemos ver que las pérdidas de carga continuas en las tuberías son despreciables, ya que sus valores son muy pequeños debido a la baja cantidad de caudal que pasa por las mismas. Lo mismo pasará con las pérdidas de carga singulares asociadas a los codos y válvulas de seguridad, etc. por dónde pasa la corriente de fluido, las cuales serán muy pequeñas por la misma razón. Para calcularlas utilizaremos la siguiente fórmula:

$$h_s = k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

dónde k es un coeficiente adimensional que depende del tipo de singularidad según la tabla mostrada a continuación:

Accesorios	K
Válvula esférica (totalmente abierta)	10
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2.5
Válvula de retención (totalmente abierta)	2
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0.2
Válvula de compuerta (abierta $\frac{3}{4}$)	1.15
Válvula de compuerta (abierta $\frac{1}{2}$)	5.6
Válvula de compuerta (abierta $\frac{1}{4}$)	24.0
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-
"T" por la salida lateral	1.80
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0.90
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0.75
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0.60
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0.45
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0.40
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0.35

Tabla 16.5.1. Valores del coeficiente K según el tipo de singularidad

En nuestro caso, el circuito en su línea de impulsión presenta dos codos a 90° de radio normal, una válvula de retención, 3 válvulas de compuerta que consideraremos abiertas y la válvula de seguridad. Así pues, el cálculo final daría lugar a:

$$h_{s P-2841} = k \cdot \frac{V_{P-2841}^2}{2g} = (2 \cdot 0,75 + 2 + 2,5 + 3 \cdot 0,2) \cdot \frac{0,001578}{2g} = 0,00053 \text{ m}$$

$$h_{s P-2842/2843} = k \cdot \frac{V_{P-2842}^2}{2g} = (2 \cdot 0,75 + 2 + 2,5 + 3 \cdot 0,2) \cdot \frac{0,001042}{2g} = 0,00035 \text{ m}$$

De lo que se concluye, que los valores de pérdidas singulares y continuas son despreciables, de forma que no se considerarán en la aplicación de la ecuación de Bernoulli entre los puntos A y B de la tubería. Así pues, finalmente aplicamos Bernoulli entre A y B:

$$\frac{P_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + z_A = \frac{P_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + z_B$$

El factor cinético se considerará despreciable para las 3 bombas, ya que la velocidad cinética del fluido es muy pequeña. Además $Z_A = 0$ al estar al nivel del suelo, de forma que la ecuación se simplifica a:

$$\frac{P_A}{\rho g} = \frac{P_B}{\rho g} + z_B$$

de dónde conocemos la presión P_B en la entrada del desgasificador y la cota Z_B de 7 metros. La presión P_A obtenida será la presión de impulsión normal de las bombas:

$$P_{P-2841} = \left(\frac{P_B}{\rho g} + z_B \right) \rho g = \left(\frac{30000 \text{ Pa}}{1460 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + 7 \text{ m} \right) \cdot 1460 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 130258,2 \text{ Pa}$$

$$P_{P-2842} = \left(\frac{P_B}{\rho g} + z_B \right) \rho g = \left(\frac{30000 \text{ Pa}}{1020 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + 7 \text{ m} \right) \cdot 1020 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 100043,4 \text{ Pa}$$

$$P_{P-2843} = \left(\frac{P_B}{\rho g} + z_B \right) \rho g = \left(\frac{30000 \text{ Pa}}{1040 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + 7 \text{ m} \right) \cdot 1040 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 101416,8 \text{ Pa}$$

Con los resultados obtenidos, las presiones de impulsión necesarias en bares para las tres bombas son:

$$P_{P-2841} = 1,302 \text{ bares}$$

$$P_{P-2842} = 1 \text{ bar}$$

$$P_{P-2843} = 1,014 \text{ bares}$$

Las presiones necesarias son muy inferiores a la presión de bombeo capaz de dar las bombas dosificadoras de Prominent, las cuales alcanzan 60 bares. De esta forma, cabría analizar la posibilidad de sustituir estas bombas por otras más adecuadas a la presión de impulsión requerida para el proceso.

En cuanto al dimensionado de la aspiración de la instalación, a continuación se realizarán los cálculos de NPSH (en inglés "Net positive suction head" [carga neta positiva de aspiración]) que tienen por finalidad evitar cualquier riesgo de cavitación. En el caso, muy frecuente, de bombeo de líquidos no viscosos (normalmente de viscosidad inferior a 50 cp), el cálculo de NPSH se reduce a verificar la siguiente condición:

$$\frac{10,2}{\rho} (P_a - T_v) + H_a > 2 + 0,016 \frac{LQN}{D^2}$$

dónde:

ρ = densidad (g/m^3)

P_a = presión de aspiración (absoluta en bar)

T_v = tensión de vapor (bar)

H_a = altura de aspiración (m) (- si la bomba está en aspiración y + si está en carga)

L = longitud de tubería (m)

Q = caudal máximo de la bomba (l/h)

N = cadencia de la bomba (carreras/minuto)

D = diámetro interior de la tubería (mm)

De esta forma, a continuación se procede a comprobar el NPSH de cada bomba. Para ello, consideraremos que la presión de aspiración de la bomba es de 0 bares, que la cadencia de la bomba es de 100 gpm según los datos del fabricante y que su altura de aspiración H_a es de 6 m. Con ello aplicamos la relación mostrada anteriormente:

- Para la P-2841 obtenemos:

$$\frac{10,2}{1,46} (0 - 0,0093) + 6 > 2 + 0,016 \cdot \frac{7 \cdot 0,18 \cdot 100}{6,35^2}$$

$$5,93 > 2,05 \quad \text{No cavita}$$

- Para la P-2842 obtenemos:

$$\frac{10,2}{1,02} (0 - 0,016) + 6 > 2 + 0,016 \cdot \frac{7 \cdot 0,12 \cdot 100}{6,35^2}$$

$$5,84 > 2,03 \quad \text{No cavita}$$

- Para la P-2843 obtenemos:

$$\frac{10,2}{1,04} (0 - 6,66 \cdot 10^{-4}) + 6 > 2 + 0,016 \cdot \frac{7 \cdot 0,12 \cdot 100}{6,35^2}$$

$$5,993 > 2,03 \quad \text{No cavita}$$

Una vez realizada la comprobación del NPSH, se puede concluir que ninguna de las 3 instalaciones de dosificación debería sufrir problemas de cavitación y por tanto, en cuanto a la línea de aspiración, éstas se encuentran bien dimensionadas.

16.6. ANÁLISIS DE LOS FALLOS Y SOLUCIONES

Los problemas detectados en las tres bombas se agrupan generalmente en cuatro tipos:

- Descebados en el sistema de dosificación y entrada/formación de burbujas de aire
- Obturación de la válvula de aspiración causando una recirculación interna del producto bombeado
- Obstrucción de las líneas de impulsión de la P-2842 y P-2843
- Fuga del producto químico por el deterioro de las estopadas o empaquetaduras
- Desprendimiento y rotura del pistón

Como soluciones se proponen las siguientes opciones:

- *Cambio de tuberías:* respetar las tuberías estándar de las dosificadoras para evitar el efecto de amortiguación a la hora de dosificar el producto químico y la gasificación del producto.
- *Sistema de limpieza cabezal:* debido a las incrustaciones producidas por el producto químico es recomendable instalar un sistema automático de limpieza y enjuagar el cabezal de dosificación en momentos de parada del sistema dejando siempre el cabezal lleno de agua.
- *Instalación de manómetros en la zona de impulsión:* con el fin de detectar tempranamente posibles obstrucciones de las líneas de impulsión hasta la entrada al desaireador, conviene instalar unos manómetros en las impulsiones de las P-2841/2842/2843 y realizar una limpieza preventiva de las líneas de impulsión.
- *Dilución del producto químico:* es recomendable diluir el producto concentrado para tener un caudal de dosificación mayor y poder disponer de esta forma de bombas dosificadoras de membrana. Con esto se evitaría trabajar con bombas de pistón, prescindiendo de las frágiles empaquetaduras de este tipo de bombas.
- *Instalación de un filtro:* con el objetivo de evitar las obstrucciones en la válvula de aspiración y la consecuente recirculación del producto se recomienda instalar un filtro previo para retener las posibles partículas sólidas contenidas en el reactivo.
- *Modificación del almacenamiento del producto:* el producto almacenado en los tanques de Nalco tiende a cristalizar y solidificarse en la parte inferior de los depósitos, ya que el vaciado de estos depósitos es anual. Para evitar esto, sería preferible disminuir la cantidad de producto químico almacenado, evitando así la posibilidad de aspirar impurezas sólidas del producto químico que dañan a la instalación y los equipos de dosificación.

- *Mantenimiento de las bombas dosificadoras:* en el caso de que no se quieran sustituir las dosificadoras actuales y no cambiar el sistema de almacenamiento del producto químico, sería necesario plantear un mantenimiento preventivo especial en las dosificadoras que consistiría en el cambio de las juntas y las estopadas una vez cada 2-3 meses. Además, para evitar la obstrucción de las válvulas de aspiración, sería conveniente realizar un mantenimiento preventivo haciendo funcionar las bombas dosificadoras con agua para eliminar posibles obstrucciones.
- *Posibilidad de modificar las bombas:* el rango de presión de trabajo de las bombas empleadas actualmente es de 20 a 60 bares. Este rango es demasiado elevado con respecto a la presión máxima de bombeo requerida para estas bombas que es de 5,5 bares. Es por ello que esto puede influir en la fiabilidad de las bombas dosificadoras y sería conveniente comprar unas bombas nuevas que se adaptaran mejor al proceso.
- *Instalación de las dosificadoras en carga:* para disminuir la caída de presión en la aspiración y evitar así la gasificación parcial del químico conviene instalar las bombas en carga.
- *Empleo de bomba de membrana:* para el caso de los fosfatos es más recomendable el empleo de bombas de membrana mecánica que de pistón, ya que este producto suele cristalizar y desgasta la estopada y el pistón, aunque el hecho de que se empleen bombas de pistón es debido a que el suministrador ofrece un caudal mínimo de 1 l/h, y este es un caudal muy superior al máximo requerido para estas bombas.

En cuanto a los fallos después de la modificación de las tuberías rígidas por tubings, el personal de mantenimiento ha destacado que el modo de fallo más habitual de las bombas ha pasado de ser la obstrucción de la válvula de aspiración a la fuga de la empaquetadura con el pistón, ya que el pistón se suelta del émbolo. Adicionalmente, el problema de descebado y entrada de burbujas de aire sigue ocurriendo.

A partir de las soluciones propuestas, se ha decidido realizar finalmente un cambio de bombas dosificadoras por otro modelo de bombas dosificadoras de membrana mejor adaptadas a los requisitos del proceso. Debido a la compatibilidad de materiales se adquiere un modelo distinto para la P-2843, la cual tendrá el cabezal dosificador fabricado en acero inoxidable, mientras que las P-2841 y P-2842, tendrán el cabezal dosificador fabricado en PVC.

Junto a estas bombas, se adquirirán unas válvulas de contrapresión de 2 bares, las cuales se instalarán en la línea de impulsión y agregarán una contrapresión extra de 2 bares a la presión de impulsión de la bomba que asegure el funcionamiento de la bomba bajo una precisión del 2% y el cierre de la caja de válvulas.

Las bombas dosificadoras adquiridas son del fabricante Milton Roy. Se trata de bombas electromagnéticas de la serie LMI con tecnología de membrana rígida ideales para la inyección de inhibidores de corrosión y fosfatos en los tratamientos de agua de caldera. Los materiales de las bombas del dosificador de PVC y el de acero inoxidable se muestran en la tabla siguiente:

	Dosificador de PVC	Dosificador de acero inoxidable
Cabezal	PVC	316L
Cuerpo caja de válvulas	PVC	316L
Asientos	Hastelloy C	316L
Bolas	Hastelloy C	Hastelloy C
Membrana	PEEK	PEEK
Tóricas	PTFE	NA

Tabla 16.6.1. Materiales de las bombas dosificadoras LMI

LMI C CON DOSIFICADOR DSD DE ACERO INOXIDABLE: XR47 Y XV47

LMI C CON DOSIFICADOR DSD DE PLÁSTICO: CR47

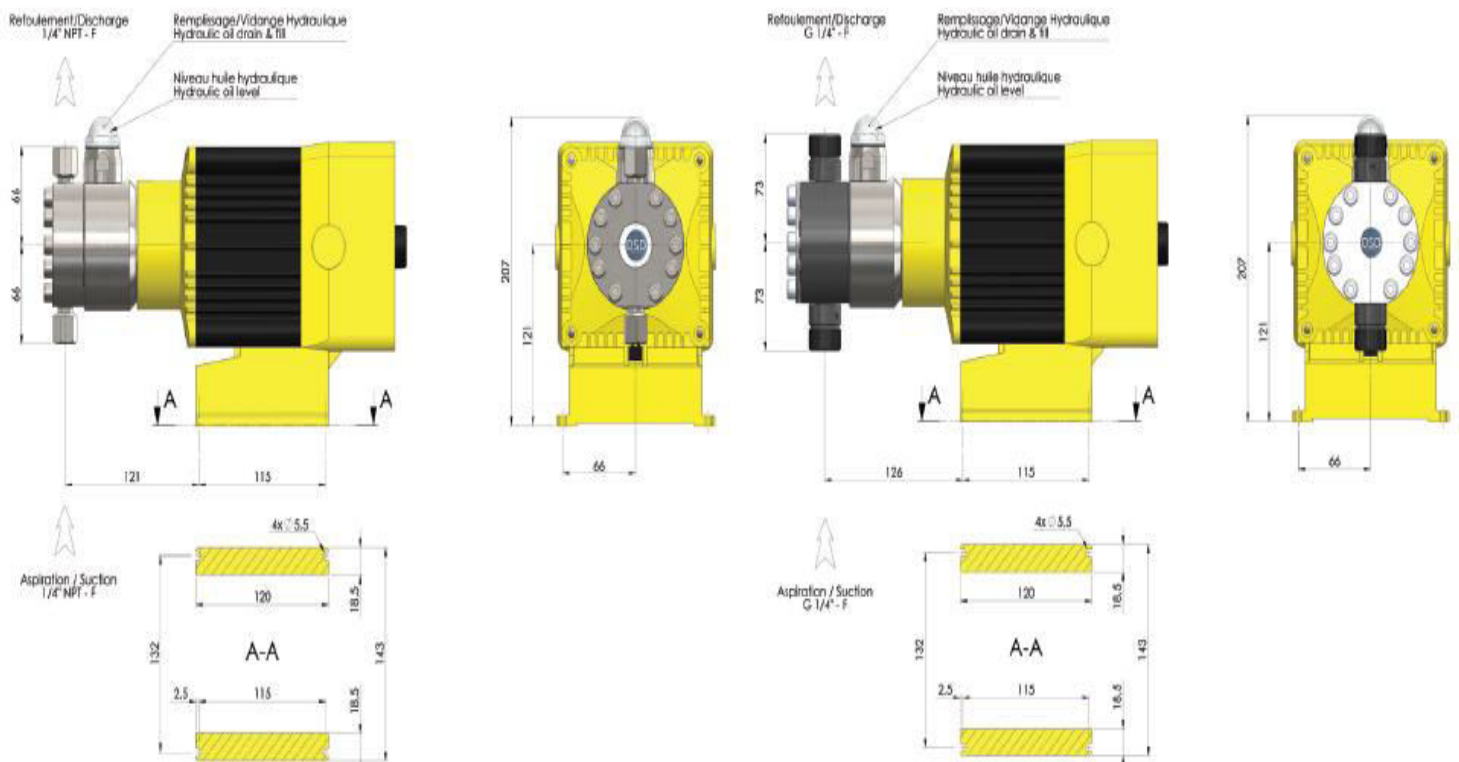


Ilustración 16.6.1. Dimensiones de las bombas dosificadoras LMI

	P-2841 y P-2842	P-2843
Diámetro pistón	10 mm	10 mm
Carrera pistón	1,61 mm	1,61 mm
Rango de caudal	0,002 ml/h – 0,64 l/h	0,009 ml/h – 2,14 l/h
Presión de aspiración máx	48 bar	48 bar
Presión de descarga mín/máx	2-25 bar	2-50 bar
Altura de aspiración máx	6 mca	6 mca
Cadencia mín/máx	0,017 gpm – 100 gpm	0,017 gpm – 100 gpm
Cilindrada mín/máx	0,002 ml – 0,02 ml	0,002 ml – 0,02 ml
Regulación de carrera	10-100%	10-100%
Potencia máxima	420 W	420 W
Conexiones	Rosca ¼” NPT Hembra	Rosca ¼” NPT Hembra
Alimentación	230 V	230 V

Tabla 16.6.2. Características técnicas de las bombas dosificadoras LMI

Mediante la compra de estas 3 bombas y sus respectivas válvulas de contrapresión, se pretende conseguir reducir en gran medida los problemas de fiabilidad encontrados en la zona de Tratamiento de Agua de Calderas de la unidad de Hidrógeno II. Como se puede comprobar en las características técnicas, estas bombas se encuentran dentro de los rangos de caudal y presión de bombeo deseados para el proceso. En el apartado de análisis económico, se incluirán los costes que implican la adquisición de estas bombas y sus accesorios, así como su impacto esperado en la reducción de costes de labores de mantenimiento correctivo.

17. CASE STUDY: P-3250, P-3251

Las bombas dosificadoras P-3250 y P-3251 se encuentran situadas en la zona de Hidrógeno 28 al igual que las analizadas anteriormente. Estas bombas operan en la unidad de dosificación X-3204, junto a la bomba dosificadora P-3252 y bombean los aditivos químicos almacenados en los depósitos D-3250, D-3251 y D-3252. Durante estos dos últimos años, se han realizado numerosas OT's por problemas de bombeo en estos equipos.

17.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS ACTUALES Y PRODUCTOS DOSIFICADOS

Las bombas P-3250 y P-3251 pertenecen a la suministradora Milton Roy y ambas son bombas dosificadoras de desplazamiento positivo, aunque sus modelos son distintos.

La primera de ellas es del modelo Milton Roy MD y se encarga de bombear el aditivo químico Nalco N-Elinox, del cual ya hemos hablado anteriormente que tiene como función la de atrapar el oxígeno del proceso y evitar la corrosión en tuberías y las instalaciones de la unidad. A continuación se muestra la tabla de características y materiales correspondiente a esta bomba junto a la ficha del aditivo químico:

Carcasa	Piston	Asientos de las válvulas	Muelles de las válvulas	Cajas de las válvulas	Empaquetadura
Acero inoxidable	Oxido de cromo	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable	PTFE

Tabla 17.1.1. Materiales de la bomba dosificadora P-3250

Presión máxima de bombeo	150 bares
Caudal de bombeo	0,028-0,28 m ³ /h
Tensión eléctrica	230 V
Ø pistón	3,2 mm
Tamaño de conexión de tubo	1/4"
Longitud de la carrera	25,4 mm
Cadencia	23 gpm

Tabla 17.1.2. Características técnicas de la bomba dosificadora P-3250

Bomba	P-3250
Servicio	Aditivo SECUESTRANTE OXÍGENO
Aditivo	Nalco N-Elinox, solución de carbohidrazida
Tipo de Bomba	Desplazamiento positivo
Temperatura de Bombeo	Ambiente min 5°C, max 35°C
Densidad producto	1020 kg/m ³
Presión de vapor @ Temperatura de bombeo	0,016 bares
Viscosidad dinámica	3·10 ⁻³ Pa·s

Tabla 17.1.3. Características técnicas del aditivo químico de la bomba dosificadora P-3250

En cuanto a la dosificadora P-3251, es del modelo Milton Roy XA y a diferencia de la anterior, utiliza la tecnología de membrana hidráulica, por tanto no lleva empaquetadura. Bombea el aditivo químico Nalco-1805 empleado como neutralizante del condensado de vapor de las calderas. A continuación se muestra la información referente a estas bombas:

Carcasa	Piston	Asientos de las válvulas	Muelles de las válvulas	Cajas de las válvulas	Membrana
Acero inoxidable	Oxido de cromo	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable	PTFE

Tabla 17.1.4. Materiales de la bomba dosificadora P-3251

Presión máxima de bombeo	123 bares
Caudal de bombeo	0,26-2,6 m ³ /h
Tensión eléctrica	230 V
Ø pistón	11,1 mm
Tamaño de conexión de tubo	3/8"
Longitud de la carrera	18 mm
Cadencia	29 gpm

Tabla 17.1.5. Características técnicas de la bomba dosificadora P-3251

Bomba	P-3251
Servicio	Aditivo CONTROL pH
Aditivo	Nalco 1805
Tipo de Bomba	Desplazamiento positivo con membrana
Temperatura de Bombeo	Ambiente min 5°C, max 35°C
Densidad producto	965 kg/m ³
Presión de vapor @ Temperatura de bombeo	--
Viscosidad dinámica	9·10 ⁻³ Pa·s

Tabla 17.1.6. Características técnicas del aditivo químico de la bomba dosificadora P-3251

17.2. CONDICIONES DE OPERACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA CAUSA RAÍZ

En cuanto a las condiciones de operación de estas bombas, todas ellas vienen definidas en el P&ID de la refinería (anexos), de forma que no será necesaria la realización de cálculos de la instalación. Las presiones de aspiración e impulsión máximas son de 0 y 3 bares respectivamente para ambas bombas, mientras que el caudal a trasegar es de $2,8 \cdot 10^{-4}$ m³/h en el caso de la bomba dosificadora P-3250 y de $2,6 \cdot 10^{-3}$ m³/h en el caso de la P-3251.

Con respecto a la instalación, ambas bombas incluyen una válvula de seguridad en la impulsión tarada a 16 bares junto a las válvulas de inyección, anti retorno y de paso típicas de las instalaciones de dosificación. Además, como se puede ver en las imágenes, las bombas presentan un “loop” en la aspiración, el cual es probablemente el causante de las numerosas OT’s que aparecen en estas bombas por problemas de bombeo. Este “loop” en la aspiración aumenta la altura de aspiración de las bombas y obliga a que en el depósito haya una altura mínima de aditivo. En caso de que esta altura mínima no sea alcanzada por el aditivo en el depósito, la bomba pierde la aspiración y deja de bombear el líquido.

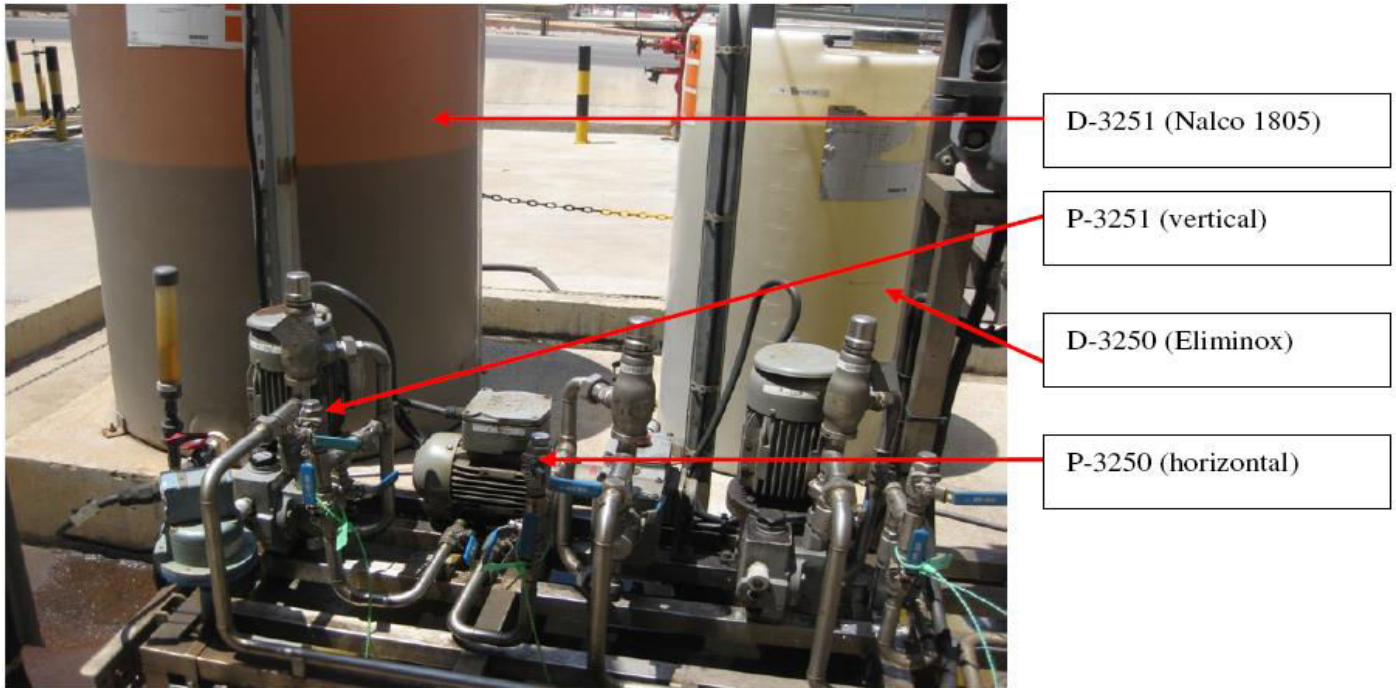


Ilustración 17.2.1. Vista general de la instalación de las P-3250 y P-3251



Ilustración 17.2.2. Detalle de la instalación de las P-3250 y P-3251

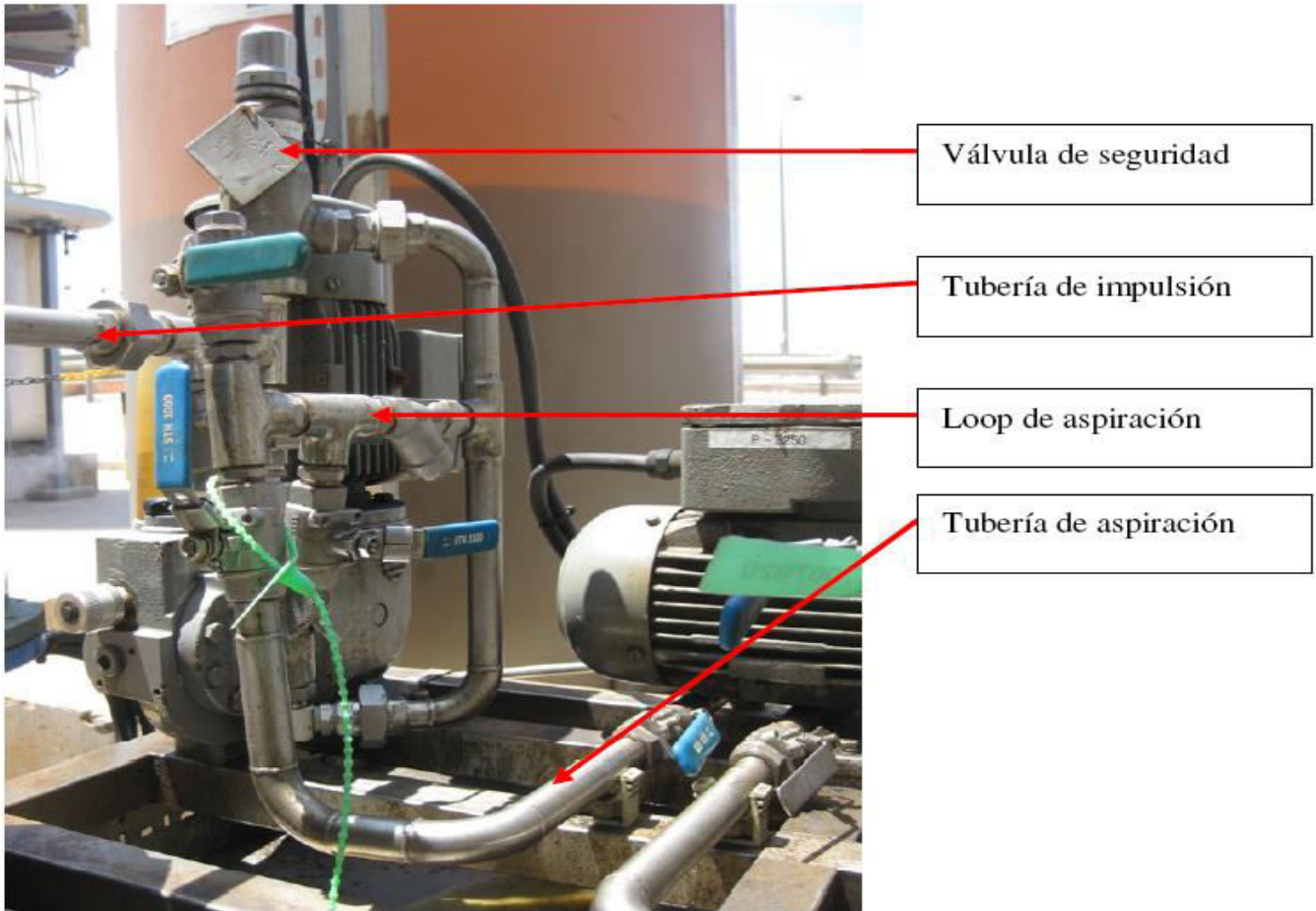


Ilustración 17.2.3. Detalle de la instalación de la P-3250

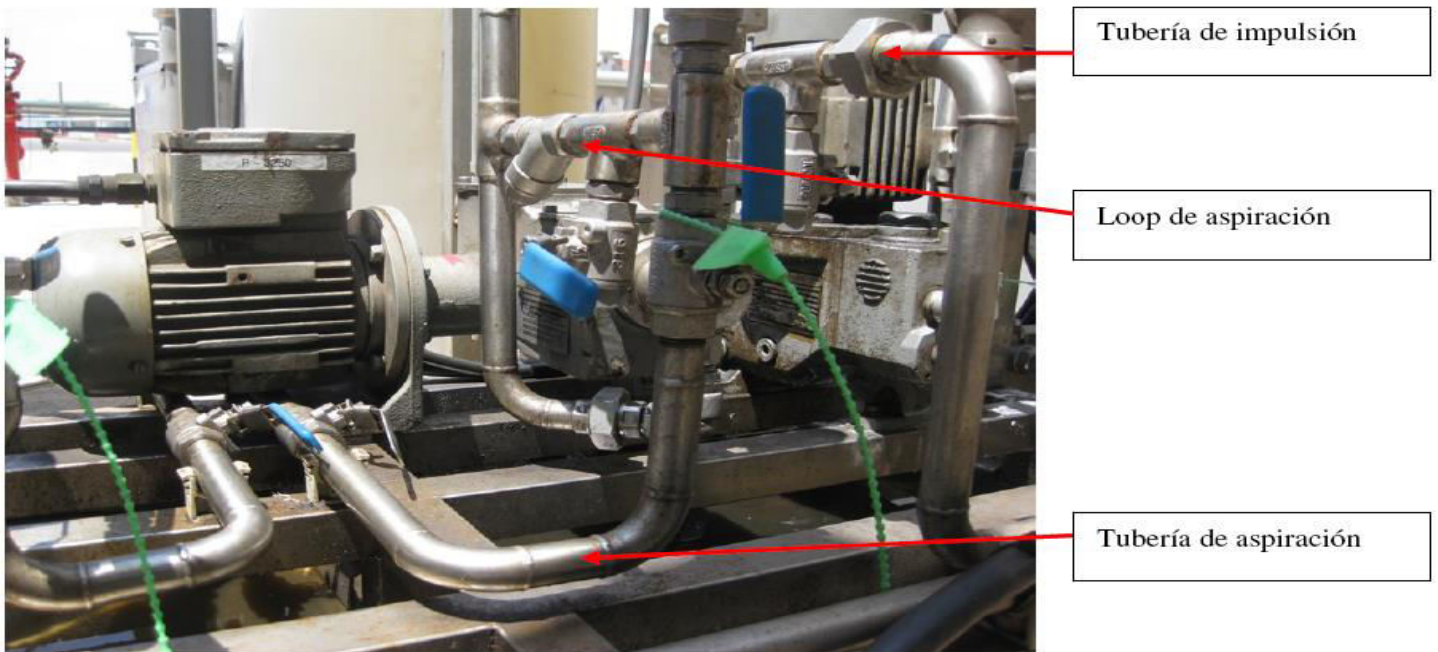


Ilustración 17.2.4. Detalle de la instalación de la P-3251

17.3. ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS

Para solucionar el problema de la diferencia de alturas causada por el “loop” de aspiración, se proponen 3 alternativas:

- No realizar ninguna modificación y operar siempre con un nivel superior al “loop” de aspiración de la bomba, con el inconveniente de perder una parte de la capacidad del depósito y tenerlo que rellenar con mayor frecuencia.
- Bajar el “loop” de aspiración, aunque aun así seguirán existiendo otros puntos elevados desde la toma de salida del depósito hasta la aspiración de la bomba y pueden aparecer problemas similares aunque en menor medida.
- Elevar los depósitos por encima de la altura del “loop” de aspiración de la bomba, mediante el empleo de una bancada suplementaria a la actual de forma que el “loop” de cada bomba quede por debajo de la cota mínima de su depósito.

Debido a que la opción de no realizar modificaciones se ha descartado operativamente, se ha optado por la opción de construir una bancada y elevar los depósitos, ya que requiere de una mayor sencillez de trabajos.

18. CASE STUDY: P-3501 A/B

Los últimos equipos de dosificación de la zona de coker considerados como “bad actors” debido a su alta frecuencia de OT’s por averías son las bombas dosificadoras P-3501 A/B. Estas bombas dosificadoras se encuentran en la unidad de los sistemas de refrigeración de agua y bombean ácido sulfúrico a la torre de refrigeración CT-3500, la cual se encarga de refrigerar el agua proveniente de los sistemas de agua de reposición y enviarla a diferentes zonas y equipos de la refinería. La finalidad de bombear este aditivo químico es la de reducir la alcalinidad natural del agua producida principalmente por bicarbonatos, reduciendo de esta forma el pH. De esta forma, se evita que los bicarbonatos de calcio se conviertan en carbonatos de calcio, causantes principales de las incrustaciones. A continuación, se muestra un esquema de la unidad de refrigeración de agua:

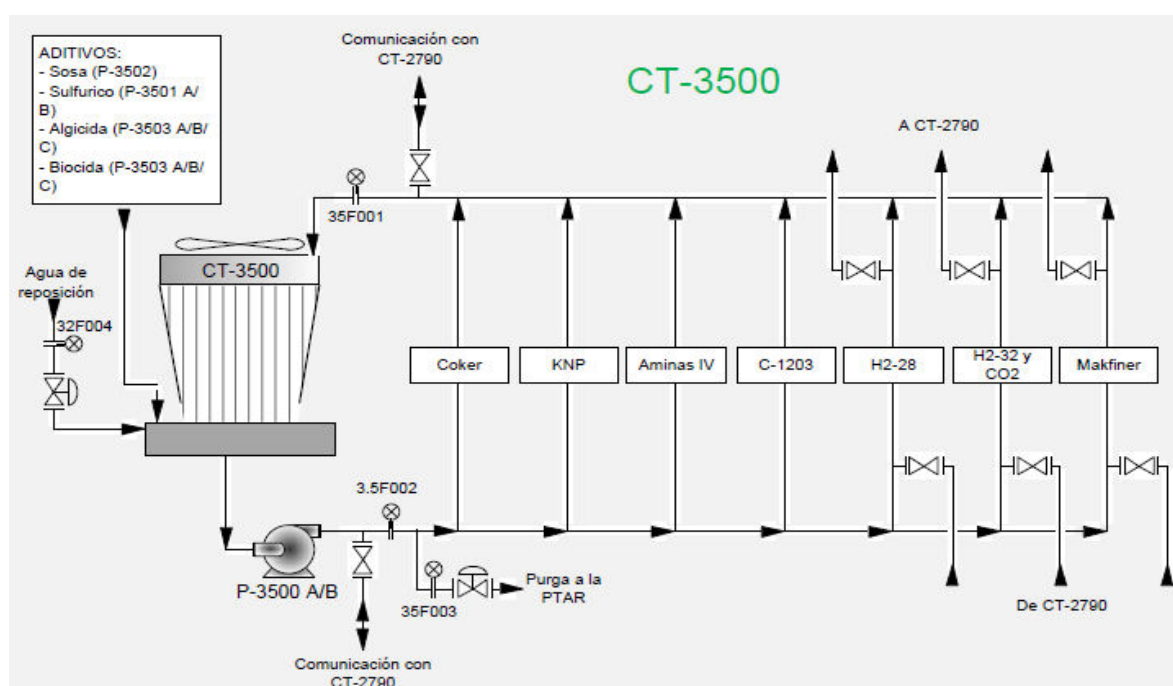


Ilustración 18.0.1. Esquema de la unidad CWS (Cooling Water Systems)

18.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS ACTUALES Y PRODUCTOS DOSIFICADOS

Las bombas dosificadoras P-3501 A/B de la zona de CWS pertenecen al fabricante Milton Roy y son del modelo XA. Se trata de bombas dosificadoras de membrana que bombean ácido sulfúrico. A continuación se presenta las hojas de materiales y características técnicas de las bombas y las características del producto dosificado:

Carcasa	Piston	Asientos de las válvulas	Muelles de las válvulas	Cajas de las válvulas	Membrana
Acero inoxidable	Acero al carbono	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable	PTFE

Tabla 18.1.1. Materiales de las bombas dosificadoras P-3501 A/B

Presión máxima	31 bares
Altura de aspiración máxima	316 mca
Caudal de bombeo máximo	0,044 m ³ /h
NPSH requerido	2,22 m
Tensión eléctrica	500 V
Ø pistón	22,2 mm
Tamaño de conexión de tubo	1/2"
Longitud de la carrera	18 mm
Cadencia	112 gpm

Tabla 18.1.2. Características técnicas de las bombas dosificadoras P-3501 A/B

Bomba	P-3501 A/B
Servicio	Aditivo ALCALINIZANTE y CONTROL pH
Aditivo	Ácido Sulfúrico
Tipo de Bomba	Desplazamiento positivo con membrana
Temperatura de Bombeo	Ambiente min 5°C, max 35°C
Densidad producto	1820 kg/m ³
Presión de vapor @ Temperatura de bombeo	0,043 bares
Viscosidad dinámica	25·10 ⁻³ Pa·s

Tabla 18.1.3. Características técnicas del aditivo químico de las bombas dosificadoras P-3501 A/B

18.2. CONDICIONES DE OPERACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA CAUSA RAÍZ

Las condiciones de operación de estas bombas vienen dadas en el P&ID del proceso, por tanto no será necesaria la aplicación de cálculos para conocer los caudales y las presiones. Estas bombas trabajan a presiones de aspiración e impulsión de 0 y 1,2 bares, respectivamente; mientras que el caudal bombeado es de 0,03 m³/h.

Por otro lado, el NPSH disponible para las condiciones de operación de esta bomba es de 7,6 m con lo cual se cumple la condición de $NPSH_{DISP} > NPSH_{REQ}$.

En cuanto a los accesorios en la instalación, llevan incorporadas diversas válvulas, entre ellas una válvula de alivio tarada a 8,36 bares y una válvula de seguridad instalada en la impulsión de la bomba y tarada a 2,9 bares, con retorno a un depósito (D-2790), en caso de sobrepresión en las bombas.

Con respecto a las causas raíces de las averías de estas bombas, a partir de las OT's registradas los últimos 4 años, se ha podido comprobar que la mayoría de fallos en estas bombas son debidos al deterioro de los componentes del conjunto dosificador, generalmente las válvulas de aspiración e impulsión y a fugas en las válvulas y el cuerpo de la bomba. Además, las tuberías que conectan con los capilares de aspiración e impulsión de las bombas dosificadoras son de un diámetro superior, de forma que no respetan los diámetros de los capilares.

18.3. ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES. DIMENSIONAMIENTO DEL AMORTIGUADOR DE PULSACIONES

Para solucionar estos problemas, se va a proponer cambiar el material de las válvulas de aspiración e impulsión de estas bombas, ya que a partir de la tabla de corrosión mostrada en el apartado 15, podemos ver que el ácido sulfúrico no es compatible con el acero inoxidable del que están fabricadas las válvulas que dan tantos problemas. En sustitución de estas válvulas de acero inoxidable, se adquirirán válvulas en PVC o vidrio, ya que estos materiales son compatibles con el ácido sulfúrico y no sufren ningún tipo de deterioro.

Por otro lado, para solucionar el problema de las fugas ocurridas por las válvulas y el cuerpo de la bomba se va a optar por instalar un amortiguador de pulsaciones en la línea de impulsión de la instalación.

Como ya se ha visto anteriormente, las bombas dosificadoras de simple efecto no suministran caudal durante el ciclo de llenado o aspiración de la bomba, de forma que al final de dicho ciclo la presión de bombeo se ha reducido a “cero”. La columna líquida en el interior de la tubería de la impulsión se ha parado.

Al iniciarse el recorrido de impulsión o salida del líquido de la bomba la columna líquida debe vencer la inercia de la masa del líquido que está parada y las resistencias generadas en el circuito al desplazamiento del líquido (altura geométrica y pérdidas de carga).

Consecuentemente, la presión en la salida de la bomba pasa de “cero” a una presión generada por las resistencias de la inercia, la altura geométrica y las pérdidas de carga. Esta variación de presión desde “cero” hasta el valor máximo, genera problemas como la fatiga del material de los mecanismos de la bomba y sobretodo, vibraciones que acaban generando fugas del líquido en las uniones.

Como ya se ha comentado, uno de los modos de fallo de esta bomba es el de las fugas por el cuerpo y las válvulas, de forma que una de las alternativas planteadas va a ser la de instalar un amortiguador de impulsos que evite este problema de fugas.

El amortiguador de pulsaciones es un recipiente que contiene un gas a presión en su interior, normalmente Nitrógeno. La presión de gas de llenado o hinchado es siempre más baja que la presión del circuito hidráulico en el que está instalado. A esta presión de llenado se le denomina “ P_0 ”.

En todo amortiguador existe un elemento que aísla y separa el gas del líquido del circuito. Esta pieza puede estar hecha de dos materiales: el caucho en el caso de que el elemento separador sea una vejiga, o un material termoplástico (generalmente PTFE) si el amortiguador es de membrana o fuelle. En el segundo caso, el fuelle se fabrica normalmente en acero inoxidable. Debido a las características particulares del circuito en el que se va a instalar, por el cual se trasegará ácido sulfúrico, se opta por instalar el amortiguador de

vejiga, ya que en el caso de emplear un amortiguador de fuelle en acero inoxidable, este se puede ver deteriorado con el paso del tiempo al ser poco compatible con el aditivo químico.

A continuación se muestran algunos de los diseños más comunes de amortiguadores de pulsaciones:

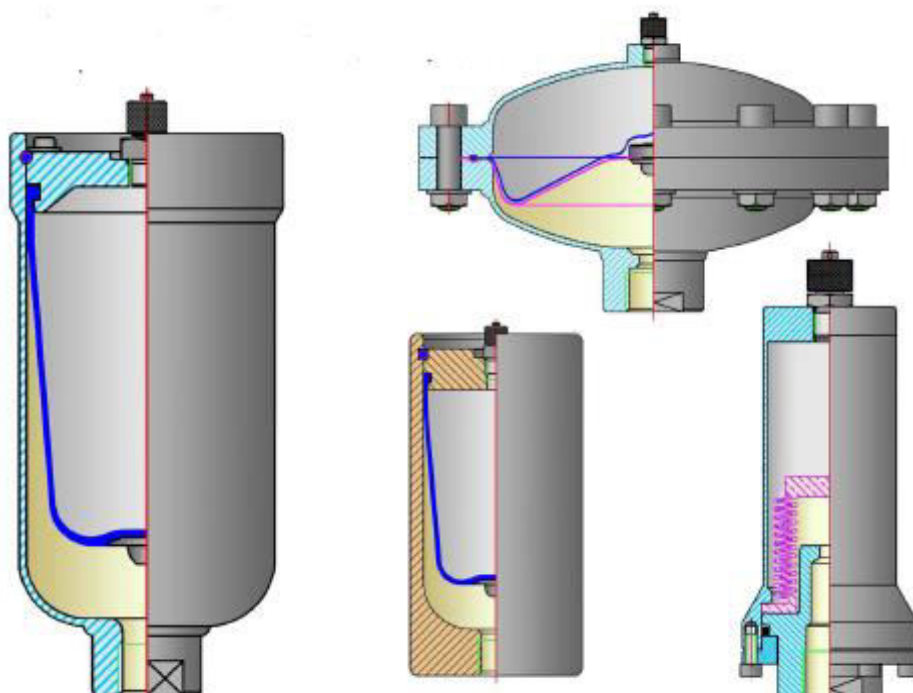


Ilustración 18.3.1. Diseño típico de un amortiguador de pulsaciones

La función del amortiguador de pulsaciones es la de estabilizar el caudal variable y oscilante generado en un circuito hidráulico en cada ciclo de trabajo de bombas dosificadoras de pistón o membrana. La característica principal de estas bombas es la de proporcionar un volumen constante de líquido en cada ciclo de funcionamiento, independiente de la resistencia o presión generada en el circuito.

Cuando hay un amortiguador de pulsaciones instalado en el circuito, el volumen suministrado por la bomba en cada ciclo de trabajo o de impulsión se divide en una parte que se dirige al circuito y otra que se introduce al amortiguador. Este volumen almacenado es devuelto seguidamente al circuito durante el ciclo de aspiración o de llenado de la cámara de la bomba, asegurando un caudal continuo. A la cantidad de líquido que entra y sale del amortiguador en cada ciclo alternativo de la bomba se le denomina “ δV ”.

Al introducirse el δV en el amortiguador, el gas contenido en su interior se comprimirá y en consecuencia se reducirá su volumen y aumentará su presión. El volumen final del gas (V_2) será igual al volumen inicial de éste menos el volumen del líquido introducido (δV).

El volumen inicial del gas es el volumen total interno del amortiguador. Este volumen o tamaño del amortiguador es la incógnita que se deberá calcular en cada caso según el tipo de bomba. A este volumen inicial se le denominará “ V_0 ”.

A partir de todo esto, podemos establecer que:

$$V_2 + \delta V = V_0$$

Todo amortiguador instalado en un circuito tiene una constante que viene dada por su volumen y la presión de carga o hincado de gas:

$$P_0 \cdot V_0 = cte$$

En la práctica, no conviene que los amortiguadores se vacíen totalmente de líquido en cada ciclo de trabajo, ya que esto provocaría que el elemento anti-extrusión o botón de la vejiga golpeará repetidamente contra la superficie interna del fondo del amortiguador, deteriorándolo prematuramente. Así pues, la formula de volúmenes quedará así:

$$V_2 + \delta V + v = V_0$$

dónde “ v ” será el volumen de líquido en el interior del amortiguador que no se empleará. Este volumen será el 10% del volumen total del amortiguador, estableciendo de esta forma un margen de seguridad. Así pues, la expresión final quedará de la siguiente forma:

$$V_2 + \delta V + 0,1 \cdot V_0 = V_0 \quad \text{y finalmente,} \quad V_0 = (V_2 + \delta V)/0,9$$

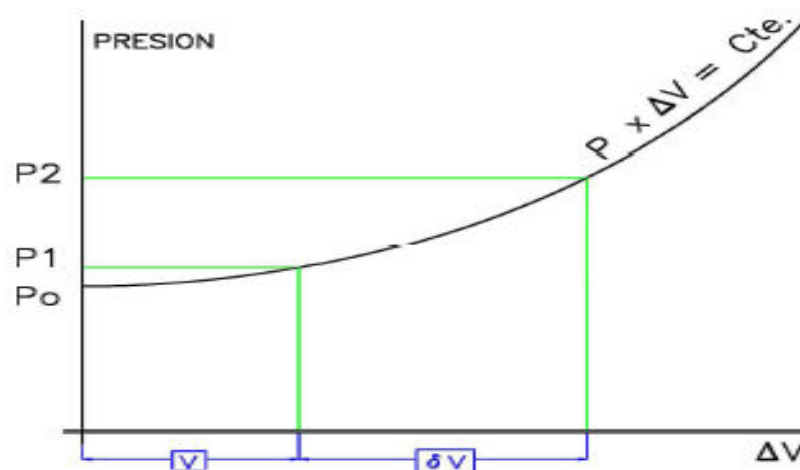


Ilustración 18.3.2. Representación gráfica de la presión del gas del amortiguador en función del volumen de líquido existente en el amortiguador de pulsaciones

El gráfico superior representa la curva de compresión del gas en el interior del amortiguador de pulsaciones. A la presión inicial P_0 el gas ocupa todo el volumen del amortiguador y no hay líquido en su interior. La curva corta al eje de ordenadas en el valor cero de abscisas, ya que en ese momento el volumen de líquido en el amortiguador es nulo.

La presión P_1 es la presión del gas cuando un volumen v se ha introducido en el amortiguador. Por su parte, la presión P_2 es el valor de presión alcanzado al introducir en el amortiguador el volumen adicional δV .

De esta forma, se puede deducir que para un mismo tamaño de amortiguador, si el valor δV se incrementa, la presión del gas del amortiguador P_2 también lo hará; y viceversa.

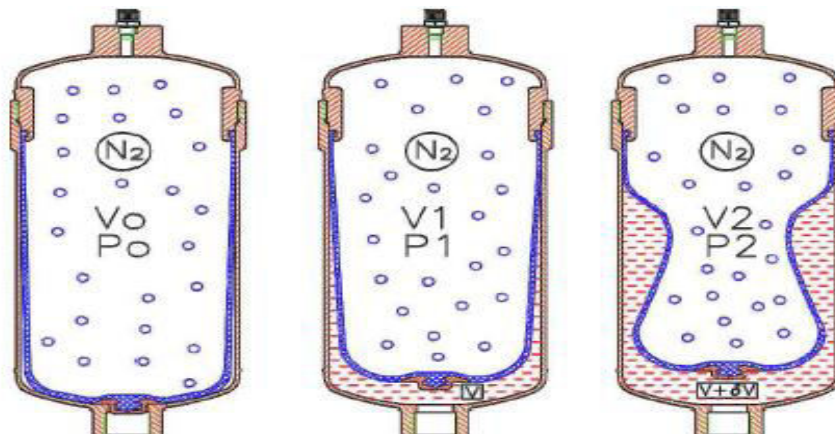


Ilustración 18.3.3. Amortiguador de vejiga en sus tres estados o volúmenes de gas en su interior

Una vez presentada toda la información necesaria acerca del funcionamiento y utilidad de los amortiguadores que se van a adquirir para el circuito de las P-3501 A/B, se va a realizar el dimensionamiento del amortiguador, con el objetivo de calcular el tamaño de amortiguador que necesitaremos. Para ello necesitamos conocer el volumen de líquido que se debe almacenar en el amortiguador δV y los valores de presión máximo y mínimo P_1 y P_2 aceptados en el circuito.

Para calcular el δV , emplearemos la relación existente entre el volumen y la cilindrada de las bombas. En nuestro caso, utilizaremos la relación correspondiente a las bombas de simple efecto, ya que las bombas dosificadoras que estamos analizando tienen un único pistón. El siguiente gráfico representa el caudal bombeado por la bomba en función del tiempo para las bombas de simple efecto:



Ilustración 18.3.4. Representación gráfica del caudal bombeado en función del tiempo

Este gráfico permite ver el modo de actuación del amortiguador de pulsaciones. Para el caso de las bombas de un solo pistón el empleo del amortiguador es casi imprescindible para evitar que el circuito quede durante medio ciclo de giro de la manivela sin suministro de caudal. Además, si la instalación no incorpora el amortiguador, será necesario redimensionar el diámetro de la tubería del circuito para el valor del caudal máximo que tiene lugar cuando la velocidad del émbolo es también máxima (punto medio de su recorrido).

Con la instalación del amortiguador, el caudal a partir del punto en el que éste se monta en el circuito será prácticamente el caudal medio, evitando así la posibilidad de que sea necesario redimensionar las tuberías para que puedan permitir el paso del caudal instantáneo máximo que es mayor que el caudal medio.

De esta forma, a partir del gráfico se puede ver que la aplicación del amortiguador es la de almacenar el exceso (por encima del caudal medio) de la cilindrada útil o de impulsión de la bomba durante la carrera o embolada de trabajo; para a continuación, restituir al circuito durante la fase de aspiración del émbolo de la bomba el volumen almacenado, manteniendo el caudal medio constante. Así pues, la cantidad de líquido acumulada en cada ciclo por el amortiguador es la mitad de la cilindrada de la bomba. Esto viene a darnos la relación buscada entre el volumen de líquido almacenado δV y la cilindrada de la bomba C :

$$\delta V = \frac{C}{2}$$

Sabemos que la cilindrada de la bomba viene dada por la relación siguiente:

$$C = \text{Carrera del pistón} \cdot A$$

dónde A es el área seccional del pistón. A partir de los datos del fabricante conocemos que la carrera del pistón es de 18 mm y el diámetro del pistón es de 22,2 mm. De esta forma la cilindrada C será:

$$C = 18 \cdot \pi \cdot \frac{22,2^2}{4} = 6967,36 \text{ mm}^3$$

de forma que el volumen δV será:

$$\delta V = \frac{6967,36}{2} = 3483,68 \text{ mm}^3 = \mathbf{0,0348 L}$$

En cuanto al cálculo de P_1 y P_2 , sabemos ya que cuando un gas se comprime aumenta su presión, y que ésta se reduce cuando aumenta su volumen. Así pues, al instalar un amortiguador a la salida de una bomba de pistón, la presión del líquido bombeado en el circuito oscilará de acuerdo con los mismos valores que el gas del interior del amortiguador. Esta variación de presión +/- sobre la presión que se necesita a la salida de la bomba P_t determinarán los valores de P_1 y P_2 .

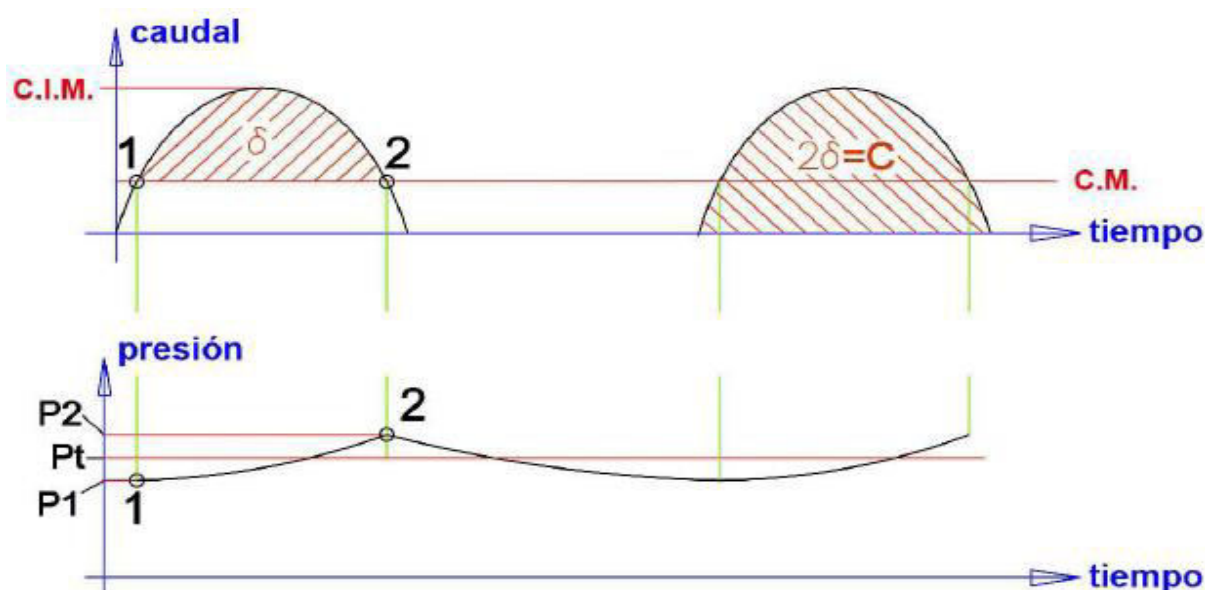


Ilustración 18.3.5. Representación gráfica del caudal y la presión a la salida de la bomba en función del tiempo

La curva inferior mostrada arriba representa la variabilidad de la presión con un amortiguador instalado en el circuito. Esta curva depende de la curva teórica del caudal instantáneo que suministra la bomba. Ya se ha explicado anteriormente que el volumen que está por encima del caudal medio se almacena en el amortiguador; por lo tanto, el valor mínimo de la curva de presión P_1 debe coincidir con el primer punto de corte de la curva de caudal instantáneo con la línea de caudal medio. Por su parte, el valor máximo de la curva de presión P_2 debe coincidir con el segundo punto de cruce entre el caudal medio y el instantáneo, ya que es el momento en el que todo el volumen δV se ha introducido en el amortiguador para ser expulsado luego durante la fase de aspiración de la bomba.

En todo circuito hidráulico, la presión (P_t en nuestro caso) medida a la salida de la bomba depende del caudal, la longitud y diámetro de la tubería, la viscosidad del líquido bombeado, el estado superficial de la pared interna de la tubería, la altura geométrica, etc... Si el caudal se mantiene constante en el tiempo, la presión necesaria para bombear el líquido se mantendrá constante mientras no haya cambios en la resistencia al flujo. Esta presión constante será la presión de trabajo o P_t .

Así pues, el amortiguador estabiliza el caudal del circuito, lo que debería proporcionar una presión constante, pero no es así, ya que la presión va desde P_1 a P_2 . La razón de esto es que el amortiguador necesita comprimir y expandir un volumen de gas para poder cumplir con su función de estabilizar el caudal de líquido, y esto es a costa de provocar unas variaciones +/- porcentaje de la presión de trabajo P_t .

Para nuestro caso, escogeremos un porcentaje de la variación de presión del 5%, y conociendo la presión de trabajo real a la salida o impulsión de la bomba que es de $P_t = 1,2$ bares, calculamos los valores máximos y mínimos de presión en el amortiguador P_1 y P_2 :

$$P_1 = P_t - 0,05 \cdot P_t = 1,14 \text{ bares}$$

$$P_2 = P_t + 0,05 \cdot P_t = 1,26 \text{ bares}$$

Con los datos de δV , P_1 y P_2 ya conocidos, se puede calcular el tamaño del amortiguador V_0 .

La ley de los gases ideales a temperatura constante (ley de Boyle) nos proporciona la siguiente igualdad (observar la ilustración 18.3.3. para comprender los estados 0, 1 y 2 del amortiguador) :

$$P_0 \cdot V_0 = P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = cte \quad (1)$$

Si: $V_1 = V_0 - v$ y $v = 0,1 \cdot V_0$

tendremos: $V_1 = 0,9 \cdot V_0$ (2)

y también: $V_2 = V_1 - \delta V$ (3)

Finalmente, a partir de (1) y (2) se obtiene: $P_0 = 0,9 \cdot P_1$ (4)

Y a partir de (1), (2), (3) y (4) tendremos:

$$P_0 \cdot V_0 = P_2 \cdot V_2; \quad \mathbf{0,9 \cdot P_1 \cdot V_0} = P_2 \cdot (V_1 - \delta V) = \mathbf{P_2 \cdot (0,9 \cdot V_0 - \delta V)}$$

A partir de los términos en **negrita** de las igualdades, se obtiene la fórmula definitiva:

$$V_0 = \frac{P_2 \cdot \delta V}{0,9 \cdot (P_2 - P_1)}$$

Aun así, la igualdad expuesta en la expresión (1) en la práctica no se cumple, ya que cuando un gas es comprimido, éste sufre un aumento de su temperatura, lo que incrementa la presión; mientras que cuando se expande, se enfría. Este fenómeno se produce en la mayoría de gases, incluidos el Nitrógeno y el aire comprimido, que son los gases típicos empleados en la pre-carga de los amortiguadores. De esta forma, la expresión (1) queda transformada en:

$$(P_0 \cdot V_0)^\gamma = (P_1 \cdot V_1)^\gamma = \dots = (P_n \cdot V_n)^\gamma$$

en donde γ es el coeficiente de calores específicos del gas a presión y volumen constantes, respectivamente. Para la mayoría de gases $\gamma = 1,41$, aunque en la mayoría de casos su valor más adecuado es $\gamma = 1,25$. Para no complicar en exceso la fórmula de cálculo, emplearemos una nueva constante (0,8) que nos proporcionará los mismos resultados:

$$V_0 = \frac{P_2 \cdot \delta V}{0,8 \cdot 0,9 \cdot (P_2 - P_1)}$$

Así pues el tamaño del amortiguador será:

$$V_0 = \frac{126000 \text{ Pa} \cdot 3,48 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^3}{0,8 \cdot 0,9 \cdot (126000 \text{ Pa} - 114000 \text{ Pa})} = \mathbf{0,507 \text{ L}}$$

El amortiguador instalado en las bombas dosificadoras P-3501 A/B deberá tener un tamaño final de $V_0 = \mathbf{0,507 \text{ L}}$.

19. LA MEJORA EN LA EFICIENCIA DE LA REPARACIÓN: EL BANCO DE PRUEBAS

En apartados anteriores ya se ha comentado el hecho de que el tipo de mantenimiento que se realizaba en las bombas dosificadoras era correctivo, ya que la mayoría de veces que se intervenían las bombas eran porque éstas habían sufrido una disminución de su capacidad de bombeo o bien habían dejado de funcionar. Este tipo de mantenimiento da lugar a reparaciones que a veces pueden llevarse a cabo en la misma planta de la refinería, pero en otros casos, es necesario traer la bomba al taller para desmontarla completamente y poder comprobar dónde está el motivo de la avería.

En algunas intervenciones, la bomba ha debido ser llevada por dos veces al taller, debido a que después de haberla llevado por primera vez al taller de planta y haber realizado una serie de modificaciones sobre la misma con el fin de subsanar la avería que provoca su bajada de rendimiento; ésta ha sido llevada a planta y probada y ha seguido sin funcionar de forma correcta.

En estos casos, la adquisición del banco de pruebas adquiere una relevancia importante; ya que de esta forma, las bombas pueden ser probadas en el taller de mantenimiento después de ser intervenidas comprobando así que funcionan correctamente. Además, mediante el testeado de las bombas dosificadoras en el banco de pruebas, se puede encontrar más fácilmente la causa raíz de las averías de las bombas e intervenirlas directamente para solucionar el problema.

En definitiva, mediante la adquisición del banco de pruebas, se reducirían costes de mantenimiento, ya que disminuirían los costes de mano de obra empleada en las reparaciones de bombas que luego han seguido sin funcionar y se reduciría la pérdida de disponibilidad en planta de los equipos, gracias a la reducción del tiempo de las reparaciones.

En los bancos de ensayos de bombas dosificadoras se pueden realizar pruebas de presión, curvas características de potencia y ensayos según la norma API 675.

Una vez analizadas las ventajas que conlleva el uso de un banco de pruebas y comprobada su viabilidad económica (aspecto que será mostrado más adelante), la refinería BP Oil Castellón decide adquirir un banco de pruebas de bombas dosificadoras para su taller de mantenimiento.

Este banco de pruebas será comprado al fabricante de bombas dosificadoras Milton Roy y constará de los siguientes componentes:

- Bancada, accesorias y tubería de acero al carbono con los elementos soldados.
- Latiguillos de prueba para alta y baja presión.
- Válvula de retención de acero inoxidable tarada a 3 bar.

- Dos manómetros con separador de membrana aislados por una llave de servicio.
- Dos amortiguadores de acero inoxidable de distinta presión de hinchado y distinta capacidad para adaptar todos los caudales y presiones de los equipos en planta.
- Un depósito calibrado de 5 litros fabricado en PVC e instalado en la aspiración para la comprobación del caudal.
- No se incluye ningún tipo de válvula de seguridad, ya que se trata de reparar la bomba creando una sobrepresión artificial a través de una llave de estrangulamiento para comprobar la válvula de seguridad interna de la bomba.



Ilustración 19.1. Imagen del banco de pruebas Milton Roy ofertado

20. ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS

Para que no quepa duda alguna de la prioridad de cada uno de los documentos básicos del Proyecto, se detalla a continuación cual es el orden en el que deben ser analizados los documentos.

1. *Memoria.*

En ella se haya contenida toda la información que ha sido necesaria para el análisis y propuesta de la solución adoptada.

2. *Planos*

Planos de proceso y seccionales de las bombas dosificadoras más críticas en cuanto a fiabilidad.

3. *Anexos:*

Detalle del proceso de refino, modelos de bombas e información de los suministradores.

4. *Estado de mediciones y análisis económico*

Se detalla la inversión necesaria para la consecución del Proyecto, su viabilidad económica y el estado de mediciones de los equipos adquiridos.

5. *Pliego de condiciones*

Detalle las especificaciones de los materiales y elementos constitutivos que ha debido cumplir el Proyecto de Fin de Carrera.

6. *Estudio de seguridad y salud*

Se detallan los requisitos de Seguridad y Salud que se deben cumplir durante la ejecución del Proyecto.

7. *Estudio medioambiental*

Detalle de las operaciones y normas a asumir para una correcta gestión de los aspectos medioambientales en la ejecución del Proyecto.



2. Planos



Bueno Paya, Fernando

Análisis y mejora de la fiabilidad de las bombas dosificadoras en refinería a partir del desarrollo de un plan de mejora continua




ÍNDICE PLANOS

1. Plano de situación general
2. Plano de emplazamiento
3. Plano del cabezal de P-2841, P-2842, P-2843
4. Plano del cabezal de P-3501-A/B
5. Plano seccional P-3250
6. Plano del cabezal de P-3251
7. Plano seccional del amortiguador de pulsaciones



Bp Oil Refinería de Castellón

Carrera: Ingeniería industrial	Análisis y mejora de la fiabilidad de las bombas dosificadoras en refinería a partir del desarrollo de un plan de mejora continua	Escala: 1:1000
	Título: Plano de situación general	Fecha: 20/01/2015
	Apellidos, Nombre: Bueno Payá, Fernando	Plano nº: 1




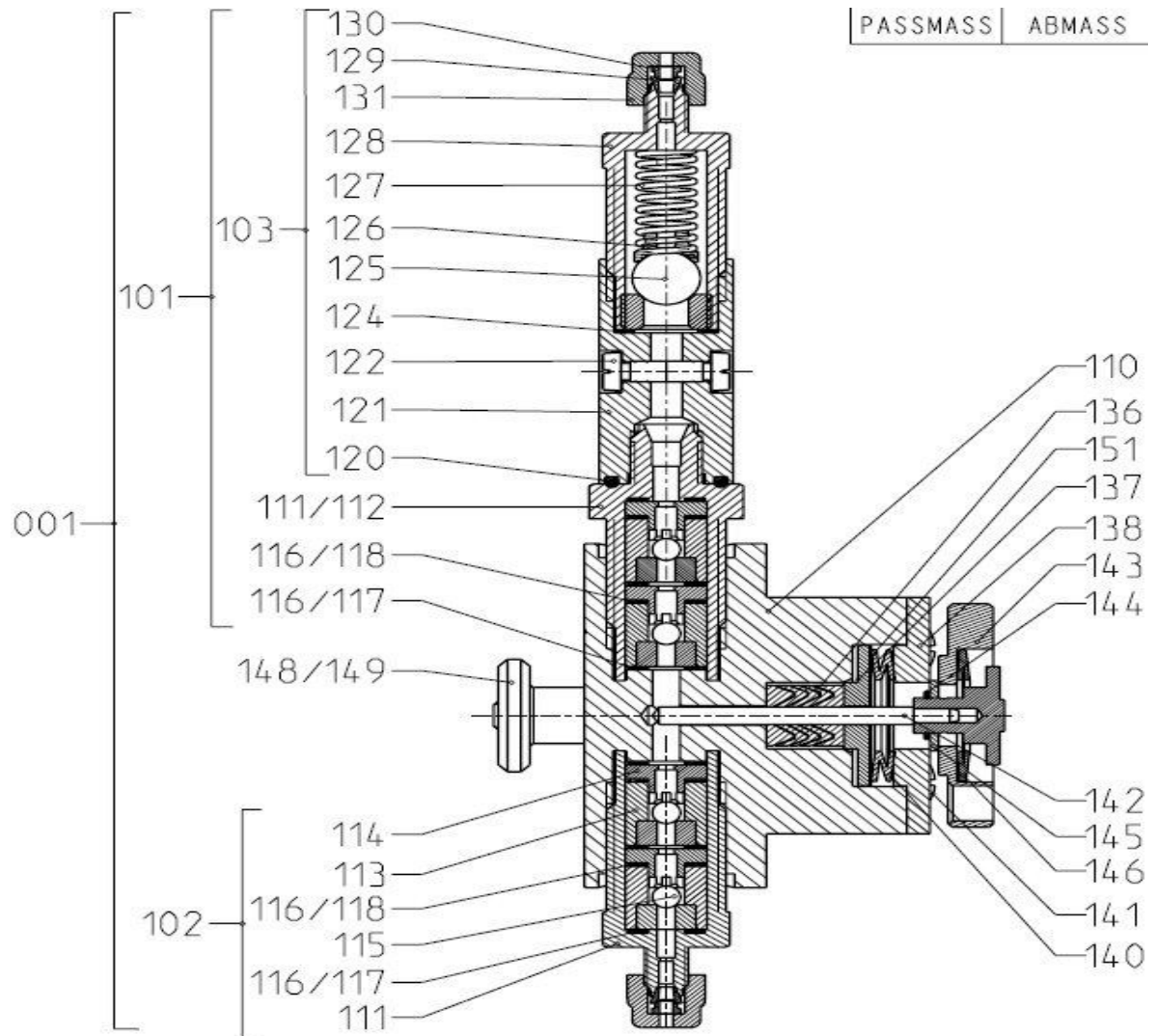
1


2

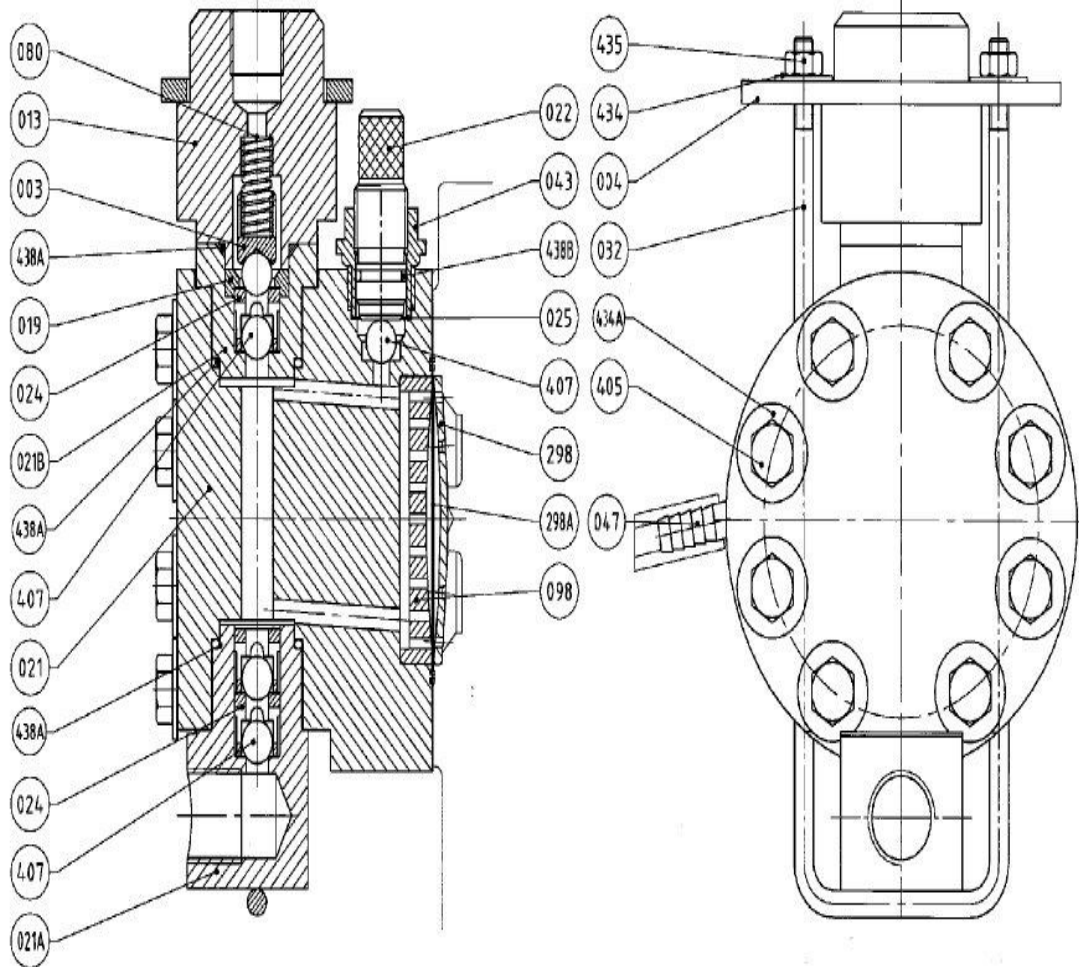
1. Taller de mantenimiento

2. Unidad de Coker


Carrera: Ingeniería industrial	Análisis y mejora de la fiabilidad de las bombas dosificadoras en refinería a partir del desarrollo de un plan de mejora continua	Escala: 1:50
	Título: Plano de emplazamiento	Fecha: 20/01/2015
	Apellidos, Nombre: Bueno Payá, Fernando	Plano nº: 2

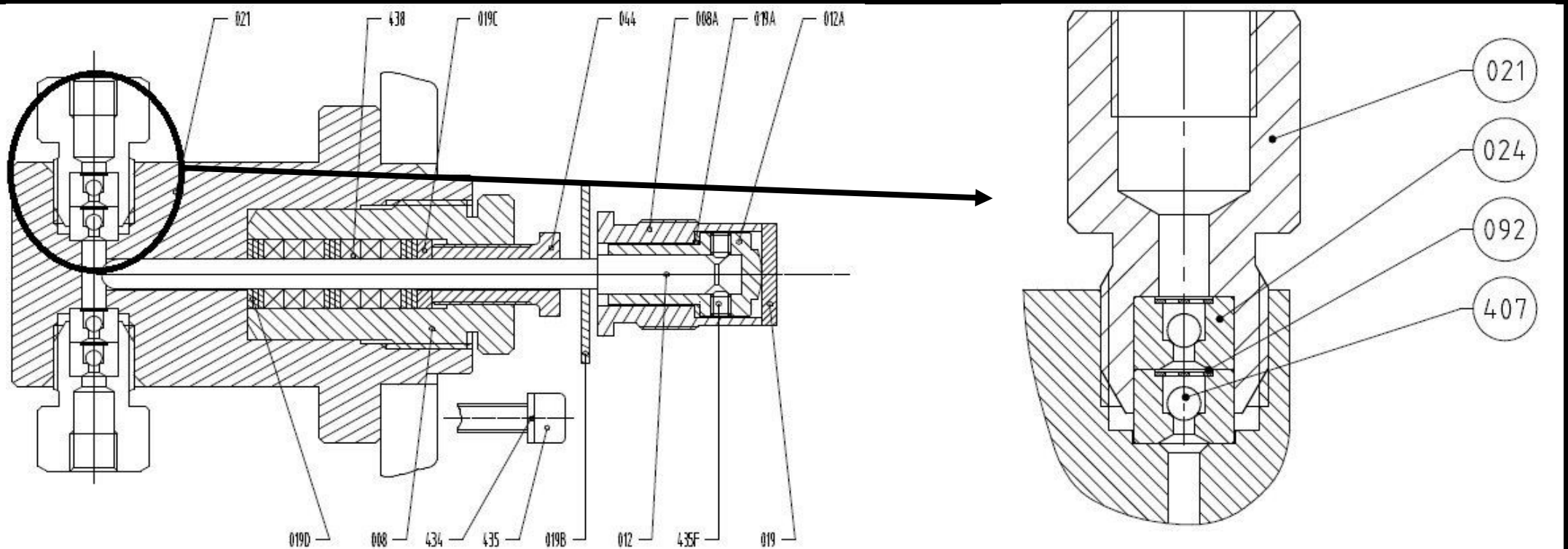


Carrera: Ingeniería industrial	Análisis y mejora de la fiabilidad de las bombas dosificadoras en refinería a partir del desarrollo de un plan de mejora continua	Escala: --
 UNIVERSITAT JAUME I Ingeniería Técnica Industrial esp. Mecánica	Título: Plano cabezal P-2841, P-2842, P-2843 Apellidos, Nombre: Bueno Payá, Fernando	Fecha: 20/01/2015 Plano nº: 3




IT	CT	REFERENCIA	DESCRIPCION	MATERIAL
003	1	0030039071N	GUIABOLA /	P.V.C
004	1	0040063015N	BRIDA / SUPP.	AISI 304 L
013	1	0130026071N	SOMBREPETE / REF.	P.V.C
019	1	0190122071N	ANILLO /	P.V.C
021	1	0210332071N	CUERPO DE DOSIFICADOR /	P.V.C
021A	1	0210246071N	CUERPO DE CAJA DE VÁLVULA / ASP.	P.V.C
021B	1	0210318071N	CUERPO DE CAJA DE VÁLVULA / ASP. - INF.	P.V.C
022	1	0220038071N	TORNILLO DE PURGA /	P.V.C
024	1	0240069071N	ASIENTO /	P.V.C
024	2	0240069071N	ASIENTO /	P.V.C
025	1	0250190075N	JUNTA PLANA /	P.T.F.E
032	1	0320053016N	ESTRIBO /	AISI 316 L
043	1	0430056071N	RACOR DE PURGA /	P.V.C
047	1	0470096073N	CÁNULA DE PURGA /	POLYETHYLENE
080	1	0800038026N	RESORTE /	ALLOY C276
204	1	2040067016N	BRIDA /	AISI 316 L
298	1	2980033006N	PLACA APOYO /	A 283 GrB
298A	1	2980005175N	MEMBRANA / BP	PTFE 701N
298B	1	2980009073N	PLACA APOYO /	PE-HOSTALENGUR
407	2	4070015112N	BOLA / 9.52	GLASS
407	2	4070015112N	BOLA / 9.52	GLASS
407	1	4070015112N	BOLA / 9.52	GLASS
432	1	70121-2M	TUBO FLEXIBLE /	-
434	2	4340005065N	ARANDELA MUJ / D.6	AISI 316 / Cl. A4
434A	2	4340005085N	ARANDELA MUJ / D.8	AISI 316 / Cl. A4
435	2	4350000005N	TUERCA H / NF EN 24032 - M 6	AISI 302 / Cl. A2
435A	6	4350124025N	TORNILLO H / M8x95	AISI 302
435B	2	4350035577N	TORNILLO H / M8x50-22	AISI 316 / Cl. A4
438	1	4380018072N	JUNTA TORICA / 23.47x2.6	FPM
438	1	4380016022N	JUNTA TORICA / 19.02x2.4	FPM
438A	1	4380018072N	JUNTA TORICA / 23.47x2.6	FPM
438B	1	4380053052N	JUNTA TORICA / 12.42x1.78	FPM

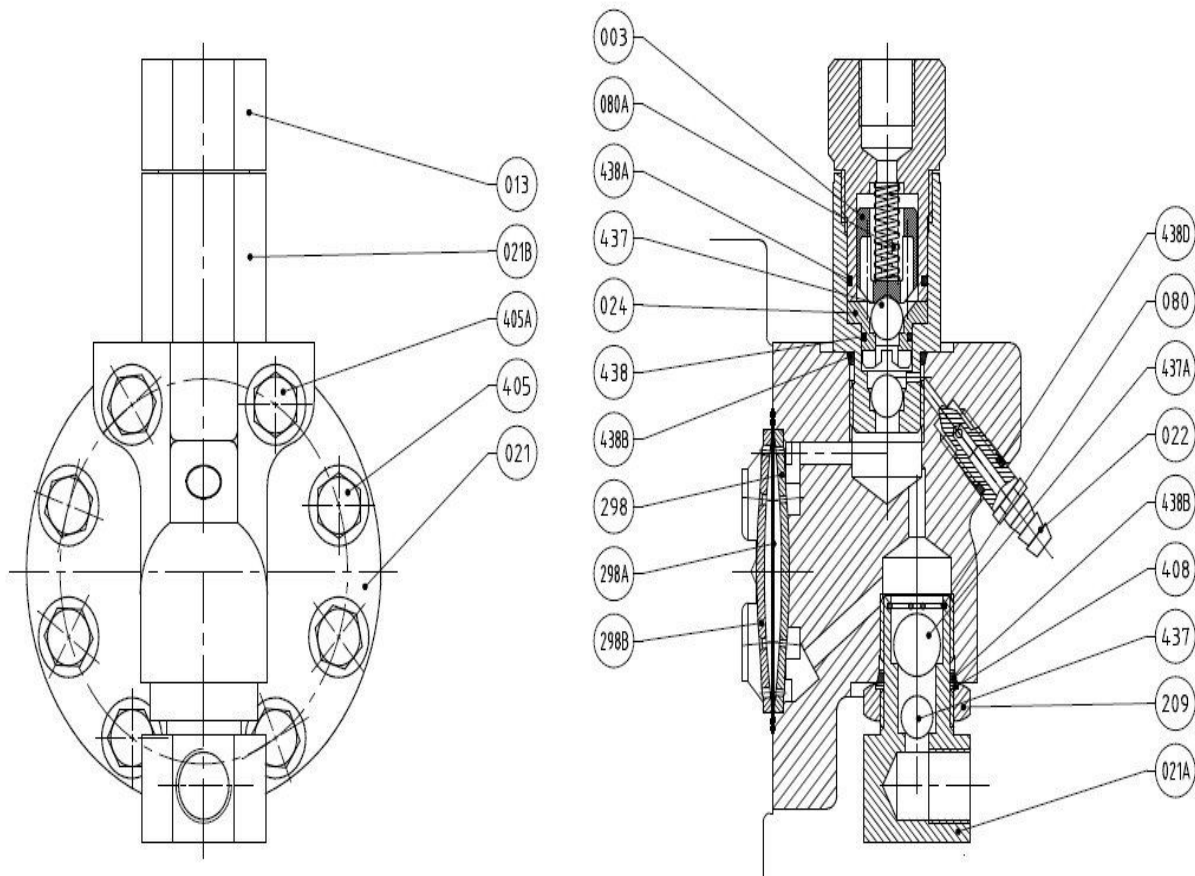
Carrera: Ingeniería industrial	Análisis y mejora de la fiabilidad de las bombas dosificadoras en refinería a partir del desarrollo de un plan de mejora continua	Escala: --
	Título: Plano cabezal P-3501 A/B	Fecha: 20/01/2015
	Apellidos, Nombre: Bueno Payá, Fernando	Plano nº: 4




IT	CT	REFERENCIA	DESCRIPCION	MATERIAL
008	1	0080120016N	SOPORTE / N3	AISI 316 L
008A	1	0080121016N	TORNILLO DE ENGANCHE PISTÓN /	AISI 316 L
012	1	0120319094N	PISTÓN / D.3.2	AISI 420
012A	1	0120312006N	SOPORTE /	AISI 4142
019	1	0190338006N	ARANDELA /	AISI E52100
019A	1	0190337006N	ARANDELA /	AISI E52100
019B	1	0190329375N	ARANDELA /	P.T.F.E
019C	1	0190328016N	ARO /	AISI 316 L
019D	3	0190330685N	ARANDELA ANTIEXTRUSION /	KEL F
021	1	0210747016N	CUERPO DE DOSIFICADOR / N3	AISI 316 L
044	1	0440111016N	UNIPULSADOR /	AISI 316 L
434	2	4340009065N	ARANDELLA W / W6	AISI 302 / Cl. A2
435	2	4350050385N	TORNILLO CHC / M6X25	AISI 302 / Cl. A2
435F	2	4350123001N	TORNILLO HI / M4x5 CU	AISI 4142
438	6	4380140030N	ANILLO DE TRENZA /	P.T.F.E

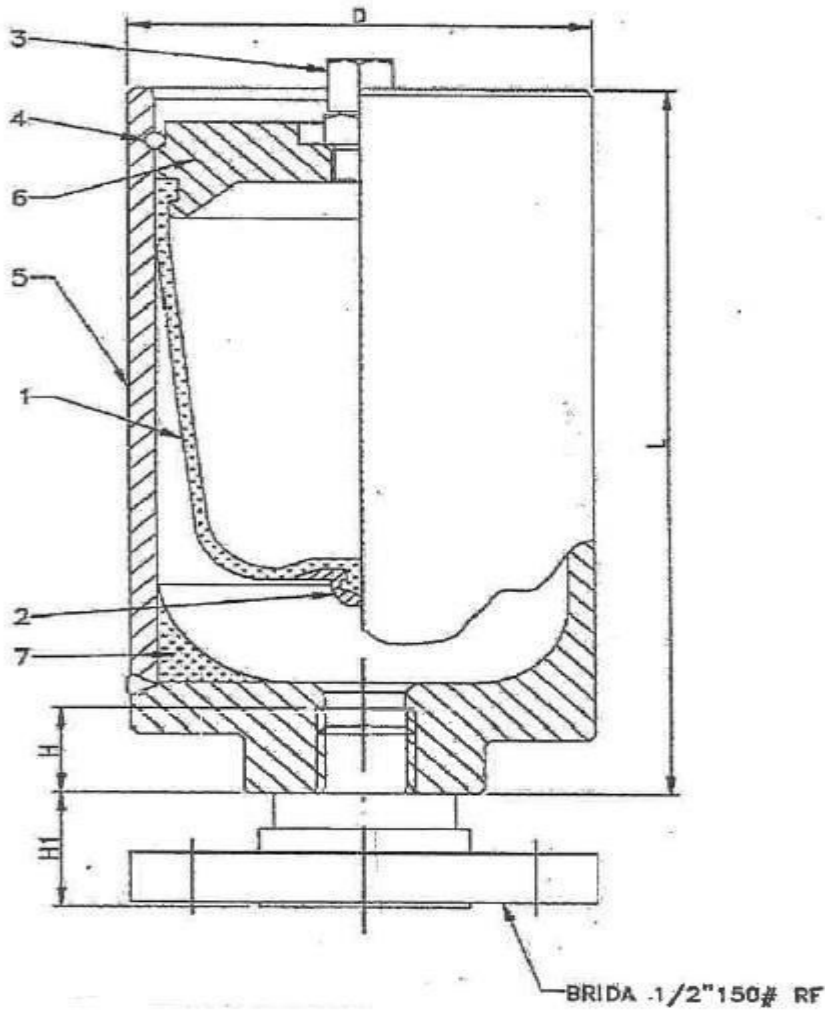
IT	CT	REFERENCIA	DESCRIPCION	MATERIAL
021	1	0210715016N	CUERPO DE CAJA DE VÁLVULA / 2x3.17 1/4 NPT	AISI 316 L
021	1	0210715016N	CUERPO DE CAJA DE VÁLVULA / 2x3.17 1/4 NPT	AISI 316 L
024	2	0240177016N	ASIENTO / D.3.17	AISI 316 L
024	2	0240177016N	ASIENTO / D.3.17	AISI 316 L
092	2	0920068016N	CLIP / D.3.17	AISI 316 L
092	2	0920068016N	CLIP / D.3.17	AISI 316 L
407	2	4070014036N	BOLA / D.3.175	ALLOY C-276
407	2	4070014036N	BOLA / D.3.175	ALLOY C-276

Carrera: Ingeniería industrial	Análisis y mejora de la fiabilidad de las bombas dosificadoras en refinería a partir del desarrollo de un plan de mejora continua	Escala: --
	Título: Plano seccional P-3250	Fecha: 20/01/2015
	Apellidos, Nombre: Bueno Payá, Fernando	Plano nº: 5



IT	CT	REFERENCIA	DESCRIPCION	MATERIAL
003	1	0030180016N	GUMBOLA /	AISI 316L
013	1	0130041016N	SOMBRERETE /	AISI 316 L
021	1	0210297016N	CUERPO DE DOSIFICADOR / mROY A BP	AISI 316L
021A	1	0210540016N	CUERPO DE CAJA DE VALVULA / ASP.	AISI 316 L
021B	1	0210707016N	CUERPO DE CAJA DE VALVULA / REF.	AISI 316 L
021C	1	0210806026N	CUERPO DETECCIÓN /	AISI 316 L
022	1	02200210025N	TORNILLO DE PURGA / D.8	AISI 316 L
024	1	0240178016N	ASIENTO / XA	AISI 316 L
025A	1	02502040051N	JUNTA PLANA /	P.T.F.E
050	1	0500383000N	TAMBOR DOSIFICADOR / HP A	AISI 316 L
080	1	0800108026N	CLIP /	ALLOY C276
080A	1	0800126016N	RESORTE /	AISI 316
092	1	09200710026N	TOPE DE BOLA / D6.35 - D9.52	ALLOY C 22
098	2	0980285016N	PLACA APOYO /	AISI 316 L
209	1	2090020016N	CONTRATUERCA /	AISI 316 L
298	2	2980005175N	MEMBRANA /	PTFE 701N
405	5	4350035547N	TORNILLO H / M8x35	AISI 316L / 80kg
405	1	4350035565N	TORNILLO H / M8x40	AISI 316L / 80kg
405A	2	4350035815N	TORNILLO H / M8x70-22	AISI 316L / 80kg
407A	1	4070014072N	BOLA / D.6.35	AISI 316 L
408	1	4080073141N	JUNTA /	P.T.F.E
432A	1	4320591000N	ARO DE SUJECION /	-
437	2	4070014112N	BOLA / D.9.52	AISI 316 L
437	1	4070014112N	BOLA / D.9.52	AISI 316 L
437A	1	4370000144N	BOLA / D.14	AISI 316 L
438	1	4380132020N	JUNTA TORICA / 12x1.5	PTFE/FPM
438A	1	4380053040N	JUNTA TORICA / 20.35x1.78	PTFE/FPM
438B	1	4380016029N	JUNTA TORICA / 19.05x2.4	PTFE/FPM
438B	1	4380016029N	JUNTA TORICA / 19.05x2.4	PTFE/FPM
438D	1	4380006072N	JUNTA TORICA / 7.2x1.9	FPM 70 SHORE

Carrera: Ingeniería industrial	Análisis y mejora de la fiabilidad de las bombas dosificadoras en refinería a partir del desarrollo de un plan de mejora continua	Escala: --
	Título: Plano del cabezal de P-3251	Fecha: 20/01/2015
	Apellidos, Nombre: Bueno Payá, Fernando	Plano nº: 6



7	CANTONERA CORNER	EPDM EPDM	1
6	TAPA COVER	AISI 304	1
5	CUERPO BODY	AISI 316	1
4	ANILLO RETENCION RETAINING RING	DIN17224 (AISI 302)	1
3	VALVULA DE CARGA CHARGING VALVE	AISI 303 (1/4" GAS)	1
2	BOTON INSERT	AISI 316L	1
1	VEJIGA BLADDER	EPDM EPDM	1
MARCA	DESIGNACION	MATERIAL	CANT

Carrera:
**Ingeniería
industrial**



Análisis y mejora de la fiabilidad de las bombas dosificadoras en refinería a partir del desarrollo de un plan de mejora continua

Título:
Plano seccional del amortiguador de pulsaciones

Apellidos, Nombre:

Bueno Payá, Fernando

Escala:
1:1000

Fecha:
20/01/2015

Plano nº:
7



3. Anexos



Bueno Paya, Fernando

Análisis y mejora de la fiabilidad de las bombas dosificadoras en refinería a partir del desarrollo de un plan de mejora continua



ÍNDICE ANEXOS

Anexo I: Introducción a la refinería.....	2
Anexo II: Empresas suministradoras de bombas dosificadoras.....	18
Anexo III: Modelos de bombas dosificadoras	19

Anexo I: Introducción a la refinería

El petróleo se trata de una mezcla compleja no homogénea de hidrocarburos insolubles. En condiciones normales, es un líquido bituminoso de origen orgánico, fósil, fruto de la transformación de materia animal y vegetal procedente del plancton y las algas, que se depositaron en fondos oceánicos en condiciones de bajas cantidades de oxígeno.

Las refinerías, surgen debido a la necesidad de comercializar el petróleo o crudo obtenido de los pozos petrolíferos que no puede ser vendido directamente después de su extracción. De esta forma, el crudo obtenido debe sufrir una serie de distintas transformaciones según el origen del mismo, ya que sus características pueden variar en cuanto a estado, poder calorífico, densidad, viscosidad, contenido en azufre, etc.

Así pues, la operación de cada refinería debe estar ligada a las características del crudo procesado, de manera que es necesario realizar un estudio de la procedencia del crudo y sus propiedades principales para realizar el diseño de una refinería.



Ilustración 1.1. Representación de la refinería de Castellón

En los países más industrializados es necesario el empleo de una mayor variedad de productos procedentes del petróleo. Esto exige una industria petroquímica más compleja para obtener productos de buena calidad, mientras que en los países menos desarrollados este nivel de exigencia resulta ser menor.

Generalmente, las refinerías están situadas en las zonas costeras de cada uno de los países. Este es el caso de España, dónde las refinerías están presentes en Tarragona, Cartagena, Algeciras, La Coruña y Castellón entre otros. Gracias a esta distribución

geográfica, es posible reducir los costes de transporte del crudo procedentes de los buques de petróleo.

El presente proyecto va a estar centrado en las instalaciones de la refinería BP Oil de Castellón, empresa que basa su actividad en el refino de petróleo crudo y la comercialización de los productos petrolíferos terminados. Constituida en 1964 bajo la denominación Esso Petróleos Españoles S.A., su puesta en marcha se realizó en el año 1967 con una capacidad de 3 millones de toneladas/año. Esta cantidad se duplicó una década después llegando a las seis millones de toneladas/año actuales.

A partir del año 1998, el recinto de refino de Castellón pasó a denominarse como se conoce hoy en día BP Oil Refinería de Castellón, S.A. después de que unos años antes el grupo BP adquiriera todas las acciones de Banesto, grupo que constituía a Esso.

La refinería se encuentra localizada en la costa mediterránea, más concretamente en el polígono industrial El Serrallo situado en el Grao de Castellón. Constituye el núcleo de crecimiento de una zona industrial donde también se encuentran empresas como la planta petroquímica UBE ChemicalEurope S.A.; la central térmica de Iberdrola; la planta de embotellado de propano/butano Repsol; CLH, empresa encargada de la distribución de los productos petrolíferos; Ecocat, empresa dedicada a la fluidificación y tratamiento de residuos industriales; y Praxair España S.L. encargada de licuar el dióxido de carbono para su empleo en la fabricación de bebidas carbonatadas.



Ilustración 1.2. Vista aérea de la refinería de Castellón

A continuación, se muestra el esquema tipo de producción de la central de refino de Castellón:

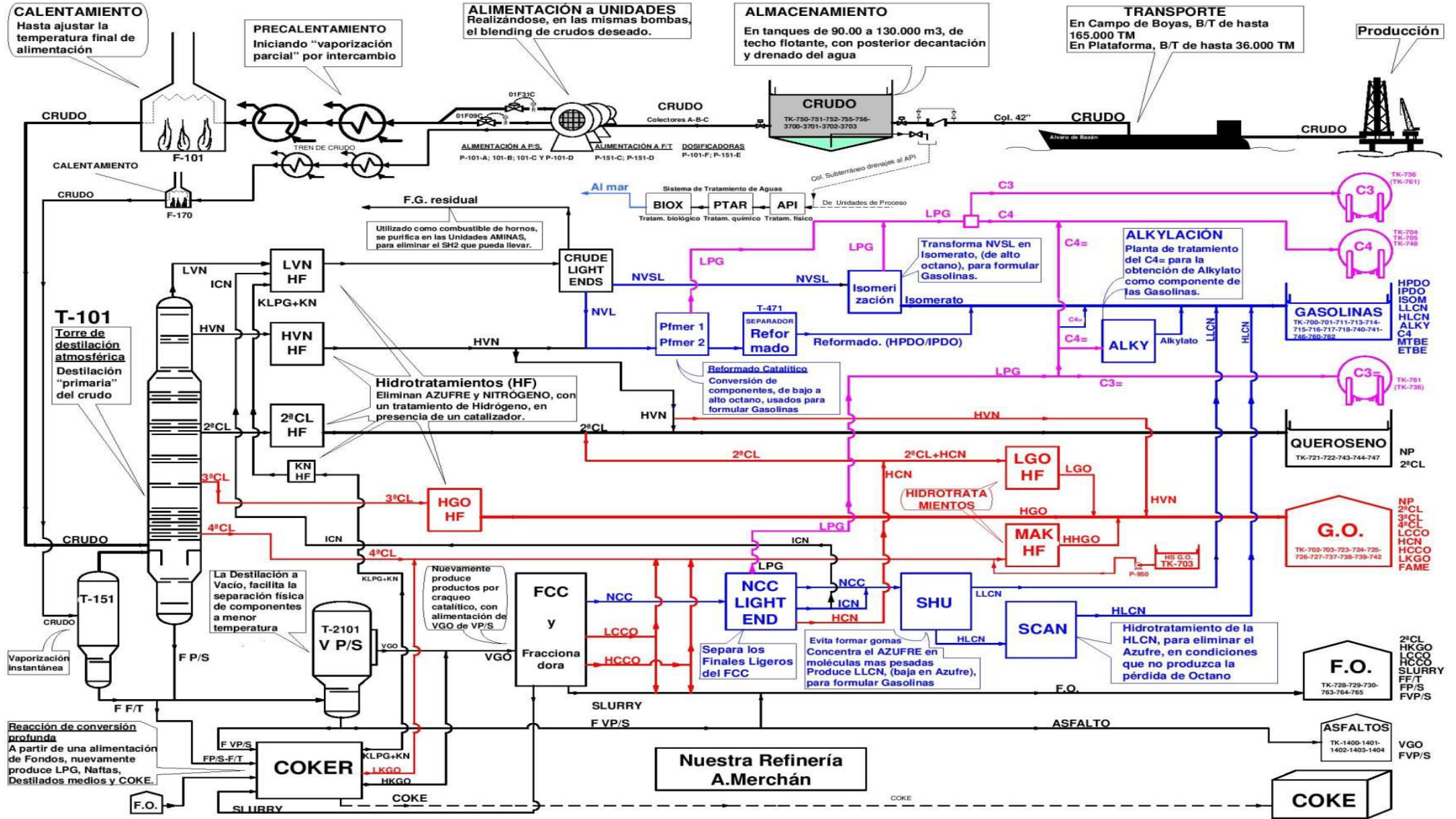


Ilustración 1.3. Esquema de producción de la refinería

Como ya se ha indicado, este esquema expuesto no corresponde a todas las refinerías, ya que según las especificaciones de los productos y el tipo de crudo destilado, existen grandes variedades.

La materia prima principal de la refinería es el petróleo crudo. Este petróleo es transportado desde los países productores como Nigeria, Golfo Pérsico, etc. hasta la refinería por medio de buques petroleros de hasta 160.000 toneladas de peso.

Estos buques atracan en una isla de atraque situada a 2 km de las instalaciones de la refinería, dónde realizan las operaciones de carga de productos terminados como las gasolinas, gasóleos, etc.

Debido al hecho de que la isla de atraque puede presentar un calado insuficiente para el tipo de barcos que se reciben en la instalación, la refinería de Castellón dispone también de un campo de boyas situado a 4 km de la costa. Gracias al uso de cinco boyas, el barco queda amarrado y posicionado para realizar la descarga de la materia prima de una forma segura. La descarga se realiza a partir de una tubería submarina de un metro de diámetro que permite la llegada de la materia prima a la refinería sin necesidad de ingresar al puerto.



Ilustración 1.4. Buque petrolero en campo de boyas

El petróleo descargado se almacena en tanques de hasta 130.000 m³ y desde allí se lleva hacia el tren de crudo y los hornos, donde se realiza la fase de calentamiento del crudo anterior a su posterior entrada en la torre de destilación atmosférica. Los tanques de almacenamiento pueden ser de tres tipos en función del estado físico en que se encuentre el producto:

- Para el estado sólido, como es el caso de coque, el depósito se realiza en un almacén donde se acumulan montones de producto sólido.
- Para el estado líquido, como es el caso de las naftas, el agua, el gasóleo, etc. se utilizan depósitos cilíndricos, ya que permiten un mejor reparto de presiones, además de facilitar el cálculo de volúmenes de líquidos.
- Para el estado gaseoso, como es el caso del polipropileno o el butano, se emplean depósitos esféricos por las mismas razones que en el caso de los líquidos.



Ilustración 1.5. Esferas de gas

A continuación, se realizará una breve introducción del objetivo de las principales unidades dentro del esquema de producción de una refinería mostrado anteriormente.

Así pues, las principales unidades presentes en refinería son:

➤ **Unidad de Destilación Atmosférica**

En la unidad de destilación atmosférica se realiza la primera operación de procesamiento del crudo almacenado en los tanques. Sus objetivos principales a cumplir son:

- Mediante un proceso de destilación, se separan en función de su rango de ebullición las distintas fracciones del crudo calentado anteriormente en un tren de precalentamiento y en los hornos. Algunas de estas fracciones, pueden ser directamente comercializadas como es el caso de la Nafta Petroquímica, mientras que otras deben ser tratadas en otras unidades para adaptarlas a las características necesarias para su venta.

- A partir de una operación de desalado anterior a la entrada del crudo a la torre de destilación, se reduce el contenido de sales disueltas del crudo, evitando así posibles daños por corrosión a las instalaciones de la refinería.

Las instalaciones de la refinería BP Oil Castellón, cuentan con un tren de precalentamiento de 3 hornos (el F-101, el F-170 y el F-151) para realizar el calentamiento del crudo. Una vez precalentado, el crudo pasa a las torre T-151 (dónde se le aplica una vaporización instantánea) y a la T-101 que se corresponde con la torre de destilación atmosférica de la refinería.

A continuación se muestra el esquema del diagrama de flujo de la unidad de destilación atmosférica:

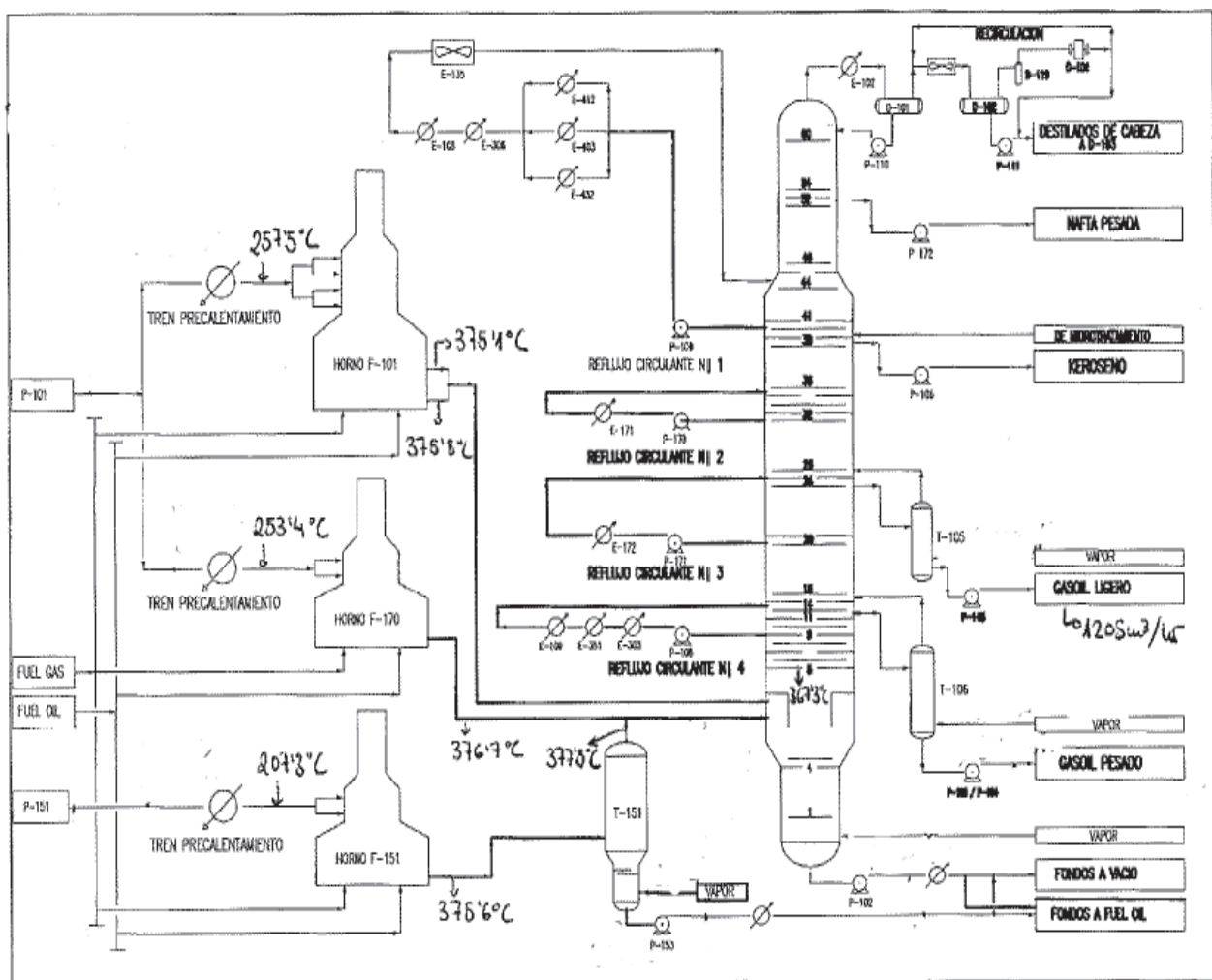


Ilustración 1.6. Esquema de la zona de destilación de la refinería BP Oil Castellón

El proceso de destilación se realiza a una presión cercana a la atmosférica y se emplea para la extracción de los hidrocarburos presentes de forma natural en el crudo. La columna de la torre de destilación, se encuentra a diferentes temperaturas a lo largo de la misma, correspondiendo la más alta a la zona inferior y sufriendo una disminución progresiva de la temperatura hasta llegar a la temperatura más baja en la zona superior. Por otro lado, en la zona superior de la torre de destilación es necesario mantener unas condiciones de presión

ligeramente superiores a la atmosférica. Esto se realiza gracias al empleo de dos compresores C-101, que se encargan de mantener estas condiciones de presión en la parte superior.

El crudo vaporizado, entra en la torre de destilación por la zona inferior y a continuación, gracias al cambio de temperatura, se condensan los hidrocarburos en cortes definidos. El punto de ebullición de cada compuesto, determina el grado de separación de los componentes del petróleo. El compuesto más volátil ascenderá por la torre a través de los platos mientras que los más pesados saldrán por la zona inferior sin ser destilados. De esta forma, se realizan seis particiones y obtener seis productos distintos para ser procesados:

- Gasóleos pesados
- Gasóleos ligeros
- Querosenos
- Naftas pesadas y naftas ligeras
- Propano y butano junto a otros gases ligeros en la cabeza de destilación
- Residuo atmosférico no destilado en el fondo de la torre empleado para hacer lubricantes y asfaltos

A continuación se muestra una imagen de la torre de destilación de la refinería junto a un gráfico explicativo del proceso de destilación atmosférica de forma detallada.



Ilustración 1.7. Torre de destilación atmosférica de la refinería BP Oil Castellón

La torre de destilación: la base de una refinería

Son elementos fundamentales de las refinerías de petróleo ya que en ellas tiene lugar la separación de los diferentes productos de la materia prima. Este proceso se lleva a cabo gracias a las distintas temperaturas de evaporación de los componentes del crudo

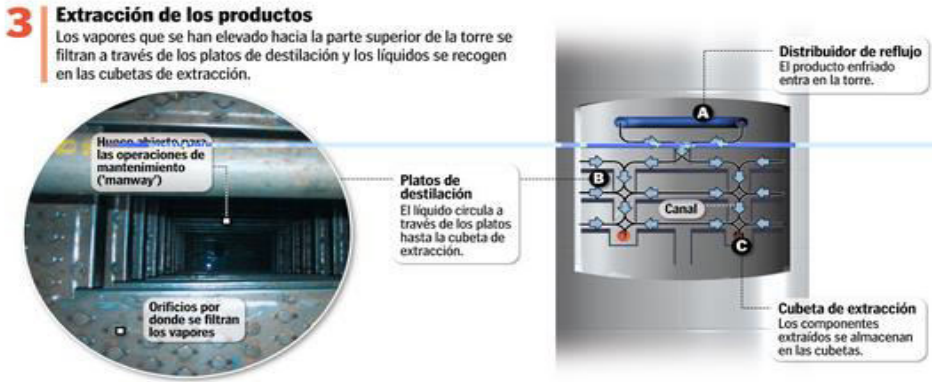
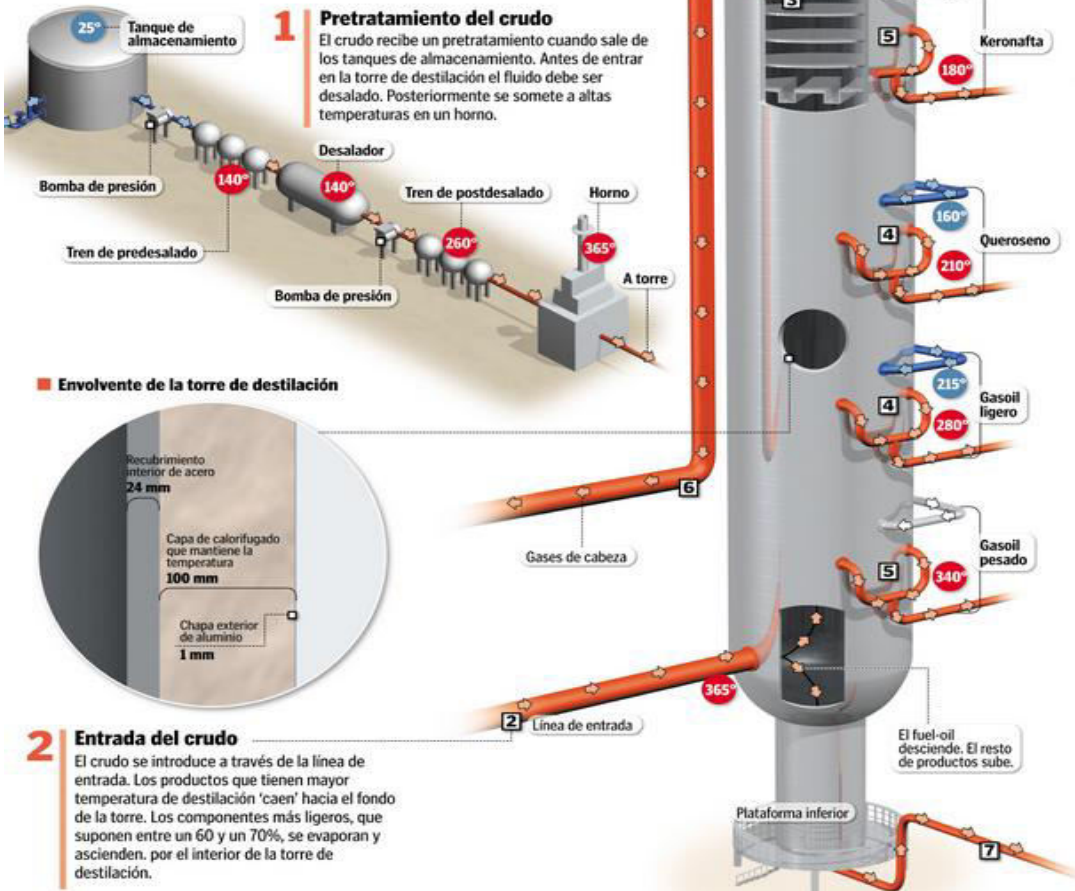


Ilustración 1.8. Proceso de destilación atmosférica

➤ **Unidad de concentración de gases (Powerformer I y II)**

Esta unidad se encarga de estabilizar las naftas procedentes de la destilación con una elevada tensión de vapor. También recibe las corrientes gaseosas de las diferentes plantas, con el fin de fraccionarlas en sus principales componentes. De esta forma, al final del proceso se obtienen naftas estabilizadas, así como propanos y butanos, tratados para controlar su acidez y contenido en azufre.

➤ **Unidad de regeneración de Aminas**

En esta unidad, dos columnas absorben con amina en contracorriente el sulfhídrico contenido en el gas de reciclaje y en el fuel-gas, con el fin de producir el denominado gas dulce con concentración nula de azufre. En otra columna, se realiza un aporte de calor para regenerar la amina, y además se produce la desorción de gas ácido, que sale por la cabeza y se envía a las plantas de recuperación de azufre.

➤ **Planta de recuperación de azufre**

En la planta de recuperación de azufre son tratados los gases con alto contenido de sulfhídrico procedentes de la unidad de regeneración de aminas y de la planta de aguas ácidas para obtener azufre elemental. Todo ello, se realiza con el fin de reducir el impacto medioambiental gracias a la eliminación de los compuestos de azufre de las corrientes y permite aprovecharlo para su venta como azufre elemental a otras industrias.

➤ **Unidad de Merox LPG**

En esta unidad se realiza el proceso de eliminación de los mercaptanos y el sulfhídrico presentes en los gases de refinería.

➤ **Unidad de hidrotratamiento de Nafta de Coquer**

En esta unidad se realiza un tratamiento de hidrógeno a la nafta producida en la unidad de Coquer después de pasar por la unidad de concentración de gases, con el objetivo de eliminar su contenido en azufre y nitrógeno.

➤ **Unidad de Isomerización**

Su función básica es la de la conversión de un hidrocarburo de cadena lineal o parafina en uno de sus isómeros ramificados, para mejorar así su número de octano.

➤ **Unidad de Reformado Catalítico**

En estas unidades, se modifican las cadenas de hidrocarburos con el fin de mejorar las características de las fracciones de las naftas pesadas. Llevan integradas hidrosulfuradoras para eliminar el azufre y se encargan de elevar el número de octano de la nafta pesada obtenida en la destilación del crudo, para obtener así productos base la formulación de las gasolinas. Además, en esta unidad las reacciones producen también hidrógeno, que resulta ser un subproducto muy valioso para otros procesos de refino.

➤ Unidad de alquilación

En esta unidad se mejoran los índices de octano gracias a la producción de alquilato obtenido a partir de isobutano y butenos a través de un proceso que emplea catalizadores ácidos como el sulfúrico o el fluorhídrico. De esta forma, se permite la producción de diferentes hidrocarburos que recombinados posteriormente mediante alquilación, isomerización o reformado catalítico dan lugar a productos químicos y combustibles de alto octanaje y buena calidad.

➤ Unidad de Desulfuración de Gasoil

El objetivo de esta unidad es el de aplicar un tratamiento de hidrogeno al gasoil producido en la unidad de destilación atmosférica para reducir el contenido de diolefinas, olefinas y azufre hasta cantidades que permitan la comercialización del mismo.

➤ Unidad de Destilación de Vacío

La función de la unidad de destilación al vacío es la de generar un vacío parcial dentro del sistema de destilación para destilar las sustancias por debajo de su punto de ebullición normal. Esta operación es la complementaria a la destilación atmosférica, ya que procesa el crudo no vaporizado que sale por la parte inferior de la torre de destilación atmosférica. Esta unidad necesita operar a una presión inferior a la atmosférica, ya que si no fuese así se produciría una descomposición de los productos a elevada temperatura. De esta forma, los 3 productos obtenidos al final son el gasoil ligero de vacío, el gasoil pesado de vacío y el residuo de vacío. Los dos primeros se emplean para alimentar la unidad de craqueo catalítico (FCC) después de pasar por la desulfuración por hidrogeno, mientras que el último, se emplea para alimentar las unidades de craqueo térmico y la unidad de coquización

A continuación, se muestran los esquemas de la unidad:

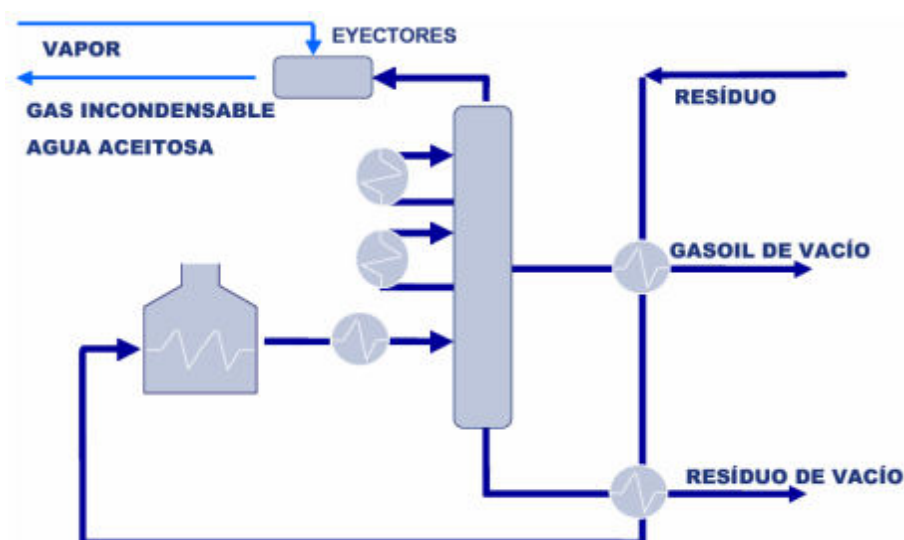


Ilustración 1.9. Esquema de la unidad de vacío

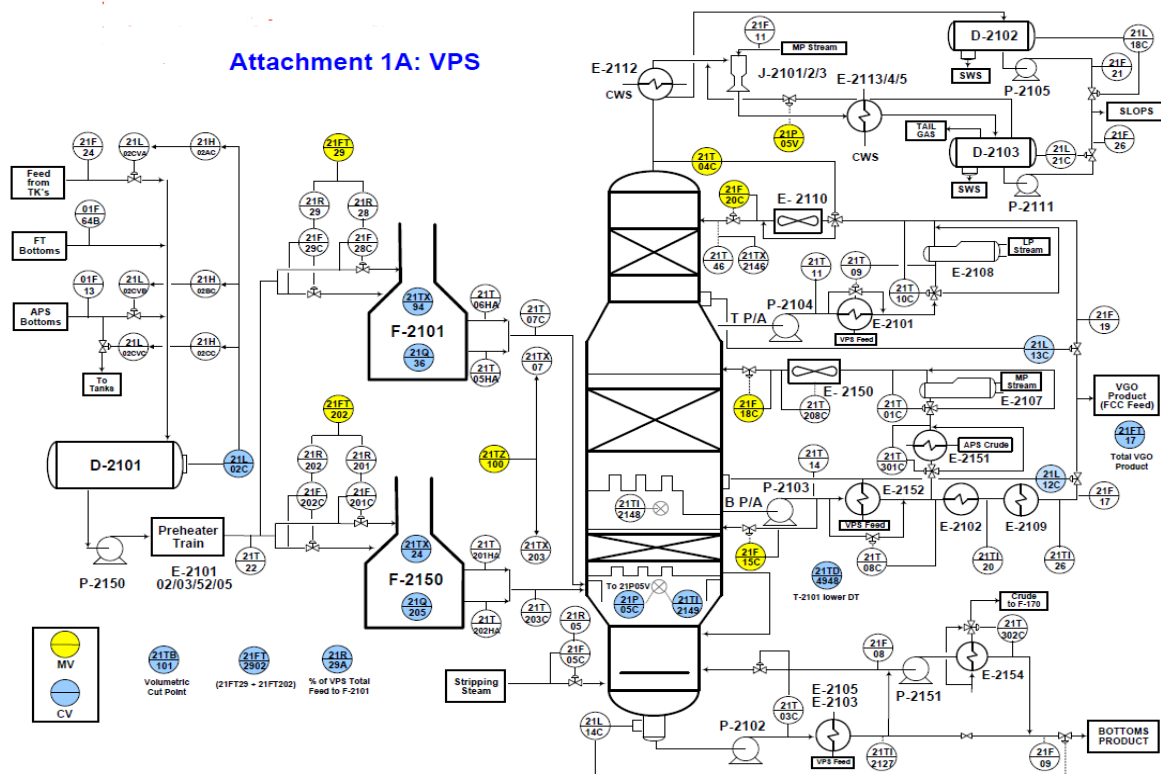


Ilustración 1.10. Esquema de la unidad de vacío de la Refinería de Castellón



Ilustración 1.11. Imagen de la torre de vacío de la refinería

➤ **Unidad de Hidrocracker** (no presente en la refinería de Castellón)

En esta unidad, se transforman los destilados más pesados de la unidad de vacío y el Coquer en productos más ligeros como el GLP, la nafta, el queroseno y el gasóleo. Las reacciones en esta unidad tienen lugar a altas temperaturas y presiones en presencia de hidrógeno y catalizadores.

Por otro lado, esta unidad tiene ventajas medioambientales esenciales en cuanto a calidad de productos, ya que éstos son altamente hidrogenados, con contenidos de azufre y nitrógeno prácticamente nulos y reducidos niveles aromáticos. A continuación, se presenta un esquema de esta unidad:

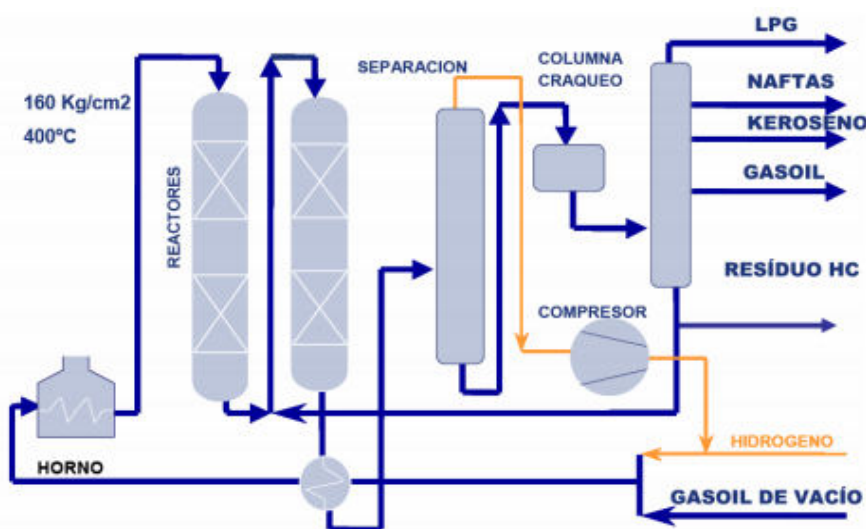


Ilustración 1.12. Esquema de la unidad de Hidrocracker

➤ **Unidad de flexicracker (FCC)**

Esta unidad también denominada fraccionadora, se encarga de recibir el gasoil proveniente de la destilación al vacío y aplicarle un proceso de calor y presión denominado craqueo catalítico.

Mediante el craqueo se pretende descomponer los componentes más pesados de la destilación y disminuir el elevado peso molecular y punto de ebullición de los hidrocarburos provenientes de la destilación al vacío. Mediante este proceso se consigue aumentar el valor de los productos obtenidos en la destilación.

Para ello, la unidad de FCC emplea un catalizador con aire mediante el cual consigue convertir las fracciones de petróleo de alto punto de ebullición (gasóleos) en gasolina de alto octanaje y aceite de calentamiento de gran valor.

A continuación se muestra un diagrama de flujo de la unidad de FCC:

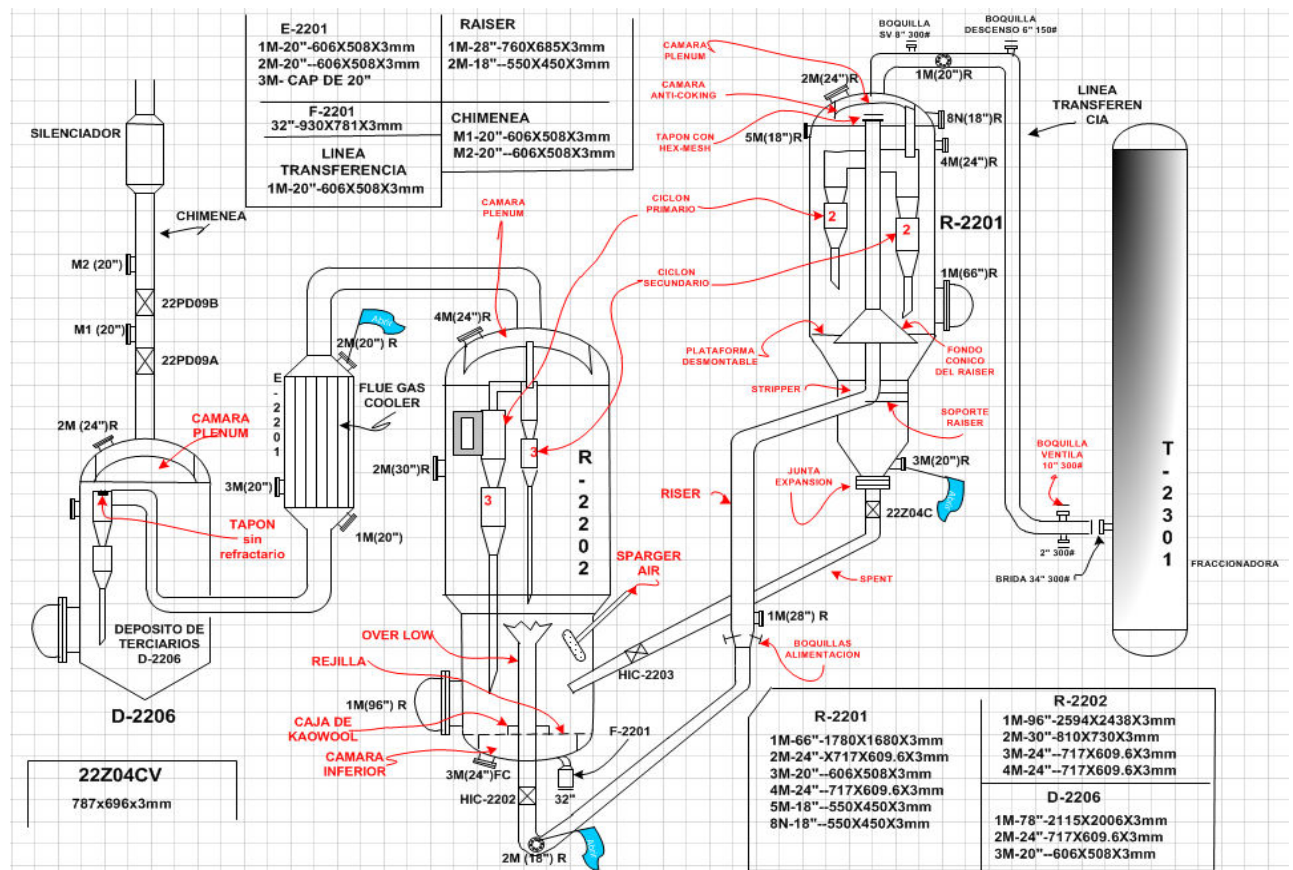


Ilustración 1.13. Diagrama de flujo de la unidad de FCC de la refinería

➤ Unidad de Coquización Retardada (Coquer)

En esta unidad, se realiza un proceso de craqueo térmico severo para obtener hidrocarburos más ligeros. Los productos entrantes son los fuelóleos, los alquitranes sobrantes y los residuos provenientes de los craqueos previos realizados en el FCC y las torres de destilación que se depositan en los tambores de coque.

El material pesado pasa al horno de coquización donde se calienta a altas temperaturas y bajas presiones para producirle una vaporización parcial y un craqueo suave. La mezcla de líquido y vapor creada es bombeada a los dos tambores de coque gracias al calentador, y permanece allí durante un largo periodo hasta que se logra la descomposición a bajas presiones en productos más ligeros.

Cuando los tambores alcanzan su tope de llenado y el coque está solidificado y separado de los otros componentes, se realiza un proceso hidráulico de descoquización consistente en unos chorros de agua a alta presión que descienden al lugar donde se encuentra el coque y lo envían a una tolva. Una grúa, se encarga de depositar el coque en otra tolva para finalmente llevarlo al almacén con una cinta transportadora.

Mientras, los vapores restantes en la parte superior de los tambores de coque son dirigidos a la parte inferior del fraccionador. Estos vapores que están formados por agua y por los

productos de la reacción de craqueo (gas, nafta y gasóleos), fluyen hacia arriba de la columna de fraccionamiento a través de sus platos y se separan en función de su punto de ebullición.

Gracias a esta unidad se puede conseguir un esquema con producción cero de fuelóleos además de poderse reducir el contenido de azufre de las corrientes de la refinería. A continuación se muestran el esquema y una imagen de la unidad de coquización:

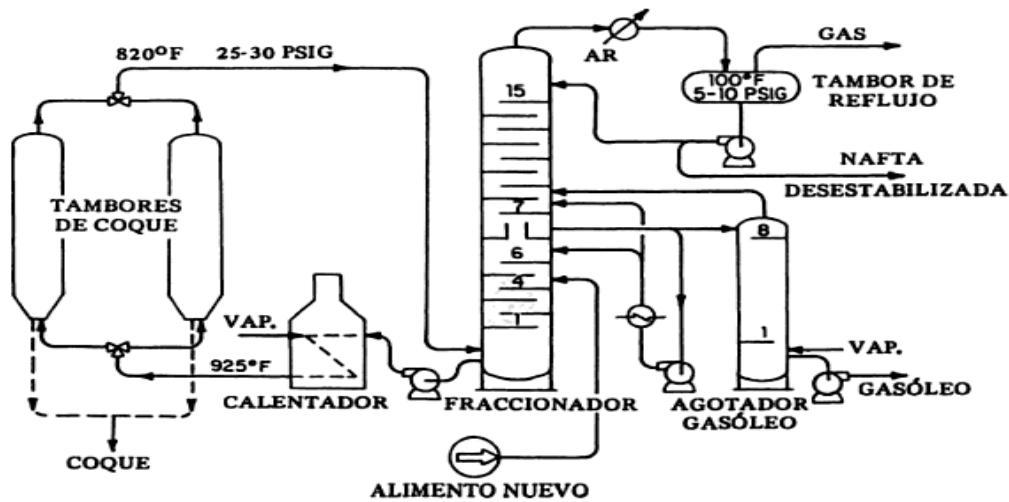


Ilustración 1.14. Diagrama de flujo de la unidad de Coquer



Ilustración 1.15. Imagen de la instalación de Coquer de la refinería de Castellón

➤ **Unidad de Desulfuración de Gasoil de Coquer**

En esta unidad se pretende hidrogenar el gasoil ligero producido en la unidad de coquización para eliminar su contenido en diolefinas y minimizar la cantidad de olefinas y azufre.

➤ **Unidad de Hidrogenación de Butadieno**

Esta unidad tiene como objetivo la producción de hidrotratamiento selectivo de butadieno con el fin de cumplir con la especificación comercial del máximo contenido de diolefinas y acetilenos.

➤ **Planta de producción de Hidrógeno**

Es la unidad destinada a producir hidrógeno, ya que instalaciones como el Hidrocracker o las desulfuradoras requieren elevadas cantidades de este gas.

➤ **Unidad de Stripper de Aguas Ácidas**

En esta unidad se lleva a cabo el proceso de eliminación de los gases (sulfhídrico y amoníaco) absorbidos por las aguas procedentes de los diferentes lavados de las unidades, con el fin de poder enviar esta agua libre de gases nocivos a la PTAR.

➤ **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)**

En esta planta se lleva a cabo el tratamiento de los efluentes líquidos para su posterior vertido al exterior dentro de los límites medioambientales permitidos.

➤ **Unidad recuperadora de gases de antorcha**

En esta unidad se realiza la recuperación de los gases de antorcha procedentes de las descargas de diversas unidades de la refinería. Para ello, se lleva a cabo un tratamiento de endulzamiento basado en una absorción con amina como disolvente, para una posterior reutilización de estos gases como fuel gas a baja presión.

Los productos finales obtenidos después de todo el proceso son almacenados en un parque de tanques o depósitos con capacidad para 650.000 metros cúbicos, y se dividen en tres grandes grupos: productos ligeros como los gases licuados (propano, butano y polipropileno), las naftas ligeras y las gasolinas; productos medios como los querosenos y el gasóleo; y productos pesados como el fueloil y los asfaltos.

Todos los productos son bombeados a un caudal y presión concretos para poder ser transportados a lo largo de las diferentes unidades que conforman la refinería. Para ello se utilizan distintos tipos de bombas como las centrifugas, las alternativas y las dosificadoras. En este proyecto, nos centraremos en las bombas de dosificación que se encargan de dosificar de forma precisa una sustancia química a una corriente, a un depósito o a otro sistema donde se requiera que la concentración de dicha sustancia química se mantenga constante.

Anexo II: Empresas suministradoras de bombas dosificadoras

Las empresas encargadas del suministro de la mayor parte de las bombas dosificadoras presentes en la planta de la refinería son Milton Roy y Lewa.

Estas dos empresas presentes en el ámbito de la ingeniería están centradas en la investigación y el desarrollo de equipos de dosificación de fluidos como bombas dosificadoras, válvulas y otros sistemas de dosificación.

Milton Roy con sede principal en Normandía (Francia) se ha convertido en uno de los líderes mundiales de las tecnologías de dosificación, mezcla y control de fluidos. Además, diversas marcas especializadas en dosificación como Dosapro, LMI o Hartell se han unido a la compañía.

Por su parte, Lewa es una empresa con sede principal en Stuttgart (Alemania) que al igual que Milton Roy, centra su fabricación en equipos de dosificación como las bombas de membrana dosificadoras y de proceso.



Ilustración 2.1. Exposición de Milton Roy

Anexo III: Modelos de bombas dosificadoras

Una vez mostrados todos los equipos de dosificación disponibles en la refinería BP Oil, se puede apreciar que la gran mayoría pertenecen al fabricante Milton Roy. De este modo, y debido al hecho de que las bombas Milton Roy están presentes en una mayor cantidad, éstas son las que provocan mayores problemas dentro de la refinería, debido a la gran cantidad de averías que sufren. Así pues, el trabajo se va a centrar a continuación en analizar los diferentes modelos de bombas de Milton Roy, para después realizar un análisis de la fiabilidad de estos equipos. Por otro lado, se realizará un case-study de las bombas de PROMINENT (P-2841, P-2842, P-2843), que como veremos en gráficos posteriores de fiabilidad, son 3 equipos muy críticos (bad actors) dentro de la planta, ya que han sido intervenidos en numerosas ocasiones y necesitan la aplicación de una solución a los problemas generados lo antes posible.

Las bombas dosificadoras de Milton Roy se dividen en las electromagnéticas (modelos LMI y G) y las electromecánicas o industriales (modelos A, B, XA, XB, RD, MD y MC).

- Bomba dosificadora MILTON ROY LMI

Es una bomba dosificadora electromagnética de cadencia regulable de 1 a 100 golpes/minuto y carrera regulable de 0 a 100%. Sus principales características técnicas son:

- Es una bomba electromecánica de membrana seca
- Su caudal máximo es de 12 l/h
- Su presión máxima es de 17,3 bar
- La temperatura máxima de los fluidos bombeados es de 50 °C
- La altura de aspiración es de 1,5 metros
- La precisión del caudal regulado es del orden de $\pm 2 \%$

Estas bombas se caracterizan por presentar una gran robustez, ya que las paredes de la carcasa de polipropileno están reforzadas con fibra de vidrio para asegurar la resistencia a las vibraciones. Además, los elementos de fijación son de acero inoxidable y la carcasa es hermética gracias al uso de juntas tóricas en las partes desmontables. Por su parte, las partes bajo tensión y las piezas en movimiento están completamente protegidas y el circuito de control está embutido en resina epoxi.

En cuanto a los materiales de los componentes más críticos, los dosificadores están fabricados con PVC, PVDF, acrílico o acero inoxidable; mientras que las válvulas presentan bolas cerámicas y asientos PTFE. Las membranas están hechas de un material compuesto llamado Fluorofilm, que es un copolímero formado por PTFE y PFA.

Además, como particularidad de las bombas LMI, su caña de inyección está dotada de un sistema que permite la difusión del producto inyectado en la conducción de fluido a tratar e impide la cristalización y el recalentamiento en el punto de inyección.

Finalmente, cabe destacar la posibilidad de incorporar una válvula 4 funciones en este tipo de bombas. Su uso es opcional y sus beneficios son los siguientes:

- Antisifón: impide todo efecto de sifón cuando la bomba se encuentra bajo vacío.
- Válvula de retención: crea una contrapresión de 1,7 bar para evitar todo exceso de caudal cuando el dosificador no está en carga.
- Purga de cebado: desactivando la purga, la bomba se desconecta de la línea de descarga y se ceba fácilmente.
- Eliminación de la presión en la línea de descarga: la presión de la línea de descarga se puede eliminar por la tubería de purga.

A continuación, se muestran la tabla de prestaciones y las dimensiones específicas de este tipo de bombas electromagnéticas presentes en refinería:

Prestaciones														
Modelo	Caudal (l/h) máx.	Presión (bar) máx.	Membrana tamaño (pulgadas)	Cilindrada (ml)		Cadenencia (ppm) min.-máx.	Materiales cuerpo del dosificador / asientos					Conexiones		
				min.	máx.		PVC/Aflas	PVDF/ Aflas	PVDF/ PTFE	Acrílico/ Aflas	316L/ PTFE ¹⁾	Alta visc. ²⁾	Pulgadas	Métrica
P02*	0.75	10.3	0.5	0.07	0.22	80	358XY	352XY	353XY	350XY	257	N-A	.250"OD	3x6 mm
P03*	1.6	7.6	0.9	0.13	0.44	80	368XY	362XY	363XY	360XY	267	N-A	.375"OD	6x8 mm
P04*	2.2	17.3	0.5	0.07	0.37	100	358XY	352XY	353XY	350XY	257	N-A	.250"OD	3x6 mm
P05*	3.8	7.6	0.9	0.13	0.63	100	368XY	362XY	363XY	360XY	267	N-A	.375"OD	6x8 mm
P06*	7.6	3.5	1.8	0.25	1.27	100	368XY	362XY	363XY	360XY	277	N-A	.375"OD	6x8 mm
P08*	12	1.5	1.8	0.40	2.00	100	368XY	362XY	363XY	360XY	277	N-A	.375"OD	6x8 mm
P12*	0.75	10.3	0.5	0.07	0.22	1-60	358XY	352XY	353XY	350XY	257	N-A	.250"OD	3x6 mm
P13*	1.6	7.6	0.9	0.13	0.44	1-60	368XY	362XY	363XY	360XY	267	N-A	.375"OD	6x8 mm
P14*	2.2	17.3	0.5	0.07	0.37	1-100	358XY	352XY	353XY	350XY	257	155HV	.250"OD	3x6 mm
P15*	3.8	7.6	0.9	0.13	0.63	1-100	368XY	362XY	363XY	360XY	267	85HV	.375"OD	6x8 mm
P16*	7.6	3.5	1.8	0.25	1.27	1-100	368XY	362XY	363XY	360XY	277	75HV	.375"OD	6x8 mm
P18*	12	1.5	1.8	0.40	2.00	1-100	368XY	362XY	363XY	360XY	277	75HV	.375"OD	6x8 mm

* Indicar la alimentación utilizando los siguientes códigos :
 1 = 115 V, toma US
 3 = 230 V, toma CEE
 5 = 230 V, toma UK
 7 = 230 V, toma CH
 8 = 115 V, sin toma

¹⁾ Conexión 1/4" NPTn
²⁾ .500" OD / 13x23

X	Y	Consultar la tabla de dosificadores para obtener el código completo
0	1/2" BSP	
2	Conexión en pulgadas	
3	Conexión métrica	
4	Tubo PVC reforzado 5x12 mm	

B	Purga 4 funciones incluida
N	Bomba sin válvula
S	Válvula 4 funciones incluida
T	Válvula 3 funciones incluida

Dimensiones				
	W	X	Y	Z
	W	X	Y	Z
	W	X	Y	Z
	W	X	Y	Z
	W	X	Y	Z
	W	X	Y	Z
	W	X	Y	Z
	W	X	Y	Z

Dimensiones	W	X	Y	Z
Bomba sin válvula	51	181	11	198
Bomba con válvula	79	226	11	218
Bomba con dosificador acero inox.	44	171	20	191
Bomba alta viscosidad	58	205	16	206
Embalaje : 275 x 225 x 165 mm	Peso bruto : 3.7 kg			

Ilustración 3.1. Prestaciones y dimensiones de la bomba dosificadora

Estas bombas como vemos en la tabla 10.1.1 no son numerosas dentro de la refinería, ya que sólo existen cuatro ejemplares en la zona de energías. Como veremos más adelante no suelen dar muchos problemas de averías, de forma que sus prestaciones son buenas y no requieren grandes mejoras en cuanto a fiabilidad.

- Bomba dosificadora MILRON ROY G

Se trata de un modelo de bomba dosificadora electromecánica con membrana de accionamiento mecánico. Sus características principales son:

- Su caudal máximo es de 170 l/h
- Su presión máxima es de 12 bar
- El reglaje de carrera es realizado por excéntrica variable, asegurando un caudal débilmente pulsado (sin choques hidráulicos)
- La temperatura máxima del fluido a bombear es de 40 °C
- Regulación del caudal nominal del 0 al 100%, en marcha y en parada
- La precisión del caudal regulado es del $\pm 2\%$ dentro del campo de regulación del 10 al 100%
- La altura de aspiración puede alcanzar los 4 m.c.a
- La presión máxima en la aspiración es de 2 bar
- La membrana es de accionamiento mecánico y fabricada en PTFE
- El cárter de la bomba está reforzado con fibra de vidrio resistente a la corrosión

En cuanto a los materiales de construcción de los componentes más críticos de estos dosificadores, a continuación se muestra una tabla explicativa:

Elementos Dosificador / Modelos	Polipropileno (PP)	PVDF	Inox (316L)	Alta Viscosidad (HV)
Modelos GA 2 a GA 45				
Cuerpo del dosificador	PP	PVDF	316L	PP
Cuerpo de caja válvulas	PVDF	PVDF	316L	PP
Asientos	Aflas	PTFE	316L	PTFE
Bolas	Cerámica	Cerámica	316L	316L
Conexiones	PVDF/PP	PVDF/PP	316L	PP
Membrana	PTFE/PVDF*	PTFE/PVDF	PTFE/316L	PTFE/PVC
Junta	Viton	Viton	Viton	-

Tabla 3.1. Materiales de los componentes de la bomba dosificadora G

Finalmente, se muestran las tablas de las prestaciones y las dimensiones de toda la gama de bombas dosificadoras G. En nuestro caso, nos centraremos en las bombas GA 2, que son el modelo de bomba utilizado en la refinería. Existen 7 bombas dosificadoras en la planta, todas ellas ubicadas en la zona de energías, al igual que las bombas LMI. A diferencia de las bombas LMI, estas bombas provocan más problemas dentro de la refinería, ya que han tenido que ser intervenidas en más ocasiones a lo largo de los últimos años, pese a que no son bad actors (equipos críticos).

Modelo	Caudal n.º. máx. (l/h) (1)(2)	Presión n.º. máx. (bar)	Carrera (mm)	Cadencia (gpm) (2)	Velocidad motor (rpm) (2)	Potencia (W)	
						Mono	Tri
GA 2	2.5	12	4	36	1500	180	90
GA 5	5	12	4	72	3000	180	120
GA 10	10	12	4	144	3000	180	120
GA 25	25	12	6	72	3000	180	120
GA 45	50	10	6	144	3000	180	120
GA 90	83	5	6	72	3000	180	120
GA 120	110	3.5	4	144	3000	180	120
GA 170	170	3.5	6	144	3000	180	120

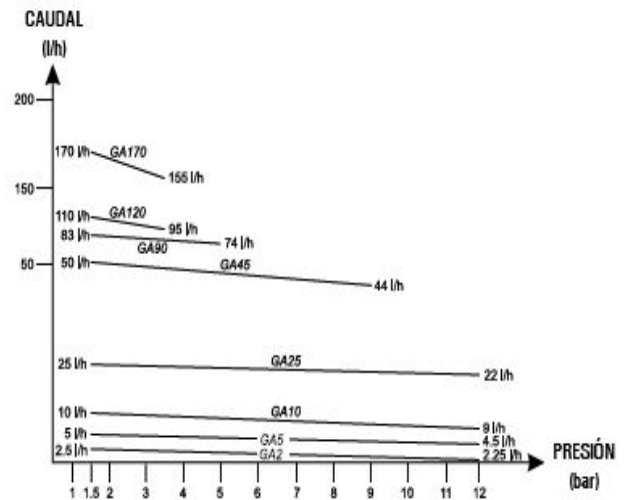
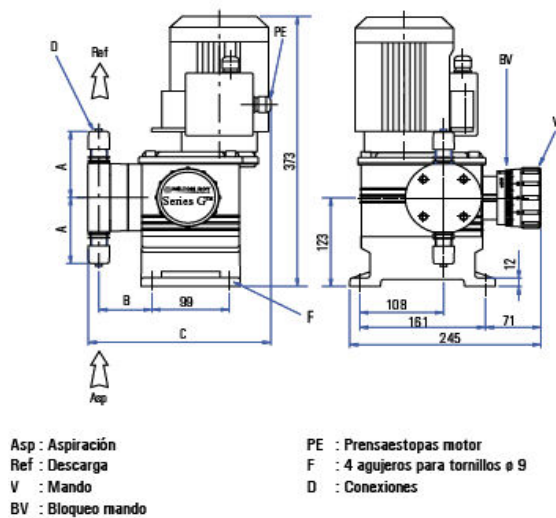


Ilustración 3.2. Tabla y curva de prestaciones de la gama de bombas dosificadoras modelo G



Modelos	Dimensiones (mm)	Versiones Conexiones	PP/PVDF/PVC/Mixta	Inox	HV	
			T	N	H	
GA 2	A		91	102	105	
GA 5	B		68	68	83	
GA 10	C		234	236	253	
GA 25	A		91	102	108	
GA 45	B		69	68	73	
	C		235	236	243	
	(mm)	Conexiones	P	Q	N	H
GA 90	A		109	143	123	110
GA 120	B		98	98	98	98
GA 170	C		266	270	273	266

Conexiones :
 T = Tubo ligera en polietileno 6x8, tubo en PVC reforzado 6x12 y racores gas 1/2" macho
 N = Conexión roscada 1/2" BSP hembra
 H = GA 2 a GA 45 : Asp. = tubo vinilo 15x23 - Des. = tubo en PE 9x12

Ilustración 3.3. Dimensiones de la gama de bombas dosificadoras modelo G

- **Bombas dosificadoras MILTON ROY XA, XB, A y B**

Estas bombas dosificadoras son de tipo electromecánico con membrana de accionamiento hidráulico. Las bombas Mroy A y B actualmente se fabrican como Mroy XA y XB, de forma que los repuestos del conjunto dosificador son los mismos actualmente y los del conjunto mecánico muchos son los mismos y otros han sido modificados. Sus características técnicas principales son:

- Caudal máximo de 66 l/h
- Presión máxima de 123 bar
- Temperatura máxima del fluido bombeado:
 - 90 °C para los dosificadores metálicos
 - 50 °C para los dosificadores plásticos
- Regulación de caudal nominal de 0 a 100% en marcha y parada

- Precisión de caudal de $\pm 1\%$ en el campo de regulación de 10 a 100%
- Cáster construido en fundición de hierro
- Válvula de seguridad interna integrada
- El caudal disminuye un 2% por cada 10 bar de incremento a partir de presiones entre 10 bar y la presión máxima de descarga.
- La presión de aspiración máxima es:
 - 35 bar para pistones de $\varnothing 11,1$ (XA) y $\varnothing 15$ (XB)
 - 17,5 bar para pistones de $\varnothing 15,9$ (XA) y $\varnothing 22,2$ (XB)
 - 9 bar para pistón $\varnothing 22,2$ (XA)
 - 6 bar para pistones $\varnothing 27$ (XA) y $\varnothing 36,5$ (XB)

En cuanto a los materiales de construcción de este modelo de dosificadoras, a continuación se muestra una tabla explicativa:

COMPONENTES	CONSTRUCCIÓN	
	PVC ⁽¹⁾	316L ⁽²⁾
Cuerpo dosificador	PVC	316L
Caja válvulas	PVC	316L
Asientos	PVC	316L
Bolas	Vidrio	316L
Placa contorno	PVC	316L
Membrana	PTFE	PTFE
Muelle bola descarga	Hast. C	316L
Juntas	Viton	Viton

Tabla 3.2. Materiales de los componentes de las bombas dosificadoras modelo XA Y XB

Finalmente, debajo se muestra la información referente a las prestaciones y las dimensiones de los modelos XA y XB, según el material del que está hecho el cuerpo del dosificador (acero inoxidable o PVC). Cabe destacar, que este modelo es uno de los más presentes en la refinería, ya que entre el modelo antiguo (A y B) y el nuevo (XA y XB), la planta cuenta con más de treinta bombas dosificadoras, repartidas entre las zonas de destilación, conversión y coker. Algunos de estos equipos han sido considerados “bad actors” o equipos críticos, ya que han sido sometidos a un elevado número de reparaciones (bombas de la zona del coker) o han sufrido una gran cantidad de averías críticas (bombas de la zona de conversión), como veremos más adelante.

Caudal a 3 bar (l/h)	Dosificador en plástico		Dosificador en Inox 316L		Cadencia (gpm)	Ø Pistón (mm)	Ø Membrana (mm)	Cilindrada (cm ³)	Motor trifásico (kW - rpm)
	Caudal a presión máx. (l/h)	Presión máxima (bar)	Caudal a presión máx. (l/h)	Presión máxima (bar)					
2.6	2.5	10	1.9	123	29	11.1	71	1.74	0.25 - 1500
5.5	-	-	4	123	58	11.1	71	1.74	0.37 - 3000
5.5	5.3	10	4.8	59	29	15.9	101	3.57	0.25 - 1500
10	9	10	8	123	112	11.1	71	1.74	0.25 - 1500
22	21	10	19	59	112	15.9	101	3.57	0.25 - 1500
44	43	10	39	31	112	22.2	101	6.96	0.25 - 1500
66	65	10	64	21	112	27	101	10.3	0.25 - 1500

Tabla 3.3. Prestaciones de la gama de bombas dosificadoras XA

mROY XB - Dosificador plástico

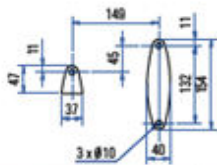
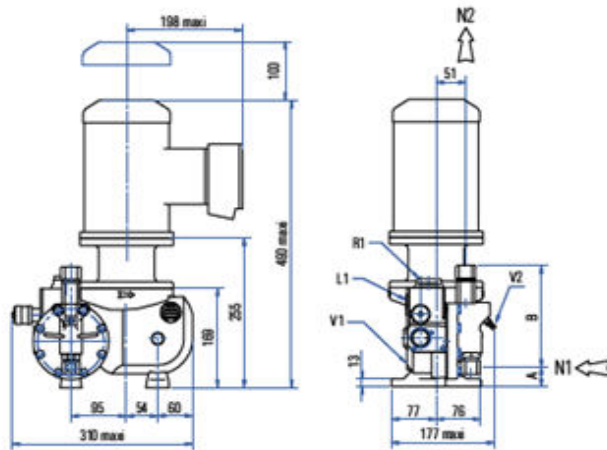
Caudal a 3 bar (l/h)	Caudal a presión máx. (l/h)	Presión máxima (bar)	Cadencia (gpm)	Ø Pistón (mm)	Ø Membrana (mm)	Cilindrada (cm ³)	Motor trifásico (kW - rpm)
30	29	10	36	22.2	132	13.93	0.55 - 1000
46	45	10	56	22.2	132	13.93	0.55 - 1500
74	73	10	90	22.2	132	13.93	0.55 - 1000
80	79	10	36	36.5	132	37.66	0.55 - 1000
114	113	10	140 (*)	22.2	132	13.93	0.75 - 1500
124	123	10	56	36.5	132	37.66	0.55 - 1500
200	199	10	90	36.5	132	37.66	0.55 - 1000
310	309	10	140 (*)	36.5	132	37.66	0.75 - 1500

mROY XB - Dosificador metálico

Caudal a 3 bar (l/h)	Caudal a presión máx. (l/h)	Presión máxima (bar)	Cadencia (gpm)	Ø Pistón (mm)	Ø Membrana (mm)	Cilindrada (cm ³)	Motor trifásico (kW - rpm)
14	11	105	36	15	86	6.36	0.55 - 1000
21	17	105	56	15	86	6.36	0.75 - 1500
30	28	49	36	22.2	132	13.93	0.55 - 1000
30	26	100	36	22.2	132	13.93	0.75 - 1000
34	27	105	90	15	86	6.36	0.55 - 1000
46	40	100	56	22.2	132	13.93	0.75 - 1500
53	43	105	140 (*)	15	86	6.36	0.75 - 1500
74	70	49	90	22.2	132	13.93	0.55 - 1000
74	65	100	90	22.2	132	13.93	0.75 - 1000
80	78	14	36	36.5	132	37.66	0.55 - 1000
80	77	28	36	36.5	132	37.66	0.75 - 1000
114	109	49	140 (*)	22.2	132	13.93	0.75 - 1500
114	103	100	140 (*)	22.2	132	13.93	1.10 - 1500
124	120	28	56	36.5	132	37.66	0.75 - 1500
200	196	14	90	36.5	132	37.66	0.55 - 1000
200	193	28	90	36.5	132	37.66	0.75 - 1000
310	304	14	140 (*)	36.5	132	37.66	0.75 - 1500
310	299	28	140 (*)	36.5	132	37.66	1.10 - 1500

Tabla 3.4. Prestaciones de la gama de bombas dosificadoras XB

Versión simplex - Dosificador metálico

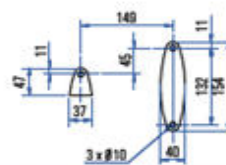
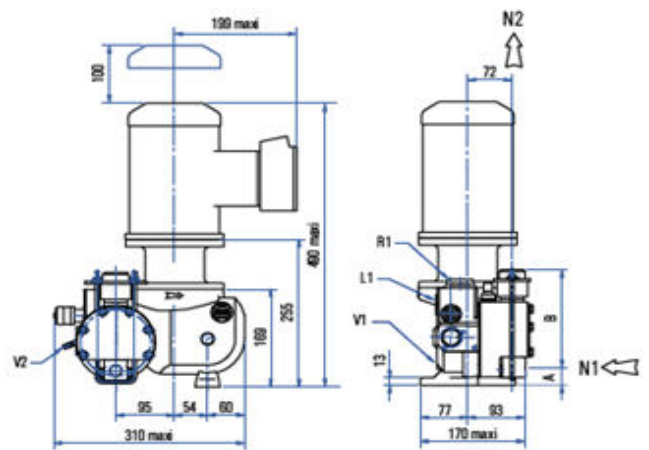


N1 : Aspiración
N2 : Descarga
V2 : Cebado
V1 : Drenaje
L1 : Nivel aceite
R1 : Llenado aceite

MODELOS	DIMENSIONES	CONEXIONES
5,5 l/h ⁽¹⁾ - 22 l/h 44 l/h - 66 l/h	A = 33 B = 173	Aspiración : 3/8" GAS H Descarga : 3/8" GAS H
2,6 l/h - 5,5 l/h ⁽²⁾ 10 l/h	A = 41 B = 163	Aspiración : 3/8" GAS H Descarga : 3/8" GAS H

⁽¹⁾ 5.5 l/h a 59 bar - ⁽²⁾ 5.5 l/h a 123 bar

Versión simplex - Dosificador plástico

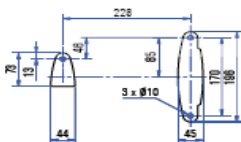
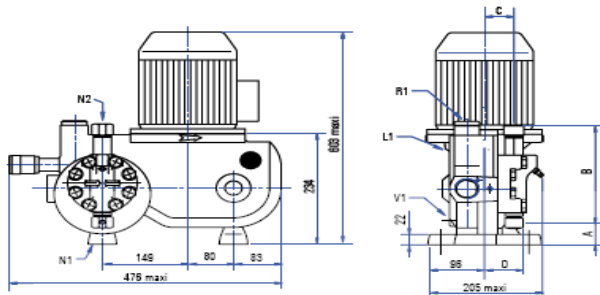


N1 : Aspiración
N2 : Descarga
V2 : Cebado
V1 : Drenaje
L1 : Nivel aceite
R1 : Llenado aceite

MODELOS	DIMENSIONES	CONEXIONES
22 l/h - 44 l/h 66 l/h	A = 28 B = 170	Aspiración : 1/2" GAS H Descarga : 3/8" GAS H
2,6 l/h - 5,5 l/h 10 l/h	A = 25 B = 177	Aspiración : 1/2" GAS H Descarga : 3/8" GAS H

Ilustración 3.4. Dimensiones del modelo XA en sus versiones de dosificador metálico y plástico

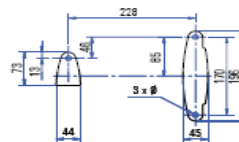
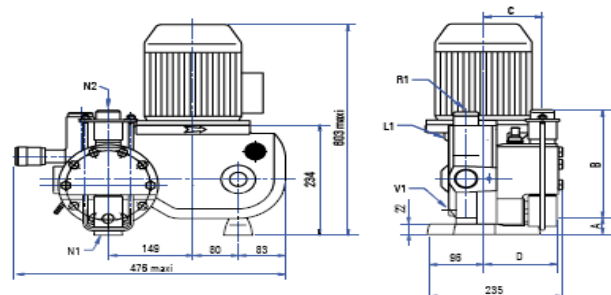
Versión simplex - Dosificador metálico



N1 : Aspiración
N2 : Descarga
V1 : Drenaje
L1 : Nivel aceite
R1 : Llenado aceite

MODELOS	DIMENSIONES	CONEXIONES
30 l/h - 46 l/h 74 l/h - 80 l/h - 114 l/h 124 l/h - 200 l/h - 310 l/h	A = 22 B = 233 C = 56 D = 97	Aspiración : 1/2" GAS H Descarga : 3/8" GAS H
14 l/h - 21 l/h 34 l/h - 53 l/h	A = 47 B = 207 C = 52 D = 66	Aspiración : 3/8" GAS H Descarga : 3/8" GAS H

Versión simplex - Dosificador plástico



N1 : Aspiración
N2 : Descarga
V1 : Drenaje
L1 : Nivel aceite
R1 : Llenado aceite

MODELOS	DIMENSIONES	CONEXIONES
30 l/h - 46 l/h 74 l/h - 80 l/h - 114 l/h 124 l/h - 200 l/h - 310 l/h	A = 36 B = 231 C = 104 D = 129	Aspiración : 1/2" GAS H Descarga : 3/8" GAS H

Ilustración 3.5. Dimensiones del modelo XB en sus versiones de dosificador metálico y plástico

- Bombas dosificadoras MILTON ROY MC y MD

Se trata de un modelo de bombas dosificadoras de membrana caracterizada por su reducción en los costes de mantenimiento, ya que emplea una membrana rígida de larga duración, tiene una baja cantidad de componentes en el dosificador y sólo consume 40 mL de aceite en el dosificador. Sus características principales son:

- Precisión de $\pm 1\%$ en un intervalo del 10 al 100% del caudal nominal.
- Válvula interna con tecnología DSD de 6 funciones: válvula de seguridad, drenaje de aire, válvula de admisión, depósito de aceite de 40 mL y control visual de sobrepresión y de nivel de aceite.
- La temperatura del fluido de proceso puede oscilar entre $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el dosificador metálico y un máximo de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la versión plástica.
- Regulación de caudal de 0 a 100% en marcha o en parada.
- Carter realizado en fundición.

En cuanto a los materiales de los componentes en contacto con el fluido bombeado, a continuación se muestra la siguiente tabla:

	DOSIFICADOR DE PLÁSTICO	DOSIFICADOR DE ACERO INOXIDABLE 316L
Cuerpo del dosificador	PVC o PVDF	316L
Cuerpo de caja de válvulas	PVC o PVDF	316L
Bolas	Hastelloy C	Hastelloy C
Asientos	PEEK	316L
Membrana	PTFE 7A	PTFE 7A

Tabla 3.5. Materiales de los componentes de las bombas dosificadoras MC y MD

En la refinería, siguen operativas 5 bombas de estos modelos (4 MC y 1 MD), repartidas entre las zonas de destilación y coker. La bomba del modelo MD se encuentra dentro de los equipos críticos de la refinería, ya que ha sido intervenida numerosas veces debido a diferentes problemas que pueden estar relacionados con el hecho de que no existiera documentación alguna (repuestos, seccionales, componentes) del modelo MD hasta que se llevó a cabo el presente proyecto.

Para finalizar, se muestran las tablas de prestaciones y las dimensiones de las bombas de estos modelos:

	Milroyal D	Milroyal B	Milroyal C
Empuje máximo (daN)	110	460	1100
Recorrido regulable (mm)	0 a 25,4	0 a 38,1	0 a 76,2
Cadencia mínima-máxima (g.p.m.)	23 a 173	36 a 173	39 a 173
Multiplexado árbol rápido	•	•	•
Multiplexado árbol lento			
Carrera fija			

Tabla 3.6. Prestaciones de la gama de bombas dosificadoras MC y MD

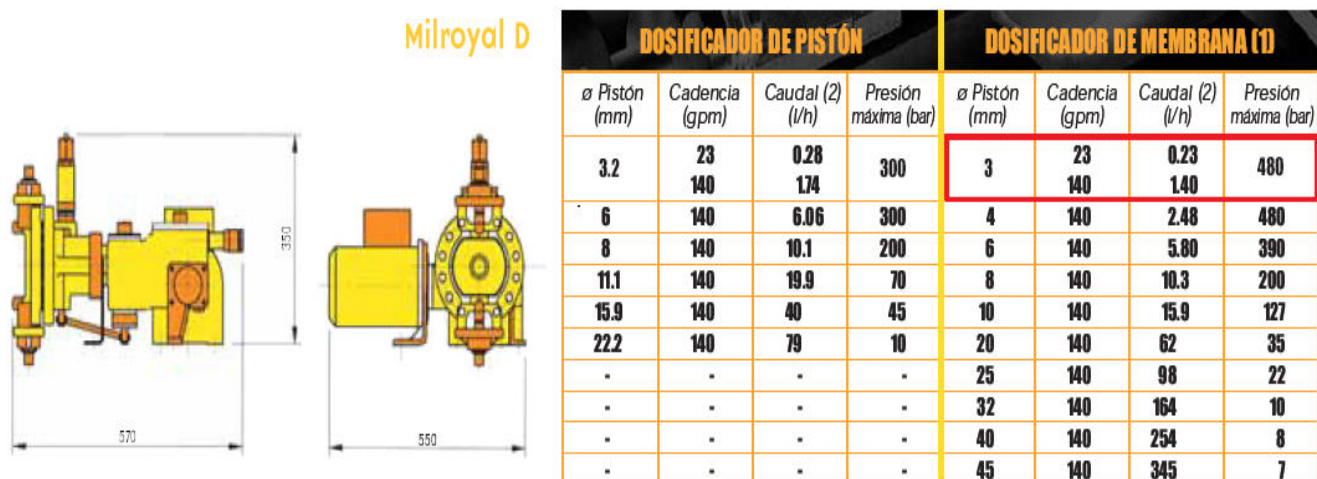


Ilustración 3.6. Dimensiones del modelo MD y prestaciones (en rojo, prestaciones correspondientes a los modelos de bomba presentes en planta)

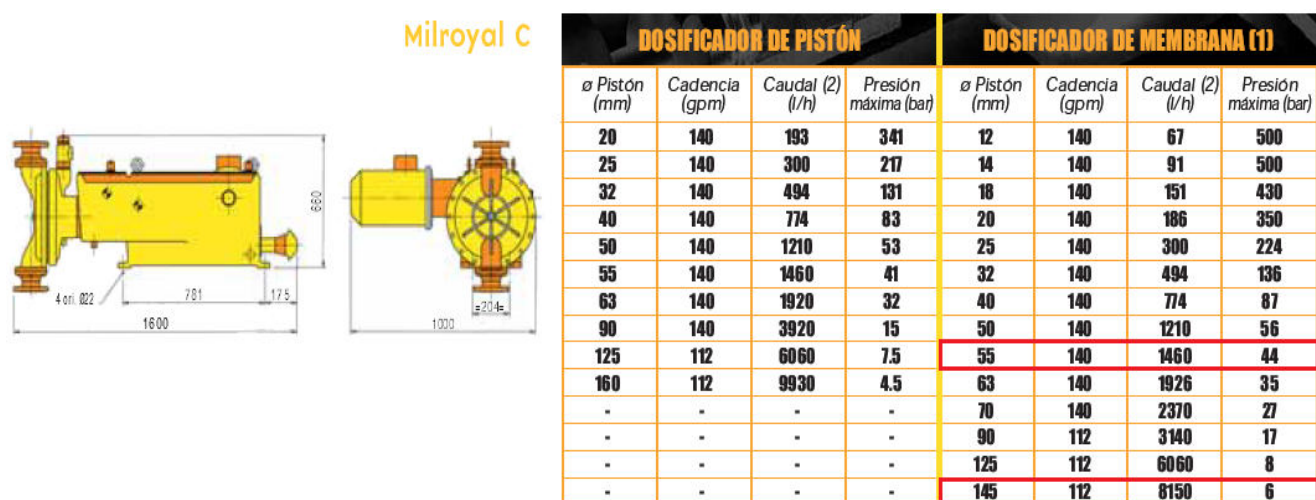


Ilustración 3.7. Dimensiones del modelo MC y prestaciones (en rojo, prestaciones correspondientes a los modelos de bomba presentes en planta)

- Bombas dosificadoras MILTON ROY RD

Al igual que las anteriores, son bombas dosificadores electromecánicas de membrana hidráulica. Sus características principales son:

- Caudal máximo de 64 l/h
- Presión máxima de 28 bar
- La temperatura máxima del fluido bombeado es de 90 °C para el dosificador metálico y 50 °C para el plástico
- Posibilidad de regular el caudal nominal de 0 a 100% en marcha y parada
- Precisión del caudal regulado de ± 1% entre el 10 y el 100% de regulación
- Válvula de seguridad interna integrada
- Altura de aspiración máxima de 2 m.c.a
- Condición de presión de aspiración máxima de 2 bar

Por lo que respecta a la construcción de los dosificadores, a continuación se muestra una tabla con los materiales de los que están fabricados los diferentes componentes en contacto con el fluido bombeado:

COMPONENTES	CONSTRUCCIÓN	
	PVC ⁽¹⁾	316L ⁽²⁾
Cuerpo dosificador	PVC	316L
Caja válvulas	PVC	316L
Asientos	PE ⁽³⁾	316L
Bolas	Vidrio ⁽³⁾	316L
Placa contorno	PVC	316L
Membrana	PTFE	PTFE
Muelle bola descarga	Hastelloy C	316L
Juntas	Viton ⁽⁴⁾	PTFE

Tabla 3.7. Materiales de los componentes de las bombas dosificadoras RD

Existen una decena de bombas de este modelo en la refinería distribuidas por distintas zonas de planta: coker, destilación y energías. No suelen tener serios problemas de fiabilidad, aunque algún ejemplar de éstas ha supuesto un coste elevado en reparaciones para la refinería como es el caso de la P-1126 en la zona de energías. Todas las bombas de este modelo operan con una cadencia de 58 gpm, ya que es el único modelo existente en refinería (RD 58). Para acabar, a continuación se muestran las tablas de prestaciones y dimensiones de estas bombas RD:

Tipo	Dosificador plástico			Dosificador metálico			Cadencia (gpm) ⁽¹⁾	Reducción	Ø Pistón (mm)	Ø Membrana (mm)	Cilindrada (cm ³) ⁽²⁾
	Caudal a 10 bar (l/h)	Caudal a 10 bar (l/h)	Caudal a 28 bar (l/h)	Caudal a 10 bar (l/h)	Caudal a 28 bar (l/h)						
MAXROY® D105	18		16			58	1/25	22	105	7.2	
	32		28			96	1/15	22	105	7.2	
	47		42			144	1/10	22	105	7.2	
	58		52			180 ⁽²⁾	1/8	22	105	7.2	

Tabla 3.8. Prestaciones de las bombas dosificadoras RD

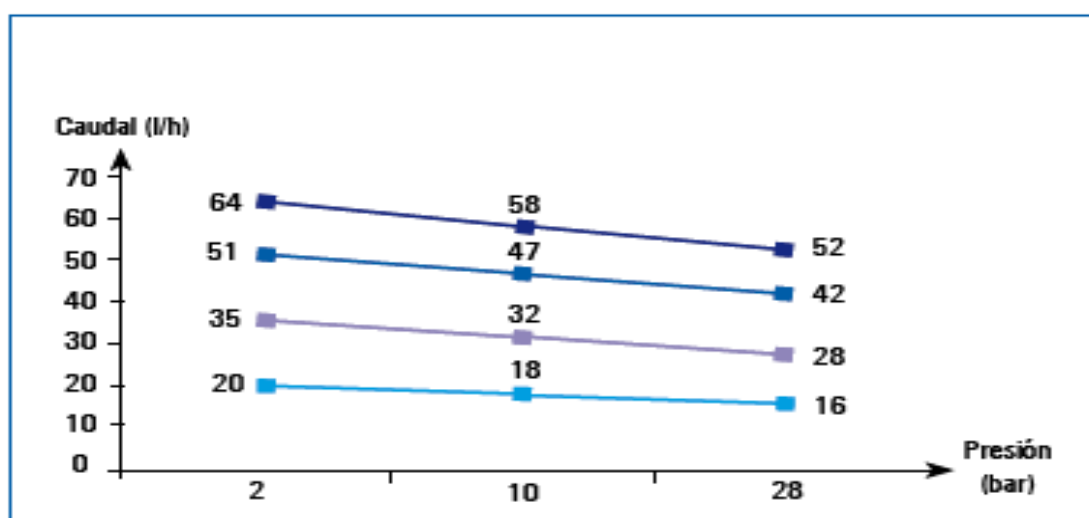
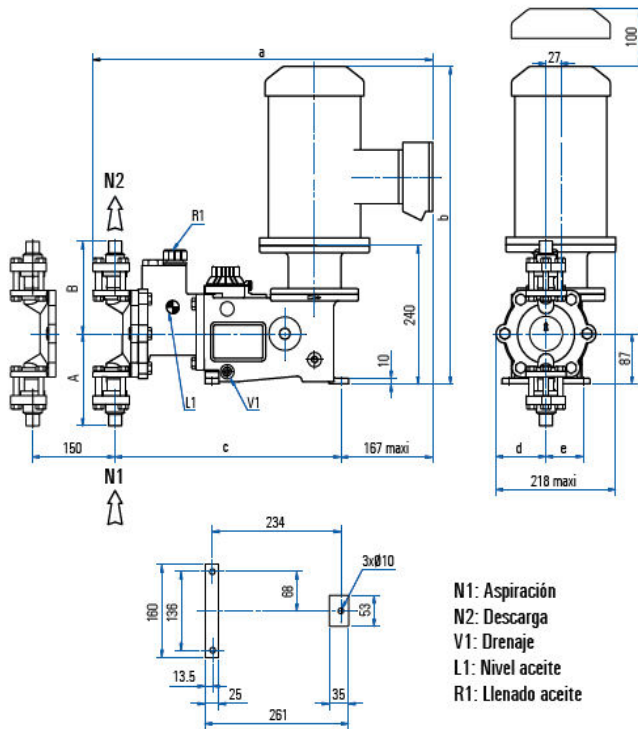


Ilustración 3.8. Gráfico de las prestaciones de las bombas dosificadoras RD



MAXROY® A105, D105 y B105

Modelos (gpm)		Dimensiones (mm)	Conexiones
Dosificador metálico			
Todos modelos (*)		a = 618 maxi b = 550 maxi c = 411 d = 91 e = 68	-
Para roscar	58 - 96 - 144	A = 160 B = 160	N1 = R 1/2" G ó 1/2" NPT N2 = R 1/2" G ó 1/2" NPT
	180	A = 186 B = 160	N1 = R 3/4" G ó 3/4" NPT N2 = R 1/2" G ó 1/2" NPT
Para soldar	58 - 96 - 144	A = 160 B = 160	N1 = 1/2" N2 = 1/2"
	180	A = 186 B = 160	N1 = 3/4" N2 = 1/2"
Con bridas	58 - 96 - 144	A = 208 B = 208 (*)	N1 = 1/2" ANSI 150 LBS N2 = 1/2" ANSI 150 LBS (*)
	180	A = 239 B = 208 (*)	N1 = 3/4" ANSI 150 LBS N2 = 1/2" ANSI 150 LBS (*)
"Alimentación"	58 - 96 - 144	A = 160	DIN 11851 Ø 28
	180	B = 160	ó SMS 1145 Ø 25

Ilustración 3.9. Dimensiones de las bombas dosificadoras RD

- Bombas dosificadoras LEWA

Representan una minoría en refinería, ya que sólo hay 11 ejemplares, pero estas bombas del fabricante alemán LEWA se encuentran en un proceso de renovación ya que son los equipos de dosificación más viejos aún en funcionamiento en planta. Debido a esto, sus repuestos y unidades ya están obsoletos y necesitan ser renovados adquiriendo equipos nuevos y actualizados. De lo contrario, la refinería se expone a la posibilidad de que a medida que los componentes de los equipos operativos se deterioren y las bombas sufran una mayor cantidad de averías debido a su antigüedad, no existan repuestos de los elementos dañados para poder reparar estos equipos. Más adelante, se hará un breve resumen de la renovación que se va a realizar en estos equipos para mejorar la fiabilidad y reducir costes de reparaciones en estas bombas.

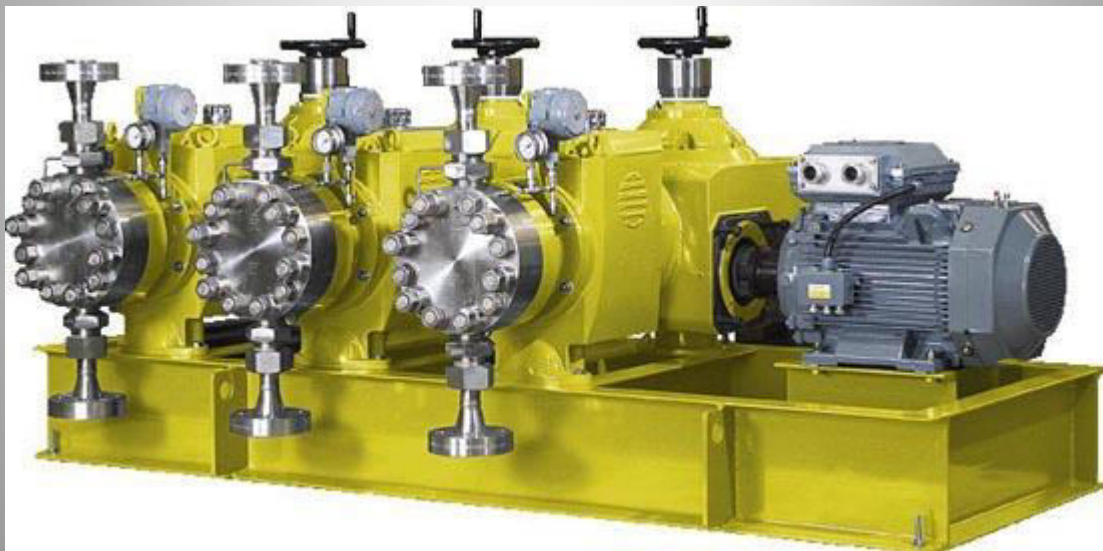


4. Estado de mediciones y análisis económico



Bueno Paya, Fernando

Análisis y mejora de la fiabilidad de las bombas dosificadoras en refinería a partir del desarrollo de un plan de mejora continua



ÍNDICE ANÁLISIS ECONÓMICO Y ESTADO DE MEDICIONES

1. Estado de mediciones	2
1.1. Maquinaria	2
1.2. Instalaciones e instrumentación	2
1.3. Cursos, Software y Licencias	2
1.4. Servicios técnicos para la implantación (transporte).....	2
1.5. Explotación y mantenimiento.....	2
1.6. Repuestos	2
2 Presupuesto	3
2.1. Maquinaria	3
2.2. Instalaciones e instrumentación	3
2.3. Cursos, Software y Licencias	3
2.4. Servicios técnicos para la implantación (transporte).....	3
2.5. Explotación y mantenimiento.....	3
2.6. Repuestos	3
3. Presupuesto total	4
4. Estudios de viabilidad	4
4.1. Viabilidad técnica.....	4
4.2. Viabilidad económica.....	5
4.3. Viabilidad legal	10
4.4. Conclusiones	10

1. ESTADO DE MEDICIONES

En este documento básico del Proyecto, se van a definir y especificar las unidades de cada partida o unidad de obra que configuran la totalidad del objeto del mismo.

Va a utilizarse el concepto de partida alzada para aquellas unidades de obra que se no sea posible desglosar de una forma razonada el detalle de las mismas. Para poder llegar de modo estructurado a las partidas que componen el Proyecto, descompondremos en primer lugar los capítulos, los cuales, posteriormente se descompondrán en otros subcapítulos donde se estima oportuno.

1.1. MAQUINARIA

Cantidad	Descripción
3	Bomba dosificadora LMI-DSD C9A3-XR10
1	Banco de pruebas MROY/MAXROY

1.2. INSTALACIONES E INSTRUMENTACIÓN

Cantidad	Descripción
3	Válvulas de contrapresión AISI-316/PTFE
2	Amortiguador de pulsaciones P-3501
1	Bancada depósitos P-3250/P-3251

1.3. CURSOS, SOFTWARE Y LICENCIAS

Cantidad	Descripción
1	Microsoft Excel
1	SAP

1.4. SERVICIOS TÉCNICOS PARA LA IMPLANTACIÓN (TRANSPORTE)

Cantidad	Descripción
1	Transporte bombas y accesorios
1	Transporte banco de pruebas

1.5. EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

No procede

1.6. REPUESTOS

Cantidad	Descripción
42	Repuestos básicos y recomendados de dosificadoras a introducir en almacén

2 PRESUPUESTO

2.1. MAQUINARIA

Cantidad	Descripción	Unidad	Total
3	Bomba dosificadora LMI-DSD C9A3-XR10	2.414,49 €	7.243,48 €
1	Banco de pruebas MROY/MAXROY	11.918,50 €	11.918,50 €
TOTAL			19.161,98 €

2.2. INSTALACIONES E INSTRUMENTACIÓN

Cantidad	Descripción	Unidad	Total
3	Válvulas de contrapresión AISI-316/PTFE	886,74 €	2.660,24 €
2	Amortiguador de pulsaciones P-3501	67,99 €	135,98 €
1	Bancada depósitos P-3250/P-3251	122,99 €	122,99 €
TOTAL			2.919,21 €

2.3. CURSOS, SOFTWARE Y LICENCIAS

Cantidad	Descripción	Unidad	Total
1	Microsoft Excel	160 €	160 €
1	SAP	2.589,69 €	2.589,69 €
TOTAL			2.749,69 €

2.4. SERVICIOS TÉCNICOS PARA LA IMPLANTACIÓN (TRANSPORTE)

Cantidad	Descripción	Unidad	Total
1	Transporte bombas y accesorios	35,96 €	35,96 €
1	Transporte banco de pruebas	1.573 €	1.573 €
TOTAL			1.608,96 €

2.5. EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

No procede

2.6. REPUESTOS

Cantidad	Descripción	Unidad	Total
42	Repuestos básicos y recomendados de dosificadoras a introducir en almacén	--	12.613,77 €
TOTAL			12.613,77 €

3. PRESUPUESTO TOTAL

El presupuesto total para el desarrollo y ejecución del Proyecto de mejora continua del mantenimiento de bombas dosificadoras es:

Descripción	Total parcial
Maquinaria	19.161,98 €
Instalación e instrumentación	2.919,21 €
Cursos, software y licencias	2.749,69 €
Servicios técnicos para la implantación	1.608,96 €
Explotación y mantenimiento	0
Repuestos	12.613,77 €
PRESUPUESTO TOTAL	39.053,61 €

4. ESTUDIOS DE VIABILIDAD

En este apartado del análisis económico se estudiará la viabilidad técnica, económica y legal del Proyecto que se está desarrollando.

4.1. VIABILIDAD TÉCNICA

Para la realización del estudio de viabilidad técnica del Proyecto, se estudiarán de modo independiente cada una de las necesidades que han originado la redacción del mismo y su comprobación por separado, pudiendo confirmar de esa forma que el Proyecto es viable técnicamente.

Observando que en los últimos años el empleo de las bombas dosificadoras en una industria como la del refino ha aumentado considerablemente, se vuelve necesario analizar el funcionamiento característico de estos equipos e intenta mejorar las labores de mantenimiento de los mismos.

El Proyecto es viable técnicamente ya que su objetivo principal es el de desarrollar un plan de mejora continua de la fiabilidad de las bombas dosificadoras de la planta de la Refinería, incidiendo especialmente en aquellas bombas que sufren más averías y por lo tanto, tienen mayores problemas de fiabilidad.

Otro objetivo derivado del anterior es el de reducir los costes de mantenimiento correctivo en las reparaciones de las bombas dosificadoras y aumentar el mantenimiento preventivo que se realiza en las mismas. Esto conlleva además un aumento de la disponibilidad de la plantilla para trabajar en otros equipos y una mejora de la disponibilidad de los equipos de dosificación en planta.

Para la realización del Proyecto en sus distintas etapas, se han utilizado programas informáticos de diseño de los que dispone la empresa:

- Microsoft VISIO
- AutoCAD 2014

El diseño de las instalaciones de dosificación de la refinería, así como el testeado de las bombas en el banco de pruebas se realiza teniendo en consideración la norma API 675 referente a las bombas de desplazamiento positivo. El cumplimiento de esta norma asegura el seguimiento de los estándares establecidos en cuanto a los test de rendimiento y funcionamiento de las bombas.

Para la adquisición de los nuevos equipos y la mejora de los problemas de fiabilidad de los mismos se trabaja en colaboración con los suministradores de bombas dosificadoras de la refinería Milton Roy, Lewa y Prominent.

4.2. VIABILIDAD ECONÓMICA

A continuación se incluye el estudio de viabilidad económica de la ejecución del Proyecto.

4.2.1. Costes

Para el desarrollo del proyecto se ha necesitado la adquisición de diversos equipos, además de aprovecharse los recursos disponibles de la empresa para su consecución.

Por un lado, ha sido necesaria la adquisición de la licencia de software para realizar los cálculos del proyecto y analizar el historial de reparación de las bombas dosificadoras mediante las OT's recibidas en el programa de base de datos informático SAP.

Cursos, Software y Licencias	Coste
Microsoft Excel	160 €
SAP	2.589,69 €

También se debe tener en cuenta la maquinaria y elementos de instrumentación y obra adquiridos para solucionar los problemas de fiabilidad de las bombas consideradas como "bad actors", así como el banco de pruebas adquirido con el fin de poder testear las bombas dosificadoras en el taller y comprobar que éstas han sido reparadas correctamente.

Equipos, instrumentación y obra	Coste
3 válvulas de contrapresión AISI-316/PTFE	2.660,24 €
2 Amortiguadores de pulsaciones P-3501	135,98 €
Bancada depósitos P-3250/P-3251	122,99 €
3 bombas dosificadoras LMI-DSD C9A3-XR10	7.243,48 €
Banco de pruebas MROY/MAXROY	11.918,50 €

El transporte de equipos por parte del suministrador supone también un gasto añadido que es necesario tener en cuenta de cara a realizar el análisis económico del proyecto:

Transportes	Coste
Transporte bombas y accesorios	35,96 €
Transporte banco de pruebas	1.573 €

Finalmente, se ha optimizado la disponibilidad de repuestos de las bombas dosificadoras en almacén, ya que en algunos casos las bombas no se disponía de los repuestos de las piezas más críticas de las bombas averiadas. Esto retrasaba la reparación de la bomba durante meses, ya que era necesario pedir el repuesto al suministrador realizando la orden de compra, proceso que suele ser bastante costoso debido a la cantidad de trámites administrativos que hay que realizar. Se han dado de alta 42 nuevos repuestos para bombas dosificadoras que suponen un coste aproximado sobre el total de:

Repuestos	Total
Repuestos básicos y recomendados de dosificadoras a introducir en almacén	12.613,77 €

Sumando todos los costes anteriores se puede aproximar que los costes ascienden a **39.053 €**.

4.2.2. Beneficios

Con el fin de justificar la inversión necesaria para la elaboración del proyecto, se describe a continuación el impacto económico que tiene la reducción de los costes de mantenimiento de las bombas dosificadoras, cuya fiabilidad se pretende aumentar con el desarrollo del presente proyecto.

Las ventajas principales que aporta este proyecto son:

- Disminución de las averías y costes de reparación de las bombas consideradas como “bad actors” de la zona del coker.
- Aumento de la disponibilidad de plantilla y por lo tanto, disminución de la mano de obra empleada en la reparación de bombas dosificadoras.
- Mejora en la eficiencia de reparación de las bombas dosificadoras, gracias al testeo con el banco de pruebas y a la disponibilidad y mejor organización de los repuestos en el almacén.
- Disminución de costes de mantenimiento correctivo, tiempo de reparación y no funcionamiento de la unidad.

El beneficio económico más importante viene dado por las mejoras de fiabilidad realizadas en las bombas dosificadoras consideradas como “bad actors” de la zona del coker.

Se han hecho modificaciones de bombas e instalaciones en un total de 7 bombas dosificadoras de las 10 consideradas como “bad actors” (P-2841, P-2842, P-2843, P-3250, P-3251, P-3501 A/B). Con ello, se pretende reducir el impacto económico de las labores de mantenimiento correctivo realizadas por las averías que han sufrido estas bombas. Para realizar el cálculo de la reducción de costes en estos equipos, consideraremos que los costes de mantenimiento de los equipos con más problemas de fiabilidad durante los últimos 4 años, una vez modificados, pasan a ser iguales a los de la media del resto de equipos que presentan menos problemas de fiabilidad:

➤ Reducción de costes por aumento de fiabilidad de “bad actors”

- Promedio de costes de mantenimiento por bomba de los “bad actors” de la refinería a partir de las OT’s de los últimos 4 años:

$$\frac{\text{Coste de mant. de "bad actors"}}{N^{\circ} \text{ de "bad actors"}} = \frac{180915,43 \text{ €}}{10} = 18.091,54 \text{ €}$$

- Promedio de costes de mantenimiento por bomba del resto de equipos de dosificación de la refinería a partir de las OT’s de los últimos 4 años:

$$\frac{\text{Coste de mant. del resto de equipos}}{N^{\circ} \text{ de bombas restantes}} = \frac{210253,99 \text{ €}}{83} = 2.533,18 \text{ €}$$

- Ganancia a partir de la reducción del coste de reparación de los bad actors:

$$(18091,54 \text{ €} - 2533,18 \text{ €}) \times 7 \text{ bombas} = \mathbf{108.908,54 \text{ € en 4 años}}$$

Por otro lado, se va a considerar una mejora del 20% en los trabajos de mantenimiento correctivo realizados durante los últimos 4 años en todas las bombas dosificadoras de la planta de la refinería, que vendría dado por la mejora de la disponibilidad y organización de los repuestos críticos de las bombas en el almacén y la adquisición del banco de pruebas para testear la fiabilidad y el funcionamiento de las bombas

➤ Reducción de costes por mejora de disponibilidad y organización de repuestos y adquisición del banco de pruebas

$$0,2 \times 391169,42 \text{ €} = \mathbf{78.233,88 \text{ € en 4 años}}$$

Al igual que en los costes, en los beneficios no se tendrá en cuenta los costes por paro o aumento de la disponibilidad de la unidad dónde trabajan las bombas dosificadoras, ya que en principio el no funcionamiento de estos equipos no implica directamente un aumento de los costes de la unidad.

De esta forma, suponiendo que este Proyecto se hubiese aplicado en los 4 años anteriores a la realización del mismo (ya que es a partir de entonces cuando se empiezan a realizar las OT's de las averías de las bombas dosificadoras), se concluye que el beneficio económico sería de:

$$\text{Red. de costes} - \text{Gastos} = (108908,54 \text{ €} + 78233,88 \text{ €}) - 39053,61 = \mathbf{148.088,81\text{€}}$$

Una vez conocidos cuales son los beneficios que suponen la mejora de la fiabilidad de las bombas dosificadoras que sufren más averías de la refinería y la mejora en la eficiencia de reparación y disponibilidad de repuestos del conjunto de bombas dosificadoras presentes en la Refinería, es justificable el desarrollo del proyecto económicamente.

4.2.3. Estudio económico

Para el correcto estudio de la viabilidad económica del proyecto se procede a continuación al cálculo de los parámetros básicos de rentabilidad del proyecto: VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa Interna de Rendimiento) y PB (Periodo de Retorno). Se considera para ello la inversión inicial del proyecto que será el presupuesto calculado anteriormente de maquinaria, licencias de software, etc. en los apartados 1 y 2 de este apartado de análisis económico. Se considerará un horizonte del proyecto a 10 años vista, tomando como referencia los costes de mantenimiento en equipos de dosificación de los 4 años anteriores a la realización del presente Proyecto. De esta forma, el resumen del balance coste/beneficio anual sería:

Coste total del Proyecto	39.053,61 €
Beneficios anuales del aumento de la fiabilidad en los “bad actors”	27.227,13 €
Beneficios anuales por la mejora de la eficiencia de reparación de las bombas	19.558,47 €
Beneficios totales anuales	46.785,60 €

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

dónde:

V_t representa los flujos de caja en cada periodo t .

I_0 es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n es el número de períodos considerado.

k es el tipo de interés.

Período (años)	Flujo de caja
0	-39.053 €
1	46.785 €
2	46.785 €
3	46.785 €
4	46.785 €
5	46.785 €
6	46.785 €
7	46.785 €
8	46.785 €
9	46.785 €
10	46.785 €

Considerando el flujo de carga $V_t = 46.785$ €, el desembolso inicial $I_0 = 39.053$ €, el número de periodos $n = 10$ años y un tipo de interés k variable del 0 al 150 %, a continuación se muestra la tabla del valor del VAN en función del tipo de interés variando del 0 al 150%:

Tipo de interés (k)	VAN
0 %	428.797 €
10 %	248.420 €
20 %	157.091 €
30 %	105.584 €
40 %	73.865 €
50 %	52.894 €
60 %	38.212 €
70 %	27.451 €
80 %	19.264 €
90 %	12.845 €
100 %	7.686 €
110 %	3.453 €
120 %	-81 €
130 %	-3.074 €
140 %	-5.640 €
150 %	-7.866 €

Se puede observar que la tasa de interés que hace nulo el VAN, es decir el TIR, estará entre el 110% y el 120%. A continuación se calcula el valor del TIR exacto y el valor del VAN para el tipo de interés actual del bono español a 10 años, que es del $k = 1,51\%$:

VAN: Valor Actual Neto.

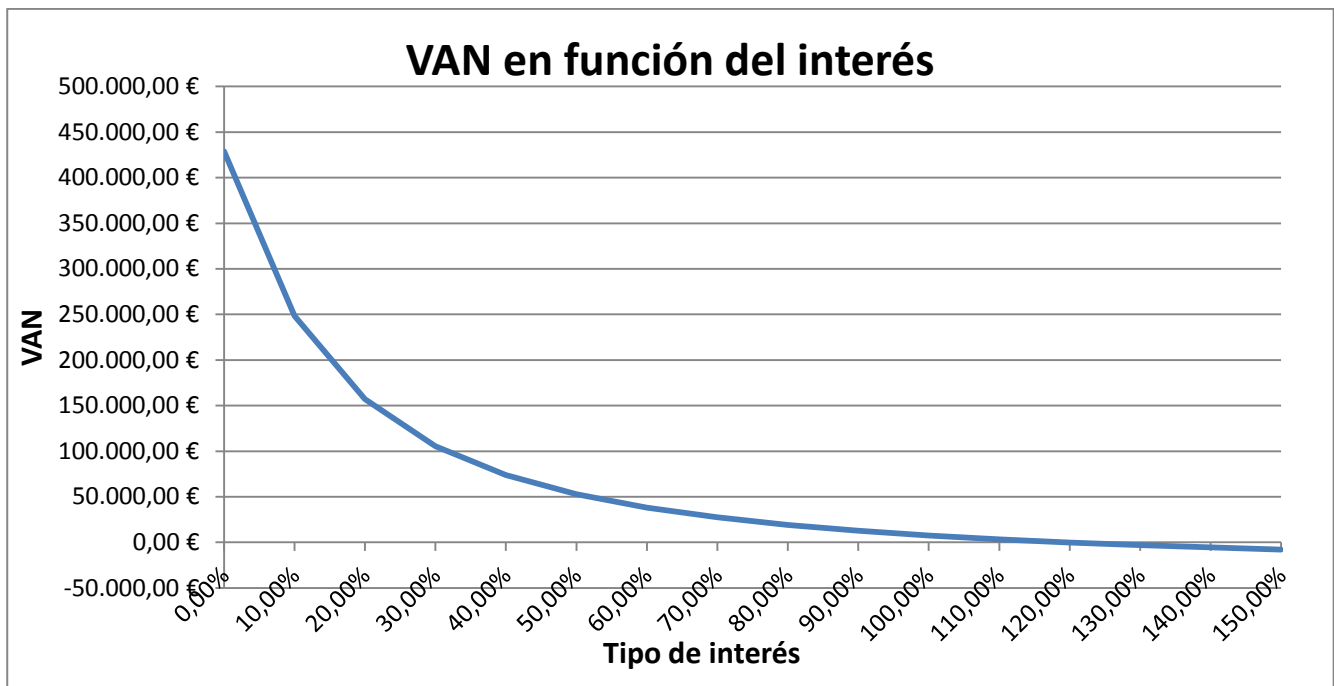
$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 = 392.178,41 \text{ €}$$

TIR: Tasa Interna de Rentabilidad.

$$-I_o + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} = 0 \rightarrow TIR = 119,5\%$$

Periodo de retorno (Pay Back).

$$PB = \frac{Inversión}{Beneficio} = \frac{39.053 \text{ €}}{46.785 \text{ €}} = 0,83 \text{ años}$$



A la vista de los resultados numéricos y gráficos del VAN, el TIR y el Pay Back; se puede concluir que el proyecto es viable económicamente ya que tiene un VAN y un TIR muy elevados y un periodo de retorno PB inferior a un año.

4.3. VIABILIDAD LEGAL

El Proyecto será viable legalmente, ya que va a cumplir con toda la normativa referente al ámbito del Proyecto. Además, se implantará siguiendo una serie de especificaciones internas, siendo éstas más restrictivas que las equivalentes normas españolas.

Por ello, se asegura que no se cumple ningún tipo de infracción, violación o ilegalidad que pudiera resultar del desarrollo del Proyecto.

4.4. CONCLUSIONES

A la vista de todo lo expuesto en los apartados anteriores, se puede asegurar que la ejecución del Proyecto es viable en todos los sentidos



5. Pliego de condiciones



Bueno Paya, Fernando

Análisis y mejora de la fiabilidad de las bombas dosificadoras en refinería a partir del desarrollo de un plan de mejora continua



ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

1. Objeto.....	2
2. Alcance del suministro.....	2
3. Especificaciones de los materiales y elementos constitutivos del proyecto.....	3
a. Bombas dosificadoras	3
b. Instrumentación.....	5
c. Banco de pruebas.....	6
d. Repuestos introducidos en almacén	7
4. Especificaciones de obligado cumplimiento para la implantación y la explotación	8

1. Objeto

El objeto de las especificaciones incluidas en el presente Pliego de Condiciones es definir los requisitos mínimos para el suministro de los diferentes materiales y equipos que componen el proyecto. Estableciendo así los compromisos y obligaciones tanto de los suministradores de los materiales y equipos como de los contratistas que se encargarán de su instalación y/o montaje.

Estas especificaciones, junto con las Normas, Estándares y Códigos, establecen los requisitos mínimos que debe cumplir el proveedor para la fabricación, suministro, inspecciones, pruebas, embalaje y preparación para el transporte, transporte y seguros de los materiales a ser suministrador por el proveedor.

2. Alcance del suministro

El proveedor debe incluir en su alcance, para todos los materiales y/o equipos, lo siguiente:

- Materiales, diseño, cálculos, fabricación, ensayos, pruebas y controles de los materiales y/o equipos, así como todos los accesorios o elementos auxiliares que sean necesarios para su funcionamiento y de acuerdo con todo lo indicado en el presente Pliego de Condiciones, así como en la normativa incluida en el apartado 4 de la Memoria: *Normas y referencias*.
- Toda la información, planos, esquemas, gráficos, detalles, cálculos y demás documentos necesarios para definir el material y/o equipo a suministrar.
- Manuales de Instalación, Certificados, Pruebas, Puesta en Servicio, Operación y Mantenimiento correspondiente, si procede.
- Documentación en cumplimiento de los requisitos que sean aplicables de acuerdo a la legislación vigente.
- Es responsabilidad del proveedor el adecuado acondicionamiento de los materiales y equipos para el transporte: todos los materiales y/o equipos a suministrar deben ser debidamente preparados para evitar daños durante el transporte y almacenaje, así como protegidos contra la corrosión durante el transporte, almacenaje, después de la instalación y durante la operación de acuerdo a la especificación interna de Refinería: BPCSESP-01-004.

3. Especificaciones de los materiales y elementos constitutivos del proyecto

Se indican a continuación las especificaciones y requisitos finales de los equipos que constituyen el presente Proyecto:

a. Bombas dosificadoras

El diseño de las bombas dosificadoras P-2841, P-2842 y P-2843 se realizará según las características descritas en la Memoria del presente proyecto, siguiendo las especificaciones de la normativa API 675 para bombas dosificadoras y las normativas UNE-EN 14812:2006 y UNE-EN 15848:2010 de sistemas de dosificación.

Las bombas serán diseñadas de forma que se garantice la seguridad durante la operatividad normal de estas y facilitando la realización de las rutinas de mantenimiento durante los usos normales de la planta. Así mismo, el diseño de las bombas deberá asegurar un acceso fácil y seguro a todos los componentes para poder realizar correctamente las tareas de operación, mantenimiento o limpieza.

Todos los componentes y accesorios deberán estandarizarse lo máximo posible y dimensionarse de forma que sean accesibles, de manera que el uso de las bombas, así como su mantenimiento puedan desarrollarse de forma segura y fácil. No se emplearán bajo ningún concepto materiales en las bombas dosificadoras que puedan ser deteriorados por los aditivos químicos trasegados.

Las bombas deberán ser diseñadas para soportar las presiones provocadas por el uso operativo normal de las mismas. Además deberán resistir todos los cambios de temperatura y los efectos de la fatiga mecánica y térmica debido a los ciclos operacionales previstos durante el ciclo de vida de los equipos.

Los resultados de diseño obtenidos para estas bombas con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de la instalación se indican en el capítulo *Memoria: Case Study P-2841, P-2842, P-2843*. Además en el capítulo *Planos: Plano cabezal de P-2841, P-2842, P-2843 (Plano nº 3)* se encuentran el diagrama de proceso y los planos seccionales de estas bombas dosificadoras, respectivamente. Se muestra a continuación la tabla de materiales y la tabla de características de estas bombas dosificadoras:

	P-2841 y P-2842	P-2843
Cabezal	PVC	316L
Cuerpo caja de válvulas	PVC	316L
Asientos	Hastelloy C	316L
Bolas	Hastelloy C	Hastelloy C
Membrana	PEEK	PEEK
Tóricas	PTFE	NA

	P-2841 y P-2842	P-2843
Diámetro pistón	10 mm	10 mm
Carrera pistón	1,61 mm	1,61 mm
Rango de caudal	0,002 ml/h – 0,64 l/h	0,009 ml/h – 2,14 l/h
Presión de aspiración máx	48 bar	48 bar
Presión de descarga mín/máx	2-25 bar	2-50 bar
Altura de aspiración máx	6 mca	6 mca
Cadencia mín/máx	0,017 gpm – 100 gpm	0,017 gpm – 100 gpm
Cilindrada mín/máx	0,002 ml – 0,02 ml	0,002 ml – 0,02 ml
Regulación de carrera	10-100%	10-100%
Potencia máxima	420 W	420 W
Conexiones	Rosca ¼” NPT Hembra	Rosca ¼” NPT Hembra
Alimentación	230 V	230 V

La instalación de las bombas dosificadoras va asociado al suministro de los componentes según la configuración definida en el P&ID. Los equipos incluidos son:

- Válvula de seguridad en el circuito de impulsión con retorno a la aspiración.
- Manómetro en la línea de impulsión
- Válvulas de retención al final de la línea de impulsión, justo en la entrada del desaireador.
- Bancada para los depósitos de Nalco
- Válvulas de contrapresión taradas a 2 bares
- Motor eléctrico de 420 W de potencia.

Además, se le exigirá al proveedor:

- Pintura
- Test de comprobación de rendimiento y potencia requeridos

El proveedor deberá garantizar el óptimo rendimiento de los equipos y sistemas de acuerdo a las características de la instalación y a lo acordado con BP Oil. Además deberá garantizar que las condiciones de diseño así como el uso de los equipos y sistemas son las acordadas con BP Oil, garantizando el caudal (m^3/h), el $NPSH_R$ (m) y la altura impulsada (m) acordados.

Además, el proveedor debe garantizar el suministro de los equipos y materiales acordados que durante el periodo de garantía fallen debido a un diseño inapropiado o a defectos en la ejecución.

Durante el periodo de garantía el proveedor está obligado a rediseñar, modificar, reemplazar o reparar cualquier equipo y componente necesario para asegurar un uso seguro y continuo de la instalación, asumiendo por tanto los costes que esto pueda acarrear. Las posibles reparaciones necesarias durante el período de garantía se deberán realizar en el menor tiempo posible.

b. Instrumentación

En cuanto a instrumentación, se han adquirido para el presente Proyecto 3 válvulas de contrapresión taradas a 2 bares y fabricadas en acero inoxidable 316 para las bombas dosificadoras P-2841, P-2842, P-2843. Además, se han adquirido igualmente dos amortiguadores de pulsaciones de una capacidad de 0,5L aprox. para las bombas P-3501-A/B.

La instalación de las bombas P-2841, P-2843 y P-2843 cuenta además con válvulas de seguridad y retención fabricadas en fundición de acero al carbono.

Los requisitos en cuanto a las válvulas son:

- Los materiales y/o elementos pertenecientes a las válvulas deberán estar diseñados y fabricados de acuerdo a los Códigos, Especificaciones, Normas y Estándares aplicables listados en el punto 4 de la Memoria del presente proyecto: Normas y referencias.
- Si algún material y/o elemento, debido a sus dimensiones, no está incluido en el código dimensional aplicable, el proveedor deberá enviar el plano con dimensiones para la aprobación de la Ingeniería.
- Las válvulas fabricadas en acero al carbono deberán tener una composición química adecuada a lo siguiente:
 - Contenido en carbono: $C \leq 0,25\%$
 - Carbono equivalente: $CE \quad \%C + \frac{\%Mn}{6} \leq 0,45\%$

En cuanto a las garantías, todas las válvulas deberán cumplir con los requisitos indicados en PED 97/23/CE.

Es responsabilidad del fabricante asegurarse de que todos los materiales utilizados en la fabricación de las válvulas cumplen con los requisitos de las normas aplicables.

El proveedor deberá mantener un control adecuado de los materiales utilizados y un archivo de los certificados de las propiedades químicas y mecánicas. Estos certificados serán suministrados por el proveedor cuando se realice la inspección, sin cuyo requisito no serán aceptadas.

Finalmente, en cuanto a inspección, todas las válvulas serán inspeccionadas de acuerdo con IP20-1-1, BPCS-ESP-01-002 (Instrucciones, inspecciones y pruebas de los proveedores), así como las IP (International Practices) en función del tipo particular de válvula. Por otro lado, todas las válvulas serán probadas en el taller del fabricante según indique la norma arriba mencionada.

c. Banco de pruebas

El banco de pruebas adquirido se rige bajo las norma API 675, de forma que realiza ensayos adicionales, como pruebas de presión, curvas características de potencia, etc. bajo dicha norma, que es la directriz del “American Petrol Institute” para bombas de desplazamiento positivo en la industria del petróleo, gas y química.

La comprobación de las bombas según API 675 garantiza una máxima seguridad de proceso al dosificar y transportar líquidos inflamables, tóxicos, con sustancias sólidas o de alta viscosidad. Por cada bomba sometida a ensayo se generan automáticamente los datos, y se crean los documentos de ensayo específicos. Un sistema de datos operativos se encarga de supervisar, evaluar y registrar todos los parámetros indicados.

El banco de pruebas de Milton Roy permite someter a ensayos de potencia variables bombas de proceso con la siguiente potencia motriz:

- de 0,37 a 90 kW (400 V)
- de 5,5 a 160 kW (690 V)

El alcance de medición del caudal se extiende de 20 a 90.000 l/h, con una exactitud del 0,1 % del valor de medición.

Este banco de pruebas cuenta con el siguiente listado de accesorios de instrumentación e instalación:

- Bancada, accesorios y tubería en Acero al carbono con los elementos soldados.
- Latiguillos de prueba para alta y baja presión.
- Válvula de retención tarada a 3 bares de acero inoxidable.
- 2 manómetros con separador de membrana aislados por llave de servicio.
- 2 amortiguadores de acero inoxidable de distinta presión de hinchado y distinta capacidad para adaptar todos los caudales y presiones de los equipos en planta.
- 1 depósito calibrado de 5 litros fabricado en PVC en aspiración para la comprobación del caudal.

d. Repuestos introducidos en almacén

En cuanto a los repuestos introducidos en almacén, todos ellos son suministrados por el proveedor, de forma que a su cargo queda el correcto funcionamiento dentro de los plazos de garantía de los mismos y su correcta elección para el proceso de refino concreto en el que estén involucrados. Este listado es obtenido a partir de los repuestos no encontrados en almacén que se deben de tener en cuenta en un futuro mantenimiento preventivo aplicable a las bombas dosificadoras. En el listado se puede observar que la gran mayoría pertenecen a las partes del conjunto dosificador de la bomba (juntas, bolas de válvulas, asientos, muelles y válvulas de aspiración e impulsión).

Tipo de repuesto	P/N	Nombre repuesto
Básico	4370013051N	BOT 1L ACEITE MECANICO
Básico	4370013031N	BOTE 1L ACEITE HIDRAULICO
Básico	77350	CONJUNTO CARTUCHO DE BOLA
Básico	77352	CONJUNTO CARTUHO DE BOLA
Básico	37752	CUERPO DOSIFICADOR
Básico	35330	FUELLE DE ESTANQUEIDAD
Básico	4370013024N	GARRAFA 10L ACEITE MECANICO
Básico	0250107075N	JUNTA DE VALVULA
Básico	4380006111N	JUNTA VALVULA DE SEGURIDAD
Básico	4380006201N	JUNTA VALVULA SEGURIDAD
Básico	3075440000F	LOTE ASIEN TO VALVULA
Básico	3051011040R	LOTE DE MANTENIMIENTO
Básico	3051011010R	LOTE DE MANTENIMIENTO
Básico	3071240181F	LOTE DE MANTENIMIENTO
Básico	RPM-392-DMR = 10973+30917+77350	LOTE DE MANTENIMIENTO
Básico	3050869107F	LOTE DE PURGA
Básico	3050901410F	LOTE JUNTAS / BOLAS ASPIRACION
Básico	3050901310F	LOTE JUNTAS / BOLAS IMPULSION
Básico	3050901112F	LOTE JUNTAS BOLAS ASPIRACION
Básico	3050901012F	LOTE JUNTAS BOLAS IMPULSION
Básico	3050926260F	LOTE JUNTAS CAMARA
Básico	30917 31420	MEMBRANA
Básico	77228	MEMBRANA 1.0
Básico	0800111016N	MUELLE
Básico	0800071016N	MUELLE
Básico	0800127016N	MUELLE DE IMPULSION
Recomendado	3071210020F	BOTE 0,25L ACEITE BOMBA G
Recomendado	77364	CAÑA DE INYECCION
Recomendado	3071210045F	CONJUNTO LINTERNA ESPACADOR
Recomendado	77379	CONJUNTO RACORD CONEXION
Recomendado	77400	CONJUNTO RACORD CONEXIÓN

Recomendado	3050009010F	CONJUNTO REGULADOR DE CAUDAL
Recomendado	3050583022N	CONJUNTO VALVULA DE BOLA
Recomendado	3075010014F	CONJUNTO VALVULA SEGURIDAD
Recomendado	77385	CUERPO DE VALVULA
Recomendado	3071240109F	CUERPO DOSIFICADOR + TORNILLOS
Recomendado	10973	JUNTA DE ESTANQUEIDAD
Recomendado	3071210004F	LOTE DE JUNTAS CONJUNTO MECANICO
Recomendado	77255	MOTOR 90W TRIFASICO + SINFIN
Recomendado	77388	VALVULA 4 FUNCIONES IMPULSION
Recomendado	77367	VALVULA DE PIE

4. Especificaciones de obligado cumplimiento para la implantación y la explotación

La obra civil e instalación de este Proyecto será realizada por una empresa externa a convenir, que se deberá cumplir con las especificaciones definidas en este Proyecto y por los distintos proveedores de los equipos.

La explotación de este Proyecto será realizado por personal propio de BP Oil. En particular, personal de mantenimiento y operaciones.



6. Estudio de seguridad y salud



Bueno Paya, Fernando

Análisis y mejora de la fiabilidad de las bombas dosificadoras en refinería a partir del desarrollo de un plan de mejora continua



ÍNDICE ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Objeto	2
Sección 1: Compromiso y control.....	4
1.1. Normativa General.....	4
1.2. Control de personas.....	5
Sección 2: Comportamiento.....	16
2.1. Normas generales de comportamiento.....	16
2.2. Equipos de protección individual.....	21
Sección 3: Emergencias, accidentes e incidentes.....	22
3.1. Emergencias.....	22
3.2. Accidentes e incidentes	23
Sección 4: Permisos y autorizaciones	25
4.1. Reglas de Oro y Política de Control de Trabajo	25
4.2. Permisos de trabajo	27
4.3. Autorizaciones y permisos varios	28
4.4. Gestión de residuos	35
Sección 5: Riesgos específicos de refinería y primeros auxilios	36
5.1. Riesgos específicos de refinería.....	36
5.2. Primeros auxilios.....	45
Sección 6: Faltas y sanciones.....	46
6.1. Faltas.....	46
6.2. Sanciones	48
Sección 7: Anexos	50
7.1. Anexo SS-1. Ejemplo de tarjeta de identificación BP.....	50
7.2. Anexo SS-2. Ejemplo de permiso de trabajo en frío	50
7.3. Anexo SS-3. Ejemplo de permiso de trabajo en caliente	51
7.4. Anexo SS-4. Tarjeta de control personal de acceso a recipientes	51
7.5. Anexo SS-5. Tarjeta de desconexión eléctrica	52
7.6. Fichas de seguridad de aditivos	53

Objeto

El objeto del presente estudio es el establecimiento de las normas o requisitos de Seguridad y Salud que deben ser cumplidos durante la ejecución del proyecto, definidos teniendo en cuenta que BP quiere ser una industria líder en el ámbito de la Seguridad, Salud laboral y Protección al medio ambiente (HSE).

Son de obligado cumplimiento todas las normativas de seguridad y disposiciones legales vigentes, especialmente las contenidas en el RD 31/1995, Ley de Prevención de Riesgos Laborales y el Real Decreto 1627/1997. Todas las organizaciones que formen parte de la ejecución del proyecto, deben cumplir los requisitos establecidos, siendo cada persona responsable de sus acciones y las de sus compañeros.

Unos buenos resultados en HSE son parte integral de la gestión de la actividad industrial de forma eficiente y rentable. Por este motivo se intenta mejorar nuestro nivel de HSE siguiendo los siguientes principios:

➤ **Realizar nuestra actividad de una forma segura y saludable.**

Nos esforzaremos en crear un ambiente laboral en el que no se produzcan accidentes y en el que nuestros empleados, contratistas y público en general no se vean expuestos a peligros para su salud. Entrenaremos a empleados y contratistas que trabajan con nosotros en seguridad y salud laboral en el puesto de trabajo y les animaremos a adoptar un estilo de vida saludable.

➤ **Producir y comercializar productos que puedan ser usados de forma segura.**

Todos los productos de BP destinados al mercado y al uso propio, y los de otra procedencia que se distribuyan con la marca BP, deben evaluarse para que, independientemente del peligro inherente al producto, puedan ser almacenados, transportados y usados de forma segura. Se aconsejará a nuestros clientes el mejor modo de utilizar nuestros productos y sus residuos sin impacto negativo para el medio ambiente.

➤ **Mejora progresiva de nuestros resultados medioambientales.**

Protegeremos el medio ambiente vía el empeño de minimizar el impacto de nuestras actividades. Nos esforzaremos para obtener una progresiva mejora de nuestros resultados desde un punto de vista medioambiental, reduciendo las emisiones, los residuos y el consumo de energía. Las nuevas plantas serán dotadas de las mejores técnicas de control de contaminación disponibles y comercialmente viables.

➤ **Respetar los intereses de nuestros vecinos y de la comunidad mundial.**

Nos comunicaremos abiertamente con aquellos que están viviendo o trabajando cerca de nuestras instalaciones para hacerles comprender nuestra actividad, y por nuestra parte para comprender los motivos de sus preocupaciones. Procuraremos participar activamente con el Gobierno, otros organismos y con el público en general, para solucionar los problemas relativos a la salud, seguridad y medio ambiente, concernientes a nuestra actividad y nuestros productos. Evaluaremos periódicamente nuestros resultados en HSE respecto a los objetivos establecidos regularmente por BP, para cada uno de nuestros negocios. Prestaremos una adecuada atención a las preocupaciones de nuestros clientes, empleados, suministradores, comunidad local y público en general, para determinar los niveles y objetivos a alcanzar en el área de salud, seguridad y medio ambiente.

Sección 1: Compromiso y control

1.1. Normativa General

Una Refinería es un lugar potencialmente peligroso por los productos inflamables, tóxicos y corrosivos que se manejan. Por esto, existen riesgos específicos de quemaduras, asfixia e intoxicación fundamentalmente.

Por todo ello, además de cumplir con todas las disposiciones sobre seguridad y salud laboral contenidas en la legislación vigente, entre las que figura la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y sus Reglamentos, que Vd. debe conocer y cumplir, es necesario seguir las siguientes normas internas de Refinería que son de OBLIGADO CUMPLIMIENTO en nuestras instalaciones.

1.2. Concienciación de seguridad

En Refinería hay 3 PRINCIPIOS BÁSICOS:

➤ Todos los accidentes son evitables

Se requiere imprescindiblemente tomar 5 minutos antes de comenzar el trabajo y revisar todas las condiciones de riesgos posibles “in situ”, tanto del propio trabajo como del entorno y nuestra repercusión en él, para poder actuar aplicando las medidas correctivas y preventivas necesarias. Hay dos puntos fundamentales en la prevención: Estar alerta en el entorno y planificar el trabajo.

➤ *Estar alerta*

- Observar las señales de peligro
- Prestar atención al movimiento de carretillos, grúas y, en general, de cualquier equipo móvil.
- Fijarse en los obstáculos por dónde camina.
- No obstaculizar otras áreas cuando transite de un lugar a otro.
- Vigilar que su lugar de trabajo permanezca ordenado y limpio.

➤ *Planificar el trabajo*

Los accidentes ocurren por inadvertencia suya o de otros. Alguien no pensó que eso que ha pasado podía suceder. Por ello, es necesario prever los riesgos y, considerando como evitarlos y controlarlos, planificar precedentemente el trabajo.

➤ La seguridad es responsabilidad de todos

Todos y **cada uno de los operarios es responsable de su seguridad y la de sus compañeros**. Es muy importante que piense en las consecuencias de cualquier acción que vaya a realizar de manera que no afecte a su seguridad ni a la de los demás.

➤ La seguridad es condición de empleo

El compromiso con el cumplimiento de todos los aspectos de seguridad es condición imprescindible para trabajar en la Refinería de Castellón.

1.3. Control de personas

1.3.1. Identificación personal.

La tarjeta que reciben los trabajadores para entrar en las instalaciones es personal e intransferible.

1.3.1.1. Normas Para su uso:

1. Para entrar a Planta se pasará la tarjeta por la lectora, de arriba hacia abajo, con la banda magnética hacia la derecha. Una vez autorizada la entrada, se hará girar el torno para acceder o se entrará con el vehículo. (Solo se puede fichar una vez de entrada, para volver a hacerlo y que de paso el sistema, hay que fichar antes de salida). Caso aparte son las lectoras de acceso a Unidades de Proceso, donde cómo se explica más adelante, hay que teclear la zona donde se va a estar trabajando, siguiendo las instrucciones de los paneles junto a las propias lectoras.
2. Para salir de Planta siempre tendrá paso libre, cualquier lectora le permitirá el paso al utilizar su tarjeta, podrá salir aun habiendo fichado salida con anterioridad y no haber salido o incluso en zonas por las que no tiene autorizada la entrada.
3. Si tiene problemas de acceso, contacte con el Vigilante que se encuentre en el puesto o por medio de los interfonos situados al lado de los tornos, con el Vigilante de Protección de Planta de Portería/Control.
4. En las emergencias se desbloquean todos los tornos y se abren los portones de entrada/salida de planta para facilitar el paso de personas. En esas circunstancias es fundamental que si lleva su tarjeta fiche para saber con seguridad que empleados quedan en planta. Si no la lleva, informe al vigilante.

A cualquier persona sin tarjeta le será requerido que abandone la planta para proceder a su identificación. En el anexo SS-1, se muestra una tarjeta de personal contratista a modo de ejemplo.

6. En caso de pérdida o robo de la tarjeta será necesario comunicarlo a protección de planta inmediatamente.

1.3.2. Entrada de personas a planta

1.3.2.1. Entrada de personas de visita:

La persona que venga a realizar una visita dentro de la planta de Refinería deberá identificarse al servicio de Protección de Planta con el DNI, carnet de conducir o pasaporte. De esta forma, se le proporcionará una tarjeta de identificación de visita, mediante la cual podrá acceder a planta pero no podrá realizar ningún trabajo dentro de la misma.

1.3.2.2. Entrada de personas para realizar un trabajo:

Los documentos de Seguridad necesarios para poder trabajar en planta de Refinería son:

- Declaración de aptitud médica para el trabajo a realizar.
- Justificación de haber recibido la inducción de seguridad sobre Riesgos Específicos de Refinería y superad el correspondiente test de comprobación de entendimiento de dichos riesgos.
- Impresos TC1 y TC2, ó alta en Seguridad Social ó Recibo de Autónomo.

Las personas que vengan a realizar un trabajo por primera vez deberán ir acompañadas por el supervisor del trabajo o en caso de que éste no pueda personarse les acompañará la persona en quien haya delegado. Esta persona será responsable de conseguirles los permisos de trabajo necesarios.

1.3.3. Control de Acceso a Unidades de Proceso

Debido a la necesidad de poder conocer en caso de emergencia o accidente mayor el número de personas que se encuentran en todo momento en las Unidades de Proceso de la Refinería de Castellón, se ha establecido un procedimiento para el control de entradas/salidas a las distintas Unidades.

Las Unidades de Proceso de la Refinería se han dividido en zonas de Proceso que tienen asignado un código de acceso de dos dígitos.

Existen en planta **puntos de control de acceso** a las Unidades de Proceso, con lectora de tarjeta personal de entrada y lectora de tarjeta personal de salida en cada uno de ellos, en los que será obligado proceder a la identificación personal.

El **procedimiento resumido a seguir**, aplicable tanto a empleados de BP (excepto operadores de planta provistos de emisora) como a contratistas, **para acceder a alguna de las zonas de Proceso consiste en:**

1. En **alguna de las** lectoras de entrada mencionadas **teclear los números de la Zona de Proceso** a la que se dirige (bien sea para trabajo, visita o cualquier otro motivo). Los números asignados a cada Zona de Proceso de la Planta aparecen en la leyenda de los carteles informativos situados en cada una de dichas lectoras.
2. Una vez introducidos los **números** del código de acceso a la zona de proceso a la que se dirige, proceder a fichar con la tarjeta personal de acceso a Refinería.
3. En la pantalla de la lectora aparecerá un mensaje o texto relacionado con la descripción de la zona de proceso a la que se desea acceder.
4. Para salir de las zonas de Proceso una vez efectuada la visita, trabajo, etc., proceder a fichar directamente con la tarjeta personal de acceso a Refinería en las lectoras de salida situadas en planta. Aparecerá el mensaje: **“PASE”**. A continuación ya se puede abandonar la zona de proceso de Planta.

1.3.4. Entrada de vehículos

Para entrar con un vehículo en la Refinería es necesario un permiso que se le dará en la Portería Principal.

NO se debe introducir con su vehículo dentro de las **Zonas de Proceso** ni en aquellas calles señalizadas como de *“acceso restringido”* si no ha obtenido previamente el correspondiente permiso de trabajo en caliente.

Las personas que conduzcan y/o operen equipos móviles autopropulsados (grúas, carretillos, etc) deberán estar debidamente formadas y autorizadas, y disponer de las revisiones y certificaciones correspondientes.

Queda terminantemente prohibido conducir cualquier equipo móvil autopropulsado (grúas, carretillas, etc.) sin tener la correspondiente acreditación validada por Refinería.

1.3.5. Registro de vehículos y personas

A la entrada y salida de planta, el servicio de Protección de Planta podrá discrecionalmente por razones de seguridad proceder a la inspección y registro de vehículos y personas.

1.3.6. Acceso a la unidad de Alquiler

La Unidad de Alquiler es una **ZONA DE ACCESO RESTRINGIDO**, por lo cual todo su perímetro está cerrado mediante una doble cadena con carteles alusivos a la peligrosidad del producto que se maneja (ácido fluorhídrico, HF). La entrada se debe realizar únicamente a través del vestuario, donde el encargado del mismo permitirá el acceso siempre que:

- Se esté en posesión de la correspondiente tarjeta de acceso para lo cual se habrá asistido al curso de Inducción/Formación de la Unidad. El encargado del vestuario colocará además la tarjeta en lugar visible.

Además:

- Si se va a trabajar se presentará cumplimentado el correspondiente permiso de trabajo para la Unidad de Alquiler (impreso amarillo).
- Para realizar una visita a la planta, además de la tarjeta de acceso a la Unidad de Alquiler, se debe solicitar la autorización verbal del Jefe de la Unidad o del Jefe de Turno.

Por último se deberá equipar con el traje de protección de acuerdo con lo recomendado en el permiso de trabajo o en la autorización de visita.

1.3.7. Acceso a las Unidades de Aminas, Recuperación de Azufre, “Stripping” de aguas ácidas (“Sour water Stripper”) y Antorchas

Las Unidades de Aminas, Recuperación de Azufre, “Stripping” de aguas ácidas y Antorchas son de acceso restringido, están perimetralmente rodeadas de una cadena y para su acceso es necesario avisar al operador de la unidad y utilizar filtros de escape.

1.3.8. Acceso a la Unidad de Coquización Retardada (Estructura de las cámaras de Coque) y de Manejo de Coque

1.3.8.1. Control de acceso a la Unidad de Manejo de Coque:

La unidad de Manejo de Coque (MDC) consta principalmente de equipos móviles tales como: cintas transportadoras, máquinas de apilado y recogida de coque, las cuales tienen unos riesgos significativos de atrapamiento, especialmente considerando que la operación es remota, es decir, los arranques y paros de los diferentes sistemas de transporte de coque se realizan de forma automática y desde la sala de control de Manejo De Coque.

Entre los riesgos específicos de todo el personal que accede a la instalación se encuentran los siguientes:

- Cintas transportadoras en movimiento.
- Equipos con arranque automático y remoto.
- Movimiento de traslación de la máquina apiladora/recuperadora.
- Proyecciones y polvo de coque.

Para controlar estos riesgos, la Unidad de Manejo de Coque es una **ZONA DE ACCESO RESTRINGIDO** donde en todo momento se controlará el acceso de personas a través de la sala de control de MDC.

Esta Unidad, a diferencia de otras en Refinería, no tiene unos límites físicos definidos por lo que se hace necesario establecer el área de trabajo restringido en los siguientes equipos:

- Estructura del Puente Grúa HST-4101.
- Edificio de Molienda.
- Pasarelas de Acceso a Cintas Transportadoras.
- Torre de Transferencia TT-4151.
- Torre de Transferencia TT-4152.
- Edificio de Carga de Camiones.
- Nave de Almacenamiento de Coque.

El acceso al puente de la Grúa HST-4101 estará controlado también por el procedimiento de control de acceso de la estructura de las cámaras de coque ya que el acceso se realiza a través de la propia estructura.

Únicamente los operadores pertenecientes a la Unidad de Coquización retardada y el personal del contrato de operación de la Unidad de Manejo de Coque están eximidos de cumplir con el control de acceso a la unidad.

En cualquier caso, los operadores y personal autorizados deben informar personalmente o por emisora al operador de sala de control de MDC al momento de entrar en la unidad, especificando **la zona a la que están accediendo para de esta forma mantener un control del tráfico de personal.**

Las visitas a la unidad deberán ser autorizadas por el Operador Jefe de la Unidad de Coquización retardada el Jefe de Turno y se limitarán a situaciones excepcionales debiendo ser acompañadas en todo momento por personal autorizado.

El acceso a determinadas zonas de la unidad hace necesario el uso de equipo de protección individual complementario:

- Estructura del puente de la grúa HST-4101 – Detector personal de SO₂.
- Edificios cerrados (molienda/torres de transferencia/nave/carga de camiones) – Mascarilla anti polvo.

Adicionalmente de acuerdo a las zonas y el tiempo estimado de ciertos trabajos el permiso podrá especificar el uso de gafas cerradas como protección ocular complementaria.

Si se va a acceder a alguno de los equipos citados anteriormente **con Permiso de trabajo** debe seguirse el siguiente procedimiento:

- Presente al operador de Sala de Control de MDC (junto almacén Coque en Asfaltos) el permiso de trabajo firmado por las personas autorizadas (JDT y/o O.J).
- Si el permiso especifica desenergizar equipo eléctrico (LOTO), debe confirmar con el operador de Sala de control de MDC que el equipo a intervenir está sin tensión y que la secuencia de desenergización se haya cumplido de acuerdo al procedimiento correspondiente.
- Regístrese en el *Libro de Control de Accesos de la Unidad de Manejo de Coque*, ubicado en la Sala de control de MDC, indicando los datos correspondientes.

- Deje las copias del permiso del Operador de Campo y la cartulina de trabajo en el lugar indicado para ello.
- En caso de que el permiso sea para trabajar en el puente grúa (HST-41-01) antes de iniciar el trabajo tendrá que registrarse en el *Libro de Control de Accesos de la Estructura de las Cámaras de Coque* ubicado en la caseta de Operaciones de la Unidad de Coquización, situada en la Calle 7 junto a dicha estructura.
- Terminado el trabajo, registre la hora de salida en el *Libro de Control de Accesos de la Unidad de Manejo de Coque* y si se ha trabajado en el Puente grúa (HST-4101) en el libro de *Libro de Control de Accesos de la Estructura de las Cámaras de Coque*.
- Finalizado el cumplimiento del Apartado anterior, proceda a recoger la cartulina del permiso cumplimentando con el operador de la sala de control del MDC el cierre del permiso de trabajo.

Por el contrario, si se va a acceder a alguno de los equipos citados en los subapartados 5.7.1.1 a 5.7.1.7 **sin Permiso de trabajo (visitas, inspecciones, etc.)** debe seguirse el siguiente procedimiento:

- Solicite autorización de acceso al Operador Jefe de la Unidad de Coquización Retardada o al Jefe de Turno.
- Recibida la autorización pertinente, pase a la Sala de Control del MDC y compruebe que el operador del turno haya sido informado de su visita.
- Regístrese en el *Libro de Control de Accesos de la Unidad de Manejo de Coque* ubicado en la Sala de Control del MDC, indicando los datos correspondientes.
- Si va a acceder al puente grúa deberá registrarse también en el *Libro de Control de Accesos de la Estructura de las Cámaras de Coque*. Ubicado en la caseta de Operaciones de la Unidad de Coquización, situada en la Calle 7 junto a dicha estructura.
- Para acceder a la unidad de Manejo de Coque, siempre se estará acompañado de un operador de MDC y/o operador de la Unidad de Coquización Retardada, con la excepción del personal de mantenimiento de BP, el cual estará siempre en contacto a través de

la emisora con el Operador de MDC y/o Operador de la Unidad de coquización Retardada.

- Al finalizar la actividad, registre la hora de salida en el libro de Control de Accesos a la Unidad de manejo de Coque e informe al operador de sala de control del MDC.

1.3.8.2. Control de acceso a la Estructura de las cámaras de Coque:



La estructura de las cámaras de Coque es el lugar donde históricamente se producen más incidentes en una Unidad de Coquización retardada, principalmente debido a los riesgos asociados a la operación cíclica y a la presencia continua de personal en plataformas elevadas con vías de escape limitadas.

Además de los EPI'S habituales en Refinería se hace necesario el uso de equipo de protección individual complementario en las siguientes zonas:

1) Estructura de las Cámaras de Coque:

Hasta la plataforma de cambio, situada a 25 metros de altura aproximadamente, los EPI'S habituales son los obligatorios en las zonas de Proceso de Refinería.

Desde la plataforma de cambio hasta el final de la estructura (cota final a 102 m de altura) y en la estructura del puente grúa, será necesario disponer además de detector personal de sulfhídrico de otro de dióxido de azufre.

2) Edificios cerrados (molienda, torres de transferencia, nave de almacenamiento):

Serán necesarios equipos de protección respiratoria específicos en función del tiempo de exposición al que se vaya a estar sometido en cada uno de los edificios cerrados.

Para controlar la presencia de personal ajeno a la operación en los diferentes niveles de la estructura se debe llevar un registro del acceso a la misma en todo momento y de esta manera minimizar la exposición al riesgo que representa el cambio de cámaras, cámaras abierta en cabeza y fondo y el proceso de cortado de coque.

Así pues, se interrumpirán todos los trabajos que se realicen en la estructura y se restringirá el acceso a ella a todo el personal ajeno al Departamento de Fabricación durante el cambio de cámaras y desde la apertura de las cámaras hasta la finalización del cortado.

Debido a lo anterior, el acceso a dicha estructura está restringido y sujeto a control, según un procedimiento de acceso que se describe a continuación en este Manual.

En el mencionado procedimiento de control de acceso a la estructura se distinguen tres etapas, en función del momento del ciclo operativo de la Unidad:

- Acceso a la estructura durante el cambio de cámaras (1ª etapa)
 - Se anunciará por el sistema de megafonía de Refinería que se debe desalojar la estructura de las cámaras y que a partir de ese momento cualquier trabajo se interrumpe y **el acceso a la misma queda restringido** ya que se iniciarán las operaciones de cambio de cámaras.
 - Se verificará que todo el personal ajeno al Departamento de Fabricación ha desalojado la estructura.
 - Se colocarán cadenas con los avisos de advertencia de acceso restringido en los siguientes puntos:
 - Entrada a ambas escaleras de la estructura (norte-sur).
 - Puerta del ascensor a nivel de suelo.
 - Pasarela desde la plataforma inferior a la estructura del D-4104.

- El ascensor estará situado la plataforma de cambio de las cámaras hasta terminar dicho cambio. El uso del ascensor queda prohibido a partir de este momento.
- Al finalizar el cambio de Cámaras y una vez verificadas las condiciones normales de operación de la cámara que ha iniciado su ciclo, se anunciará por el sistema de megafonía que ha finalizado el cambio y que a partir de ese momento se restablece el acceso a la estructura, previo registro en el Libro de Control de Acceso a la estructura situado en el Edificio de la Calle 7.
- Se retirarán las cadenas con los avisos de advertencia en los puntos donde fueron colocada.
- En caso de que se haya interrumpido algún trabajo en caliente y el mismo no se pueda reanudar inmediatamente porque el personal ejecutor se haya retirado de la unidad, realice nuevamente la prueba de gas para poder continuar con la actividad.
- Acceso a la estructura desde la apertura de cámaras hasta la finalización del cortado (2ª etapa)
 - El Operador de la Estructura notificará al Operador de la Sala de Control de la Unidad de Manejo de Coque (en adelante abreviado como MDC) que se inicia la apertura de bridas de la cámara de coque, por lo que el transporte de coque desde planta se interrumpirá en breve.
 - El Operador de la Estructura notificará al Operador de Grúa que se iniciará la apertura de bridas de la cámara de coque para que proceda a parar el transporte de coque a MDC, aparque la grúa y se retire de la cabina de control.
 - Se anunciará por el sistema de megafonía de refinería que se debe desalojar la estructura de las cámaras y que a partir de ese momento cualquier trabajo se interrumpe y el acceso a la misma queda restringido, ya que se iniciará la apertura de las bridas de Fondo de las cámaras de Coque.
 - Se verificará que todo el personal ajeno a Fabricación ha desalojado la estructura.

- Se retirarán las cadenas con los avisos de advertencia en los puntos donde fueron colocadas.
- Se colocarán las cadenas con los avisos de advertencia de acceso restringido en los siguientes puntos:
 - Entrada a ambas escaleras de la estructura (norte y sur).
 - Puerta del ascensor a nivel de suelo.
 - Pasarela desde la plataforma inferior a la estructura del D-4104.
- Se situará el ascensor en la plataforma de cortado de las cámaras hasta terminar el cortado. El uso del ascensor queda prohibido a partir de este momento.
- Al finalizar el cortado y una vez se ha parado la bomba P-4114, se anunciará por el sistema de megafonía que ha finalizado el cortado y que a partir de ese momento se restablece el acceso a la estructura, previo registro en el Libro de Control de Acceso a la estructura situado en el Edificio de la Calle 7.
- En caso de que se haya interrumpido algún trabajo en caliente realice nuevamente la prueba de gas para continuar con la actividad.
- Se notificará al Operador de Grúa que puede reiniciar el transporte de coque al MDC.
- Se notificará al Operador de Sala de Control del MDC que ha finalizado el cortado, por lo que el transporte de coque desde planta se podrá reanudar en breve.
- Acceso a la estructura durante el tiempo de ciclo restante (3ª etapa)

Toda persona que no pertenezca a la plantilla de operadores de la Sección de Coquización deberá registrarse en **el libro de control de acceso a la Estructura** existente en la caseta de operaciones anexa a la estructura (Calle 7), para poder acceder a dicha estructura de las cámaras de coque, sin distinción de la actividad que vaya a realizar (trabajo/inspección/visita/etc.).

Sección 2: Comportamiento

2.1. Normas generales de comportamiento

2.1.1. Política de alcohol y drogas

Está terminantemente prohibido introducir bebidas alcohólicas y drogas dentro del recinto de Refinería, así como presentarse en Planta bajo los efectos de las mismas.

En cualquier momento y a petición de la supervisión de BP se puede solicitar la valoración, por parte de los Servicios Médicos de Refinería, de la aptitud para el trabajo.

El sometimiento a la revisión de aptitud es voluntario por parte del trabajador, pero hasta que no se produzca dicha valoración con resultados positivos no se le permitirá la entrada a la planta. Esto es tanto por su seguridad, como por la de los demás.

2.1.2. Restricciones de fumar

Únicamente está permitido fumar, dentro del recinto de Planta de la Refinería, en los lugares expresamente señalizados y autorizados para ello.

2.1.3. Objetos no permitidos en planta

Está prohibida la introducción en Planta de cámaras, teléfonos móviles, videos, radios, emisoras, linternas, baterías, y en general, cualquier aparato electrónico, salvo que estén expresamente autorizados por Protección de Planta y dispongan del preceptivo permiso.

2.1.4. Prohibición de filmar o fotografiar

Por motivos de seguridad y para proteger el secreto industrial de las instalaciones, está prohibido filmar o fotografiar sin permiso de trabajo y autorización escrita de Protección de Planta.

2.1.5. Tráfico

- Vehículos
 - Llevarán en lugar visible la tarjeta de identificación.
 - Dentro de Refinería se seguirán las normas de circulación, incluido el uso del cinturón de seguridad y el respeto a las señales de tráfico instaladas, siendo la velocidad máxima de circulación de 30 Km/h.
 - **No** se estacionarán los vehículos delante de los equipos de lucha contra incendios (hidrantes, tomas de espuma, extintores, carretes de mangueras, salida garaje camiones c.i., etc.).

- Todas las calles y avenidas deben quedar abiertas en todo momento. No se bloquearán bajo ningún concepto a no ser que se disponga del correspondiente permiso del Jefe de Turno y se señalice convenientemente. Deben quedar libres para permitir el paso de los vehículos de emergencia.
- **NO** se introducirá ningún vehículo en las zonas de proceso y cubetos de tanques sin haber obtenido antes el correspondiente permiso de trabajo en caliente.
- **NO** se permite el paso de motos a la Refinería.
- Los conductores de vehículos especiales deberán estar permanentemente localizables, en caso de que se alejen de dicho vehículo.
- Los conductores de Materias Peligrosas no podrán abandonar el vehículo.
- **No** se permite el estacionamiento en las calles circundantes a las zonas de proceso (ver plano adjunto de Refinería).
- En el resto de calles y avenidas los vehículos estacionados deberán permanecer abiertos y con las llaves puestas. Sólo se permite el estacionamiento con vehículo cerrado en los aparcamientos autorizados.
- Bicicletas
 - Se transitará de una en una, nunca se irá en paralelo y se circulará por la derecha.
 - Se estacionarán de forma procedente y tal que no dificulte la utilización de equipos de seguridad.
 - Las bicicletas deben estar desprovistas de luces-dinamos y deberán llevar los catadióptricos retrorreflectantes adecuados y estar en buenas condiciones de uso.

- Peatones
 - Deberán transitar por su izquierda.
 - No se reunirán en centros de calles.
 - No se transitará por debajo de cargas suspendidas.
 - No se correrá sin motivo, por la alarma innecesaria que se crea.
 - Cuando se utilicen escaleras, se subirá o bajará de cara a las mismas y con ambas manos libres para asirse a los pasamanos.
 - Los objetos que se deban transportar serán izados con los medios adecuados.
 - Está terminantemente prohibido dormir en las instalaciones de Refinería.

2.1.6. Equipos de refinería

- Proceso
 - Está terminantemente **PROHIBIDO manipular cualquier equipo de Refinería** tal como: Válvulas, pulsadores de bombas, interruptores, hidrantes, venteos, tomas de agua, aire y vapor, instrumentos, etc.
 - Si se necesita hacer alguna maniobra en los equipos o utilizarlos, es necesario obtener previamente el **PERMISO DE TRABAJO**. Si de una manera fortuita ha actuado en alguno de ellos **DEBE INFORMAR RÁPIDAMENTE** a la Casa de Control o a la persona de Refinería más próxima.
 - **No tocar NUNCA un disco CIEGO** si no hay autorización expresa del Jefe de Turno/Operador Jefe para ello.
- Herramientas
 - Herramientas en general
 - Utilice sólo herramientas en buen estado

- Utilice la herramienta adecuada para cada trabajo.
- Cuando se trabaje en alturas las herramientas deberán estar atadas.
- Las herramientas propiedad de BP Oil, en caso de necesidad, se deberán solicitar al supervisor de Refinería, y firmar un documento asumiendo el operario que conoce su manejo y que la herramienta se encuentra en perfectas condiciones de uso.
- Herramientas eléctricas
 - Antes de su uso, asegúrese del perfecto estado de la máquina, clavijas, cables de alimentación, etc.
 - Opere únicamente sobre los mandos. No altere ni modifique los dispositivos de seguridad. Respete la señalización.
 - Desconecte inmediatamente en caso de fallo o avería.
 - No trate de hacer reparaciones en equipos eléctricos si no es especialista.
 - No opere con aparatos eléctricos mojados o húmedos (no utilice las herramientas eléctricas portátiles con lluvia).
 - En lugares muy conductores, por ejemplo espacios confinados, la máxima tensión a emplear para alumbrado será de 24 v., y siendo el cable de alimentación al transformador de doble aislamiento, utilizando para trabajos en el interior de recintos confinados diferenciales de alta sensibilidad y herramientas eléctricas de clase II con transformadores 1:1 fuera del recinto.
 - Informe inmediatamente de las anomalías encontradas.
- Equipos contra incendios
 - Sólo se usará con el objeto EXCLUSIVO de combatir el fuego.
 - Siempre que se utilice se revisará antes de colocarlo de nuevo en su sitio, por lo que se debe informar a Refinería de que se ha usado.

- El equipo de protección (extintor y manguera presurizada en punta de lanza) que se utilice preventivamente en la realización de trabajos en caliente, se tomará del equipo destinado a tal uso y nunca del dedicado a protección C.I. de planta.
- No se bloquearán nunca los accesos al equipo contra incendios: Hidrantes, carretes de mangueras, extintores, salidas del garaje de camiones contra incendios.
- Mangueras contra incendios
 - La manguera debe sujetarse bien para evitar el efecto de retroceso. Se debe situar una mano en el soporte de agarre y la otra en la parte superior de la boquilla.
 - Debe ser usada moviendo la boquilla para cambiar entre chorro y abanico más o menos abierto. La posición de protección en caso de actuación debe ser la de abanico.
- Extintor contra incendios
 - Para su uso debe presurizarse previamente abriendo totalmente la válvula del botellín y rompiéndose el precinto.
 - Se debe proyectar sobre la base del fuego.

2.1.7. Ropa de trabajo

En Refinería es obligatorio usar ropa de trabajo inherentemente retardante del fuego y antiestática con manga larga. Consulte la norma correspondiente para comprobar que la suya es adecuada. Además hay que tener en cuenta las siguientes precauciones:

- La ropa interior proporcionada por el trabajador deberá estar confeccionada con tejidos naturales: algodón o lana.
- Cuando la ropa haya absorbido hidrocarburos o productos químicos deberá ser cambiada inmediatamente.
- La ropa se llevará ajustada sin prendas flojas.
- Los monos desechables no se podrán usar salvo autorización expresa de seguridad. Consulte la norma correspondiente.

2.1.8. Orden y limpieza

- Lugar de trabajo:
 - El lugar de trabajo se conservará ordenado y limpio.
 - El trabajo no quedará terminado mientras no esté retirado todo el material innecesario y el lugar de trabajo quede perfectamente ordenado y limpio.
- Materiales Sobrantes y Residuos:
 - Los materiales de desecho, trapos aceitosos, botellas y residuos se depositarán en los lugares de recogida selectiva de Refinería.
 - Queda terminantemente prohibido utilizar botellas de agua como recipiente para cualquier otro líquido o sustancia.

2.2. Equipos de protección individual

- Los EPI's (equipos de protección individual) son la **última barrera** de salvaguardia de su integridad física. Por ello, es **OBLIGATORIO e inexcusable su uso**.
- Los EPI's tienen que estar certificados (CE) y utilizarse según las prescripciones propias de cada uno.
- En Refinería aparte de la ropa de trabajo adecuada (ver Apdo. 6.7.), es OBLIGATORIO utilizar en toda la planta zapatos de seguridad, protección auditiva en Unidades de Proceso, casco y gafas de seguridad, guantes cuando no se trabaje manejando equipo rotativo así como sistema de protección anticaídas para trabajos en alturas superiores a 2m.
- En Refinería es obligatorio el uso de detectores de H₂S en las áreas de proceso, Áreas de Servicios ("utilities"), zonas de oscuros y de claros, asfaltos (área de carga y PMB) o cuando se especifique explícitamente en el permiso de trabajo.
- Para trabajos especiales, la Refinería determinará los equipos de protección individual que considere necesarios especificándolos en el correspondiente Permiso de Trabajo, los cuales son también obligatorio.

Sección 3: Emergencias, accidentes e incidentes

3.1. Emergencias

3.1.1. Tipos de sirenas

Refinería tiene establecido un Plan de Auto Protección para los supuestos de Fuego y/o Explosión y Fuga de Gas Tóxico o Inflamable.

- Emergencia por Fuego y/o Explosión: se activa una sirena con sonido continuo.
- Emergencia por Fuga de Gas Tóxico o Inflamable: Se activa una sirena de sonido discontinuo.

3.1.2. Actuación

NUNCA UTILIZAR VEHÍCULOS. Éstos deben quedar estacionados en lugar seguro, procurando que no obstaculicen el paso de personas o vehículos de emergencia. Deje las llaves puestas.

- **Si oye Sirena de Fuego** y usted es contratista o personal sin misión asignada en el Plan de Auto Protección:
 - Abandone el trabajo en las mejores condiciones.
 - Acuda al punto de reunión más cercano por camino seguro, fiche en cualquier lectora de las existentes para control de acceso a Unidades, en la lectora más cercana al punto de reunión o en los tornos de salida.
 - Identifíquese y espere instrucciones.
- **Si oye Sirena de Gas** y usted es contratista o personal sin misión asignada en el Plan de Auto Protección:
 - Acuda al edificio seguro más próximo en sentido opuesto a la dirección del viento informado. Si la nube, en su recorrido, se interpone en el camino al edificio seguro, acuda al punto de reunión fuera de la dirección del viento informada por megafonía.
 - Identifíquese y espere instrucciones.

Las subestaciones y casetas de analizadores no se consideran edificios seguros ante emergencia de fuga de gas. Tampoco se considera edificio seguro el comedor de la losa de contratistas.

En caso de que suene la alarma de fuego de los edificios de administración y usted se encuentre en ellos, acuda al aparcamiento que existe delante de éstos y espere instrucciones.

3.1.3. Prueba sirenas

- Las sirenas de Refinería se prueban todos los lunes a las 8.45h
- Las sirenas de la planta química de UBE se prueban los lunes a 9h.

3.2. Accidentes e incidentes

3.2.1. Definición de incidente y accidente

- Incidente: suceso no deseado ni esperado que puede llegar a producir daños a las personas y/o a los equipos e instalaciones y/o al medio ambiente.
- Accidente: suceso no deseado ni esperado que ha producido daños.

3.2.2. Notificación

Es obligatorio informar inmediatamente a su encargado o supervisor de Refinería o mediante anotación en el **libro de incidentes** de cualquier incidente que pueda ocurrir (aunque no se hayan producido daños personales o materiales). El análisis del mismo nos permitirá obtener las lecciones aprendidas necesarias que con su aplicación evitarán la recurrencia del incidente/accidente y, con ello, los daños personales, al medio ambiente y a las instalaciones. **Además, es obligatorio comunicar cualquier anomalía que a juicio del trabajador pueda ser de interés para su empresa y/o refinería.**

3.2.3. Actuación. Evacuación

Cualquier lesión que se produzca será comunicada inmediatamente al Jefe de Turno.

- Accidente leve: una vez comunicado al encargado, el accidentado se personará con el mismo en la Clínica de Refinería, que se halla en el edificio principal, para ser atendido en primera instancia. Las curas posteriores se realizarán en la Mutua donde esté afiliada su empresa.
- Accidente grave: se avisará a la Sala de Control mediante emisora o el teléfono de emergencias, desde dónde se avisará a la clínica y se pedirá la ambulancia, que se presentará en el lugar del accidente con personal médico para su traslado.

3.2.4. Clínica

- Atención al accidentado: en la Clínica se proporcionará una primera cura y diagnóstico del accidente para, en su caso, trasladar al accidentado a donde decidan los Servicios Médicos. En ningún caso debe ir un accidentado a su Mutua o a Servicios Médicos externos (Residencia, hospital etc.) sin haber previamente contactado con los Servicios Médicos de la Refinería para, de esta forma, recibir lo antes posible una asistencia adecuada.
- Informe: en la Clínica se rellenarán los primeros apartados del informe del accidente con los datos personales del accidentado.

3.2.5. Cumplimiento impreso de investigación del accidente

Una vez atendido el accidentado y rellenados los primeros datos en la Clínica, el encargado del accidentado y supervisor de Refinería y/o, en su caso, de la Ingeniería responsable, cumplimentarán el informe de investigación del accidente que seguirá el mismo curso que si el accidentado fuese de Refinería.

Sección 4: Permisos y autorizaciones

4.1. Reglas de Oro y Política de Control de Trabajo

Todos los procedimientos correspondientes a reglas de oro así como algunos otros relacionados con la ejecución de los trabajos, a la vez que las definiciones de los perfiles y responsabilidades de los puestos de trabajo relacionados con el control de trabajos, requerimientos de entrenamiento y competencia de las personas que ocupan estos puestos, sistemas de planificación y programación, análisis de riesgos de las tareas, monitorización de las mismas, procesos de obtención de lecciones aprendidas de los diversos sucesos, procedimientos de auditorías para verificación del correcto funcionamiento del sistema, se establecen dentro de la llamada **Política de Control de trabajos** que rige todo el sistema de trabajos desde que se originan éstos hasta la finalización de los mismos, y cuyo control de la documentación y sus modificaciones, realizadas a través del procedimiento de Gestión del cambio vigente en Refinería, se lleva a cabo en un sistema de Gestión documental existente.

Así mismo, se exige en el Control de trabajos que toda persona que detecte una operación insegura debe paralizar la ejecución del mismo, anteponiendo la seguridad real a cualquier urgencia en la realización de trabajos.

La política de Seguridad de BP aboga por evitar accidentes y lesiones a las personas así como evitar accidentes a las instalaciones y preservar el Medio Ambiente. Todos los que trabajan para BP son responsables de su seguridad personal y de la de quienes los rodean.

Aunque los siguientes principios están presentes en cada una de las Reglas de Oro, es importante subrayarlos:

- No se realizarán trabajos sin una **evaluación previa de los riesgos** y sin establecer las **medidas preventivas** acordes con el nivel de riesgo.
- Todas las **personas** deberán ser **competentes** y haber sido **preparadas para los trabajos** que tengan que realizar.
- Los **EPI's** a utilizar estarán en función de la **evaluación previa del riesgo del trabajo** y de los requisitos mínimos que exija el lugar donde éste se vaya a realizar.
- Antes de comenzar los trabajos debe disponerse de un **plan de emergencia**, diseñado tras estudiar los escenarios de posibles accidentes.

- Todos los trabajadores tienen la obligación de **detener cualquier trabajo** que se considere **inseguro**.

Todas las reglas de oro se desarrollan en la planta a través de unos procedimientos, y que establecen como se aplican las reglas de oro en La Refinería de Castellón. En resumen, Las Reglas de Oro de La Seguridad abarcan las siguientes actividades:

- **Permisos de trabajo:** antes de realizar cualquier trabajo, es necesario obtener un permiso que identifique los peligros y evalúe los riesgos.
- **Aislamiento de las fuentes de energía:** cualquier fuente de energía mecánica, eléctrica, hidráulica, neumática, etcétera debe descargarse y aislarse de forma efectiva mediante un sistema de cierre y sellado.
- **Excavaciones:** cuando se realicen aperturas de zanjas, pozos o cualquier tipo de excavación se deberán identificar, localizar y si es necesario aislar todos los elementos enterrados. (Cables, tuberías etcétera). También se controlaran los posibles desplazamientos de tierras.
- **Trabajos en espacios confinados:** antes de entrar en cualquier espacio confinado, además de obtener el correspondiente permiso de trabajo, se aislarán todas las fuentes de energía que afecten a dicho espacio y se realizará un análisis de la atmosfera del mismo.
- **Trabajos en altura:** para realizar trabajos a más de dos metros de altura sobre el suelo se dispondrá de un sistema efectivo que evite las caídas. Cuando se utilice protección anti caídas esta dispondrá de un amarre adecuado instalado preferentemente por encima de la cabeza con enganches de cierre automático y amortiguador de caídas.
- **Izado de cargas:** cuando se manejen cargas se dispondrá de un estudio de la maniobra, los operadores de los equipos de izado tendrán certificada la formación necesaria y todos los equipos de izado y accesorios habrán sido revisados.
- **Conducción segura:** para el uso de cualquier tipo de vehículo se deberá disponer de la formación necesaria, debidamente certificada. Se cumplirán todas las normas de circulación y siempre se hará uso del cinturón de seguridad.
- **Gestión de cambios:** el trabajo que se deriva de los cambios temporales o permanentes en la organización, plantilla, sistemas, procesos de trabajo, equipos, productos, materiales o sustancias y las leyes o regulaciones no se llevará a cabo sin realizar previamente un proceso de Gestión del cambio.

4.2. Permisos de trabajo

Nunca se comenzará un trabajo sin obtener previamente el correspondiente permiso de trabajo en frío o en caliente.

En el permiso se fijarán las condiciones, medidas de seguridad y protección personal adicional para su ejecución, así como las autorizaciones adicionales necesarias. **Cualquier equipo que deba utilizarse deberá estar en perfectas condiciones de uso y disponer de los comprobantes de su revisión.**

Lea atentamente el permiso y siga sus instrucciones. Vd. sólo está autorizado para trabajar en el lugar que se indica en el mismo. Una vez leído y comentado el Permiso de Trabajo, firme en la parte posterior como que ha entendido la totalidad de los riesgos, medidas preventivas y protecciones personales y colectivas a seguir, utilizar y aplicar para realizar el trabajo con seguridad.

La validez del permiso se contempla en el propio documento. **Renuévelo de acuerdo al horario establecido.** Los permisos de trabajo y autorizaciones vienen regulados en los correspondientes procedimientos.

4.2.1. Previo a la petición del permiso de trabajo

Considere los **riesgos del trabajo** y realice el **análisis pertinente** para evitarlos o disminuirlos y controlarlos para, posteriormente, pedir precedentemente el permiso de trabajo conforme a ellos, y con los requerimientos de seguridad adicionales necesarios.

4.2.2. Permiso de trabajo en frío

Se obtendrá este tipo de permiso cuando el trabajo a realizar no sea capaz de generar el calor suficiente para encender mezclas inflamables.

4.2.3. Permiso de trabajo en caliente

Se obtendrá este tipo de permiso cuando el trabajo pueda generar suficiente calor como para encender una mezcla inflamable, tal como: soldadura y oxicorte, taladro y esmerilado, corte con radial, chorreo de arena, cincelado de hormigón, soplete de fontanero, motores no a prueba de explosión (grúas y vehículos dentro de unidades y cubetos), equipos no antideflagrantes, equipo eléctrico bajo tensión, máquinas de impacto o cualquier otro trabajo que implique llamas abiertas, chispas o altas temperaturas.

Devolución de permisos: Cuando se termine un trabajo o su jornada laboral, el realizador deberá cumplimentar el apartado de trabajo terminado, por lo que deberá buscar a un operador para que le firme en el apartado correspondiente. De no encontrar al operador de campo, en la Casa de Control el Operador Jefe o el Jefe de Turno podrán cumplimentarlo. El permiso cumplimentado será devuelto a su supervisor de BP.

4.2.4. Permisos de trabajo gestionados

Se utilizarán Permisos de Trabajo GESTIONADOS en los trabajos de riesgo medio o bajo que no interfieran con el proceso y en el que éste no puede afectarles. Pueden ser tanto permisos de trabajo en frío como en caliente.

Estos permisos de trabajo (Gestionados) se emiten los lunes y tienen validez para toda la semana, si bien será necesario recoger diariamente las firmas del Operador Jefe y Jefe de Turno, en las casillas habilitadas del reverso de la cartulina del PT.

Los permisos de trabajo gestionados tendrán validez desde las 8 horas hasta las 20 horas, por lo que no será necesaria su renovación en el cambio de turno.

Cuando se termine un trabajo o su jornada laboral, el realizador deberá cumplimentar el apartado de trabajo terminado, por lo que deberá buscar a un operador para que le firme en el apartado correspondiente.

4.2.5. Permisos de trabajo en la Unidad de Alquiler

Para poder trabajar en la Unidad de Alquiler es necesario, al igual que en cualquier otra zona del recinto industrial, estar en posesión del correspondiente permiso de trabajo. Los requisitos para su obtención son los siguientes:

- Estar en posesión de la correspondiente tarjeta de acceso obtenida tras asistir al curso de Inducción/ Formación de la unidad.
- Solicitar permiso de trabajo para la Unidad de Alquiler: impreso amarillo.
- Equiparse con el traje de protección de acuerdo con lo recomendado en el permiso de trabajo.

La copia del permiso de trabajo, a diferencia de lo que sucede en el resto del recinto industrial del Refinería debe dejarse en el vestuario para evitar su contaminación.

4.3. Autorizaciones y permisos varios

Para ciertos trabajos, como los que a continuación se indican, además del correspondiente permiso de trabajo, se debe disponer de una autorización específica.

4.3.1. Entrada de recipientes

La autorización dependerá de si se trata de:

- **Personal empleado de Refinería:** es suficiente con una autorización verbal del Jefe de Turno/Operador Jefe de área donde se encuentra el espacio confinado.

- **Personal contratista:** necesitará una autorización escrita aprobada por el Supervisor disponible en la entrada del espacio confinado.

NO entre nunca sin autorización, y en caso de que se le autorice, debe:

- 1) Anotarse en el **libro de registro** de entrada en recipientes.
- 2) Informarse de los riesgos del espacio confinado y proveerse de los Equipos de Protección Individual adicionales necesarios en concordancia con aquellos, teniendo en cuenta los medios de escape necesarios en su caso.
- 3) Proveerse de la tarjeta de control personal que deberá colgar fuera del recipiente cuando entre y retirarla cuando salga, para que de esta forma haya constancia fidedigna de que Ud. se encuentra en el interior del recipiente ante cualquier eventualidad.
- 4) En la entrada al recipiente habrá un vigilante.

4.3.2. Excavación

Cuando se tenga que realizar trabajos con máquinas excavadoras o herramientas manuales que penetren más de 15 cm por debajo del nivel del suelo, como: apertura de zanjas, catas, perforaciones, hincado de pilotes y anclajes, es necesario obtener un certificado de excavación que emitirán conjuntamente el Jefe del Grupo de Electricidad y el Ingeniero de Ingeniería responsable del trabajo o el Jefe de la Sala de Delineación.

NO comience el trabajo si en el permiso de trabajo no figura que se ha emitido este certificado.

4.3.3. Trabajo sobre o alrededores de equipos eléctricos

Para realizar estos trabajos, como es el caso de los que se realizan en subestaciones, tanto en interiores como en parques de intemperie, líneas, cables, tomas de corriente, interruptores, etc. es necesaria una autorización de responsable eléctrico de Refinería.

4.3.4. Procedimiento LOTO

La energía se encuentra presente en nuestro entorno bajo muchas formas: eléctrica, mecánica, presión, térmica, etc., poniéndonos en peligro si no es convenientemente eliminada de los puntos de trabajo. Para ello, en Refinería se aplica un procedimiento denominado **LOTO**.

En caso de que el trabajo que vayamos a realizar implique la aplicación de dicho procedimiento deberá:

- Haberse dispuesto los **medios físicos** para hacer efectivo el **aislamiento**.

- Emplearse tarjetas para **señalarlo**.
- Obtenerse las **firmas** en las correspondientes tablas para y asegurar que se ha seguido el proceso LOTO y constatarlo:

Si...	Entonces...
Existen riesgos del proceso	Se utilizan precintos amarillos para las válvulas bloqueadas y precintos grises para los drenajes abiertos y medios mecánicos , como, el uso de discos ciegos y candados mediante los cuales se asegura el adecuado confinamiento de las fuentes de energía para proteger al trabajador.
Se trabaja en circuitos eléctricos o en equipos movidos por corriente eléctrica	Es necesario: <ul style="list-style-type: none"> • Que sobre el interruptor de puesta en marcha esté fijada la tarjeta de desconexión eléctrica (blanca con franjas rojas), y • Que el Supervisor haya puesto el candado azul correspondiente en la subestación para asegurar mecánicamente la desconexión.

Presilla LOTO. Las presillas inmovilizan el punto de desenergización (válvulas, interruptores en subestaciones...) y se aseguran disponiendo cada parte interviniente en el trabajo su candado (Departamento de Fabricación, el **verde**; cada ejecutor de **Mantenimiento**, uno **azul**; y los **eléctricos**, si procede, el **rojo**).



Ilustración 4.3.4.1. Ejemplo de presilla y candado LOTO

4.3.5. Radiografías

Para realizar los trabajos de radiografía será necesario:

- Tener cumplimentada la HOJA TÉCNICA de Gammagrafía de acuerdo con la Sección donde se va a efectuar el trabajo y la Sección de Calidad Total y Equipos.
- Obtener el **Permiso de trabajo en frío**, una vez que el Operador Jefe se haya asegurado de que queda despejada la zona que va a estar expuesta a radiaciones y/o se acordone, requiriéndoselo al supervisor, según se especifique en la Hoja Técnica.

NO empiece el trabajo si no dispone de esta autorización, que debe acompañar al permiso de trabajo.

4.3.6. Soldaduras

Para poder soldar se requiere siempre un **permiso de trabajo en caliente** cumpliendo con todas las prescripciones del mismo, y dadas las circunstancias se exigirá:

- Preparar un “**nido**” de forma que las chispas no se proyecten fuera de dicho espacio. En los trabajos en altura, el nido deberá cubrir por debajo para evitar la caída de chispas.
- Revisar y tapar puntos próximos inflamables.
- Mantenga la manguera contra incendios y el extintor a su alcance y libre de obstáculos para la rápida extinción de un posible fuego.
- Prever las rutas de escape en caso de emergencia.
- No use nunca prendas con manchas de aceite, grasientas durante los trabajos de soldadura. Corren el riesgo de inflamarse.
- Mantenga la zona libre de combustibles, disolventes, pinturas etc, así como limpia de basuras y desperdicios por su inflamabilidad.

4.3.7. “Hot taps” o perforaciones en caliente

Cuando se vaya a realizar una conexión de tubería a una línea o recipiente, **sin interrumpir el servicio**.

Hay un procedimiento específico para realizar perforaciones en servicio o “Hot-tap” que requiere lo siguiente:

- La perforación en servicio debe estar **autorizada por el Director de Fabricación**, debiendo haber sido medido, inspeccionado e identificado el punto donde se realizará por Inspección.
- Cada perforación en servicio requerirá un procedimiento específico que será descrito en la **Hoja de Especificación de Perforación en Servicio**, que deberá estar perfectamente cumplimentada y aprobada, con la autorización del Director de Fabricación.
- Se obtendrá un **permiso en caliente** que ampare la ejecución del trabajo en cada una de sus fases: soldadura y perforación.
- Para la emisión del permiso de trabajo en la **fase de perforación**, se exigirá:

- El **procedimiento de ejecución** de esta fase, aprobado por el Departamento de **Mantenimiento**.
- Y el **certificado de la máquina perforadora** aprobado por la Sección de **Integridad de Planta y Materiales**.

4.3.8. **Izado de equipo**

Cualquier trabajo que requiera el izado de tuberías, equipo u otros materiales por medios fijos o móviles (tractores, grúas...) requerirá un permiso de trabajo, que se considerará como de riesgo alto o medio en función de la Unidad donde se trabaje y de las características del propio izado.

Se deberá, además, seguir el procedimiento específico de Refinería de izado de equipos. Algunos requisitos para el izado son:

- Acordonar y señalizar la zona de trabajo.
- La maniobra será analizada previamente por una persona competente y en caso necesario se presentará un estudio de maniobra.
- Los equipos de izado serán manejados por personas expresamente capacitadas para ello.

Por otro lado, se deberá tener en cuenta las siguientes prescripciones:

➤ **Equipo de izado**

Todos los equipos de izado habrán obtenido un certificado para su uso en los últimos 12 meses y serán inspeccionados visualmente antes de la maniobra.

➤ **Grúas**

Leer atentamente, cumplimentar y seguir los requerimientos de la tarjeta de grúas de Refinería:

- Usar la grúa adecuada para cada carga.
- Reconocimiento previo de la zona en horizontal y vertical.
- Disponer de todos los certificados de revisión, grúa, eslingas etc.
- No abandonar la grúa con cargas suspendidas o dentro de áreas de proceso.
- No cortar ninguna calle sin autorización expresa del Jefe de Turno.
- No hacer ninguna maniobra de desplazamiento ni de izado sin que alguien le dirija la maniobra.

- No liberar ninguna carga (equipo, tubería) sin que previamente se haya comprobado que esté convenientemente asegurada o atada.

➤ **Carretillos**

- Obligatorio el uso de cinturón de seguridad
- Disponer de extintor en perfectas condiciones.

➤ **Equipo móvil en general**

- Los equipos móviles deben ser operados únicamente por personal cualificado y autorizado, respetando siempre las reglas de tráfico y desplazándose dentro de los límites de velocidad con las condiciones de prudencia necesarias.
- Los equipos móviles y de elevación (grúas, carretillos, etc) deberán encontrarse en perfecto estado y disponer de los correspondientes comprobantes de haber sido revisados y ser conformes con las ITC correspondientes.
- Si se avería un equipo, señálcelo convenientemente y asegúrese de que ni Vd. ni ninguna otra persona podrá usarlo hasta su perfecta y total reparación por personal competente formado para este fin.

4.3.9. **Trabajos en alturas. Andamios**

Para la realización de trabajos en altura se deberá emplear andamios diseñados y utilizados según el procedimiento de Refinería, tras obtener el correspondiente permiso de trabajo, y considerando:

- Para los trabajos sobre plataformas sin elementos de protección adecuados, andamios sin finalizar o trabajos sobre estructuras y racks de tuberías, usar arneses homologados de protección, instalando previamente los elementos como cables fiadores que hagan falta para ello. Por lo tanto, hay que analizar previamente la maniobra o actividad a realizar para saber donde se va a necesitar colocar los cables fiadores o sujeciones antes de iniciar cualquier trabajo en altura.
- En general, siempre se utilizarán accesos seguros para desplazarse en alturas y/o se emplearán arneses de seguridad.
- No se podrá trabajar en alturas los días de fuertes vientos y/o lluvias.

Existe un sistema de gestión de andamios, incluido en el procedimiento de andamios de Refinería, que identifica si el andamio está:

- En fase de construcción, modificación o desmontaje: Aparece colocada una **tarjeta roja** que indica que el andamio no se puede usar, ni nadie excepto la empresa montadora de andamios, homologada por Refinería, puede acceder al mismo.
- Terminado: Aparece una **tarjeta verde** en la que se indica:
 - La empresa que ha montado el andamio.
 - La empresa que lo ha solicitado.
 - El trabajo exclusivo a realizar para el que se ha hecho el andamio.

Por todo lo anterior, queda terminantemente prohibido el uso de un andamio por otra empresa diferente de la que lo ha solicitado (salvo autorización expresa) y, además, se prohíbe la modificación de cualquier elemento del andamio por parte de personal distinto al de la compañía montadora, así como hacer uso del andamio para un fin que no sea el que figura en la tarjeta verde.

4.3.10. Trabajos en alturas. Arneses.

Se debe tener en cuenta una serie de **medidas**:

Respecto a	Medidas
Inspección	Antes de cada utilización, es conveniente una prueba visual (bandas, costuras y piezas metálicas) para asegurarse el óptimo estado del arnés para desempeñar las tareas a realizar.
Anclaje	Siempre se debe seleccionar un punto de anclaje rígido para evitar posibles desgarres o desprendimientos.
Estado	Todo arnés que haya experimentado una caída, un esfuerzo, o una inspección visual que haya hecho dudar de su buen estado, debe ser reemplazado.
Modificación	Ninguna modificación se realizará sobre el arnés, ni en las costuras, cintas y bandas.
Enganche	<ul style="list-style-type: none"> • El punto de enganche debe estar preferiblemente por encima de la cabeza. • Debe tener doble enganche para asegurar el anclaje en las transiciones.

4.3.11. Trabajos en alturas. Escaleras.

- Las escaleras portátiles son sólo **elementos de acceso** y no deben utilizarse como lugar de realización de trabajos.
- Si se requiere este uso deberá solicitarse la **autorización** específica y realizar la correspondiente **reunión singular**.

4.4. Gestión de residuos

En los trabajos, en lo referente a todos los residuos que se puedan producir, se deberá considerar:

- Antes de proceder a su retirada, se preverá la naturaleza, tipo, composición y cantidad de residuos que se pueden generar con el fin de proveer los medios adecuados para una recogida selectiva de los mismos.
- Los residuos deberán depositarse en los lugares específicamente habilitados para ellos en función de su naturaleza, procurando no mezclarlos ni abandonarlos.
- Cuando se depositen residuos en recipientes distintos de los específicamente habilitados para cada uno de ellos dentro de los denominados **puntos limpios BP**, se deberá identificar el contenedor con el etiquetaje apropiado. Véase procedimiento de gestión de residuos.
- No se podrá sacar ningún residuo de refinería sin el conocimiento específico del supervisor del trabajo o del jefe de turno.
- Será de aplicación general lo establecido en el procedimiento de salida de materiales así como el procedimiento de gestión de residuos.
- Los residuos se depositan en los recipientes de los llamados puntos limpios BP. Está prohibido dejar dichos residuos en las cercanías o inmediaciones de los puntos limpios.



Ilustración 4.4.1. Zona de contenedores de BP

Sección 5: Riesgos específicos de refinería y primeros auxilios

5.1. Riesgos específicos de refinería

5.1.1. Ácido sulfúrico (H₂S)

El ácido sulfhídrico o sulfuro de hidrógeno es un gas incoloro extremadamente tóxico con un típico olor a “huevos podridos” a bajos niveles de concentración.

Sin embargo es muy importante tener en cuenta que a concentraciones más altas el H₂S causará una pérdida total del sentido del olfato. Por lo tanto **nunca se debe considerar el olor como medio seguro para identificar el H₂S**.



Produce los siguientes efectos sobre las personas, a las concentraciones que se indica:

CONCENTRACIÓN	EFFECTOS
<1 ppm	- Detectable por el olfato
30 ppm	- Irritación de los ojos y del sistema respiratorio
100 ppm (0,01%)	- En exposiciones prolongadas pérdida del olfato. Puede producir náuseas
200 ppm (0,02%)	- Pérdida inmediata del olfato - Quemaduras en ojos y garganta - Náuseas
500 ppm (0,05%)	- Náuseas - Dolor de cabeza - Problemas respiratorios - Requiere respiración artificial para recuperar al afectado
700 ppm (0,07%)	- Pérdida del conocimiento - Paralización del sistema respiratorio - Es necesario hacer respiración artificial y masaje cardiaco, si hay parada del del corazón
1000 ppm (0,1%)	- Pérdida rápida del conocimiento - Muerte en pocos minutos

Tabla 5.1.1.1. Efectos sobre el ser humano según la concentración de H₂S

Los límites de exposición ocupacional son los siguientes:

VALORES LÍMITE	PARÁMETROS
10 ppm	TLV-TWA y VLA-ED
15 ppm	TLV-STEEL y VLA-EC
100 ppm	IPVS

Tabla 5.1.1.2. Límites de exposición ocupacional de H₂S

TLV-TWA y VLA-ED: Concentración a la que se puede estar expuesto durante la jornada laboral.

TLV-STEEL y VLA-EC: Concentración a la que se puede estar expuesto durante cortos periodos (15 minutos) durante jornada laboral.

IPVS: Concentración máxima a la que se podría estar expuesto durante un breve periodo de tiempo sin efectos irreversibles para la salud.

El H₂S aparece de forma natural en el petróleo crudo, es más pesado que el aire por lo que tenderá a acumularse en las partes bajas y en los espacios confinados como en el fondo de arquetas, tanques, pozos, zanjas, etc. Es un gas muy soluble en agua por lo que estará presente en las aguas contaminadas. Atención por tanto a todas las operaciones como toma de muestras, drenado, apertura de equipos que lo puedan contener puro o disuelto en agua. Este tipo de operaciones se harán extremando las precauciones y siguiendo los procedimientos emitidos al efecto donde se especificarán los EPI's a utilizar. Existe un procedimiento en Refinería para trabajos con riesgo de H₂S.

Las principales áreas de la Refinería donde se encuentra presente son las plantas de Aminas, recuperación de azufre, "stripping" de aguas ácidas y las zonas alrededor de las antorchas.

Son zonas que debido a su peligrosidad están acordonadas y acarteladas con información acerca del producto, exigiéndose el usar adicionalmente al detector personal de Sulhídrico un filtro de escape e informar al operador de la unidad para entrar dentro.



Ilustración 5.1.1.1. Cartel de aviso de presencia de H₂S

Estas zonas disponen igualmente de un sistema de alarma que es activado por los detectores existentes en caso de escape de producto.

Aparte de ellas y no por eso menos peligrosas se encuentra H₂S en las unidades de desulfuración, en la cabeza de las unidades de destilación, en el FCC y en los tanques de almacenamiento de crudo.

Para distinguir en planta las líneas que llevan H₂S se pintan de color azul oscuro. Dependiendo de las concentraciones y del diámetro de las líneas este color azul oscuro se complementa con bandas grises y rojas.

Para concentraciones entre el **uno y el quince por ciento de sulfhídrico** se pintan de gris con bandas azules.

Anteriormente al año 2008, todas las líneas con concentraciones de Sh₂ superiores al 15% se pintaban completamente de azul. En la actualidad, Para concentraciones de sulfhídrico **superiores al quince por ciento**, se pintan completamente de azul las líneas de menos de 3 pulgadas y las líneas calorifugadas por encima de 3 pulgadas se pintan a franjas azul- rojo-azul.

Si a pesar de estas recomendaciones una persona fuera alcanzada por H₂S no se debe intentar rescatarla a menos que se haya conseguido previamente protección respiratoria. Se conocen múltiples casos de personas afectadas al ir a rescatar a una tercera sin protección, en la confianza de que con aguantar la respiración sería suficiente.

5.1.2. Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) y benceno

Las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) pueden afectar en grandes concentraciones a la salud humana así como dañar los materiales. Además, ciertas emisiones de COV's procedentes de la gasolina están calificadas de tóxicas, carcinogénicas y teratogénicas, entre los cuales hay que incluir al benceno.

Los límites de exposición ocupacional para el benceno son los siguientes:

VALORES LÍMITE	PARÁMETROS
1 ppm	TLV-TWA

Tabla 5.1.2.1. Límites de exposición ocupacional de los compuestos orgánicos

Por lo tanto cuando se tenga que trabajar en los alrededores donde se puedan emitir COV's o benceno se deberá usar máscara con filtro específico para vapores orgánicos o polivalente en su defecto.

5.1.3. Monóxido de carbono (CO)

El CO es un gas incoloro e inodoro, que se produce por combustión (ó oxidación) de materiales orgánicos. Es algo más ligero que el aire y se licua a presión atmosférica a una temperatura de -190°C . Es altamente inflamable y puede formar mezclas explosivas con el aire o con el oxígeno, sobre todo en recintos cerrados.

Su riesgo fundamental radica en que fija la hemoglobina de la sangre dificultando el aporte de O_2 (oxígeno) a los tejidos. En altas concentraciones puede sobrevenir rápidamente una fatalidad a partir de unas 5.000 ppm. En casos graves se pueden producir trastornos respiratorios, asfixia, alteraciones del ritmo cardíaco, del sistema cardiovascular, paralización muscular progresiva etc.

Los límites de exposición ocupacional son los siguientes:

VALORES LÍMITE	PARÁMETROS
25 ppm	TLV-TWA

Tabla 5.1.3.1. Límites de exposición ocupacional del monóxido de carbono

A temperaturas entre 400 y 800°C se disocia en carbono y anhídrido carbónico con los riesgos que esta sustancia tiene de asfixiante por desplazar el oxígeno del aire. Las reacciones de combustión del monóxido de carbono son además, fuertemente exotérmicas, es decir, se producen con gran desprendimiento de calor.

5.1.4. Fugas y derrames

El petróleo y los productos derivados del petróleo usados en la Refinería pueden dar lugar a fugas y derrames que no tratados adecuadamente podría generar un incendio o explosión. Por ello:

- Si ve una fuga de combustible adviértalo inmediatamente.
- Cuando tenga que purgar un equipo con producto abra la válvula lentamente para evitar un flujo violento.
- Si produce fuga de hidrocarburos ligeros aproxime una lanza de vapor para dispersarla.
- Tome toda clase de precauciones para evitar derrames al abrir tuberías o equipos.

5.1.5. Aditivos

En la Refinería, independientemente de los productos que provienen de la destilación del crudo, líquidos inflamables, gases tóxicos y cáusticos, existen otros productos que se adicionan al proceso y que pueden ser peligrosos. Estos productos son los bombeados por los equipos de dosificación y tienen unas fichas de seguridad que informan sobre las precauciones a tener en cuenta si se tiene que trabajar con ellos.

Siga estrictamente todas las recomendaciones en especial las relacionadas con el uso de equipos de protección individual.

Compruebe que los recipientes que los contienen estén en buen estado y correctamente etiquetados, siendo visible el nombre del producto y las instrucciones de manejo.

Siempre que vaya a abrir un drenaje, equipo o alguna brida compruebe que no hay presión y prevea los medios de recogida del producto que se pudiera verter, para respetar así el Medio Ambiente.

5.1.6. Productos corrosivos

En la Refinería se utilizan para muchas operaciones productos corrosivos, principalmente ácido sulfúrico y sosa (hidróxido sódico). En los lugares de planta donde se almacenan existen en sus proximidades armarios que contienen un traje anti salpicaduras, guantes y botas anticorrosivas, y casco con pantalla facial. Utilícelos siempre que vaya a realizar un trabajo donde haya riesgo de contacto.

Mientras se descarguen cisternas con estos productos o se realicen trasiegos no trabaje en los alrededores.

Tenga cuidado de que no incidan los productos sobre tuberías de acero, pueden producir desprendimiento de un gas inflamable (H_2).

5.1.7. Ácido fluorhídrico (HF)

El ácido fluorhídrico es utilizado como catalizador de las reacciones de alquilación que se producen en la correspondiente Unidad. Dada su peligrosidad el acceso a dicha unidad está restringido y se necesita un permiso de trabajo específico para trabajar en ella.

Los límites de exposición ocupacional son los siguientes:

VALORES LÍMITE	PARÁMETROS
3 ppm	VLA - EC
1,8 ppm	VLA - ED
30 ppm	IPVS
0,5 ppm	TLV - TWA
2 ppm	TLV - STEEL

Tabla 5.1.7.1. Límites de exposición ocupacional del ácido fluorhídrico

Es un líquido corrosivo que vaporiza fácilmente en la atmósfera (punto de ebullición 20°C) siendo extremadamente peligroso tanto en estado líquido como vapor, atacando la piel y otros tejidos provocando quemaduras graves.

Tiene un olor picante e irritante, y por inhalación provoca quemaduras en el aparato respiratorio acompañadas de congestión.

Igualmente tiene un efecto tóxico específico del ion fluoruro por el cual reacciona con el calcio reduciendo la concentración de esta sustancia en el organismo.

Por lo tanto el HF es un material potencialmente muy peligroso pero que puede ser manejado con seguridad siempre que se sigan estrictamente las directrices dadas, incluidas las de Primeros Auxilios para el improbable caso de contactos.

La unidad de Alquilación está rodeada por una doble cadena roja y blanca, de la que cuelgan carteles advirtiendo de la peligrosidad del HF, para evitar el acceso no autorizado. Sólo personal que haya recibido entrenamiento específico en la unidad podrá ser autorizado a entrar dentro, y siempre que vaya protegido con el equipo recomendado.

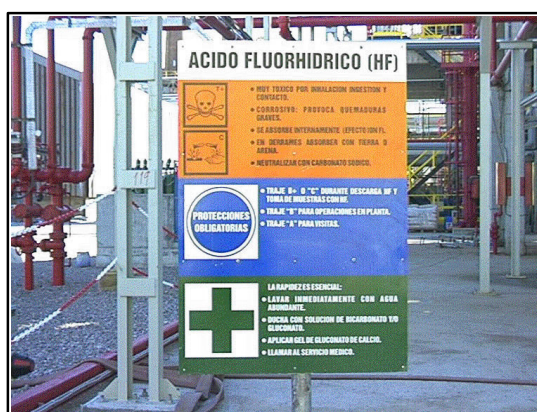


Ilustración 5.1.7.1. Cartel de aviso de presencia de HF

5.1.8. Amoníaco (NH₃)

La planta petroquímica anexa a la Refinería (UBE) utiliza el amoníaco en grandes cantidades para su proceso, disponiendo además de dos esferas de gran capacidad para su almacenamiento. Una fuga procedente de sus instalaciones puede incidir de forma importante en la Refinería llegando incluso a poner en marcha el Plan de Auto protección (PAU), por lo que es importante el conocer algunas de las características de tal producto.

Los límites de exposición ocupacional son los siguientes:

VALORES LÍMITE	PARÁMETROS
20 ppm	TLV-TWA y VLA-ED
50 ppm	TLV-STEL y VLA-EC
300 ppm	IPVS

Tabla 5.1.8.1. Límites de exposición ocupacional del amoníaco

El amoníaco es un gas licuado corrosivo para los ojos, la piel y el sistema respiratorio así como tóxico por inhalación. En caso de concentraciones bajas, que es lo esperable en Refinería, se deberán utilizar máscaras con filtros K o polivalente (cuando

no haya deficiencia de oxígeno) o lo que es más efectivo evacuar el área de acuerdo con lo dispuesto en el PAU.

En caso de fuego pueden producirse humos tóxicos por descomposición por lo que podría ser necesario en esos casos utilizar equipo de protección respiratoria.

Los escapes de vapores se pueden reducir con agua lanzada en forma de niebla o pulverizada. Se puede regar también abundantemente el área afectada.

5.1.9. Nitrógeno (N₂)

El nitrógeno es un gas inerte lo cual podría conducir a cierta confusión pues el que sea inerte no significa que esté exento de riesgos, que podrían llegar a ser críticos en caso de que una persona entrara en un recipiente conteniendo una alta concentración del mismo.

El nitrógeno es por tanto un gas asfixiante en altas concentraciones y algo más ligero que el aire; no tiene color ni olor. El nitrógeno desplaza el oxígeno del aire produciendo asfixia cuyos síntomas son: aumento en la velocidad de respiración, fatiga y náuseas que conducen a la pérdida de conocimiento y muerte. A altas concentraciones puede ocurrir una pérdida de consciencia casi instantánea seguida de muerte.

Si viera a alguien que se desvanece no se exponga a una situación de riesgo tratando de rescatar a la persona, especialmente si ha ocurrido en un espacio confinado. Consiga antes equipos autónomos de respiración.

El nitrógeno se utiliza ampliamente en Refinería para realizar barridos de hidrocarburos en tanques, líneas y recipientes (donde por los materiales no se puede usar vapor de agua), previamente a llevar a cabo labores de mantenimiento. Cualquier equipo que contenga una atmósfera de nitrógeno debe ser claramente identificado. **No se deberá entrar en uno de estos equipos bajo ninguna circunstancia a menos que se lleve equipo autónomo.**

5.1.10. Radiación

La radiografía industrial es efectuada en la Refinería por varias razones como: controlar especificaciones de tubería, espesores, soldaduras, etc. Las fuentes radiactivas son también utilizadas en muchas áreas para proporcionar mediciones de nivel en recipientes, así como en el Laboratorio y casetas de analizadores para medición de determinadas variables.

Las radiografías son efectuadas exclusivamente por los radiólogos que son los responsables de llevar un estricto control sobre el manejo de la fuente radiactiva así como sobre la señalización y acordonamiento de las áreas donde vaya a tener lugar.

El perímetro del área controlada deberá estar bajo la vigilancia de otros trabajadores que eviten que alguien inadvertidamente pueda entrar dentro del área. En cualquier caso el área estará acordonada con los triángulos de peligro radiación.

5.1.11. Dióxido de azufre

El dióxido de azufre es un gas incoloro, de olor acre, más denso que el aire que puede aparecer en zonas altas de la estructura de las cámaras de coque de la unidad de Coquización retardada procedente de las antorchas en caso de paradas inesperadas de las Plantas de Azufre.

Los riesgos para la salud son: irritación en el tracto respiratorio y lesiones en la piel y en los ojos.

Es por ello que **será obligatorio** el uso de detector personal de Dióxido de azufre en las partes altas de la estructura de las cámaras de Coque, a partir de la plataforma de cambio de cámaras (“operating deck”), situada a 25 metros sobre el nivel del suelo.

Los límites de exposición ocupacional son los siguientes:

VALORES LÍMITE	PARÁMETROS
2 ppm	VLA-ED
5 ppm	VLA-EC
100 ppm	IPVS

Tabla 5.1.11.1. Límites de exposición ocupacional del dióxido de azufre

5.1.12. Polvo de carbon (Coque)

Esta sustancia no está clasificada como peligrosa, pero puede generar ciertos riesgos.

El producto almacenado en una parva o montón de grandes dimensiones puede incrementar su temperatura y arder espontáneamente.

La manipulación y/o procesamiento de este material puede generar un polvo que en determinadas circunstancias es susceptible de provocar irritación mecánica de los ojos, piel, nariz y garganta.

5.1.13. Descarga a las Antorchas

Para evitar los riesgos de exposición a radiación térmica, cuando se produzca una importante descarga continua en las antorchas, se avisará por Megafonía de Planta sobre la necesidad de interrumpir los trabajos y evacuar las unidades que se indiquen.

5.1.14. LPG

Son hidrocarburos ligeros que normalmente se almacenan o trasiegan en estado líquido, pero que a presión atmosférica tienden a evaporarse. Están incluidos dentro de este grupo el metano, propano y el butano entre otros.

Pequeñas cantidades de vapores mezclados con el aire forman rápidamente una mezcla explosiva, generalmente más densa que el aire, por lo que tenderá a acumularse en las zonas bajas. Al vaporizarse el LPG, durante el proceso de expansión sufre un fuerte enfriamiento que puede provocar quemaduras.

Los recipientes que contengan LPG líquido pueden presurizarse por encima de su presión de diseño si se encuentran bloqueados y se exponen al calor.

5.1.15. Riesgos eléctricos

➤ Trabajo en equipo eléctrico

Los pasos para trabajar en equipo eléctrico son:

1. Apertura de todas las fuentes de tensión.
2. Bloqueo de los aparatos de corte.
3. Verificar ausencia de tensión.
4. Puesta a tierra y en cortocircuito.
5. Delimitar y señalizar la zona de trabajo.

Los trabajos en equipo eléctrico con tensión, de energización o desenergización sólo podrán ser desarrollados por personal cualificado para el trabajo y siempre autorizado por BP.

➤ Electricidad estática

La fricción entre materiales (líquidos, sólidos...) con distinta conductividad provoca una diferencia de carga entre sus superficies que puede resultar en una chispa.

Fuentes de generación de electricidad estática típicas en planta	Medidas para prevenir su generación y descarga incontrolada
La ropa por rozamiento con objetos	Uso obligatorio de ropa antiestática
Durante el trasiego de productos, especialmente si alguno de los elementos (depósito inicial, final o conducto/manguera) es metálico	- Puesta a tierra de equipos, cisternas, etc... - Uso de mangueras con conductividad eléctrica

Tabla 5.1.15.1. Fuentes de generación y medidas para prevenir la electricidad estática

5.2. Primeros auxilios

Si advierte un accidente:

- Avise, lo antes posible a su encargado y a la clínica de la Refinería, y al Jefe de Turno.
- En las heridas, practique una compresión con una venda o paño limpio.
- En las quemaduras, lávelas inmediatamente con abundante cantidad de agua.
- En las fracturas, no mueva al accidentado, excepto cuando la peligrosidad del lugar lo haga necesario.
- Si se ha producido una electrocución, con parada cardio-respiratoria, corte la corriente eléctrica e inicie inmediatamente las maniobras de RCP (respiración artificial y masaje cardiaco).
- En general, procure:
 - No mover a la víctima
 - Evitar que el frío o el calor afecte al accidentado
 - No dar de beber nada al paciente (prohibido si está inconsciente)



Tabla 5.2.1. Ducha de auxilio dentro de la planta de la refinería

Sección 6: Faltas y sanciones

Las infracciones a las normas establecidas por BP Oil Refinería de Castellón se clasifican como faltas, que atendiendo a su graduación podrán ser: leves, graves y muy graves.

6.1. Faltas

➤ Faltas leves

- El mal uso o descuido intencionado en la conservación del material o en las prendas facilitadas por BP Oil.
- La inobservancia de las normas elementales de educación respecto a empleados de BP Oil, supervisores, así como a compañeros y/o demás trabajadores en general.
- El aparcar en lugares no autorizados dentro del recinto de planta.
- El aparcar en calles o avenidas fuera de los aparcamientos autorizados, sin dejar el vehículo abierto y las llaves puestas.
- No llevar la tarjeta de identificación.
- No realizar la correspondiente segregación de los residuos y no depositarlos en el recipiente adecuado.
- No informar u ocultar un incidente leve.
- Las infracciones de las normas de Seguridad, Salud y Medio Ambiente cuando no se derive riesgo o perjuicio para las Instalaciones de la Refinería, o riesgo de accidente para el autor o para cualquier otra persona.
- La complicidad o encubrimiento de faltas leves.

➤ Faltas graves

- Las infracciones de las normas de Seguridad, Salud y Medio Ambiente cuando se derive riesgo o perjuicio grave para las Instalaciones de la Refinería, o riesgo de accidente para el autor o para cualquier otra persona.

- La desobediencia a los empleados de BP Oil en materia de Seguridad, Salud o Medio Ambiente y en general a sus Supervisores.
 - No informar u ocultar un incidente grave.
 - La pérdida o falta grave de cuidado en la utilización de las prendas, máquinas, herramientas, aparatos o utensilios facilitados por BP Oil, o la utilización de aquellos sabiendo que no están en buenas condiciones de funcionamiento y sin haber dado cuenta de ello a quien corresponda.
 - El introducir un vehículo dentro del área de proceso o tancaje sin el correspondiente permiso de trabajo en caliente, o aparcar el vehículo entorpeciendo el acceso a equipo o material contra incendios (hidrantes, garaje contraincendios...).
 - No respetar las señales de tráfico existentes en el interior del recinto de Refinería.
 - La reiteración de la comisión de faltas leves, entendiéndose por reiteración cuando el autor haya sufrido dos o más sanciones por faltas leves en los tres meses anteriores.
- Faltas muy graves
- Las infracciones de las normas de Seguridad, Salud y Medio Ambiente cuando se derive riesgo muy grave para las Instalaciones de la Refinería, o riesgo de accidente para el autor o cualquier otra persona.
 - La desobediencia a empleados de BP en materia de Seguridad, Salud y Medio Ambiente, cuando se derive riesgo o perjuicio para las Instalaciones de Refinería o riesgo de accidente para el autor o para cualquier otra persona.
 - Originar riñas, pendencias o proferir amenazas a empleados de BP, Supervisores y/o compañeros u otros trabajadores en general.
 - Simular accidente de trabajo para amparar lesiones sufridas fuera del mismo.
 - Fumar en las zonas en que esté prohibido por razones de seguridad.
 - No informar u ocultar un accidente laboral.

- Malos tratos de palabra u obra a los empleados de BP, Supervisores y/o compañeros u otros trabajadores en general, así como la falta de respeto y consideración debidos tanto a unos como a otros.
- Conducción temeraria y/o exceso de velocidad, así como no respetar las señales de tráfico cuando de ello se pueda derivar daño a las personas y/o instalaciones.
- Consumir bebidas alcohólicas/drogas dentro de planta o tratar de introducirlas.
- Cualquier delito contra la propiedad cometido en las instalaciones de BP Oil.
- La reiteración de faltas graves, entendiéndose que hay reiteración cuando en los seis meses inmediatamente anteriores a la comisión del hecho, el autor hubiese sido sancionado otra o más veces por falta grave.
- La toma de imágenes de las instalaciones por cualquier medio (teléfono móvil, cámara de fotos, vídeo, etc.) es motivo de expulsión.

6.2. Sanciones

Las faltas enumeradas anteriormente se sancionarán atendiendo a la mayor o menor peligrosidad, malicia, repercusión y demás circunstancias que concurran, según la valoración de Seguridad de la Refinería con los siguientes tipos de sanciones para toda clase de ellas:

➤ Por faltas leves:

- Amonestación privada por escrito al trabajador.
- Multa de 60 a 600 euros a la empresa contratista.

➤ Por faltas graves:

- Amonestación privada por escrito, advirtiendo que otra falta grave en los seis meses siguientes supondría la retirada definitiva de la tarjeta de acceso a Planta.
- Multa de 600 a 3.000 euros.

➤ Por faltas muy graves:

- Retirada de la tarjeta de acceso de forma definitiva.
- Multa de 3.000 a 15.000 euros.

La sanción de las faltas requerirá comunicación escrita con acuse de recibo al trabajador por parte de su empresa, haciendo constar la fecha y los hechos que la motivan y dando cuenta también a la supervisión de BP Oil.

Las sanciones económicas serán deducidas del importe de un contrato en vigor con la empresa del contratista/ subcontratista, con el límite del 5% del importe de dicho contrato.

7.5. Anexo SS-5. Tarjeta de desconexión eléctrica

<p>CAMPO</p> <p>Se ha desconectado el equipo eléctrico en el campo. El equipo ha sido asegurado y su funcionamiento ha sido verificado. El equipo no debe ser energizado hasta que se haya autorizado por escrito el personal de mantenimiento y el personal de operaciones.</p> <p>Para desconectar:</p> <p>Ubicación: <input type="text"/> Estado: <input type="text"/> Control: <input type="text"/></p> <p>Descripción del equipo que se va a desconectar: <input type="text"/></p> <p>Ha sido energizado el equipo a lo largo de su vida útil: <input type="text"/></p> <p>Fecha: <input type="text"/> Hora: <input type="text"/></p> <p>Al energizar:</p> <p>Se ha asegurado el equipo: <input type="text"/></p> <p>Se ha verificado el estado: <input type="text"/></p> <p>Se ha autorizado por escrito: <input type="text"/></p> <p>Nombre y firma: <input type="text"/></p> <p>Fecha: <input type="text"/></p> <p>Estado: <input type="text"/></p> <p>Control: <input type="text"/></p> <p>Se ha autorizado por escrito: <input type="text"/></p> <p>Nombre y firma: <input type="text"/></p> <p>Fecha: <input type="text"/></p> <p>Estado: <input type="text"/></p> <p>Control: <input type="text"/></p> <p>Se ha autorizado por escrito: <input type="text"/></p> <p>Nombre y firma: <input type="text"/></p> <p>Fecha: <input type="text"/></p> <p>Estado: <input type="text"/></p> <p>Control: <input type="text"/></p>	<p>SUBESTACION</p> <p>Se ha desconectado el equipo eléctrico en la subestación. El equipo ha sido asegurado y su funcionamiento ha sido verificado. El equipo no debe ser energizado hasta que se haya autorizado por escrito el personal de mantenimiento y el personal de operaciones.</p> <p>Para desconectar:</p> <p>Ubicación: <input type="text"/> Estado: <input type="text"/> Control: <input type="text"/></p> <p>Descripción del equipo que se va a desconectar: <input type="text"/></p> <p>Ha sido energizado el equipo a lo largo de su vida útil: <input type="text"/></p> <p>Fecha: <input type="text"/> Hora: <input type="text"/></p> <p>Al energizar:</p> <p>Se ha asegurado el equipo: <input type="text"/></p> <p>Se ha verificado el estado: <input type="text"/></p> <p>Se ha autorizado por escrito: <input type="text"/></p> <p>Nombre y firma: <input type="text"/></p> <p>Fecha: <input type="text"/></p> <p>Estado: <input type="text"/></p> <p>Control: <input type="text"/></p> <p>Se ha autorizado por escrito: <input type="text"/></p> <p>Nombre y firma: <input type="text"/></p> <p>Fecha: <input type="text"/></p> <p>Estado: <input type="text"/></p> <p>Control: <input type="text"/></p>	<p>SALA DE CONTROL</p> <p>Se ha desconectado el equipo eléctrico en la sala de control. El equipo ha sido asegurado y su funcionamiento ha sido verificado. El equipo no debe ser energizado hasta que se haya autorizado por escrito el personal de mantenimiento y el personal de operaciones.</p> <p>Para desconectar:</p> <p>Ubicación: <input type="text"/> Estado: <input type="text"/> Control: <input type="text"/></p> <p>Descripción del equipo que se va a desconectar: <input type="text"/></p> <p>Ha sido energizado el equipo a lo largo de su vida útil: <input type="text"/></p> <p>Fecha: <input type="text"/> Hora: <input type="text"/></p> <p>Al energizar:</p> <p>Se ha asegurado el equipo: <input type="text"/></p> <p>Se ha verificado el estado: <input type="text"/></p> <p>Se ha autorizado por escrito: <input type="text"/></p> <p>Nombre y firma: <input type="text"/></p> <p>Fecha: <input type="text"/></p> <p>Estado: <input type="text"/></p> <p>Control: <input type="text"/></p> <p>Se ha autorizado por escrito: <input type="text"/></p> <p>Nombre y firma: <input type="text"/></p> <p>Fecha: <input type="text"/></p> <p>Estado: <input type="text"/></p> <p>Control: <input type="text"/></p>
--	--	--

Reverso

<p>TARJETA SALA DE CONTROL</p> <p>TARJETA DE DESCONEXION ELECTRICA HAY PERSONAS TRABAJANDO EN ESTE CIRCUITO / EQUIPO</p> <p>ATENCION</p> <p>DEJAR ESTA TARJETA EN SALA DE CONTROL, HASTA QUE EL EQUIPO HAYA SIDO ENERGIZADO, REPARAR ENTONCES LAS TRES TARJETAS Y DESTRUIRLAS.</p>	<p>TARJETA DE SUBESTACION</p> <p>TARJETA DE DESCONEXION ELECTRICA HAY PERSONAS TRABAJANDO EN ESTE CIRCUITO / EQUIPO</p> <p>ATENCION</p> <p>NO RETIRAR ESTA TARJETA NI ENERGIZAR EL EQUIPO HASTA QUE EL TRABAJO EN ESTE EQUIPO HAYA SIDO FINALIZADO Y SE HAYA ENTREGADO LA TARJETA DE CAMPO.</p>	<p>TARJETA DE CAMPO</p> <p>TARJETA DE DESCONEXION ELECTRICA HAY PERSONAS TRABAJANDO EN ESTE CIRCUITO / EQUIPO</p> <p>ATENCION</p> <p>ESTA TARJETA SOLO PUEDE SER ENTREGADA POR EL PERSONAL DE SUPERVISION DEL TRABAJO EN CUALQUIER MOMENTO.</p>
--	---	---

7.6. Fichas de seguridad de aditivos

7.1.1. Anexo SS-6. Ficha de seguridad del ácido sulfúrico

7.1.2. Anexo SS-7. Ficha de seguridad del producto NALCO-Eliminox

7.1.3. Anexo SS-8. Ficha de seguridad del producto NALCO-72210

7.1.4. Anexo SS-8. Ficha de seguridad del producto NALCO-1810

1. IDENTIFICACION DE LA SUSTANCIA/PREPARADO Y DE LA EMPRESA**Fórmula Química:**H₂SO₄**Otros Nombres:**

Sulfato de hidrógeno, aceite de vitriolo.

Números de Registro:

N° CAS : 7664-93-9

N° CE : 231-639-5

N° Orden: 016-020-00-8

Código:

67300 ACIDO SULFURICO 98/99%

Suministrador:BRENNTAG QUIMICA, S.A.
CTRA.MADRID-CADIZ, KM.554,400
DOS HERMANAS

SEVILLA

Tlfno.Contacto:(95) 491 94 00

Características:

Líquido aceitoso, denso, fuertemente corrosivo, de incoloro a pardo oscuro dependiendo de su pureza. Miscible con agua en todas las proporciones.

Al mezclarlo con agua debe hacerse con mucha precaución pues, se produce una reacción muy exotérmica, causando salpicaduras explosivas. Siempre añadir el ácido al agua "nunca" al revés.

2. COMPOSICION/INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES**Composición:**

Acido sulfúrico 98%.

INFORMACION DE SEGURIDAD: (REV.04 | 31/01/2000)

3. IDENTIFICACION DE PELIGROS.

Al contacto con la piel y mucosas, produce una fuerte deshidratación con gran desprendimiento de calor, dando lugar a quemaduras térmicas.

Por ingestión produce quemaduras y destrucción de las mucosas del aparato digestivo, con peligro de perforación.

En contacto con los ojos, puede provocar quemaduras graves, profundas y dolorosas.

4. PRIMEROS AUXILIOS.***Contacto con los ojos.-**

Lavar con abundante agua al menos durante 15 minutos, manteniendo los párpados bien abiertos. Acudir al médico inmediatamente.

***Contacto con la piel.-**

Despojarse de ropas contaminadas, secar cuidadosa y rápidamente el exceso de producto y lavar con abundante agua las zonas afectadas.

Acudir al médico inmediatamente.

*Inhalación.-

Sacar al lesionado al aire libre y mantenerlo en reposo. Si fuera necesario aplicar respiración artificial.

Acudir al médico.

*Ingestión.-

Si la víctima está consciente, apartarle de la fuente tóxica, aclararle la boca con abundante agua fresca y dar a beber abundante agua. Acostar a la víctima con el cuerpo elevado, no permitiéndole que realice ningún esfuerzo inútil. No provocar el vómito y requerir atención médica inmediata.

Si la víctima está inconsciente, acostarla, tapparla y administrarle oxígeno a baja presión. Requerir atención médica urgente.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS.

Aunque el ácido sulfúrico no es inflamable, su acción corrosiva sobre numerosos metales provoca desprendimiento de hidrógeno el cual puede provocar incendios o explosivos.

Nunca debe trabajarse en un recipiente que hubiera contenido ácido sulfúrico sin asegurarse de la ausencia de hidrógeno.

Trabajos de soldaduras o corte son peligrosos con restos de ácido sulfúrico.

MEDIOS DE EXTINCION.

Un fuego donde esté presente el ácido sulfúrico puede ser extinguido con polvo.

Utilizar agua pulverizada para enfriar los recipientes expuestos al fuego, pero se interrumpirá su uso si se detecta fuga de ácido.

¡Atención! Los recipientes cerrados pueden reventar por formación de gases.

RIESGOS ESPECIALES.

NO USAR NUNCA AGUA SI EXISTE RIESGO DE QUE CAIGA AGUA SOBRE EL ACIDO SULFURICO, DEBIDO AL PELIGRO DE REACCION EXOTERMICA, EXTREMADAMENTE GRAVE Y VIOLENTA.

El ácido sulfúrico sometido a altas temperaturas puede desprender gases peligrosos como anhídrido sulfúrico (SO₃), anhídrido sulfuroso (SO₂), oxígeno.

EQUIPO PROTECTOR.

El equipo debe prevenir cualquier contacto de la piel y ojos con el producto que se pueda derramar: Pantalla facial, gafas, botas, guantes y traje tipo antiácido. Equipo de respiración autónoma o mascarilla.

6. MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL.

PRECAUCIONES PERSONALES.

Evitar todo contacto con la piel, ojos y ropa.

Evitar respirar los vapores.

Extinguir llamas, evitar chispas, no fumar.

USAR.

Prendas adecuadas, guantes resistentes a productos químicos, gafas de seguridad con protección lateral y máscara respiratoria.

Donde las concentraciones en aire puedan exceder los límites indicados en esta ficha de datos de seguridad (TLV/TWA) (TLV/STEL) (apartado n° 11 de esta ficha de seguridad), serán necesarios equipos respiratorios.

PRECAUCIONES PARA LA PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE Y METODOS DE LIMPIEZA DERRAMES EN TIERRA.-

Mantener al público alejado. Impedir que continúe el vertido. Avisar a las autoridades si la sustancia llega a un curso de agua o alcantarillado, o si ha contaminado el suelo o vegetación.

Contener el líquido con tierra o arena (no absorberlo con productos orgánicos, por ejemplo: serrín, trapos, etc.).

Consultar a un experto en destrucción o reciclaje de productos y asegúrese de que se hace de conformidad con las leyes locales.

DERRAMES EN AGUA.-

Avisar a los otros navegantes. Notificar al puerto o autoridad relevante y mantener al público alejado. Parar el derrame y confinarlo si es posible.

Consultar a un experto en destrucción del materia recogido y asegurarse de estar en conformidad con las leyes de residuos locales.

7. MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO.

MANIPULACION.

Las diluciones con agua siempre deben de hacerse añadiendo lentamente el ácido en el agua, en pequeñas cantidades y en constante agitación.

¡MUY IMPORTANTE!: NO ECHAR NUNCA AGUA SOBRE EL ACIDO.

Siempre que sea posible, se usarán aparatos de mezcla apropiados.

Manejar en lugar bien ventilado.

Proteger de fuentes de ignición. No fumar.

Evitar cualquier contacto con metales en polvo, materia orgánica, reductores (riesgo de incendio o explosión).

USAR.

Prendas adecuadas, guantes resistentes a productos químicos, gafas de seguridad con protección lateral y máscara respiratoria.

ALMACENAMIENTO.

Debe almacenarse en lugar bien ventilado, al abrigo de la humedad y de la luz.

Almacenar lejos de la acción directa del sol de y de otras fuentes de calor.

Se deben prever sistemas de calentamiento de tanque y líneas cuando exista riesgo de congelación del producto (ver datos de puntos de fusión en el apartado 9 de esta ficha de seguridad).

Los productos tales como los cloratos, cromatos, cianuros, etc, se mantendrán alejados de los sitios de almacenaje.

MATERIALES ADECUADOS PARA ALMACENAMIENTO:

ACIDO CONCENTRADO (>96%).-

Los tanques de almacenamiento pueden ser de acero al carbono o acero inoxidable de espesor adecuado. Se debe prestar atención al producto de

la parte superior del tanque pues la absorción de humedad puede crear concentraciones locales menores del 96% pudiendo atacar al material del tanque. Es recomendable colocar absorbedores de humedad en los venteos del tanque.

Para envasado del producto (por ejemplo 25 litros, etc) se pueden utilizar recipientes de polietileno de alta densidad o polipropileno, de espesor adecuado, debiendo realizar controles periódicos sobre los mismos ya que el producto puede atacar el material con el tiempo.

CONCENTRACIONES INTERMEDIAS (40-96%).-

A medida que disminuye la concentración aumenta la compatibilidad con algunos materiales plásticos y disminuye la compatibilidad con materiales metálicos. Debido a que no se pueden establecer reglas fijas, se debe consultar cada caso concreto.

CONCENTRACIONES INFERIORES A 40%.-

Puede almacenarse en recipientes de polietileno de alta densidad, polipropileno, poliéster antiácido reforzado con fibra de vidrio, etc., de espesor adecuado.

8. CONTROLES DE EXPOSICION/PROTECCION PERSONAL.

CONTROLES DE EXPOSICION.

Manejar en lugar bien ventilado.

PROTECCION PERSONAL.

*Ojos.- Gafas de seguridad con protección lateral.

*Inhalatoria.- Máscara respiratoria.

*Cutánea.- Evitar todo contacto con la piel con medidas adecuadas.

*Oral.- Evitar la ingestión.

9. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.

Aspecto: Líquido incoloro o ligeramente coloreado pardo o blanquecino

Olor: Inodoro.

Punto de ebullición: 280°C

Punto de fusión: 0°C (producto al 98%).

10,5°C (producto al 100%).

Punto de inflamación: No inflamable.

Presión de vapor: < 0,001 mm Hg.

Densidad (a 20°C): 1,836 gr/cc.

Solubilidad en agua: miscible en todas proporciones.

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD.

ESTABILIDAD.

Evitar contacto con humedad atmosférica, agua y materia orgánica puesto que da lugar a reacciones peligrosas.

CONDICIONES A EVITAR.

Se produce descomposición térmica por el calor en anhídrido sulfúrico y agua y a su vez el anhídrido sulfúrico en anhídrido sulfuroso y oxígeno.

MATERIAS A EVITAR.

Reacciona violentamente con materiales combustibles o reductores, materia orgánica, bases, percloratos, permanganato, agua, soluciones alcalinas, etc.

PRODUCTOS DE DESCOMPOSICION PELIGROSOS.

Calor, anhídrido sulfuroso e hidrógeno.

Al reaccionar con metales se desprende hidrógeno que es inflamable y forma mezclas explosivas con el aire.

11. INFORMACION TOXICOLOGICA.

*Contacto con los ojos.-

Puede causar quemaduras graves, profundas y dolorosas. Los síntomas son: enrojecimiento, dolor y visión borrosa.

*Contacto con la piel.-

Provoca irritaciones y quemaduras y en contacto prolongado puede producir dermatosis.

*Inhalación.-

Los vapores irritan los ojos, nariz, garganta y tracto respiratorio superior, así como erosión de los dientes y ulceración de la boca.

Altas concentraciones en el aire pueden causar estornudos, tos, dificultad para respirar y edema laríngeo, traqueobronquial y pulmonar, posiblemente con graves consecuencias.

*Ingestión.-

Provoca quemaduras graves de la boca y garganta, perforación del esófago o estómago, náuseas y vómitos de sangre, tejido erosionado y posiblemente la muerte.

Los valores límites de exposición son:

TLV/TWA : 1 mg/m³.

TLV/STEL: 3 mg/m³.

Toxicidad aguda.-

DL50 (ingestión): 2140 mg/kg.

LCL0 (inhalación): 178 ppm (7 horas).

12. INFORMACION ECOLOGICA.

El producto no debe ser vertido al desagüe general sin un tratamiento previo.

PERSISTENCIA Y DEGRADABILIDAD.

Evitar toda contaminación en gran escala de suelo y agua.

Si el producto ha penetrado en un curso de agua o alcantarilla, o si ha contaminado el suelo o vegetación, avisar a las autoridades.

13. CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACION.

Pequeñas cantidades se pueden neutralizar, previa dilución, con álcalis diluidos.

LA DILUCION SIEMPRE SE HARA AÑADIENDO PEQUEÑAS CANTIDADES DE ACIDO

SOBRE GRANDES CANTIDADES DE AGUA.

El método de eliminación final estará de acuerdo con los requisitos de la normativa vigente. En ausencia de tal legislación y si se cree necesario, se consultará a las autoridades locales.

14. INFORMACION RELATIVA AL TRANSPORTE.

CLASIFICACION INTERNACIONAL PARA EL TRANSPORTE.

MAR (IMO): Clase: 8. IMDG: 8230.
Etiqueta de clase: 8.
Nombre apropiado para el transporte: Acido sulfúrico con más del 51% de ácido.

FERROCARRIL (RID): Clase: 8. Item: 1 b).
Etiqueta de peligro: 8.
Paneles naranja: 80 (1830).
Nombre apropiado para el transporte: Acido sulfúrico con más del 51% de ácido.

CARRETERA (ADR): Clase: 8. Item: 1 b).
Etiqueta de peligro: 8.
Paneles naranja: 80 (1830).
Nombre apropiado para el transporte: Acido sulfúrico con más del 51% de ácido.

NACIONES UNIDAS: Número ONU: 1830.

15. INFORMACION REGLAMENTARIA.

Clase: Pictograma: Corrosivo (C).

Frases R:

R-35 : Provoca quemaduras graves.

Frases S:

S-1/2: Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.
S-26 : En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
S-30 : No echar jamás agua a este producto.
S-45 : En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta).

16. OTRA INFORMACION.

Estas informaciones corresponden al estado actual de nuestros conocimientos y se suministra de buena fe. Sin embargo, corresponde al usuario la responsabilidad de cerciorarse que el producto es apropiado para el uso particular al que se le destina y se manipula de acuerdo la legislación aplicable, tanto local como nacional.



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

NALCO ELIMIN-OX®

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

1. CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

PRODUCT NAME : **NALCO ELIMIN-OX®**

APPLICATION : OXYGEN SCAVENGER

COMPANY IDENTIFICATION :
Nalco Company
1601 W. Diehl Road
Naperville, Illinois
60563-1198

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S) : (800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

NFPA 704M/HMIS RATING

HEALTH : 2/2 FLAMMABILITY : 0/0 INSTABILITY : 0/0 OTHER :
0 = Insignificant 1 = Slight 2 = Moderate 3 = High 4 = Extreme * = Chronic Health Hazard

2. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Our hazard evaluation has identified the following chemical substance(s) as hazardous.

Hazardous Substance(s)	CAS NO	% (w/w)
Carbohydrazide	497-18-7	5.0 - 10.0

3. HAZARDS IDENTIFICATION

EMERGENCY OVERVIEW

WARNING

May cause sensitization by skin contact.

Do not get in eyes, on skin, on clothing. Do not take internally. Use with adequate ventilation. In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek medical advice. After contact with skin, wash immediately with plenty of water. Protect product from freezing.

Wear chemical resistant apron, chemical splash goggles, impervious gloves and boots.

May evolve oxides of carbon (COx) under fire conditions. May evolve oxides of nitrogen (NOx) under fire conditions.

PRIMARY ROUTES OF EXPOSURE :

Eye, Skin

HUMAN HEALTH HAZARDS - ACUTE :

EYE CONTACT :

May cause irritation with prolonged contact.

SKIN CONTACT :

May cause irritation with prolonged contact. Prolonged or frequently repeated skin contact may cause allergic reactions in some individuals.



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

NALCO ELIMIN-OX®

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

INGESTION :

Not a likely route of exposure. No adverse effects expected.

INHALATION :

Not a likely route of exposure. No adverse effects expected.

AGGRAVATION OF EXISTING CONDITIONS :

A review of available data does not identify any worsening of existing conditions.

HUMAN HEALTH HAZARDS - CHRONIC :

Repeated or prolonged contact may cause sensitization in some individuals.

4. FIRST AID MEASURES

EYE CONTACT :

Immediately flush eye with water for at least 15 minutes while holding eyelids open. If symptoms develop, seek medical advice.

SKIN CONTACT :

Immediately flush with plenty of water for at least 15 minutes. If symptoms develop, seek medical advice.

INGESTION :

Do not induce vomiting without medical advice. If conscious, washout mouth and give water to drink. Get medical attention.

INHALATION :

Remove to fresh air, treat symptomatically. If symptoms develop, seek medical advice.

NOTE TO PHYSICIAN :

Based on the individual reactions of the patient, the physician's judgement should be used to control symptoms and clinical condition.

5. FIRE FIGHTING MEASURES

FLASH POINT : None

EXTINGUISHING MEDIA :

This product would not be expected to burn unless all the water is boiled away. The remaining organics may be ignitable. Use extinguishing media appropriate for surrounding fire.

FIRE AND EXPLOSION HAZARD :

May evolve oxides of carbon (COx) under fire conditions. May evolve oxides of nitrogen (NOx) under fire conditions.

SPECIAL PROTECTIVE EQUIPMENT FOR FIRE FIGHTING :

In case of fire, wear a full face positive-pressure self contained breathing apparatus and protective suit.



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

NALCO ELIMIN-OX®

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

PERSONAL PRECAUTIONS :

Restrict access to area as appropriate until clean-up operations are complete. Stop or reduce any leaks if it is safe to do so. Do not touch spilled material. Ventilate spill area if possible. Use personal protective equipment recommended in Section 8 (Exposure Controls/Personal Protection). Ensure clean-up is conducted by trained personnel only. Have emergency equipment (for fires, spills, leaks, etc.) readily available. Notify appropriate government, occupational health and safety and environmental authorities.

METHODS FOR CLEANING UP :

SMALL SPILLS: Soak up spill with absorbent material. Place residues in a suitable, covered, properly labeled container. Wash affected area. **LARGE SPILLS:** Contain liquid using absorbent material, by digging trenches or by diking. Reclaim into recovery or salvage drums or tank truck for proper disposal. Contact an approved waste hauler for disposal of contaminated recovered material. Dispose of material in compliance with regulations indicated in Section 13 (Disposal Considerations).

ENVIRONMENTAL PRECAUTIONS :

Do not contaminate surface water.

7. HANDLING AND STORAGE

HANDLING :

Do not get in eyes, on skin, on clothing. Do not take internally. Use with adequate ventilation. Ensure all containers are labeled. Keep the containers closed when not in use. Do not breathe vapors/gases/dust. Have emergency equipment (for fires, spills, leaks, etc.) readily available.

STORAGE CONDITIONS :

Store the containers tightly closed. Store in suitable labeled containers.

SUITABLE CONSTRUCTION MATERIAL :

Brass, Carbon Steel C1018, EPDM, FEP (encapsulated), HDPE (high density polyethylene), Hastelloy C-276, MDPE, Nitrile, PVC, Polyurethane, Polypropylene, Polyethylene, Plexiglass, Perfluoroelastomer, PTFE, Stainless Steel 304, Stainless Steel 316L, TFE, Fluoroelastomer

UNSUITABLE CONSTRUCTION MATERIAL :

Aluminum, Buna-N, Ethylene propylene, Mild steel, Natural rubber, Neoprene, Polytetrafluoroethylene/polypropylene copolymer, Chlorosulfonated polyethylene rubber

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

OCCUPATIONAL EXPOSURE LIMITS :

This product does not contain any substance that has an established exposure limit.

ENGINEERING MEASURES :

General ventilation is recommended.



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

NALCO ELIMIN-OX®

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

RESPIRATORY PROTECTION :

If significant mists, vapors or aerosols are generated an approved respirator is recommended. A suitable filter material depends on the amount and type of chemicals being handled. Consider the use of filter type: Multi-contaminant cartridge. with a Particulate pre-filter. In event of emergency or planned entry into unknown concentrations a positive pressure, full-facepiece SCBA should be used. If respiratory protection is required, institute a complete respiratory protection program including selection, fit testing, training, maintenance and inspection.

HAND PROTECTION :

When handling this product, the use of chemical gauntlets is recommended. The choice of work glove depends on work conditions and what chemicals are handled. Please contact the PPE manufacturer for advice on what type of glove material may be suitable. Gloves should be replaced immediately if signs of degradation are observed.

SKIN PROTECTION :

When handling this product, the use of a chemical resistant suit and rubber boots is recommended.

EYE PROTECTION :

Wear chemical splash goggles.

HYGIENE RECOMMENDATIONS :

Use good work and personal hygiene practices to avoid exposure. Keep an eye wash fountain available. Keep a safety shower available. If clothing is contaminated, remove clothing and thoroughly wash the affected area. Launder contaminated clothing before reuse. Always wash thoroughly after handling chemicals. When handling this product never eat, drink or smoke.

HUMAN EXPOSURE CHARACTERIZATION :

Based on our recommended product application and personal protective equipment, the potential human exposure is: Low

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

PHYSICAL STATE	Liquid
APPEARANCE	Colorless
ODOR	None
SPECIFIC GRAVITY	1.02 @ 68 °F / 20 °C
DENSITY	8.5 - 8.6 lb/gal
SOLUBILITY IN WATER	Complete
pH (1 %)	6.7
VISCOSITY	3.0 cps @ 60 °F / 15.6 °C
FREEZING POINT	28 °F / -2 °C
VAPOR PRESSURE	12 mm Hg @ 68 °F / 20 °C
VOC CONTENT	0.17 % EPA Method 24

Note: These physical properties are typical values for this product and are subject to change.



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

NALCO ELIMIN-OX®

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

10. STABILITY AND REACTIVITY

STABILITY :

Stable under normal conditions.

HAZARDOUS POLYMERIZATION :

Hazardous polymerization will not occur.

CONDITIONS TO AVOID :

At temperatures below 4 °C (40 °F), this product loses its stability and forms precipitates. Once formed, the precipitate cannot be resolubilized and loss of product activity will occur.

MATERIALS TO AVOID :

Contact with strong oxidizers (e.g. chlorine, peroxides, chromates, nitric acid, perchlorate, concentrated oxygen, permanganate) may generate heat, fires, explosions and/or toxic vapors. Contact with strong acids (e.g. sulfuric, phosphoric, nitric, hydrochloric, chromic, sulfonic) may generate heat, splattering or boiling and toxic vapors. Nitrites

HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS :

Under fire conditions: Oxides of carbon, Oxides of nitrogen

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

The following results are for the product.

ACUTE ORAL TOXICITY :

Species: Rat
LD50: > 5,000 mg/kg
Test Descriptor: Product

ACUTE DERMAL TOXICITY :

Species: Rabbit
LD50: > 2,000 mg/kg
Test Descriptor: Product

PRIMARY SKIN IRRITATION :

Species: Rabbit
Draize Score: 0.2 /8.0
Test Descriptor: Product

PRIMARY EYE IRRITATION :

Species: Rabbit
Draize Score: 0.3 /110.0
Test Descriptor: Product



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

NALCO ELIMIN-OX®

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

SENSITIZATION :

Repeated or prolonged contact may cause skin sensitization.

CARCINOGENICITY :

None of the substances in this product are listed as carcinogens by the International Agency for Research on Cancer (IARC), the National Toxicology Program (NTP) or the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

HUMAN HAZARD CHARACTERIZATION :

Based on our hazard characterization, the potential human hazard is: High

12. ECOLOGICAL INFORMATION

ECOTOXICOLOGICAL EFFECTS :

The following results are for the product.

ACUTE FISH RESULTS :

Species	Exposure	LC50	Test Descriptor
Rainbow Trout	96 hrs	360 mg/l	Product
Bluegill Sunfish	96 hrs	190 mg/l	Product
Fathead Minnow	96 hrs	400 mg/l	Product

ACUTE INVERTEBRATE RESULTS :

Species	Exposure	LC50	EC50	Test Descriptor
Daphnia magna	48 hrs	96 mg/l		Product

MOBILITY :

The environmental fate was estimated using a level III fugacity model embedded in the EPI (estimation program interface) Suite TM, provided by the US EPA. The model assumes a steady state condition between the total input and output. The level III model does not require equilibrium between the defined media. The information provided is intended to give the user a general estimate of the environmental fate of this product under the defined conditions of the models.

If released into the environment this material is expected to distribute to the air, water and soil/sediment in the approximate respective percentages;

Air	Water	Soil/Sediment
<5%	30 - 50%	50 - 70%

The portion in water is expected to be soluble or dispersible.

BIOACCUMULATION POTENTIAL

This preparation or material is not expected to bioaccumulate.



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

NALCO ELIMIN-OX®

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

ENVIRONMENTAL HAZARD AND EXPOSURE CHARACTERIZATION

Based on our hazard characterization, the potential environmental hazard is: Moderate

Based on our recommended product application and the product's characteristics, the potential environmental exposure is: Low

If released into the environment, see CERCLA/SUPERFUND in Section 15.

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

If this product becomes a waste, it is not a hazardous waste as defined by the Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) 40 CFR 261, since it does not have the characteristics of Subpart C, nor is it listed under Subpart D.

As a non-hazardous waste, it is not subject to federal regulation. Consult state or local regulation for any additional handling, treatment or disposal requirements. For disposal, contact a properly licensed waste treatment, storage, disposal or recycling facility.

14. TRANSPORT INFORMATION

The information in this section is for reference only and should not take the place of a shipping paper (bill of lading) specific to an order. Please note that the proper Shipping Name / Hazard Class may vary by packaging, properties, and mode of transportation. Typical Proper Shipping Names for this product are as follows.

LAND TRANSPORT :

Proper Shipping Name :	ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, LIQUID, N.O.S.
Technical Name(s) :	HYDRAZINE
UN/ID No :	UN 3082
Hazard Class - Primary :	9
Packing Group :	III
Flash Point :	None
Reportable Quantity (per package) :	30,670 lbs
RQ Component :	HYDRAZINE

AIR TRANSPORT (ICAO/IATA) :

Proper Shipping Name :	ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, LIQUID, N.O.S.
Technical Name(s) :	HYDRAZINE
UN/ID No :	UN 3082
Hazard Class - Primary :	9
Packing Group :	III
IATA Cargo Packing Instructions :	914
IATA Cargo Aircraft Limit :	NO LIMIT (Max net quantity per package)
Reportable Quantity (per package) :	30,670 lbs
RQ Component :	HYDRAZINE



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

NALCO ELIMIN-OX®

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

MARINE TRANSPORT (IMDG/IMO) :

Proper Shipping Name :

PRODUCT IS NOT REGULATED DURING
TRANSPORTATION

15. REGULATORY INFORMATION

This section contains additional information that may have relevance to regulatory compliance. The information in this section is for reference only. It is not exhaustive, and should not be relied upon to take the place of an individualized compliance or hazard assessment. Nalco accepts no liability for the use of this information.

NATIONAL REGULATIONS, USA :

OSHA HAZARD COMMUNICATION RULE, 29 CFR 1910.1200 :

Based on our hazard evaluation, the following substance(s) in this product is/are hazardous and the reason(s) is/are shown below.

Carbohydrazide : Dermal Sensitizer

CERCLA/SUPERFUND, 40 CFR 302 :

This product contains the following Reportable Quantity (RQ) Substance. Also listed is the RQ for the product. If a reportable quantity of product is released, it requires notification to the NATIONAL RESPONSE CENTER, WASHINGTON, D.C. (1-800-424-8802).

RQ Substance
Hydrazine

RQ
30,670 lbs

SARA/SUPERFUND AMENDMENTS AND REAUTHORIZATION ACT OF 1986 (TITLE III) - SECTIONS 302, 311, 312, AND 313 :

SECTION 302 - EXTREMELY HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 355) :

This product does not contain substances listed in Appendix A and B as an Extremely Hazardous Substance.

SECTIONS 311 AND 312 - MATERIAL SAFETY DATA SHEET REQUIREMENTS (40 CFR 370) :

Our hazard evaluation has found this product to be hazardous. The product should be reported under the following indicated EPA hazard categories:

X	Immediate (Acute) Health Hazard
X	Delayed (Chronic) Health Hazard
-	Fire Hazard
-	Sudden Release of Pressure Hazard
-	Reactive Hazard

Under SARA 311 and 312, the EPA has established threshold quantities for the reporting of hazardous chemicals. The current thresholds are: 500 pounds or the threshold planning quantity (TPQ), whichever is lower, for extremely hazardous substances and 10,000 pounds for all other hazardous chemicals.

SECTION 313 - LIST OF TOXIC CHEMICALS (40 CFR 372) :

This product does not contain substances on the List of Toxic Chemicals.



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

NALCO ELIMIN-OX®

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

TOXIC SUBSTANCES CONTROL ACT (TSCA) :

The substances in this preparation are included on or exempted from the TSCA 8(b) Inventory (40 CFR 710)

This product has been certified as KOSHER/PAREVE for year-round use INCLUDING THE PASSOVER SEASON by the CHICAGO RABBINICAL COUNCIL.

FEDERAL WATER POLLUTION CONTROL ACT, CLEAN WATER ACT, 40 CFR 401.15 / formerly Sec. 307, 40 CFR 116.4 / formerly Sec. 311 :

Substances listed under this regulation are not intentionally added or expected to be present in this product. Listed components may be present at trace levels.

CLEAN AIR ACT, Sec. 112 (Hazardous Air Pollutants, as amended by 40 CFR 63), Sec. 602 (40 CFR 82, Class I and II Ozone Depleting Substances) :

This product may contain trace levels (<0.1% for carcinogens, <1% all other substances) of the following substance(s) listed under the regulation. Additional components may be unintentionally present at trace levels.

Substance(s)	Citations
• Hydrazine	Sec. 112

CALIFORNIA PROPOSITION 65 :

This product contains the following substances which require warning under California Proposition 65. Additional components may be unintentionally present at trace levels.

Substance(s)	Concentration	EFFECTS
• Hydrazine	<= .01 %	Causes Cancer

MICHIGAN CRITICAL MATERIALS :

Substances listed under this regulation are not intentionally added or expected to be present in this product. Listed components may be present at trace levels.

STATE RIGHT TO KNOW LAWS :

Substances listed under this regulation are not intentionally added or expected to be present in this product. Listed components may be present at trace levels.

INTERNATIONAL CHEMICAL CONTROL LAWS :

CANADIAN ENVIRONMENTAL PROTECTION ACT (CEPA) :

The substance(s) in this preparation are included in or exempted from the Domestic Substance List (DSL).



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

NALCO ELIMIN-OX®

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

AUSTRALIA

All substances in this product comply with the National Industrial Chemicals Notification & Assessment Scheme (NICNAS).

CHINA

All substances in this product comply with the Provisions on the Environmental Administration of New Chemical Substances and are listed on the Inventory of Existing Chemical Substances China (IECSC).

EUROPE

The substances in this preparation have been reviewed for compliance with the EINECS or ELINCS inventories.

JAPAN

All substances in this product comply with the Law Regulating the Manufacture and Importation Of Chemical Substances and are listed on the Existing and New Chemical Substances list (ENCS).

KOREA

All substances in this product comply with the Toxic Chemical Control Law (TCCL) and are listed on the Existing Chemicals List (ECL)

NEW ZEALAND

All substances in this product comply with the Hazardous Substances and New Organisms (HSNO) Act 1996, and are listed on or are exempt from the New Zealand Inventory of Chemicals.

PHILIPPINES

All substances in this product comply with the Republic Act 6969 (RA 6969) and are listed on the Philippines Inventory of Chemicals & Chemical Substances (PICCS).

16. OTHER INFORMATION

Due to our commitment to Product Stewardship, we have evaluated the human and environmental hazards and exposures of this product. Based on our recommended use of this product, we have characterized the product's general risk. This information should provide assistance for your own risk management practices. We have evaluated our product's risk as follows:

* The human risk is: Low

* The environmental risk is: Low

Any use inconsistent with our recommendations may affect the risk characterization. Our sales representative will assist you to determine if your product application is consistent with our recommendations. Together we can implement an appropriate risk management process.

This product material safety data sheet provides health and safety information. The product is to be used in applications consistent with our product literature. Individuals handling this product should be informed of the recommended safety precautions and should have access to this information. For any other uses, exposures should be evaluated so that appropriate handling practices and training programs can be established to insure safe workplace operations. Please consult your local sales representative for any further information.

REFERENCES



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

NALCO ELIMIN-OX®

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, OH., (Ariel Insight™ CD-ROM Version), Ariel Research Corp., Bethesda, MD.

Hazardous Substances Data Bank, National Library of Medicine, Bethesda, Maryland (TOMES CPST™ CD-ROM Version), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man, Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer.

Integrated Risk Information System, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. (TOMES CPS™ CD-ROM Version), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

Annual Report on Carcinogens, National Toxicology Program, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Title 29 Code of Federal Regulations, Part 1910, Subpart Z, Toxic and Hazardous Substances, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), (Ariel Insight™ CD-ROM Version), Ariel Research Corp., Bethesda, MD.

Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, (TOMES CPST™ CD-ROM Version), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

Ariel Insight™ (An integrated guide to industrial chemicals covered under major regulatory and advisory programs), North American Module, Western European Module, Chemical Inventories Module and the Generics Module (Ariel Insight™ CD-ROM Version), Ariel Research Corp., Bethesda, MD.

The Teratogen Information System, University of Washington, Seattle, WA (TOMES CPST™ CD-ROM Version), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

Prepared By : Product Safety Department

Date issued : 07/08/2010

Version Number : 1.13



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

**NALCO PHOSPHATE-PLUS
72210**

Fecha: 20-02-2002
Reemplaza: 22-01-2002

1. IDENTIFICACION DE LA PREPARACION Y DE LA COMPAÑIA

NOMBRE COMERCIAL DEL PRODUCTO: NALCO PHOSPHATE-PLUS 72210
APLICACION: TRATAMIENTO DEL AGUA INTERNA DE LA CALDERA
IDENTIFICACION DE COMPAÑIA: ONDEO NALCO EUROPE BV
P.O. Box 627
2300 AP Leiden
The Netherlands
Ir. G. Tjalmaweg 1
2342 BV Oegstgeest
The Netherlands
Tel. : 0031 71 5241100

ONDEO NALCO DEUTSCHLAND GMBH (D)	+49 (0)69-79340	ONDEO NALCO ITALIA S.R.L. (I)	+39 06-542971
ONDEO NALCO ESPAÑOLA, SA (E)	+34 93-4095555	ONDEO NALCO LIMITED (GB)	+44 (0)1-60674488
NALCO PORTUGUESA LTDA (P)	+351 214130996	ONDEO NALCO NORGE AS (NO)	+47-22 08 79 30
NALCO CHEMICAL AB (SE)	+46 (0)8-50074000	ONDEO NALCO FINLAND OY (FI)	+358 (0)9-251 733 60
ONDEO NALCO APPLIED SERVICES OF EUROPE BV	+31 (0)73 6456980	NALFLEET LIMITED (GB)	+44 (0)1-60674488
ONDEO NALCO FRANCE SAS MAUREPAS (F)	+33 (0)1 30 05 10 00	NALCO CHEMICAL GMBH (A)	+ 43(0)1 27026350
ONDEO NALCO FRANCE SAS 59441 WASQUEHAL (F)	+33 (0)3 20 11 70 00	ONDEO NALCO NETHERLANDS B.V. (NL)	+31 (0)13-5952200
ONDEO NALCO Kft. (HU)	+36 (0)1 471 91 81	ONDEO NALCO BELGIUM N.V./S.A (B)	+32 (0)3-450 69 10
IWC GMBH (A)	+43 (0)1 600 29 11	ONDEO NALCO DANMARK A/S (DK)	+45-48195800
HOUSEMAN WATERBEHANDELING BV (NL)	+31 (0)164-214141		

TELEFONO DE EMERGENCIA: Ver sección 16, Teléfonos de Emergencia

2. COMPOSICION/INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES

DESCRIPCION QUIMICA:

Agua, Polímero, Pirofosfato tetrapotásico, Hidróxido de potasio.

INGREDIENTES PELIGROSOS:

NO. CAS.	NO. EINECS.	DESIGNACION DE LA CEE	% PESO	SIMBOLO	FRASES R
1310-58-3	2151813	Hidróxido de potasio	15 - 20	C	22, 35
7320-34-5	2307857	Pirofosfato tetrapotásico	20 - 30	Xi	36



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

NALCO PHOSPHATE-PLUS
72210

Fecha: 20-02-2002

3. IDENTIFICACION DE PELIGROS

PELIGROS INMEDIATOS PARA LA SALUD HUMANA:

INHALACION:

Corrosivo al sistema respiratorio.

CONTACTO CON LA PIEL:

Provoca quemaduras graves.

CONTACTO CON LOS OJOS:

Provoca quemaduras graves. Puede causar daño permanente en los ojos.

INGESTION:

Corrosivo. Causa quemaduras al tracto gastrointestinal. Puede producir náuseas, vómitos y dolor de estómago. En casos agudos, puede vomitarse sangre.

PELIGROS FISICOS Y QUIMICOS:

Desprende hidrógeno en reacción con los metales.

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

INHALACION:

Salir al aire libre. Llámese inmediatamente al médico.

CONTACTO CON LA PIEL:

La rapidez es esencial. Quitarse la ropa contaminada. Lávese inmediatamente con agua abundante. Si se han producido graves quemaduras y gran extensión de piel ha sido destruída, cubrir el área quemada con material esponjoso y obtener asistencia médica.

CONTACTO CON LOS OJOS:

La rapidez es esencial. Inmediatamente irrigar suavemente con agua limpia durante 15 minutos por lo menos. Mover el globo ocular y mantener bien abiertos y separados los párpados mientras se irriga. Llámese inmediatamente al médico.

INGESTION:

No provocar vómitos sin consejo médico. Beber 1 ó 2 vasos de agua. Llámese inmediatamente al médico.

INFORMACION ADICIONAL

Nota para el médico: un probable daño a la mucosa hace contraindicado el uso del lavado gástrico. Pueden necesitarse medidas contra el shock circulatorio, depresión de la respiración y convulsiones.

5. MEDIDAS PARA COMBATIR EL FUEGO

MEDIOS EXTINGUIDORES:

Use medios extintores adecuados para el fuego de los alrededores.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

NALCO PHOSPHATE-PLUS

72210

Fecha: 20-02-2002

PELIGRO INUSUAL DE FUEGO Y EXPLOSION

Ninguna conocida.

EQUIPO PROTECTOR

En caso de fuego, use aparato autónomo de respiración y traje protector.

6. MEDIDAS PARA CASO DE DERRAME ACCIDENTAL

PRECAUCIONES PERSONALES:

No respirar los vapores. Evítese el contacto con los ojos y con la piel. En caso de contacto con los ojos, lávelos inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico. En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón. Mantener las personas alejadas, y en dirección de donde procede el viento, del derrame/goteo. Asegurar ventilación adecuada. Utilícese equipo de protección personal.

PRECAUCIONES DEL MEDIO AMBIENTE:

No contaminar agua de superficie.

MÉTODOS PARA LA LIMPIEZA:

Contener el derrame, absorber con arena o vermiculita y mezclar bien. Recoger y depositar en lugar seguro hasta su eliminación. Lavar el lugar del derrame con agua abundante. En caso necesario, contactar con una empresa de tratamiento de residuos..

7. MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO

MANIPULACION:

No respirar los vapores. Evítese el contacto con los ojos y con la piel. Usar con ventilación adecuada. Evitar generar aerosoles y nieblas.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO:

Consérvese el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y manténgase bien cerrado. Almacenar lejos de ácidos. Almacenar más de dos años no es recomendable.

COMPATIBILIDAD CON MATERIALES DE CONSTRUCCION. Compatible con:

Los equipos para su almacenamiento y dosificación deben construirse con polipropileno, PVC, Nylon, polietileno o acero inoxidable.

8. CONTROLES DE EXPOSICION/PROTECCION PERSONAL

LIMITES DE EXPOSICION

REGLAMENTOS NACIONALES (UK)

Hidróxido de potasio: OES 2mg/m³ (STEL)

amoníaco: OES 25ppm (TWA), OES 35ppm (STEL)

LEGISLACIÓN NACIONAL SUIZA

Hidróxido de potasio: TWA 2 mg/m³ (total dust)



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

NALCO PHOSPHATE-PLUS

72210

Fecha: 20-02-2002

REGLAMENTOS NACIONALES, FRANCIA

Hidróxido de potasio: VLE 2 mg/m³

REGLAMENTOS NACIONALES, HOLANDA

Hidróxido de potasio: MAC TGG 2 mg/m³ (ceiling)

REGLAMENTOS NACIONALES, SUECIA

Hidróxido de potasio: TLV 2 mg/m³ (ceiling)

amoníaco: NGV 25 ppm / 18 mg/m³, TGV 50 ppm / 35 mg/m³

REGLAMENTOS NACIONALES, FINLANDIA

amoníaco: HTP 18 mg/m³ (8h), 28 mg/m³ (15 min.)

Hidróxido de potasio: HTP 2 mg/m³ (8h)

REGLAMENTOS NACIONALES, NORUEGA

Hidróxido de potasio: TLV 2 mg/m³

amoníaco: TLV 25 ppm / 18 mg/m³

REGLAMENTOS NACIONALES, DINAMARCA

Hidróxido de potasio: TWA 2 mg/m³ (ceiling)

amoníaco: GV 25 ppm / 18 mg/m³

REGLAMENTOS NACIONALES, AUSTRIA

Hidróxido de potasio: MAK 2 mg/m³

MEDIDAS DE PROTECCION DEL AREA DE TRABAJO

Usar un sistema cerrado de dosificación. Se recomienda ventilación general y aspiración local.

PROTECCION DE LA RESPIRACION:

Utilizar una mascarilla adecuada en caso de que se sobrepasen los límites de exposición autorizados..
amoníaco Durante el relleno de tanques se producirá un desplazamiento de aire saturado de producto hacia el exterior. En caso de que sea necesario permanecer cerca del tanque en estos casos y que el área no esté suficientemente ventilada, se recomienda utilizar una mascarilla adecuada..

Usar un respirador de cartucho, Tipo de filtro K, Verde.

PROTECCION DE LAS MANOS:

Guantes de PVC, Guantes de caucho nitrilo. La mayor parte de los materiales con que se fabrican guantes poseen poca resistencia química. Reemplazar periódicamente los guantes.

PROTECCION DE LA PIEL:

Delantal y botas. Se recomienda utilizar un traje de protección impermeable en caso que sea posible una fuerte exposición..

PROTECCION DE LOS OJOS:

Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro.

CONTROL DE EXPOSICION:

Se recomienda tener disponible una fuente para lavar los ojos. Se recomienda tener disponible una ducha de seguridad. Lavar las manos en las paradas y al final del turno. Si se contamina la ropa, quitarla y lavar completamente el área afectada. Lavar la ropa contaminada antes de volverla a usar.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

NALCO PHOSPHATE-PLUS

72210

Fecha:

20-02-2002

9. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

NOTA: Estas propiedades físicas son los valores típicos para este producto

FORMA:	Líquido		
COLOR:	Amarillo claro		
OLOR:	Amoniacal		
	VALOR	UNIDAD	MÉTODO DE PRUEBA
PUNTO DE INFLAMACION:	NA		
DENSIDAD RELATIVA (20°C):	(25°C) 1.46 - 1.50		
SOLUBILIDAD (en agua):	Completamente		
pH (tal cual, 20°C):	>13		
VISCOSIDAD (25 °C):	8-16	cps	
PUNTO DE CONGELACION:	<-20	°C	

Abreviación: NE = no evaluado, NA = no se aplica

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

ESTABILIDAD:

Estable

CONDICIONES QUE DEBEN EVITARSE:

Ninguna conocida.

MATERIALES QUE DEBEN EVITARSE:

Evitar el uso de Latón, Aluminio y sus aleaciones, Acidos. Desprende hidrógeno en reacción con los metales.

PRODUCTOS PELIGROSOS DE DESCOMPOSICION:

Ninguna conocida.

11. INFORMACION TOXICOLOGICA

Por favor consultar la sección 3 para identificación de peligros.

DATOS DE TOXICIDAD AGUDA: Los siguientes resultados son para los ingredientes peligrosos:

VALORES LETALES AGUDOS:

Hidróxido de potasio: Oral (ratas) LD050 = 365 mg/kg



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

NALCO PHOSPHATE-PLUS

72210

Fecha: 20-02-2002

12. INFORMACION ECOLOGICA

No hay datos disponibles para el producto.

13. CONSIDERACIONES DE DESECHO

Dirigirse a los servicios de eliminación de residuos. Si este producto se convierte en un residuo, el usuario final debe definir y asignar el código apropiado del Catálogo Europeo de Residuos (CER).

REGLAMENTOS NACIONALES (UK)

De acuerdo con los Reglamentos de Protección Ambiental (1991). Aplicar los Reglamentos de Control de Polución (Residuos especiales) de 1996.

REGLAMENTOS NACIONALES, HOLANDA

REGLAMENTOS NACIONALES, AUSTRIA

Código de residuos 52404

14. INFORMACION PARA EL TRANSPORTE

Clase: 8

PG: II

UN No: 3266

Nombre de embarque: CORROSIVE LIQUID, BASIC, INORGANIC,
N.O.S. Contiene: Hidróxido de potasio

ADR/RID, H.I.n.: 80

ADR/RID, No: 47(b)

Code 8147-1

Número EmS: 8-15

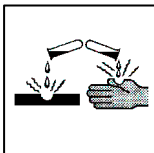
Número MFAG: 760

8069
951222

15. REGLAMENTACION DE USO

CLASIFICACION:

SIMBOLO DE PELIGRO: CORROSIVO



C, CORROSIVO

Contiene: Hidróxido de potasio

INFORMACION SOBRE PELIGROS:

R35 Provoca quemaduras graves.

INFORMACION SOBRE SEGURIDAD:

S24/25 Evítese el contacto con los ojos y con la piel. S26 En caso de contacto con los ojos, lávenlos inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico. S28 En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón. S36/37/39 Usen indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara. S45 En caso de accidente o malestar, acuda inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta).

LEGISLACIÓN NACIONAL ALEMANA

Clase VbF: Ninguno

WHG-WGK: 1 Clasificación conforme a VwVwS v. 17.05.99, Anhang 4

St rfallVO:12.BImSchV.Liste d. Anh.II): -

TA (aire): -

Instrucciones para los operarios: Ver UVV-Chemie

Instrucciones sobre límites ocupacionales: Véase la sección 15 (Reglamentos para sustancias peligrosas)

REGLAMENTOS NACIONALES (UK)

Deben seguirse las normas COSHH. Existe una etiqueta de peligrosidad que debe colocarse de forma visible en los lugares donde este producto se use y/o almacene. (REF.CR).

REGLAMENTOS NACIONALES, NORUEGA

Número de registro 051152



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

NALCO PHOSPHATE-PLUS

72210

Fecha:

20-02-2002

16. OTRA INFORMACION

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA) Federal Food, Drug and Cosmetic Act: 21 CFR 173.310

TELEFONO DE EMERGENCIA

Austria	+43 1 406 43 43
Benelux	+31 (0)13 5952233
Alemania	+49 (0)69 7934251 o +49 (0)69 79340
España	+34 972 492003
Portugal	+34 972 492003
Suecia	020 996000
Francia	ORFILA +33 (0)1-45425959
Italia	+39 (0)6 968321
Reino Unido	+44 (0)1-865407333
Dinamarca:	+46 (0)8 337043
Noruega	+46 (0)8 337043
Finlandia	+358 (0)9- 4711
NALFLEET INTERNATIONAL	+44 (0)1-865407333



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

Tri-ACT® 1805

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

1. CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

PRODUCT NAME : **Tri-ACT® 1805**

APPLICATION : CORROSION INHIBITOR

COMPANY IDENTIFICATION :
Nalco Company
1601 W. Diehl Road
Naperville, Illinois
60563-1198

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S) : (800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

NFPA 704M/HMIS RATING

HEALTH : 3/3 FLAMMABILITY : 2/2 INSTABILITY : 0/0 OTHER :
0 = Insignificant 1 = Slight 2 = Moderate 3 = High 4 = Extreme * = Chronic Health Hazard

2. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Our hazard evaluation has identified the following chemical substance(s) as hazardous. Consult Section 15 for the nature of the hazard(s).

Hazardous Substance(s)	CAS NO	% (w/w)
Cyclohexylamine	108-91-8	10.0 - 30.0
Monoethanolamine	141-43-5	10.0 - 30.0
Methoxypropylamine	5332-73-0	10.0 - 30.0

3. HAZARDS IDENTIFICATION

EMERGENCY OVERVIEW

DANGER

Corrosive. May cause tissue damage. Combustible. Irritating to respiratory system. May cause sensitization by skin contact. Harmful by inhalation, in contact with skin and if swallowed. Vapors may have a strong offensive odor which may cause sensory response including headache, nausea and vomiting.

Keep away from heat. Keep away from sources of ignition - No smoking. Keep container tightly closed. Do not get in eyes, on skin, on clothing. Do not take internally. Use with adequate ventilation. Avoid breathing vapor. In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek medical advice. After contact with skin, wash immediately with plenty of water. Use a mild soap if available.

Wear a face shield. Wear chemical resistant apron, chemical splash goggles, impervious gloves and boots.

Combustible Liquid; may form combustible mixtures at or above the flash point. Empty product containers may contain product residue. Do not pressurize, cut, heat, weld, or expose containers to flame or other sources of ignition. May evolve oxides of carbon (COx) under fire conditions. May evolve oxides of nitrogen (NOx) under fire conditions.

PRIMARY ROUTES OF EXPOSURE :
Eye, Skin, Inhalation



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

Tri-ACT® 1805

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)
(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

HUMAN HEALTH HAZARDS - ACUTE :

EYE CONTACT :

Corrosive. Will cause eye burns and permanent tissue damage. Exposure to low vapor concentrations can result in foggy or blurred vision, objects appearing bluish and appearance of a halo around lights. These symptoms are temporary.

SKIN CONTACT :

Corrosive; causes permanent skin damage. Harmful if absorbed through skin. May cause sensitization by skin contact.

INGESTION :

Not a likely route of exposure. Corrosive; causes chemical burns to the mouth, throat and stomach. Harmful if swallowed.

INHALATION :

Irritating, in high concentrations, to the eyes, nose, throat and lungs. Harmful by inhalation. Vapors may have a strong offensive odor which may cause sensory response including headache, nausea and vomiting.

AGGRAVATION OF EXISTING CONDITIONS :

A review of available data does not identify any worsening of existing conditions.

HUMAN HEALTH HAZARDS - CHRONIC :

Prolonged exposure to cyclohexylamine in the diet has produced reproductive effects in rats. The relevance to humans is unknown.

4. FIRST AID MEASURES

EYE CONTACT :

Immediately flush eye with water for at least 15 minutes while holding eyelids open. PROMPT ACTION IS ESSENTIAL IN CASE OF CONTACT. Get immediate medical attention.

SKIN CONTACT :

Immediately flush with plenty of water for at least 15 minutes. Use a mild soap if available. For a large splash, flood body under a shower. Get immediate medical attention. Contaminated clothing, shoes, and leather goods must be discarded or cleaned before re-use.

INGESTION :

Get immediate medical attention. DO NOT INDUCE VOMITING. If conscious, washout mouth and give water to drink.

INHALATION :

Remove to fresh air, treat symptomatically. Get immediate medical attention.

NOTE TO PHYSICIAN :

Probable mucosal damage may contraindicate the use of gastric lavage. Based on the individual reactions of the patient, the physician's judgement should be used to control symptoms and clinical condition.



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

Tri-ACT® 1805

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

5. FIRE FIGHTING MEASURES

FLASH POINT : 113 °F / 45 °C (PMCC)

EXTINGUISHING MEDIA :

Dry powder, Carbon dioxide, Foam, Other extinguishing agent suitable for Class B fires, For large fires, use water spray or fog, thoroughly drenching the burning material.

Keep containers cool by spraying with water.

FIRE AND EXPLOSION HAZARD :

Combustible Liquid; may form combustible mixtures at or above the flash point. Empty product containers may contain product residue. Do not pressurize, cut, heat, weld, or expose containers to flame or other sources of ignition. May evolve oxides of carbon (COx) under fire conditions. May evolve oxides of nitrogen (NOx) under fire conditions.

SPECIAL PROTECTIVE EQUIPMENT FOR FIRE FIGHTING :

In case of fire, wear a full face positive-pressure self contained breathing apparatus and protective suit.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

PERSONAL PRECAUTIONS :

Restrict access to area as appropriate until clean-up operations are complete. Use personal protective equipment recommended in Section 8 (Exposure Controls/Personal Protection). Stop or reduce any leaks if it is safe to do so. Keep people away from and upwind of spill/leak. Ventilate spill area if possible. Remove sources of ignition. Ensure clean-up is conducted by trained personnel only. Do not touch spilled material. Have emergency equipment (for fires, spills, leaks, etc.) readily available. Notify appropriate government, occupational health and safety and environmental authorities.

METHODS FOR CLEANING UP :

SMALL SPILLS: Soak up spill with absorbent material. Place residues in a suitable, covered, properly labeled container. Wash affected area. LARGE SPILLS: Contain liquid using absorbent material, by digging trenches or by diking. Reclaim into recovery or salvage drums or tank truck for proper disposal. Clean contaminated surfaces with water or aqueous cleaning agents. Contact an approved waste hauler for disposal of contaminated recovered material. Dispose of material in compliance with regulations indicated in Section 13 (Disposal Considerations).

ENVIRONMENTAL PRECAUTIONS :

Prevent material from entering sewers or waterways.

7. HANDLING AND STORAGE

HANDLING :

Do not get in eyes, on skin, on clothing. Do not take internally. Do not breathe vapors/gases/dust. Use with adequate ventilation. Avoid generating aerosols and mists. Keep away from acids and oxidizing agents. Do not use, store, spill or pour near heat, sparks or open flame. Keep the containers closed when not in use. Ensure all containers are labeled. Have emergency equipment (for fires, spills, leaks, etc.) readily available. Do not mix with acids.

STORAGE CONDITIONS :

Store in suitable labeled containers. Store the containers tightly closed. Store away from heat and sources of ignition. Have appropriate fire extinguishers available in and near the storage area. Connections must be grounded to avoid



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

Tri-ACT® 1805

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

electrical charges. Store separately from oxidizers. Store separately from acids. Amine and sulphite products should not be stored within close proximity or resulting vapors may form visible airborne particles.

SUITABLE CONSTRUCTION MATERIAL :

HDPE (high density polyethylene), Stainless Steel 304, Compatibility with Plastic Materials can vary; we therefore recommend that compatibility is tested prior to use.

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

OCCUPATIONAL EXPOSURE LIMITS :

Exposure guidelines have not been established for this product. Available exposure limits for the substance(s) are shown below.

Substance(s)	Category:	ppm	mg/m3	Non-Standard Unit
Cyclohexylamine	ACGIH/TWA	10		
Monoethanolamine	ACGIH/TWA	3		
	ACGIH/STEL	6		
	OSHA Z1/PEL	3	6	

ENGINEERING MEASURES :

General ventilation is recommended. Use local exhaust ventilation if necessary to control airborne mist and vapor.

RESPIRATORY PROTECTION :

Where concentrations in air may exceed the limits given in this section or when significant mists, vapors, aerosols, or dusts are generated, an approved air purifying respirator equipped with suitable filter cartridges is recommended. Consult the respirator / cartridge manufacturer data to verify the suitability of specific devices. In event of emergency or planned entry into unknown concentrations a positive pressure, full-facepiece SCBA should be used. If respiratory protection is required, institute a complete respiratory protection program including selection, fit testing, training, maintenance and inspection.

HAND PROTECTION :

When handling this product, the use of chemical gauntlets is recommended. The choice of work glove depends on work conditions and what chemicals are handled. Please contact the PPE manufacturer for advice on what type of glove material may be suitable. Gloves should be replaced immediately if signs of degradation are observed.

SKIN PROTECTION :

Wear chemical resistant apron, chemical splash goggles, impervious gloves and boots. A full slicker suit is recommended if gross exposure is possible.

EYE PROTECTION :

Wear a face shield with chemical splash goggles.

HYGIENE RECOMMENDATIONS :

Use good work and personal hygiene practices to avoid exposure. Eye wash station and safety shower are necessary. If clothing is contaminated, remove clothing and thoroughly wash the affected area. Launder contaminated clothing before reuse. Always wash thoroughly after handling chemicals. When handling this product never eat, drink or smoke.



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

Tri-ACT® 1805

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

HUMAN EXPOSURE CHARACTERIZATION :

Based on our recommended product application and personal protective equipment, the potential human exposure is: Moderate

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

PHYSICAL STATE	Liquid
APPEARANCE	Light yellow
ODOR	Amine
SPECIFIC GRAVITY	0.95 - 0.98 @ 77 °F / 25 °C
DENSITY	7.9 - 8.2 lb/gal
SOLUBILITY IN WATER	Complete
pH (100 %)	13.0 - 14.0
pH (1 %)	11.5
VISCOSITY	9 cps @ 77 °F / 25 °C
FREEZING POINT	-60 °F / -51 °C
VOC CONTENT	79.9 % Calculated

Note: These physical properties are typical values for this product and are subject to change.

10. STABILITY AND REACTIVITY

STABILITY :

Stable under normal conditions.

HAZARDOUS POLYMERIZATION :

Hazardous polymerization will not occur.

CONDITIONS TO AVOID :

Heat and sources of ignition including static discharges. Avoid extremes of temperature.

MATERIALS TO AVOID :

Contact with strong acids (e.g. sulfuric, phosphoric, nitric, hydrochloric, chromic, sulfonic) may generate heat, splattering or boiling and toxic vapors. Contact with strong oxidizers (e.g. chlorine, peroxides, chromates, nitric acid, perchlorate, concentrated oxygen, permanganate) may generate heat, fires, explosions and/or toxic vapors. Avoid contact with SO₂ or acidic bisulfite products, which may react to form visible airborne amine salt particles. Certain amines in contact with nitrous acid, organic or inorganic nitrites or atmospheres with high nitrous oxide concentrations may produce N-nitrosamines, many of which are cancer-causing agents to laboratory animals.

HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS :

Under fire conditions: Oxides of carbon, Oxides of nitrogen



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

Tri-ACT® 1805

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

The following results are for the product.

ACUTE ORAL TOXICITY :

Species: Rat
LD50: 659 mg/kg
Test Descriptor: Product

ACUTE DERMAL TOXICITY :

Species: Rabbit
LD50: < 2,000 mg/kg
Test Descriptor: Product

SENSITIZATION :

May cause sensitization by skin contact.

CARCINOGENICITY :

None of the substances in this product are listed as carcinogens by the International Agency for Research on Cancer (IARC), the National Toxicology Program (NTP) or the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

REPRODUCTIVE EFFECTS :

Prolonged exposure to cyclohexylamine in the diet has produced reproductive effects in rats. The relevance to humans is unknown.

MUTAGENICITY :

A mutagenicity test battery on cyclohexylamine was inconclusive. In a short-term test, cyclohexylamine caused mutation in human white blood cells. A bacterial mutagenicity (Ames) bioassay was negative for methoxypropylamine.

HUMAN HAZARD CHARACTERIZATION :

Based on our hazard characterization, the potential human hazard is: High

12. ECOLOGICAL INFORMATION

ECOTOXICOLOGICAL EFFECTS :

No toxicity studies have been conducted on this product.

MOBILITY :

The environmental fate was estimated using a level III fugacity model embedded in the EPI (estimation program interface) Suite TM, provided by the US EPA. The model assumes a steady state condition between the total input and output. The level III model does not require equilibrium between the defined media. The information provided is intended to give the user a general estimate of the environmental fate of this product under the defined conditions of the models.



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

Tri-ACT® 1805

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

If released into the environment this material is expected to distribute to the air, water and soil/sediment in the approximate respective percentages;

Air	Water	Soil/Sediment
<5%	30 - 50%	50 - 70%

The portion in water is expected to be soluble or dispersible.

BIOACCUMULATION POTENTIAL

This preparation or material is not expected to bioaccumulate.

ENVIRONMENTAL HAZARD AND EXPOSURE CHARACTERIZATION

Based on our hazard characterization, the potential environmental hazard is: Moderate

Based on our recommended product application and the product's characteristics, the potential environmental exposure is: Moderate

If released into the environment, see CERCLA/SUPERFUND in Section 15.

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

If this product becomes a waste, it could meet the criteria of a hazardous waste as defined by the Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) 40 CFR 261. Before disposal, it should be determined if the waste meets the criteria of a hazardous waste.

Hazardous Waste: D001, D002

Hazardous wastes must be transported by a licensed hazardous waste transporter and disposed of or treated in a properly licensed hazardous waste treatment, storage, disposal or recycling facility. Consult local, state, and federal regulations for specific requirements.

14. TRANSPORT INFORMATION

The information in this section is for reference only and should not take the place of a shipping paper (bill of lading) specific to an order. Please note that the proper Shipping Name / Hazard Class may vary by packaging, properties, and mode of transportation. Typical Proper Shipping Names for this product are as follows.

LAND TRANSPORT :

Proper Shipping Name :	AMINES, LIQUID, CORROSIVE, FLAMMABLE, N.O.S.
Technical Name(s) :	METHOXYPROPYLAMINE, CYCLOHEXYLAMINE
UN/ID No :	UN 2734
Hazard Class - Primary :	8
Hazard Class - Secondary :	3
Packing Group :	II
Flash Point :	45 °C / 113 °F

AIR TRANSPORT (ICAO/IATA) :



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

Tri-ACT® 1805

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

Proper Shipping Name : AMINES, LIQUID, CORROSIVE, FLAMMABLE, N.O.S.
Technical Name(s) : METHOXYPROPYLAMINE, CYCLOHEXYLAMINE
UN/ID No : UN 2734
Hazard Class - Primary : 8
Hazard Class - Secondary : 3
Packing Group : II

MARINE TRANSPORT (IMDG/IMO) :

Proper Shipping Name : AMINES, LIQUID, CORROSIVE, FLAMMABLE, N.O.S.
Technical Name(s) : METHOXYPROPYLAMINE, CYCLOHEXYLAMINE
UN/ID No : UN 2734
Hazard Class - Primary : 8
Hazard Class - Secondary : 3
Packing Group : II

15. REGULATORY INFORMATION

This section contains additional information that may have relevance to regulatory compliance. The information in this section is for reference only. It is not exhaustive, and should not be relied upon to take the place of an individualized compliance or hazard assessment. Nalco accepts no liability for the use of this information.

NATIONAL REGULATIONS, USA :

OSHA HAZARD COMMUNICATION RULE, 29 CFR 1910.1200 :

Based on our hazard evaluation, the following substance(s) in this product is/are hazardous and the reason(s) is/are shown below.

Cyclohexylamine : Corrosive, Flammable, Prolonged exposure to cyclohexylamine in the diet has produced reproductive effects in rats. The relevance to humans is unknown.

Monoethanolamine : Corrosive, Combustible., HARMFUL

Methoxypropylamine : Corrosive, Flammable, Dermal Sensitizer

CERCLA/SUPERFUND, 40 CFR 302 :

Notification of spills of this product is not required.

SARA/SUPERFUND AMENDMENTS AND REAUTHORIZATION ACT OF 1986 (TITLE III) - SECTIONS 302, 311, 312, AND 313 :

SECTION 302 - EXTREMELY HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 355) :

This product contains the following substance(s) which is listed in Appendix A and B as an Extremely Hazardous Substance. Listed below are the statutory Threshold Planning Quantity (TPQ) for the substance(s) and the Reportable Quantity (RQ) of the product. If a reportable quantity of product is released, it requires notification to your State Emergency Response Commission. You may also be required to notify the National Response Center - See CERCLA/SUPERFUND, above.

Extremely Hazardous Substance
Cyclohexylamine

TPQ
10,000 lbs

RQ
50,000 lbs



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

Tri-ACT® 1805

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

SECTIONS 311 AND 312 - MATERIAL SAFETY DATA SHEET REQUIREMENTS (40 CFR 370) :

Our hazard evaluation has found this product to be hazardous. The product should be reported under the following indicated EPA hazard categories:

X	Immediate (Acute) Health Hazard
X	Delayed (Chronic) Health Hazard
X	Fire Hazard
-	Sudden Release of Pressure Hazard
-	Reactive Hazard

Under SARA 311 and 312, the EPA has established threshold quantities for the reporting of hazardous chemicals. The current thresholds are: 500 pounds or the threshold planning quantity (TPQ), whichever is lower, for extremely hazardous substances and 10,000 pounds for all other hazardous chemicals.

SECTION 313 - LIST OF TOXIC CHEMICALS (40 CFR 372) :

This product does not contain substances on the List of Toxic Chemicals.

TOXIC SUBSTANCES CONTROL ACT (TSCA) :

The substances in this preparation are included on or exempted from the TSCA 8(b) Inventory (40 CFR 710)

FEDERAL WATER POLLUTION CONTROL ACT, CLEAN WATER ACT, 40 CFR 401.15 / formerly Sec. 307, 40 CFR 116.4 / formerly Sec. 311 :

Substances listed under this regulation are not intentionally added or expected to be present in this product. Listed components may be present at trace levels.

CLEAN AIR ACT, Sec. 112 (Hazardous Air Pollutants, as amended by 40 CFR 63), Sec. 602 (40 CFR 82, Class I and II Ozone Depleting Substances) :

Substances listed under this regulation are not intentionally added or expected to be present in this product. Listed components may be present at trace levels.

CALIFORNIA PROPOSITION 65 :

Substances listed under California Proposition 65 are not intentionally added or expected to be present in this product.

MICHIGAN CRITICAL MATERIALS :

Substances listed under this regulation are not intentionally added or expected to be present in this product. Listed components may be present at trace levels.

STATE RIGHT TO KNOW LAWS :

The following substances are disclosed for compliance with State Right to Know Laws:

Cyclohexylamine	108-91-8
Monoethanolamine	141-43-5
Methoxypropylamine	5332-73-0
Water	7732-18-5



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

Tri-ACT® 1805

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

INTERNATIONAL CHEMICAL CONTROL LAWS :

CANADIAN ENVIRONMENTAL PROTECTION ACT (CEPA) :

The substance(s) in this preparation are included in or exempted from the Domestic Substance List (DSL).

AUSTRALIA

All substances in this product comply with the National Industrial Chemicals Notification & Assessment Scheme (NICNAS).

CHINA

All substances in this product comply with the Provisions on the Environmental Administration of New Chemical Substances and are listed on the Inventory of Existing Chemical Substances China (IECSC).

EUROPE

The substance(s) in this preparation are included in or exempted from the EINECS or ELINCS inventories

JAPAN

All substances in this product comply with the Law Regulating the Manufacture and Importation Of Chemical Substances and are listed on the Existing and New Chemical Substances list (ENCS).

KOREA

All substances in this product comply with the Toxic Chemical Control Law (TCCL) and are listed on the Existing Chemicals List (ECL)

PHILIPPINES

All substances in this product comply with the Republic Act 6969 (RA 6969) and are listed on the Philippines Inventory of Chemicals & Chemical Substances (PICCS).

16. OTHER INFORMATION

Due to our commitment to Product Stewardship, we have evaluated the human and environmental hazards and exposures of this product. Based on our recommended use of this product, we have characterized the product's general risk. This information should provide assistance for your own risk management practices. We have evaluated our product's risk as follows:

* The human risk is: Moderate

* The environmental risk is: Moderate

Any use inconsistent with our recommendations may affect the risk characterization. Our sales representative will assist you to determine if your product application is consistent with our recommendations. Together we can implement an appropriate risk management process.



SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

Tri-ACT® 1805

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER(S)

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

This product material safety data sheet provides health and safety information. The product is to be used in applications consistent with our product literature. Individuals handling this product should be informed of the recommended safety precautions and should have access to this information. For any other uses, exposures should be evaluated so that appropriate handling practices and training programs can be established to insure safe workplace operations. Please consult your local sales representative for any further information.

REFERENCES

Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, OH., (Ariel Insight™ CD-ROM Version), Ariel Research Corp., Bethesda, MD.

Hazardous Substances Data Bank, National Library of Medicine, Bethesda, Maryland (TOMES CPS™ CD-ROM Version), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man, Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer.

Integrated Risk Information System, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. (TOMES CPS™ CD-ROM Version), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

Annual Report on Carcinogens, National Toxicology Program, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Title 29 Code of Federal Regulations, Part 1910, Subpart Z, Toxic and Hazardous Substances, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), (Ariel Insight™ CD-ROM Version), Ariel Research Corp., Bethesda, MD.

Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, (TOMES CPS™ CD-ROM Version), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

Ariel Insight™ (An integrated guide to industrial chemicals covered under major regulatory and advisory programs), North American Module, Western European Module, Chemical Inventories Module and the Generics Module (Ariel Insight™ CD-ROM Version), Ariel Research Corp., Bethesda, MD.

The Teratogen Information System, University of Washington, Seattle, WA (TOMES CPS™ CD-ROM Version), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

Prepared By : Product Safety Department
Date issued : 01/13/2011
Version Number : 2.0



7. Estudio medioambiental



Bueno Paya, Fernando

Análisis y mejora de la fiabilidad de las bombas dosificadoras en refinería a partir del desarrollo de un plan de mejora continua



ÍNDICE ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL

1. Objeto	2
2. Alcance	2
3. Referencias	3
4. Introducción.....	3
5. Realización	4
5.1. Actividades preventivas	4
5.2. Minimización	8
5.3. Remediación.....	10
6. Legislación.....	11
7. Anexos	12
7.1. Declaración medioambiental de BP 2013	12

1. OBJETO

El presente protocolo tiene por objeto establecer el protocolo mediante el cual BP Oil España S.A.U. Refinería de Castellón asegura una correcta actuación en caso de derrames de sustancias químicas que son trasegados por las bombas dosificadoras o residuos peligrosos.

2. ALCANCE

Este procedimiento define los protocolos de actuación en caso de derrames de sustancias químicas, hidrocarburos o residuos peligrosos en cualquier zona de la refinería ya que su uso está extendido por toda la planta.

Este procedimiento hace especial hincapié en el caso de derrames en las cuatro zonas definidas específicamente para el almacenamiento prolongado de sustancias químicas y/o residuos peligrosos:

- Ecoparque o zona de almacenamiento de residuos peligrosos, ubicada en planta pero fuera de la zona de proceso. Esta zona está gestionada por el contratista residente responsable de la gestión de residuos de la planta.
- Losa de almacenamiento de químicos, ubicada en planta pero fuera de la zona de proceso. Esta zona está gestionada por el almacén.
- Losa de almacenamiento de gases comprimidos, ubicada en planta pero fuera de la zona de proceso. Esta zona está gestionada por el almacén.
- Losas de sosa y sulfúrico; vinculada al depósito D-1352 de 27m³ de H₂SO₄ y su estación de descarga ubicada en el área de conversión y la estación de descarga de NaOH ubicada en destilación.

En toda la planta se encuentran ubicados los denominados puntos limpios; que consisten en cuatro contenedores para la segregación de residuos, éstos son recogidos diariamente, por tanto aún no habiendo acumulación significativa de residuos en los mismos, el protocolo de actuación será aplicable también a estos puntos.

Así mismo, el uso de los químicos y aceites está extendido por toda la casa, este protocolo también define el protocolo de actuación en caso de pequeños derrames con independencia de su ubicación.

Quedan expresamente excluidas de este procedimiento las actuaciones en caso de derrame al mar en las instalaciones marinas ya que éstas están reguladas por el RD 1695/2012 y recogidas en el Plan Interior Marítimo PIM HSE-MAN-0029 para las instalaciones de los puntos de atraque y campo de boyas que posee BP Oil España SAU Refinería de Castellón en el Puerto de Castellón.

3. REFERENCIAS

- HSE-OSE-0011 Manual de Gestión Ambiental de BP Oil España S.A.U. Refinería de Castellón.
- HSE-PRC-0002 Procedimiento de identificación de aspectos ambientales.
- HSE-PRC-0024 Procedimiento de control de calidad de suelos y acuíferos.
- HSE-GUI-0006 Guía de actuación en el ecoparque.
- HSE-PRC-0277 Procedimiento de revisiones de almacén de químicos, almacén de botellones de gases, losas de sosa, sulfúrico y ecoparque..
- HSE-PRC-0009 Procedimiento de Identificación de No Conformidades Medioambientales.
- HSE-PRC-0133 Procedimiento de gestión de residuos
- HSE-PRC-0011 Procedimiento de resolución de No Conformidades, Acciones Correctoras y Preventivas.
- HSE-MAN-0035 Programa de inspección y mantenimiento de pavimentos: zonas de almacenamiento de productos químicos y almacenamiento de residuos peligrosos.

4. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal consiste en protocolizar la actuación en caso de derrames de sustancias químicas, aceites, hidrocarburos y/o residuos peligrosos en cualquier punto de la refinería que BP Oil España S.A.U. tiene en Castellón.

Es política de la compañía llevar un control de los suelos que potencialmente pudieran sufrir contaminación, así como tomar las medidas oportunas en caso de producirse un derrame que diese lugar a una no conformidad según lo descrito en el Procedimiento de Identificación de No Conformidades Medioambientales (HSE-PRC-0009), para el caso de pérdidas de contención de productos químicos y/o residuos peligrosos, del Manual de Procedimientos de Calidad y Medio Ambiente.

La Refinería tiene en cuenta el valor añadido que supone para nuestra instalación disponer y estar asentada en unos terrenos con un suelo y aguas subterráneas exentas de contaminación. Es por este motivo, objetivo de la Refinería, la práctica controlada de sus actividades y la realización de todos los controles oportunos necesarios para conseguir este objetivo.

Es responsabilidad del Coordinador de Calidad y Medio Ambiente la emisión inicial del presente procedimiento así como de las revisiones futuras a que pueda dar lugar.

Será responsabilidad del Director del Departamento de HSSE la aprobación del presente procedimiento, tanto de su emisión inicial como de las revisiones a que haya dado lugar.

5. REALIZACIÓN

El procedimiento de control de calidad de suelos y acuíferos HSE-PRC-0024 describe, tanto en suelos como en aguas subterráneas los controles de rutina en condiciones de operación normal, así como los controles debidos a situaciones de no rutina y los controles derivados de situaciones extraordinarias.

Mucho más importante que el control a posteriori es la prevención de estas situaciones así como la corrección inmediata de los efectos de las mismas. En este procedimiento se definen las actividades preventivas así como las actuaciones correctivas en caso de derrames de productos químicos y/o residuos peligrosos, con independencia de su origen, procedencia y/o causa.

Las acciones descritas tienen como filosofía y en este orden: prevención, minimización y remediación.

La ejecución del presente procedimiento, sea directa o indirectamente, responsabilidad del Coordinador de Calidad y Medio Ambiente.

5.1. ACTIVIDADES PREVENTIVAS

La refinería cuenta con un número significativo y creciente de acciones destinadas a la prevención de derrames.

Estas acciones cubren tanto las instalaciones en tierra como las instalaciones marítimas excepto el caso de derrame al mar cuyo protocolo de actuación viene recogido en el PIM HSE-MAN-0029.

No es objeto de este procedimiento describir todas y cada una de las acciones realizadas en la refinería con objeto de prevenir la aparición de derrames, pero sí, dejar constancia de las principales acciones que se acometen para este fin en cada una de sus etapas.

Las acciones preventivas son de muy diversa naturaleza: diseño inherentemente seguro, operaciones seguras y fiables, trabajos de mantenimiento, revisiones e inspección para garantizar la integridad de equipos y de las zonas de almacenamiento, así como el control de suelos.

El uso de estándares de diseño que tienen como fundamento el diseño inherentemente seguro, garantizan desde la concepción y diseño de las instalaciones, hasta la ejecución, pasando por su uso, la minimización de posibles derrames.

Los procedimientos operativos se definen para garantizar que se opera dentro de los límites establecidos, asegurando la integridad de la planta y por tanto la minimización de posibles derrames.

Los planes de mantenimiento preventivo, el plan de mantenimiento de tanques y las actividades de mantenimiento correctivo desarrolladas en la refinería, forman también parte de este plan de minimización de derrames.

Las revisiones en planta realizadas principalmente por operaciones, dentro de los programas de housekeeping y REALM, constituyen también una herramienta preventiva de estos eventos.

Los planes de inspección de equipos y pavimentos, permiten gestionar y valorar los riesgos de integridad de la planta.

- 5.1.1. En relación con el **diseño**, las instalaciones de almacenamiento están todas diseñadas conforme al RD 379/2001 y sus instrucciones técnicas asociadas y en el caso de residuos tienen en cuenta además la Ley 22/2011 y RD 833/1988. Además BP cuenta con una especificación de diseño denominada Diseño Inherentemente Seguro, que garantiza que todas nuestras instalaciones son inherentemente seguras desde su diseño conceptual.

En concreto, las instalaciones de productos químicos y residuos peligrosos cuentan con pavimento asfaltado, muretes de contención para el volumen almacenado (superior al 10% del volumen) y sistemas que garantizan su envío a lugar seguro para su adecuado tratamiento posterior.

Además el número de emplazamientos destinados al almacenamiento de sustancias químicas o residuos peligrosos es reducido y limitado a los puntos definidos en el alcance de este protocolo, por tanto los riesgos de derrames por trasiegos se reducen a estas zonas.

Si bien, y dado el tamaño de la planta, estos materiales se usan por toda la planta, pero siempre se utilizan perfectamente envasados y acondicionados para evitar derrames. Los envases de productos químicos y/o aceites de cualquier tipo ubicados por planta, son para su uso inminente, además son adecuados para el uso y producto específicamente al que van destinado, se comprueba su estado y se utiliza el envase original hasta el final para evitar trasvases o utilización de envases inapropiados.

Similar situación existe en el caso de los residuos que se generan por toda la planta.

Los llamados puntos limpios están distribuidos por toda la planta, consisten en grupos de 4 contenedores segregados para los tipos de residuos más habituales que se generan en la refinería: contenedor rojo para material industrial con hidrocarburo, contenedor azul para papel y cartón, contenedor verde para residuo industrial no contaminado y contenedor marrón para residuo sólido urbano.

Existen además contenedores ubicados estratégicamente para residuos específicos como son: vidrio contaminado, botellas de aluminio, ferrichas y taladrinas, detectores de H₂S, pilas, filtros de escape, etc.

Los responsables de aquellas actividades generadoras de otros residuos como: envases con pinturas, baterías, disolventes, bidones de aceite usado se almacenan directamente en el Ecoparque no estando autorizado su almacenamiento en ninguna otra zona de planta.

En el caso de trabajos o proyectos especiales que se prevea vayan a generar grandes cantidades de residuos peligrosos, se habilitan contenedores especiales para esos trabajos en función de los residuos esperados.

Los residuos se encuentran perfectamente segregados en función de su tipología y peligrosidad garantizando así su óptima gestión. Así mismo, se encuentran perfectamente identificados tanto en los puntos limpios como en el Ecoparque.

Estos puntos limpios son recogidos diariamente por el gestor residente y llevados al Ecoparque donde se produce una segunda segregación y acondicionamiento para su transporte y gestión posterior, respetando siempre mediante un sistema de control que no se almacenan residuos por periodos superiores a los recogidos en la legislación en vigor, que en este momento corresponde a: seis meses para residuos peligrosos, un año para residuos no peligrosos cuando su destino sea eliminación y dos años cuando su destino sea valorización.

El Ecoparque está diseñado con compartimentos segregados para los distintos tipos de residuos, perfectamente señalizado, techado para los residuos peligrosos, con suelo impermeable y sistema de recogida de drenajes conectado a los sistemas de separación de hidrocarburo y la planta de tratamiento de aguas residuales existente en la Refinería. Toda la refinería cuenta con un sistema contra incendios en anillo conforme a la legislación vigente.

Los cubetos que contienen productos químicos disponen de sistemas que garantizan su envío a lugar seguro para su adecuado tratamiento posterior. Estos cubetos solo son ocupados por los productos para los que han sido diseñados, con objeto de evitar que otros productos limiten su capacidad de contención en caso de derrame.

No está permitida en planta la acumulación de sustancias peligrosas en sitios distintos a los mencionados en el alcance de este protocolo.

En cualquiera de los casos, con independencia del tamaño y de la ubicación, la actuación viene recogida en el punto 5.2. de este protocolo.

5.1.2. Todas las **operaciones de la refinería** tanto de manejo de las distintas unidades, como trasiegos de productos, como operaciones de parada y puesta en marcha de unidades, etc se realizan conforme a los numerosos procedimientos incluidos en los manuales de operación de las distintas unidades garantizando así, una operación segura para las personas, instalaciones, comunidad y medio ambiente. El control operacional es uno de los pilares del sistema de gestión ISO 14001 y EMAS, marco operativo bajo el que se vienen realizando y realizan todas las actividades en la Refinería.

5.1.3. En relación con el **mantenimiento, revisiones e inspección**, debemos indicar que el procedimiento HSE-MAN-0035 Programa de inspección y mantenimiento de pavimentos: zonas de almacenamiento de productos químicos y almacenamiento de residuos peligrosos, recoge todas las actividades de revisión, mantenimiento e inspección llevadas a cabo para garantizar el correcto estado del pavimento y verificar la estanqueidad e impermeabilización de dichas zonas.

Las actividades preventivas de mantenimiento, revisión e inspección cubren toda la planta y recogen desde actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, planes exhaustivos de inspección y revisiones en planta por el personal encargado de las operaciones según los programas de REALM y Housekeeping.

Estas revisiones en caso de zonas de no proceso, como losa de químicos y gases comprimidos o ecoparque se realizan por el personal encargado de las citadas áreas tal como recoge el HSE-PRC-0277 y el HSE-GUI-0006.

Todos estos programas están gestionados de manera integral y automatizada, que incluye avisos, compras, inspecciones, gestión de recursos, planificación y sobre todo, registros.

Todos estos procedimientos de mantenimiento, revisión e inspección están incluidos dentro del sistema de gestión ISO 14001 y EMAS.

5.1.4. La refinería lleva a cabo un **control periódico del estado de suelos y aguas subterráneas** según el procedimiento HSE-PRC-0024, que asegura, con una entidad acreditada, que las actuaciones descritas en este procedimiento y otras muchas, son adecuadas para garantizar la no afectación al suelo y a las aguas subterráneas. Este procedimiento está incluido dentro del sistema de gestión ISO 14001 y EMAS.

5.2. MINIMIZACIÓN

La minimización de posibles derrames requiere una identificación inmediata, una comunicación eficaz así como una actuación rápida y eficiente; siendo en este punto cuando procedemos a describir los protocolos de actuación en caso de derrames accidentales de hidrocarburos, residuos peligrosos, productos químicos o aceites con independencia del lugar del suceso.

El segundo pilar de la minimización, es evitar la recurrencia de estos incidentes; para ello contamos, en caso de haberlas, con el procedimiento de identificación y resolución de no-conformidades del sistema de gestión ambiental HSE-PRC-0009 y HSE-PRC-0011, en este caso debidas a derrames.

De acuerdo a los citados procedimientos, siempre que ocurra un derrame accidental de productos químicos, aceites, hidrocarburos o residuos peligrosos, la persona que lo detecte, bien sea durante una operación rutinaria, un trabajo de mantenimiento, personal propio o contratado, dentro de la zona de planta o en las losas así como en los accesos a refinería, debe en primer lugar avisar a su supervisor, en caso de operaciones fuera del horario normal, debe avisar al Jefe de Turno del hecho, ya que éste es la persona responsable en todo momento de la operación de la planta y está presente en todo momento en la refinería.

El supervisor de la operación o trabajo causante del derrame, una vez hecha una evaluación inicial preliminar del incidente, abrirá un primer reporte en el sistema electrónico de incidentes disponible en la refinería y decidirá si se requiere un acción urgente sencilla, como por ejemplo recoger el derrame con material absorbente y llevarlo al ecoparque para su posterior gestión como residuo peligroso en caso de que el material objeto del derrame así lo requiera. En función del alcance del derrame, el supervisor avisará al Jefe de Turno, para su conocimiento, quién podrá decidir si son necesarias acciones operativas, por ejemplo dejar un tanque fuera de servicio cuanto antes, trasegarlo a otro con carácter inmediato o acciones de otro tipo como acordonar una zona, etc.

La responsabilidad del Jefe de Turno se limita a la actuación inmediata y al reporte del mismo en caso de ser el turno es el originador o el que lo ha detectado.

El reporte de incidentes llega de manera automatizada a todas las áreas de la refinería, siendo el área de seguridad y medio ambiente que se hace cargo de la gestión posterior del incidente.

Para la recogida de posibles derrames accidentales tanto de productos químicos como de residuos peligrosos se dispone en las distintas losas de material absorbente específico ignífugo correctamente acondicionado en contenedores cerrados para preservar su buen estado, en cantidad suficiente que garantiza una rápida actuación; además, se encuentra material en almacén en abundancia con cantidades mínimas y máximas admisibles para su inmediata reposición.

Este material se encuentra en distintos formatos, bolas, tubulares, mantas para adecuarse a las distintas situaciones de emergencia. El Jefe de Turno dispone de acceso directo al Almacén a cualquier hora y el material se encuentra perfectamente accesible e identificado.

Una vez resuelto el problema en primera instancia, el incidente es estudiado por el Departamento de Salud, Seguridad y Medio Ambiente, quien analizará con detalle el origen y causas del incidente desde diversas vertientes, este listado no es excluyente y principalmente se deberán a: incidentes de proceso, incidentes debidos a los equipos, incidentes operativos o incidentes ocasionados por un trabajo específico.

Se considera un incidente de proceso, aquel cuyo derrame tenga su origen en un fallo en los sistemas de control operativo y de seguridad de la instalación, por ejemplo, en el caso de fallo de un sistema de corte por sobrellenado de un tanque, generando un derrame.

Se considera un incidente operativo, aquel cuyo derrame tenga su origen en un fallo en las operaciones, por ejemplo, en el caso de un trasiego de productos y el operador no contempló previo a la operación, el cierre de una válvula manual de drenaje, generando un derrame.

Se considera un incidente ocasionado por un trabajo, aquel cuyo derrame tenga su origen en elementos ajenos al proceso y a sus controles, por ejemplo, en un trabajo con grúa se vierte aceite de la misma al suelo, o ésta golpea un contenedor con producto químico dañándolo y produciendo un pequeño vertido.

Se considera un incidente ocasionado por un equipo: un poro en un contenedor, tanque o depósito que pudiera generar un pequeño vertido.

En cualquiera de los casos, los derrames es estudian por la sección de Medio Ambiente y deberán recogerse en el sistema de gestión ambiental como una No-Cormidad. El incidente puede ser puntual, sin causa raíz asociada y sin impacto sobre las personas, la instalación, la comunidad y/o el medio ambiente, en ese caso, no requiere un Comité de Investigación. En caso de incidentes reincidentes, con afección a las personas, instalaciones, comunidad y/o medio ambiente, es necesaria la convocatoria de un Comité de Investigación liderado por una persona ajena al incidente quién: recopilará los hechos, los esclarecerá y establecerá un plan de acción con responsables, recursos y fechas de ejecución. Es durante la evaluación del evento cuando se definen si es necesario acometer acciones de remediación adicionales a las iniciales, que permitan eliminar el impacto ambiental de debido a dicho derrame, ver punto 5.3.

Es responsabilidad del Coordinador de Calidad y Medio Ambiente garantizar que se analizan todos los incidentes ambientales, se procede a la apertura de la No-Conformidad si procede, así como del tratamiento de las mismas conforme a los procedimientos establecidos por el Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001 y EMAS.

Será también responsabilidad del Coordinador de Calidad y Medio Ambiente, validar que las acciones llevadas a cabo en primera instancia son suficientes y adecuadas y en caso contrario, establecer las actividades necesarias que garanticen la correcta subsanación del derrame.

Los derrames son claramente No-Conformidades del sistema de gestión ambiental y se identifican, registran y se cierran, según los citados procedimientos. Las No-Conformidades se gestionan con un sistema automatizado avanzado que permite la generación de avisos, el cierre automático de las acciones pendientes, asignación de responsables, etc, descrito en el procedimiento correspondiente.

5.3. REMEDIACIÓN

El alcance, origen y tipo de vertido definirá en cada caso las acciones de remediación necesarias que permitan garantizar sus dos objetivos principales:

- Garantizar que no hay riesgo debido al derrame para las personas, instalaciones, comunidad y/o medio ambiente.
- Garantizar que el suelo y aguas subterráneas en caso de verse afectados vuelven a la situación original.

Los derrames por su impacto se pueden clasificar en dos tipos:

- **Superficiales:** se refieren a aquellos derrames superficiales que se producen del exterior al suelo, que no han impactado en las aguas subterráneas, de corto alcance y que afectan a capas muy superficiales del terreno. La remediación en este caso consiste en eliminar la capa superior del terreno hasta que los parámetros de control estén dentro de los valores normales, eliminando la afección al terreno y sustituyéndola por tierra limpia. La remediación se completa con la gestión de las tierras contaminadas bien como residuo peligroso o bien como tierras a valorización por un gestor autorizado.
- **No superficiales:** corresponden con derrames que han impactado en las aguas subterráneas.

En el caso de derrames no superficiales, la secuencia de operaciones a realizar en este caso tanto en suelos como en aguas subterráneas sería la siguiente:

Caracterización: Tiene como fin determinar los parámetros básicos de un espacio contaminado (magnitud, extensión, naturaleza de la contaminación, recursos afectados, etc.) para poder evaluar su peligrosidad potencial, y en consecuencia, definir las necesidades de actuación. Esta etapa es necesaria cuando existen dudas respecto al alcance pero puede ser evidente y no ser necesaria.

Evaluación de riesgos: Su objetivo es conocer la potencial o actual migración de contaminantes y sus efectos sobre la salud y el medio ambiente.

Estudio de soluciones: Se hará considerando todos los aspectos (técnicos, medioambientales, económicos, etc.) sobre los que hay que actuar y sus interrelaciones.

Saneamiento: Se pretenderá reducir los impactos de contaminación o llegar a la limpieza total o recuperación del espacio contaminado dependiendo del uso asignado al suelo, agua y otros recursos afectados, en función de los riesgos para la salud y el medio ambiente.

Control posterior de verificación: Consistirá en el control posterior una vez realizada la remediación con el fin de verificar la efectividad de las medidas tomadas y el correcto estado del terreno.

6. LEGISLACIÓN

Este listado no pretende ser exhaustivo pero sí marcar las principales referencias legales en las que se ha basado la redacción de este protocolo.

RD 379/2001 y sus instrucciones técnicas asociadas

Ley 22/2011

RD 833/1988

RD 1695/2012

Directiva 2010/75

Ley 10/2000

7. ANEXOS

7.1. DECLARACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE BP 2013

AENOR
02 JUN 2014
C-01A50
ENTRADA



Declaración

Medioambiental

**BP Oil España S.A.U.
Refinería de
Castellón**

2013

Declaración Ambiental Año 2013

BP Oil España S.A.U. Refinería de Castellón

Índice

Prólogo.....	2
1. Descripción de la Refinería, Actividades, Productos y Costes e Inversiones Ambientales.....	2
1.2. Datos de la empresa.....	3
1.3. Proceso	3
1.4. Productos	3
1.5. Costes e Inversiones Ambientales	3
2. Política, Sistema de Gestión Ambiental y Organización	5
2.1. Política Ambiental	5
2.2. Sistema de Gestión Ambiental	5
2.3. Programa de Mejora Continua.....	6
2.4. Organigrama	7
3. Descripción de los Aspectos Ambientales	7
3.1. Identificación y Evaluación de los Aspectos Ambientales Directos	7
3.2. Descripción de los Aspectos Ambientales Directos	9
3.3. Descripción de los Aspectos Ambientales Indirectos Significativos	12
4. Resultados Ambientales respecto de Legislación, Objetivos y Metas	13
4.1. Emisiones a la Atmósfera	14
4.2. Ruidos	19
4.3. Efluente al Mar	20
4.4. Residuos	23
4.5. Materias Primas	25
4.7. Otros factores relativos al comportamiento ambiental (incluir sesiones de concienciación).....	27
5. Información Adicional	29

Prólogo

Uno de los pilares que sustentan la actividad de BP Oil España S.A.U. Refinería de Castellón., es la protección del medio ambiente a través del desarrollo sostenible conforme a los intereses de la sociedad. Para ello, la Refinería cumple con una política ambiental y fija unos objetivos para los aspectos ambientales significativos identificados, consiguiendo así una mejora continua del proceso de refino minimizando los impactos desde el punto de vista ambiental, reduciendo residuos, emisiones, fugas y usando la energía eficientemente.



Figura 1: Imagen aérea de la Refinería.

1. Descripción de la Refinería, Actividades, Productos y Costes e Inversiones Ambientales

1.1. Descripción de la Refinería: Situación, Historia y Características Técnicas

La Refinería de BP en Castellón, está situada en la costa mediterránea, en el Grao de Castellón, donde ocupa una superficie de 155 hectáreas, mas las 2.27 hectáreas concernientes a la ocupación en la concesión portuaria que BP posee en la Dársena Sur del Puerto de Castellón. La Refinería comenzó sus operaciones en 1967 e inicialmente tenía una capacidad de tratamiento de tres millones de toneladas anuales de crudo, que se amplió a cuatro millones en 1972 y a cinco y medio en 1980.

En la Refinería se lleva a cabo el proceso de refino del petróleo. Este es el proceso de transformación del crudo en productos acabados, principalmente combustibles y asfaltos. La refinería está en permanente evolución en cuanto a desarrollo tecnológico con el fin de adaptarse a los diversos requerimientos productivos o ambientales que demanda la industria del refino de petróleo.

La refinería cuenta con Planes de Gestión de Emergencias elaborados para cubrir todas las instalaciones, lugares y productos. Entre estos planes cabe destacar: el Plan de Emergencia Interior, el Plan Interior Marítimo (PIM), así como los programas de Prevención de Derrames y Lucha contra incendios.

BP Oil España S.A.U. cuenta con distintos negocios situados en Madrid: negocio de bitumen y coque, combustible de aviación, estaciones de servicio, logística y marketing, etc, así como la Refinería ubicada en Castellón. BP Oil España forma parte de diversas organizaciones del sector del refino, a nivel nacional con AOP (Asociación de Operadores de Productos Petrolíferos) y a nivel europeo con Europa y CONCAWE, colaborando activamente en el intercambio de Información y en el desarrollo de nuevas propuestas legislativas.

Además la Refinería participa, en colaboración con más de treinta instituciones locales, en actividades sociales y benéficas dentro de la Comunidad en la que está enmarcada, favoreciendo el desarrollo regional. Presenta convenios de colaboración con diversas Universidades y Escuelas en todo el territorio nacional, como la Universidad Jaume I de Castellón y la Universidad de Comillas entre otras. Destacan entre las iniciativas llevadas a cabo, la creación de la Fundación para la Eficiencia Energética, y el proyecto Engage, en el que empleados voluntarios de la organización colaboran con colegios bajo la línea de orientación escolar, y así como una colaboración con el centro penitenciario de Castellón, ayudando a los presos para mejorar su reinserción a través de la mejora de su empleabilidad. Como novedad, en 2013 se ha colaborado con la Fundación SEUR en la recogida de tapones para infancia necesitada.

1.2. Datos de la empresa

NOMBRE DE LA EMPRESA	BP Oil España S.A.U. Refinería de Castellón.
DIRECCIÓN	Polígono "El Serrallo" Apartado 238
CÓDIGO POSTAL	12080
ACTIVIDAD INDUSTRIAL	Refino de petróleo
PRODUCTOS PRINCIPALES	GLP, naftas, gasolinas, kerosenos, gasoil, azufre, coke, fuel oil y asfaltos
COMUNIDAD	Valenciana
LOCALIDAD	Castellón de la Plana
PROVINCIA	Castellón
Nº. EMPLEADOS	467
C.I.F.	A-28135846
CÓDIGO NACE	19.20
AÑO PUESTA EN MARCHA	1.967
CAPACIDAD PRODUCTIVA	5.500.000 t/año
TELEFONO	(964) 34 70 00
FAX	902804863

1.3. Proceso

La principal materia prima es el petróleo crudo. Éste es transportado desde los países productores hasta la Refinería en buques especializados de gran tamaño que quedan amarrados en un campo de boyas a 4 Km. de la costa, desde donde se descarga por una tubería submarina de un metro de diámetro. De igual manera, otras materias primas, como son VGO, FO y GO, llegan a Refinería.

La materia prima descargada se almacena en tanques, ubicados en la parte sur de la Refinería, junto al mar, y desde allí se lleva a las distintas áreas de proceso para empezar el refino del crudo.

Como materia prima procesada se tratan crudo, FO, VGO y GO recibidos por barco, "slops" de Refinería (corrientes fuera de especificaciones que son devueltas a los tanques de crudo para ser reprocesadas) e hidrocarburos separados en el API (unidad de separación de aceites), incluidos los deslastres de los barcos, a los que se le van añadiendo algunos aditivos a medida que va siendo procesado. El diagrama de flujo del proceso es el siguiente:

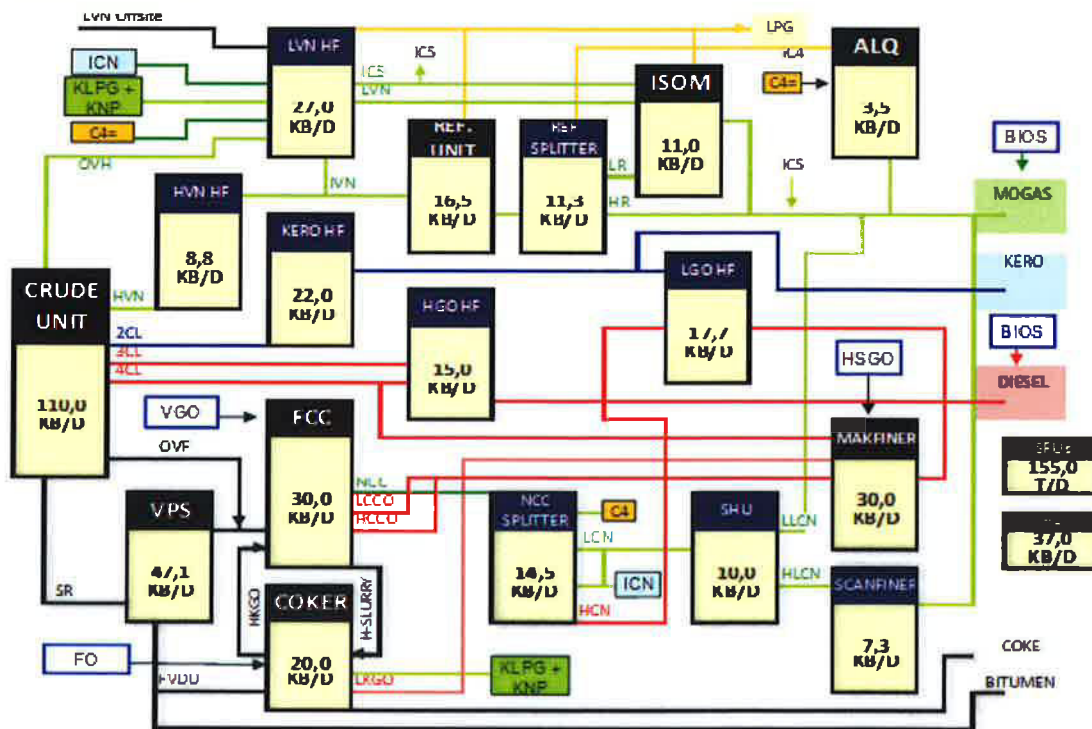


Figura 2: Diagrama general de la Refinería

El área de proceso cuenta con diversas instalaciones: una unidad de destilación atmosférica de crudo, una de destilación a vacío; unidades de conversión: reformado catalítico, craqueo catalítico en lecho fluido, craqueo térmico, isomerización de pentanos/hexanos y alquilación de butanos/butenos y la unidad de coquización retardada. Adicionalmente dispone de unidades de hidrosulfuración o endulzamiento para todos los productos destilados. Unidades de Hidrógeno, Unidad de Makfining (Hidrotratamiento de Gasóleos a alta presión), Unidad de Scanfining y

Unidad de KNP (Hidrotratamiento selectivo de Naftas de FCC y coker), con las que se consiguen combustibles adaptados a las últimas especificaciones. Así mismo, cabe mencionar la integración de los humos de los hornos de crudo en la caldera SG-130, el aprovechamiento térmico de los mismos, y la unidad de recuperación de CO₂, puesta en marcha a finales de 2005, así como la última unidad de cogeneración puesta en marcha en 2010, de esta manera toda la energía eléctrica consumida en refinería se produce con cogeneraciones de alta eficiencia. La Refinería tiene un alto nivel de integración térmica y de proceso entre las diferentes unidades, lo que permite la fabricación de productos acabados sin tancaje intermedio y con alta eficiencia energética.

La Refinería trabaja en continuo durante todo el año parando tan sólo de forma planificada, cada 4 ó 5 años aproximadamente, para el mantenimiento de las unidades de la misma. Durante los meses de abril, mayo y junio de 2012 tuvo lugar la parada general de toda la refinería, donde llevaron a cabo todas las tareas de mantenimiento necesarias para asegurar un nuevo ciclo de vida de 4 años. Fueron 48 días en los que casi 3.000 personas aportaron su esfuerzo y dedicación para conseguir cumplir los objetivos: realizar una parada lo más segura posible, cumpliendo los plazos y costes previstos.

La cantidad de crudo procesado en el 2013 ha sido 4,038 millones de toneladas. Además de esta materia prima se trataron 0,584 millones de toneladas de feedstocks (FO, VGO y GO)

La transformación que experimenta el crudo desde su entrada al proceso, consiste básicamente en:

- **Destilación fraccionada:** separación del crudo en las distintas fracciones según las necesidades del mercado.
- **Craqueo catalítico / térmico:** conversión de las fracciones de menor demanda en otras de mayor demanda mediante ruptura catalítica / térmica.
- **Reformado, isomerización y alquilación:** modificación de las estructuras de las gasolinas para elevar su calidad carburante.
- **Tratamiento/desulfuración:** depuración de los productos para eliminar sustancias "indeseables", principalmente compuestos de azufre.
- **Coquización retardada:** conversión de las fracciones más pesadas y con menor demanda en otras de mayor demanda mediante ruptura térmica.

Todas las unidades funcionan con un gran nivel de automatismo y son controladas desde la sala de control con instrumentación electrónica gobernada a su vez por el ordenador de proceso, consiguiéndose así el máximo rendimiento, una reducción del consumo energético y una operación de planta más segura.

1.4. Productos

Los principales productos que se obtienen en la Refinería son gasolinas, gasóleos, querosenos, nafta, GLP, fuel oil, asfaltos, coque y azufre. La producción es continua, aunque variable en el tiempo según la disponibilidad y naturaleza del crudo y la demanda del mercado.

Estos productos se obtienen tanto directamente en el proceso de refino, como por mezcla de distintas fracciones procedentes de las unidades de Refinería.

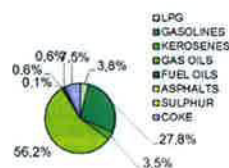
Las ventas van dirigidas en su mayor parte al mercado nacional, a través de su red de distribución, y a otros clientes como las compañías de aviación, suministro a buques o empresas petroleras. Las exportaciones en 2013 fueron del 20,4% de la producción total.

Durante los últimos años, la Refinería de Castellón ha utilizado biocombustibles en la formulación de sus productos, principalmente en gasolinas y gasóleos. Las cifras de estos biocombustibles utilizados, ETBE, HVO y sobre todo FAME (Fatty Acid Methyl Ester) fueron de 168.605 toneladas. Este disminución tan significativa frente al 2012 se debe a la combinación de dos hechos. El primero por la eliminación de la deducción fiscal para los biodiesels (FAME, HVO) y el segundo por la reducción de objetivos de biocarburantes establecida por el gobierno en el RD 459/2011.



Figura 3: almacenamiento de productos en Refinería.

Diagrama de BP Oil Refinería de Castellón, 2013



1.6. Costes e Inversiones Ambientales

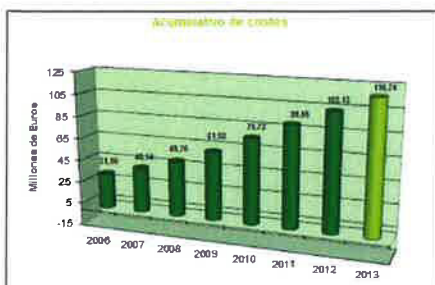
El equipo de BP RLT (Refinng and Logistics Technology) es el encargado, entre otras funciones, de analizar la aplicación de metodologías específicas para la minimización, reutilización y reciclado de residuos, emisiones y vertidos para todo el conjunto de las refinerías del grupo. Con esta guía y el análisis de la legislación futura aplicable, el área de Desarrollo del Negocio y Proyectos, realiza unos planes estratégicos que desembocan en iniciativas o bien en concepto CAPEX (Capital Expenditure) o REVEX (Revenue Expenditure).

Este plan estratégico identifica los proyectos y sistemas que Refinería puede implementar especificando para cada proyecto la relación coste / beneficio.

Los **costes ambientales** de la Refinería para el año 2013 ascendieron a **13.617.005 euros** repartidos de la siguiente forma:



COSTES 2013	€
Gestión de Residuos	1.436.969
Control de la Contaminación Atmosférica	3.314.426
Tratamiento de las Aguas Residuales	3.227.477
Canon Compra y Saneamiento del Agua	1.595.181
Monitorización	685.548
Costes Administrativos	1.842.354
Costes Operacionales	1.515.050
Total Gastos	13.617.005



Las **inversiones** de capital en Medio Ambiente de 2013 fueron **2.840.672 euros**. En la siguiente tabla se segrega según el impacto ambiental que reducen:

PROYECTOS 2013	€
Atmósfera (17,8 %)	508.807
Instalación de detectores de hidrocarburo en offsites tk-711,712,706,708	50.047
Compra cámara termográfica	86.119
Mejoras SWS I/II, SRU III y Vacío reducción presión	3.931
Redundancia del sistema de gestión de emisiones gaseosas	21.185
Compra de una analizador multiparamétrico para la SG-1671	25.119
Instalación doble sello en Tk-3700	167.481
Instalación doble sello en TK-714	16.519
Compra e instalación tres analizadores de Wobe Index	49.709
Instalación techo flotante interno al TK-732 de techo fijo	14.525
Compresores gas cola para vacío	655
Instalación preheater en el F-450 para calentar aire con humos	47.400
Alimentación gas natural a TG-1600	15.977
Alimentación Gas Natural plantas azufre SRU A/B combustible alternat.FG	8.139
Efluente (80,4 %)	2.333.865
Nuevos amarres dársena sur puerto	984.488
Manejo en el almacenamiento de aguas aceitosas	2.966
Mejoras en el Tk-728	66.127
Mejoras aditivación para la PTAR	48.316
Sustitución de la centrífuga (CF-1500) de la PTAR	132
Instalación bomba de reserva de alimentación de fangos a CF-1500	16.911
Aumento capacidad hidráulica de la PTAR	37.450
Segregación de sobrenadantes de TK-1517 a fangos primarios TK-1505	100.157
Mejoras eléctricas instalación variador de potencia	55.805
Instalación tratamiento terciario PTAR filtros arena autoregenerantes	529.861
Nueva configuración de líneas de conexión entre DAFS (Tk-1503) y BIOX	91.916
Mejoras derivadas del Comité de Pluviales	70.836
Aditivación ácido fosfórico control DQO en BIOX	1.158
Compra e instalación de válvulas de aislamiento submarinas	327.742
Total Inversiones	2.840.672



2. Política, Sistema de Gestión Ambiental y Organización

2.1. Política Ambiental

Es la Política de la Refinería de Castellón, de acuerdo con la Política de Salud, Seguridad y Medio Ambiente, desarrollar sus actividades dentro de un marco de respeto hacia el medio ambiente y de mejora continua del Sistema establecido para su gestión.

Para dar cumplimiento a esta política la Refinería de Castellón se compromete a:

- Mantener unas relaciones abiertas con las autoridades, clientes y comunidad vecina, con el fin de promover una cultura ambiental positiva.
- Asegurar una mejora continua de su gestión ambiental, mediante el cumplimiento de la legislación, reglamentación aplicable y requisitos internos, prevención de la contaminación, reducción del ruido, deshechos y emisiones al medio ambiente y un uso adecuado de la energía y los recursos naturales.
- Valorar los riesgos e impactos ambientales, fijar objetivos y metas y llevar a cabo programas de mejora continua para contribuir a la mejora del medio ambiente
- Asegurar que todos los empleados están debidamente entrenados y que conocen sus responsabilidades para cumplir con esta política ambiental.
- Asegurar la existencia de métodos de medición, que permitan un adecuado funcionamiento del Sistema.
- Considerar los factores ambientales en la selección de contratistas y suministradores de productos.
- Asegurar que existe un sistema formal en la Refinería de Castellón para identificar, investigar, informar y corregir desviaciones del Sistema.
- Asegurar el conocimiento, por parte de todos los empleados de la Refinería de Castellón, de esta política, así como de su accesibilidad por parte de cualquier persona ajena a la empresa.
- Cumplir lo establecido en el Convenio de Buenas Prácticas Ambientales suscrito con la Autoridad Portuaria de Castellón y aplicable a las operaciones realizadas en todas las instalaciones marítimas de BP Oil España S.A.U. Refinería de Castellón en el Puerto de Castellón.

2.2. Sistema de Gestión Ambiental

La política Ambiental de BP Oil España S.A.U. Refinería de Castellón, es parte integral de sus objetivos, en sus actividades sujetas a registro ambiental, está comprometida con el cumplimiento de la Norma UNE ISO 14001, estando certificada desde noviembre de 1998, como el medio de evaluar y asegurar su sistema de Gestión Ambiental.

Esta norma describe un Sistema de Gestión Ambiental destinado a proporcionar un patrón internacional frente al cual se puede evaluar el comportamiento Ambiental de la Refinería de Castellón. Está basada en un proceso dinámico que se fundamenta en el ciclo PDCA, "Planificación, Puesta en práctica, Comprobación y Revisión". Los elementos del sistema aseguran una adecuada actuación ambiental controlando el impacto de las actividades, productos y servicios sobre el medio ambiente, teniendo en cuenta la política y objetivos ambientales. Realizado todo en el contexto de la legislación e incluyendo la estructura organizativa, responsabilidades, procedimientos y entrenamiento, satisfaciendo así los requisitos de la Norma UNE EN ISO 14001.

Esta declaración ambiental está disponible para todos los empleados y todos pueden participar en su elaboración utilizando las herramientas de comunicación externa e interna en vigor del sistema.

Los aspectos fundamentales del Sistema de Gestión Ambiental, son:

Planificación: La Refinería realizará la identificación de los requisitos legales y otros requisitos relacionados con sus actividades, productos y servicios, establecerá un programa de gestión ambiental que posibilite el logro de los objetivos y metas fijados que hagan posible una mejora continua. Los objetivos y metas se fijarán de manera consecuente con la política ambiental, teniendo en cuenta el compromiso de prevención de la contaminación.

el fin de evitar desviaciones de la política, los objetivos y metas ambientales.

Comprobación y acción correctora: La Refinería prevendrá y corregirá las acciones que afecten negativamente al medio a través de acciones encaminadas a eliminar las causas de no conformidades, reales o potenciales. Asegurará la prevención y reducción de los impactos ambientales que puedan surgir como consecuencia de accidentes potenciales o situaciones de emergencia, a través del desarrollo de Planes de Emergencia.

Implantación y funcionamiento: La refinería coordinará las relaciones entre las diferentes áreas funcionales y organizativas y asignará responsabilidades claras. En este proceso se evaluarán las necesidades de formación de todo el personal, comunicándole la política del grupo BP así como los objetivos ambientales de la empresa y los resultados obtenidos. La gestión ambiental se integrará en la gestión de las operaciones a través de documentos de trabajo sometidos a control de documentación.

Evaluará y controlará el grado de implantación del sistema de gestión ambiental, así como la eficacia del mismo, y el grado de consecución de objetivos mediante la implantación y mantenimientos de un programa de auditorías internas.

Revisión por la dirección: La realización de la revisión por la Dirección tiene el fin de asegurar que el Sistema de Gestión Ambiental es efectivo y adecuado a los cambios que hayan ocurrido en el entorno. Está dirigida a establecer las posibles necesidades de cambios en la política, objetivos y otros elementos del sistema, de acuerdo con el compromiso de mejora continua.

La refinería de Castellón se compromete a identificar las operaciones y actividades que estén asociadas con los aspectos ambientales reales y potenciales.

La organización planificará las operaciones y actividades con el fin de asegurarse que se efectúan bajo las condiciones especificadas en los manuales y procedimientos que les apliquen. Las operaciones y actividades se controlarán y medirán periódicamente con

El sistema de gestión ambiental descrito se integra además dentro del Operating Management System (OMS) que es el sistema de gestión operativa del Grupo BP que asegura que nuestras operaciones se llevan a cabo de forma segura, responsable y fiable, al mismo tiempo que ayuda a alcanzar los objetivos de negocio



2.3. Programa de Mejora Continua

El área de Mejora Continua se constituyó en Marzo de 2009 con el objetivo de introducir cambios de comportamiento dentro de la empresa que conlleven una maximización de la eficiencia y optimización de los recursos para alcanzar los objetivos con el menor coste, tiempo y esfuerzo posibles. Esta área es el medio de comunicación a través del que canalizar las sugerencias e ideas de los empleados de Refinería.

Estas sugerencias pueden ser de mejora de la productividad, ahorro energético, optimización de los recursos, comportamiento medioambiental, modernización de las herramientas de trabajo, etc.... Así, el grupo de mejora continua, una vez recibidas estas ideas y sugerencias propuestas por lo empleados, ayudará a desarrollar la idea en detalle, analizará con las distintas áreas implicadas la viabilidad de la misma y finalmente coordinará la ejecución de las mismas.

Durante el año 2013 se recibieron en el buzón de mejora continua de la Refinería 724 propuestas, de las cuales 521 fueron aceptadas. De ellas 208 ya han sido implementadas o están en proceso de ejecución. De todas las ideas implementadas, 87 han sido de HSSE y de ellas 9 han sido específicas de Medio Ambiente.

Durante este año 2013 el incremento de participación ha sido de un 14%. La gráfica de arriba muestra la evolución de la participación desde el 2009, año en que se constituyó el programa de mejora continua hasta el día de hoy.



2.4. Organigrama

El Director de Refinería (Business Unit Leader) es el responsable de la implementación de la Política Ambiental, mediante la delegación de su autoridad administrativa y funcional a los Directores de Departamento y sus equipos

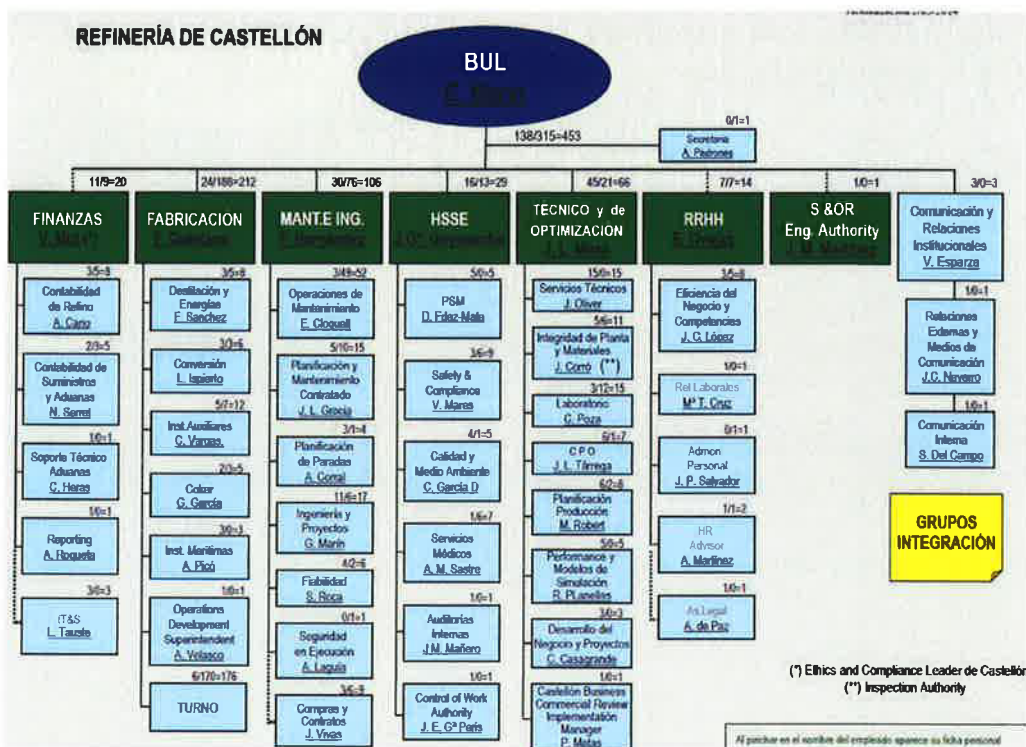


Figura 4: Organigrama de BP Refinería de Castellón

3. Descripción de los Aspectos Ambientales

La Refinería identificará los aspectos ambientales que se puedan producir como consecuencia de la naturaleza del proceso industrial del refino. Es necesario identificar y valorar los aspectos ambientales que puedan tener impactos significativos sobre el medio ambiente. Así como identificar los aspectos ambientales relacionados con las actividades, servicios y productos de la organización, tanto los que controla totalmente (Aspectos Directos), como sobre los que no tiene pleno control (Aspectos Indirectos.)

Los aspectos así identificados serán posteriormente evaluados con el objeto de determinar si los aspectos identificados son significativos o no. Este procedimiento será de aplicación siempre que se realice una modificación en los aspectos ya identificados o la identificación de nuevos aspectos.

3.1. Identificación y Evaluación de los Aspectos Ambientales Directos

IDENTIFICACIÓN: Criterios

- Aspectos regulados tanto en la **AAI de Refinería** en vigor como en otra **normativa ambiental** vigente.
- Información contenida en los **Estudios de Impacto Ambiental** de cada nuevo proyecto.
- **Quejas o reclamaciones** de partes interesadas y/o afectadas.
- **Requisitos de los sistemas de Gestión Ambiental** a los que la refinería está adherida o se adhiere.
- Conocimientos sobre:
 - Aspectos ambientales y sus impactos asociados.
 - Funcionamiento de la planta, según el seguimiento diario y el control operacional realizado.
 - Sistema de Gestión Ambiental, derivados del proceso de evaluación y mejora continua.

EVALUACIÓN: Criterios

- **Interés específico** para la protección del medio ambiente local, regional, nacional o global.
- Impacto derivado de actividades clasificadas como **rutina, no-rutina y/o emergencia**.
- **Tipo de riesgo** para las personas y el medio ambiente.
- **Continuidad** en el tiempo del aspecto ambiental y **probabilidad / frecuencia** del impacto.

- **Naturaleza del impacto** según el tiempo en hacerse evidente y las características del daño.

REVISIÓN:

Se realizará una revisión de la identificación y evaluación de los aspectos ambientales en función de:

- Realización de **nuevos proyectos**.
- **Revisión de los diagramas de proceso** e incorporación de todos los diagramas asociados a nuevas unidades.
- **Cambios en los requisitos legales, reglamentarios y de otro tipo**.
- **Resultados de auditorías internas, externas y revisión por la dirección**.

Fijación anual de objetivos y metas ambientales

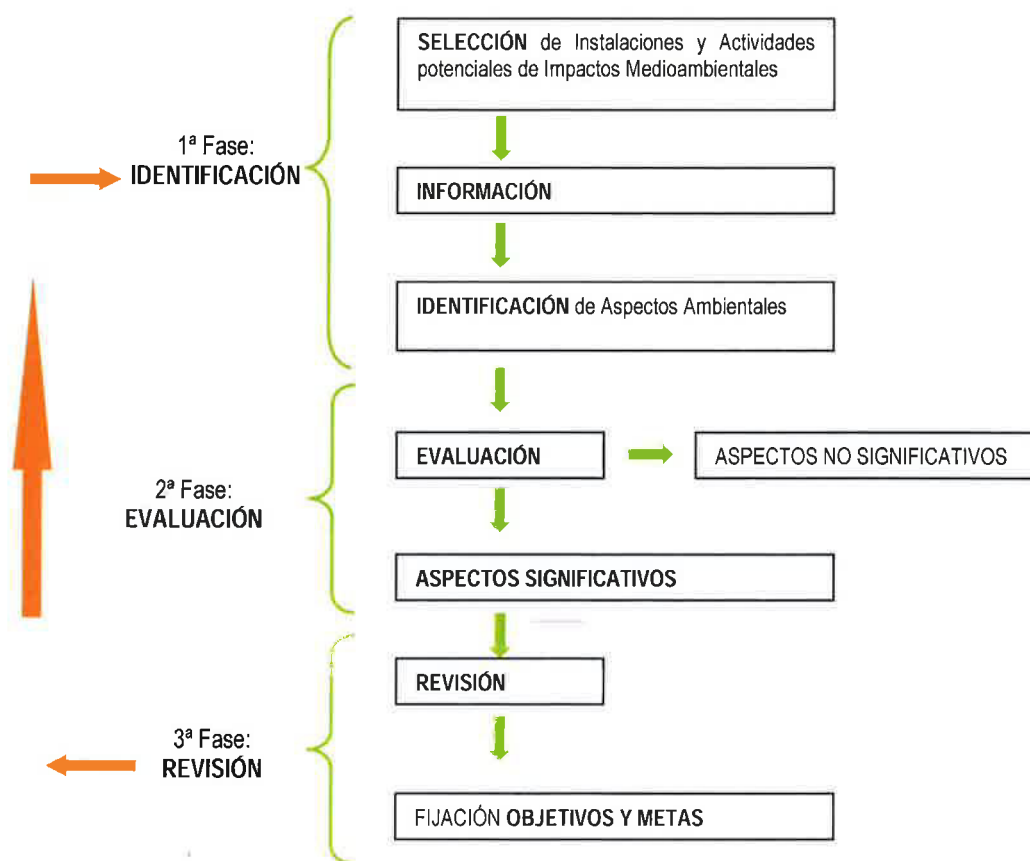
Estas metas y objetivos se fijarán de acuerdo con la Política Ambiental de la empresa, teniendo en cuenta la protección del Medio Ambiente y la prevención de la contaminación en equilibrio con las necesidades socio-económicas. Se fomentará un desarrollo sostenible, socialmente aceptable y económicamente viable.

En cualquier caso, el proceso de valoración y jerarquización está debidamente documentado y a disposición del público. En él, se especifican los criterios concretos adoptados por la Refinería de Castellón en la aplicación de su Política Ambiental.

Sobre cada uno de estos indicadores ambientales de desempeño se podrá fijar un objetivo de medio ambiente, es decir, un valor concreto a alcanzar durante el año, cuando se produzca una de las siguientes situaciones:

- Apertura reiterada de No Conformidades debido a la superación del límite legal del indicador
- No se obtiene el nivel de desempeño mínimo (valor mínimo establecido en el rango)
- Se identifica la posibilidad de mejora en los valores obtenidos del indicado.

En caso de cumplirse cualquiera de estos criterios, el indicador ambiental, pasará a ser un objetivo del sistema de gestión ambiental, con la consecuente creación de un plan específico que evaluará y contemplará toda una serie de acciones a acometer con objeto de retornar el parámetro al cumplimiento del rango preestablecido de forma continuada, o en el caso de ser susceptible de mejora, se recalculará el rango de cumplimiento, acotando el mismo a valores más restrictivos, con la consecuente mejora ambiental.



3.2. Descripción de los Aspectos Ambientales Directos

Emisiones a la atmósfera

La Refinería de Castellón, dispone de unidades de lavado de gases, de recuperación de azufre y de recuperación de CO₂, cuya misión es reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

Existen, además, sistemas de ciclones para reducir las emisiones de partículas procedentes de la unidad de recuperación del catalizador del FCC.

Diversas instalaciones de combustión están dotadas de quemadores de baja emisión de NO_x e incluso sistemas de inyección de agua desmineralizada a turbinas con el mismo propósito.

Así mismo, los tanques están dotados de sistemas de sellado cuya finalidad es evitar y/o minimizar las pérdidas de vapores orgánicos por emisión a la atmósfera. En el caso de equipo rotativo, algunos de ellos también cuentan con sistemas de doble sello, cuya finalidad es la misma.

Los aspectos ambientales directos identificados relacionados con emisiones atmosféricas son:

SO ₂	NO _x	CO
CO ₂	Partículas	COV's/HC
Halógenos	Olores	H ₂ S
CFC's	Metales	

Los aspectos que resultaron significativos son:

Aspectos Ambientales Significativos	Impactos Asociados
CO ₂	Efecto Invernadero
CO, COV's/HC, NO _x	Disminución de la capa de ozono
Partículas, NO _x	Smog
NO _x , SO ₂	Lluvia ácida

Efectos sobre el Medio Ambiente:

- Cambio climático (periodos de sequía, inundaciones...)
- Disminución de la calidad del aire, los suelos y las aguas.
- Daño a la flora y fauna y afección a la salud humana.

Efluente al mar

La Refinería de Castellón posee una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en la que se tratan las aguas procedentes del proceso y sanitarias y las aguas del deslastre de los buques que operan en Refinería. Las aguas depuradas son vertidas al mar a través de un emisario submarino.

El control de la calidad del efluente al mar es establecido por el Jefe de Instalaciones Auxiliares con el asesoramiento del Coordinador de Calidad y Medio Ambiente y el Jefe del Laboratorio.

La periodicidad de los análisis de las aguas vertidas por el emisario submarino, y de las aguas de entrada a Refinería y a la PTAR viene dada por la AAI en vigor y se lleva a cabo conforme al plan de muestras en vigor.

Se realizan dos tipos de muestras:

- Muestras en continuo.
- Muestras puntuales.

En cumplimiento de las resoluciones de los organismos ambientales competentes y de la legislación vigente, la salida de flujo del emisario submarino se controla en los siguientes puntos:

- Aguas adentro sobre salida del efluente
- Aguas adentro zona norte de la Plataforma marina de BP OIL
- En línea de costa sobre escollera del emisario submarino
- Aguas adentro zona sur de la Plataforma marina de BP OIL
- Playa de Ben-Afeli, a 200 m aprox de la línea de costa
- Playa de la Torre, a 200 m aprox de la línea de costa

La frecuencia mínima de muestreo del medio receptor es la legalmente establecida.

Algunos barcos que llegan a Refinería a cargar productos o descargar crudo, tienen que descargar las aguas de deslastre, si son barcos lastrados o aguas de lavazas, haciéndolo en unos tanques destinados a tal fin. Es por ello que, la refinería dispone de autorización de gestor de residuos MARPOL tipo A, B, C y D con número 212/G/RTP/CV.

Los aspectos ambientales directos identificados relacionados con el efluente son:

DQO	Aceites y Grasas	Fósforo	Metales
Cr (VI)	Nitrógeno	S ⁻ / S	TSS
Fenoles	Cr total	Toxicidad	Olores
pH	Metales		



Figura 5: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, PTAR, de Refinería

Los aspectos que resultaron significativos son:

Aspectos Ambientales Significativos	Impactos Asociados
Fósforo	Eutrofización
Fenoles	Bioacumulación/Biomagnificación
DQO	Genera eutrofización y desoxigenación
TSS	Disminuyen la entrada de luz en el agua y perjudican el desarrollo de las plantas acuáticas
Aceites y Grasas	Disminución de la fotosíntesis y el oxígeno disuelto

Efectos sobre el Medio Ambiente:

- Degradación física, química y biológica de la calidad del agua.
- Alteración del ecosistema.
- Incidencia sobre el uso del agua y su disponibilidad.
- Propagación de enfermedades transmisibles por vía hídrica.

Residuos

En las instalaciones de la Refinería de Castellón se realiza una recogida selectiva de los residuos generados a través del llamado "punto limpio BP", y la posterior clasificación y gestión adecuada en el ECOPARQUE.

Mediante el proceso de valoración y jerarquización de los aspectos ambientales se pretende reducir y, donde sea posible, eliminar los residuos mediante la minimización en origen y en el reciclaje. Todos los residuos se gestionan mediante métodos seguros y responsables a través de gestores autorizados.

Los aspectos ambientales relacionados con los residuos son:

Residuos Peligrosos	Residuos No peligrosos	Residuos Sanitarios
---------------------	------------------------	---------------------

Los aspectos que resultaron significativos son:

Aspectos Ambientales Significativos	Impactos Asociados
Lodos tratamientos PTAR	Contaminación del suelo y aguas subterráneas
Tierras contaminadas	Contaminación del suelo y aguas subterráneas
Lodos tanques	Contaminación del suelo y aguas subterráneas
Envases contaminados con hidrocarburo	Contaminación del suelo y aguas subterráneas
Escombros	Pérdida de calidad del suelo y aguas subterráneas



Figura 6: Punto Limpio

Efectos sobre el Medio Ambiente:

.-Pérdida calidad del suelo y aguas subterráneas
--

Suelos

La Refinería de Castellón controla la calidad del suelo y las aguas subterráneas. El objetivo principal consiste en llevar un registro y control del estado del suelo y acuíferos subterráneos cumpliendo en todo momento con la legislación vigente en la materia.

La Refinería tiene en cuenta el valor añadido que supone el disponer y estar asentada en unos terrenos con un suelo y aguas subterráneas exentas de contaminación. Por eso es objetivo de Refinería la práctica controlada de sus actividades, así como la realización de controles adicionales a los descritos en el procedimiento cuando se estime oportuno.

Tras la aparición del Real Decreto 9/2005 referente a suelos y tras ser otorgada la AAI de 30 de octubre de 2007, se realizó un estudio detallado y completo de caracterización ambiental del terreno con las analíticas actuales de los suelos y aguas subterráneas. En 2013 se ha iniciado el estudio de suelos y análisis cuantitativo de riesgos que será finalizado en 2014 y desde este momento se realizará con periodicidad quinquenal.

En el caso de las aguas subterráneas, existe una red que consta de treinta y cuatro pozos de monitorización distribuidos por toda la Refinería. Que se ha venido ampliando en 2014.

Los aspectos ambientales directos identificados son:

Metales	Compuestos Orgánicos
Hidrocarburos Totales	Compuestos Inorgánicos

Ruidos

Hay que distinguir el control del ruido como seguridad e higiene en el trabajo, y el ruido emitido por las instalaciones como **contaminación acústica**.

El ruido se considera como aspecto significativo, estableciéndose las acciones oportunas en el programa ambiental del año en curso.

Se realizan estudios y auditorías acústicas llevados a cabo por empresas externas colaboradoras de la Administración, según establece la legislación vigente, y siguiendo el procedimiento aplicable. De esta manera, se controla la emisión acústica de las instalaciones al exterior y con un registro del cumplimiento legal.

Así mismo, se llevan a cabo tanto controles internos del ruido de las condiciones laborales como de la contaminación acústica de modo perimetral. Se elabora un Mapa de Ruidos de la Refinería y se evalúa el impacto ocasionado en el exterior como consecuencia de su emisión.

Además se realizan anualmente audiometrías a todo el personal de Refinería.



Figura 7: Señalización de Protección Acústica

Recursos Naturales

Es fundamental el control del rendimiento de cada uno de los procesos y unidades de la planta para así maximizarlo y minimizar los consumos de recursos naturales y materias primas. Se pretende hacer un uso sostenible de tales recursos.

Se realiza un seguimiento y evaluación mensual para poder detectar cualquier desviación de los objetivos y poder tomar las acciones correctoras correspondientes.

Los aspectos ambientales aquí identificados son:

Recursos	Materias Primas	Biodiversidad
-----------------	------------------------	----------------------

Los aspectos ambientales que se consideran significativos son:

Aspectos Ambientales	Impactos Asociados
-----------------------------	---------------------------

Significativos	
Energía Eléctrica	Emisiones Atmosféricas
Consumo Combustible	
Agua Consumida	Disminución de Recursos Naturales
Crudo Procesado	

Efectos en el Medio Ambiente:

- Disminución de la calidad del aire.
- Disminución de los recursos naturales.

3.3. Descripción de los Aspectos Ambientales Indirectos Significativos

Son los aspectos relacionados con las actividades, productos y servicios sobre los que BP Oil España S.A.U. Refinería de Castellón no tiene pleno control de la gestión.

Transporte de Crudo y Productos

La Refinería de Castellón posee instalaciones marítimas y portuarias en las que se realizan las operaciones de descarga y carga de crudo y productos, necesarios para la actividad de refino.

El Grupo BP tiene muy en cuenta los potenciales accidentes que pueden ocurrir durante las operaciones de carga y descarga, así como durante el transporte marítimo de sus mercancías. Para ello trata de asegurar que dichas operaciones transcurren de manera óptima y segura, exigiendo el cumplimiento de unos requisitos y normas de seguridad, realizando una serie de controles de seguimiento y comprobación de cumplimiento.

Dentro de esta línea de concienciación y compromiso medioambiental se desarrolló el proyecto de dos nuevos puntos de atraque en la Dársena Sur del Puerto de Castellón que se puso en marcha en 2012, cuyo objetivo ha sido dotar a la refinería de una mayor flexibilidad en la importación y exportación de productos derivados del petróleo, a la vez que se reducen los riesgos medio ambientales al operar en una zona abrigada.

Los aspectos ambientales aquí identificados son:

Derrames	MARPOL	Olores
COVs	Ruido	



Figura 8: Imagen de la isla para atraque de los barcos

Los aspectos ambientales que se consideran significativos son:

Aspectos Ambientales Significativos	Impactos Asociados
Derrame	Contaminación Marítima

Efectos en el Medio Ambiente:

- Bioacumulación de sustancias tóxicas
- Pérdida de biodiversidad

Departamento de Vetting de BP Shipping: se encarga de comprobar que los barcos que transportan la carga cumplen todos los requisitos y normativa de seguridad establecidas por BP. Se comprueba que dichos barcos:

- Poseen toda la documentación en regla.
- Están registrados y auditados por una Sociedad Clasificadora.
- Cumplen los requisitos de los puertos de Salida y de Llegada.
- Tienen un Seguro de Responsabilidad Civil (P&I)
- Poseen el certificado IOPPC (*International Oil Pollution Prevention Certificate*).

Group Shipping Audit: se auditan todas las terminales marítimas del grupo BP o que tengan relación comercial, asegurando el adecuado estado y el correcto funcionamiento.

La Refinería de Castellón se pone en contacto previamente con los barcos que van a atracar en sus instalaciones a través del protocolo ISGOTT (*Internacional Safety Guide for Oil Tankers & Terminals*) y durante la carga/ descarga realiza un informe (*Ship/shore safety Checklist*) de todas las embarcaciones que utilizan sus instalaciones marítimas y portuarias.

De acuerdo con el RD 1695/2012, por el que se aprueba el sistema nacional de respuesta ante contaminación marina, la refinería ha actualizado su Plan de Intervención Marina (PIM) tanto para las concesiones ubicadas en la zona II (campo de boyas) como para los puntos de atraque en la Dársena Sur, todas ellas ubicadas en el Puerto de Castellón. Con la nueva actualización se han unificado ambos planes en uno sólo, enviándose a Capitanía Marítima el 5 de marzo 2014, dando así respuesta al requerimiento de actualización. Se ha requerido una revisión posterior a fecha abril 2014.



Figura 9: Imagen de los dispositivos de lucha contra la contaminación marina de la Refinería

Entre otros medios disponibles se cuenta con una embarcación (*"antipollution vessel"*) equipada y preparada para la recogida de cualquier derrame que pudiera ocurrir en el mar, así como de barreras de contención. Estos medios se revisan, mantienen y auditan regularmente tal como requiere la legislación.

Comportamiento y Prácticas Ambientales de Contratistas y Proveedores

Parte de las funciones internas de la Refinería están gestionadas a través de empresas subcontratadas, las cuales aplican los mismos estándares en cuanto a minimización de impactos ambientales que la propia Refinería.

La homologación de las empresas en materia de Salud, Seguridad y Medio Ambiente debe ser mantenida mediante la obtención de unos resultados favorables en estos conceptos durante los trabajos realizados en nuestras instalaciones. Esta valoración se efectuará conforme a lo descrito en el procedimiento de valoración de contratistas.

Adicionalmente, se deberá suministrar la información y documentación, en función de la legislación en materia ambiental, que pudiera ser de aplicación a la naturaleza del servicio o producto. Entre esta documentación que ha de ser facilitada destaca: programa de Seguridad, Salud y Medio Ambiente, cumplimentación de un cuestionario de *HSSE Assurance*.

Una vez presentada dicha documentación, el contratista o proveedor mantendrá una reunión con el departamento de *HSSE* (salud seguridad y medioambiente) para verificar o aclarar todos los puntos pudiendo realizarse inspecciones in situ por parte de dicho departamento.

Con el objetivo de lograr un comportamiento ambiental óptimo la Refinería incluye en su plan de formación lo relativo a materia ambiental. Se pretende asegurar que todas las personas son conocedoras de la importancia del cumplimiento con la política ambiental, objetivos y procedimientos y los efectos potenciales en el medio ambiente de las actividades de su trabajo. Este aseguramiento de los procedimientos que deben cumplir y conocer viene garantizado por el programa CTAIMA, proyecto que se implantó en el primer trimestre del 2013.

4. Resultados Ambientales respecto de Legislación, Objetivos y Metas

BP Oil España S.A.U. Refinería de Castellón fija los objetivos y metas ambientales para el conjunto de la organización. En el Procedimiento de Fijación de Objetivos de Calidad y Medio Ambiente se considerarán los siguientes conceptos:

- Requisitos legales.
- Aspectos ambientales significativos.
- Opciones tecnológicas y requisitos financieros.
- Requisitos operacionales y de negocio.
- Otros requisitos aplicables.

Los objetivos y metas se fijan de manera consecuente con la política ambiental, teniendo en cuenta el compromiso de BP con la prevención de la contaminación y la mejora continua.

El marco legislativo aplicable a BP Oil España Refinería de Castellón viene recogido en la AAI otorgada el 26 de marzo de 2014, soportado por la Declaración de Impacto Ambiental publicada el 30 de Julio de 2007 y en la Autorización de Emisión de Gases de Efecto Invernadero. Esta nueva AAI se deriva del proyecto de la nueva esfera de LPG en construcción y de la aplicación del RD 815/2013 que desarrolla la Ley 5/2013 de Prevención y Control Integrado de la Contaminación.

La AAI recoge toda la legislación aplicable relativa a los conceptos recogidos en este punto.

4.1. Emisiones a la Atmósfera

El control del objetivo anual se realiza a través del seguimiento mensual. En caso de detectarse cualquier tendencia que pudiera dar lugar al incumplimiento del objetivo anual, se establecerán las acciones preventivas necesarias, contribuyendo de esta forma al compromiso de mejora continua del Sistema de Gestión Ambiental.

Una vez identificada la legislación aplicable y los límites legales de emisión, se fijan los objetivos en relación con la calidad del aire, teniendo en cuenta el compromiso de mejora continua.

En función del tipo de instalación, la legislación establece límites de emisión para periodos de tiempo determinados. A continuación se presentan los límites aplicables hasta 1/1/2016 y vienen derivados de la obtención de la Autorización Ambiental Integrada (AAI) del 30 de octubre de 2007:

Contaminante	Legislación Aplicable	Valor Límite (mg/Nm ³)
SO ₂ (3% O ₂)	R.D. 1800/95 ⁽¹⁾	1.700
NO _x (3% O ₂)	R.D. 833/75	616
PM (3% O ₂)	AAI	90
CO (3% O ₂)	R.D. 833/75	625
H ₂ S (3% O ₂)	AAI	5

(1) Existe un programa aprobado por el Ministerio de Industria y Energía según el cual la refinería debe reducir sus emisiones de SO₂ con arreglo a reducciones progresivas.

Los límites aplicables para la emisión de SO₂, NO_x y Partículas de grandes instalaciones de combustión, caso de la SG-130, SG-1671, SG-1631, en función de lo fijado en la AAI se recogen a continuación.

Contaminante	Legislación Aplicable	Valor Límite (mg/Nm ³)
FCC		
SO ₂ (6% O ₂)	AAI	3.000
SG-130		
SO ₂ (3% O ₂)	AAI	933
NO _x (3% O ₂)	AAI	362
Partículas (3% O ₂)	AAI	71
SG-1671		
SO ₂ (15% O ₂)	RD. 430/2004	11.6
NO _x (15% O ₂)	RD. 430/2004	f(combustibles) FG= 120 GN= 75
Partículas (15% O ₂)	RD. 430/2004	71
SG-1631		
SO ₂ (15% O ₂)	AAI	1500
NO _x (15% O ₂)	AAI	616
Partículas (15% O ₂)	AAI	90
F-3201		
SO ₂ (3% O ₂)	AAI	1000
NO _x (3% O ₂)	AAI	616
Partículas (3% O ₂)	AAI	90

Para el caso de SO₂, la emisión se regula legalmente aplicando el concepto de "Efecto Burbuja", según el cual se considera una "única chimenea virtual", suma de todos los focos emisores, para el conjunto de la Refinería. El límite legal, considerando las reducciones progresivas para los distintos años, de la Refinería son:

Año	Límite legal mg SO ₂ /Nm ³
1998	3.400
1999	3.100
2000	2.700
2001	2.400
2002	2.100
2003-2013	1.700

A partir del día 30 de octubre de 2007 y hasta 1/1/2016, con la Autorización Ambiental Integrada de Refinería, los límites de emisión de los focos son los siguientes:

LÍMITES DE EMISIÓN A LA ATMÓSFERA POR FOCO					
	SO ₂	NO _x	CO	PARTÍCULAS	H ₂ S
mg/Nm ³ al 3%O ₂ seco					
SG-130	933	362	625	71	5
F-180	1.500	616	625	90	
F-400					
F-450					
F-2101					
F-2150					
F-2350					
F-1400					
F-2701					
F-202					
F-2801					
F-3201					
F-2901					
F-3104					
SG-1150	1.000	616	625	90	
SG-1160	1.500				
SG-1170	1.500				

	SO ₂	NO _x	CO	PARTÍCULAS	H ₂ S
mg/Nm ³ @15%O ₂ seco					
TG-1600	1.500	616	625	90	5
TG-1631					
TG-1601	4.000				

	SO ₂	NO _x	CO	PARTÍCULAS	OPACIDAD
mg/Nm ³ @6%O ₂ seco					
FCC	3.000	-	-	-	1,5
F-2651	Rendimiento de 98% (A partir del 01/10/2009)				
F-4401	Rendimiento de 98,5% (A capacidades mayores de 50t/D)				

NUEVOS PROYECTOS 2008-09

mg/Nm ³ @3%O ₂ seco						
	SO ₂	NO _x	CO	PARTÍCULAS	H ₂ S	
F-4101	GN	300	150	100	20	5
	FG		200			
mg/Nm ³ @15%O ₂ seco						
SG-1671	GN	11,6	75	100	71	5
	FG		120			

Emisiones vs. Legislación

En la tabla siguiente se puede ver el grado de cumplimiento respecto de los límites legales de emisión en cada uno de los focos de la Refinería para cada contaminante específico:

	NO _x		Partículas		CO		SO ₂		H ₂ S	
	mg/Nm ³ (3% O ₂)	Emisión/ Límite legal (%)	mg/Nm ³ (3% O ₂)	Emisión/ Límite legal (%)	mg/Nm ³ (3% O ₂)	Emisión/ Límite legal (%)	mg/Nm ³ (3% O ₂)	Emisión/ Límite legal (%)	mg/Nm ³ (3% O ₂)	Emisión/ Límite legal (%)
SG-130	243,35	67,39	0,48	0,63	46,27	7,40	39,92	4,17	0,04	0,87
F-180	195,30	31,86	0,13	0,14	1,24	1,16	19,54	1,30	0,03	0,60
F-400	219,45	35,62	0,25	0,27	65,82	10,53	28,78	1,92	0,04	0,80
F-450	240,36	38,97	0,44	0,48	2,90	0,46	17,59	1,84	0,02	0,40
F-2101	181,46	29,46	0,16	0,18	2,95	0,33	26,77	1,78	0,04	0,80
F-2150	199,42	27,50	4,89	5,42	1,95	0,30	18,26	1,22	0,03	0,60
F-2350	126,78	20,52	0,14	0,12	57,24	9,18	16,07	1,07	0,02	0,47
F-1400	210,26	34,15	0,88	1,09	44,89	7,15	15,59	2,27	0,04	0,30
F-2701	105,02	17,05	1,37	2,08	3,24	0,53	29,87	1,79	0,05	1,07
F-202	256,26	11,62	3,35	4,39	8,26	0,54	49,04	3,26	0,04	0,80
F-2801	140,21	22,78	0,47	0,53	8,53	0,88	4,55	0,45	0,04	0,87
F-3201	198,85	17,83	2,02	2,24	9,42	1,20	16,47	1,65	0,01	0,20
F-2901	121,03	19,65	1,31	1,45	35,41	13,67	79,57	5,24	0,05	0,93
F-3104	63,60	10,34	19,20	21,33	19,20	1,07	28,49	1,90	0,04	0,80
F-4101	71,67	15,84	9,55	47,77	16,19	16,19	5,96	2,00	0,06	1,20
CALDERAS										
SG-1150	155,80	25,29	0,17	0,18	12,25	2,84	29,57	1,37	0,05	0,93
SG-1160	141,00	22,89	0,08	0,08	27,81	4,45	23,73	1,58	0,02	0,40
SG-1170	230,04	37,34	0,32	0,36	13,93	3,03	50,96	3,40	0,03	0,60
FCC (1)	286,41	46,19	40,91	45,45	20,93	3,35	1284,19	42,80	0,03	0,60
TURBINAS										
TG-1600	181,24	20,42	0,73	0,81	15,25	2,44	8,99	0,54	0,10	2,00
TG-1631	126,28	20,50	0,24	0,26	19,14	1,62	8,33	0,66	0,01	0,20
TG-1671	97,44	31,20	0,35	0,08	0,39	3,31	7,55	61,62	0,03	0,53

- (1) Para FCC: NO_x, partículas y CO al 6 % O₂.
 (2) Para Turbinas: NO_x, partículas y CO al 15 % O₂.

Se recogen las emisiones de SO₂ de la Refinería considerando el "Efecto Burbuja" teniendo en cuenta que el FCC y las SRUs no entran en este cálculo así como las emisiones de SO₂ del FCC:

Emisiones SO₂ (3% O₂) (mg/Nm³)	26,36
Emisiones SO₂ FCC (6 % O₂) (mg/Nm³)	1.284,1

Emisiones vs. Indicadores

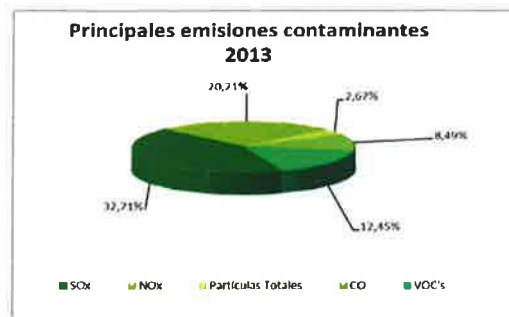
La Refinería utiliza factores de emisión reconocidos internacionalmente para la estimación de las emisiones de NO_x, SO₂, partículas totales, CO y CO₂, básicamente de: EPA americana (Environmental Protection Agency), CONCAWE, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change); corregidos por factores propios resultantes de mediciones realizadas en planta por Entidades Colaboradoras en Materia de Calidad Ambiental (ECMCA).

Se utilizan valores absolutos de emisión de contaminantes y valores relativos con respecto al crudo procesado. En las emisiones de SO₂ se utilizan valores de concentración de azufre obtenidos a partir de analizadores continuos de fuel gas de Refinería.

En la tabla adjunta se detallan las emisiones a la atmósfera de los distintos contaminantes en concentración másica para el año 2013:

Contaminante	Emisiones 2013 (t/a)
NO_x	2 020
NO₂	1 252
PM	160
CO	520
CO₂	1 188 203
VOC's	713
Crudo procesado 2013: 4,04 Millones de toneladas(MT)	

Y el reparto por porcentaje de los contaminantes (sin contabilizar el CO₂) se representa en el gráfico siguiente:



Los resultados obtenidos respecto de los índices de referencia, que reflejan el rendimiento estándar de emisiones de las Refinerías según lo procesado han sido:

CONTAMINANTE	Rango Indicador (t/Mt crudo)		Resultados 2013	
	Mínimo	Máximo	t/Mt c.o.	Quartil
SOx	30	1500	425	2Q
NOx	60	500	263	2Q
Partículas totales	4	75	35	2Q
CO	20	400	110	1Q
CO ₂	100.000	400.000	294.268	3Q
VOC	50	1000	162	1Q

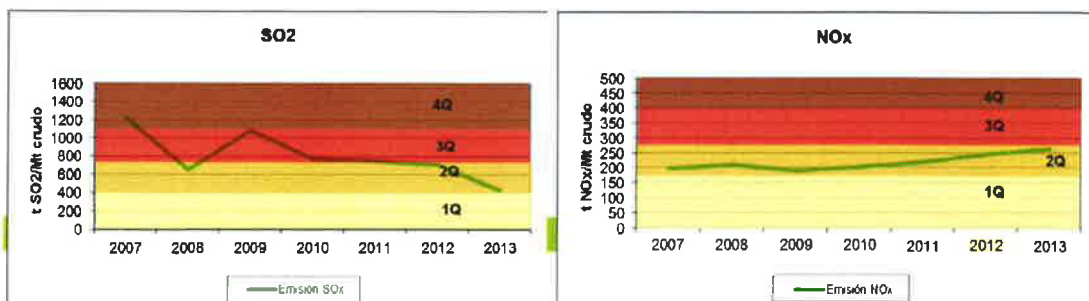
Como se puede observar, los valores obtenidos en 2013 de los indicadores de desempeño de emisiones a la atmósfera están situados en el 2º cuartil, respecto al rango recogido en el borrador del BREF de Refino resultante del benchmark realizado a las refinerías, llegando incluso en el caso de COVs y CO a estar en el 1º cuartil, concluyendo por tanto el excelente desempeño ambiental en este área.

SOx, NOx

Las acciones de mejora ambiental realizadas para conseguir los objetivos ambientales del año 2013 en relación con óxidos de azufre y nitrógeno fueron:

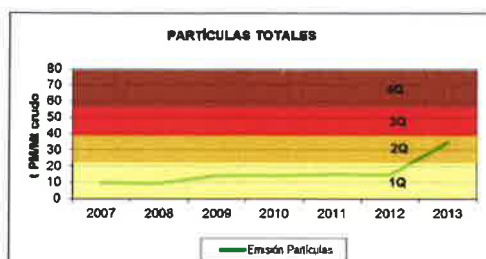
- Operar los hornos y las calderas con las condiciones adecuadas de temperatura y O₂.
- Optimizar la alimentación de SH₂ a las plantas recuperadoras de azufre (SRU) y su operación, minimizando las emisiones de SO₂ en antorchas.
- Optimizar la eliminación de SH₂ (desulfuración) del Fuel Gas en Aminas I/II/III y Aminas IV.
- Seguimiento de los límites puntuales de la AAI, así como del modelo de control de emisiones.
- Ajuste y seguimiento del modelo, tras el control de emisiones realizado por una ECMCA.
- Seguimiento y monitorización del funcionamiento del aditivo del FCC para reducción de SOx (DeSOx) u otros que se pudieran probar.
- Seguimiento de las Unidades de Recuperación de Azufre con tecnología Super-Clauss.
- Seguimiento y optimización de los sistemas de inyección de agua para reducción de NOx en las turbinas Tg-1631 y Tg-1671.
- Mejoras en las herramientas de cálculo de emisiones por medición de los analizadores multiparamétricos.
- Configuración del acceso en tiempo real a las señales de la nueva estación meteorológica.
- Formación al personal al cargo de las operaciones.
- Mejoras en los procedimientos de atmósfera y hojas de cálculo para seguimiento diario de emisiones.

Las emisiones de SOx y las de NOx se mantienen dentro del segundo cuartil respecto al crudo procesado, sosteniendo el comportamiento de mejora continua de Refinería. Las emisiones totales de SOx son un 24.8 % inferior a las de 2012 y las emisiones totales de NOx han sido superiores a las obtenidos en 2012 en un 34.6 %. También hay que remarcar que el cálculo de las emisiones se realiza ahora a partir de las mediciones de los analizadores multiparamétricos y no por cálculo teórico.



Las *acciones de mejora ambiental* realizadas para la consecución de los objetivos ambientales planificados en relación a la emisión de *partículas* han sido las siguientes:

- Controlar la operación del sistema de ciclones terciarios del Regeneración del FCC.
- Seguimiento de los límites puntuales de la AAI.
- Ajuste del modelo tras el control de emisiones realizado por la ECMCA.
- Seguimiento de las emisiones derivadas del proceso de carga de camiones con coque
- Mejoras en la herramienta de cálculo de emisiones por medición de los analizadores multiparamétricos instalados.

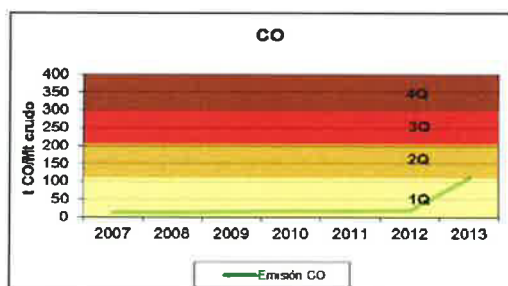


En 2013 la emisión de partículas ha cambiado del primer al segundo cuartil, hecho que procede principalmente del cambio en el cómputo de las emisiones, realizado ahora a partir de los opacímetros instalados en las chimeneas, y en consonancia con los resultados de medición de la ECMCA, en lugar de utilizar el cálculo teórico para estimar las emisiones.

CO

Las *acciones de mejora ambiental* realizadas para la consecución de los objetivos ambientales planificados en relación a la emisión de *monóxido de carbono* han sido las siguientes:

- Operar los hornos y calderas con el nivel óptimo de exceso de Oxígeno.
- Seguimiento de los límites puntuales marcados por la AAI.
- Mejoras en la herramienta de cálculo de emisiones por medición de los analizadores multiparamétricos instalados.



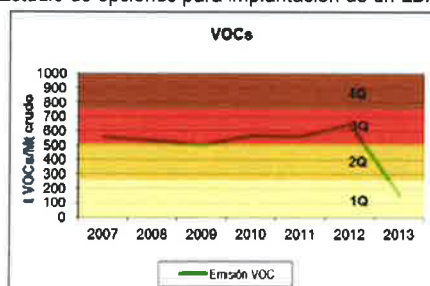
En 2013 la emisión de CO se ha mantenido dentro del primer cuartil, aunque haya crecido ligeramente debido al cómputo de las emisiones.

Éstas, en consonancia con los resultados de medición de la ECMCA, se realizan ahora a partir de los analizadores multiparamétricos instalados en las chimeneas en lugar de por cálculo teórico.

VOC's

Las *acciones de mejora ambiental* realizadas para la consecución de los objetivos ambientales planificados en relación a la emisión de los *VOC's (compuestos orgánicos volátiles)* han sido:

- Continuar con el programa de cambio de sellos en tanques de Gasolina y Crudo de primarios a secundarios, cuando salgan de servicio.
- Realizar drenado de tanques, filtros y coalescens minimizando el drenado de HC al API.
- Realizar y completar las revisiones de fugas según lo previsto en REALM, y acometer las tareas que se deriven del mismo.
- Seguimiento del programa de mantenimiento de tanques y de prevención de emisiones de VOCs, según detalle de la AAI.
- Cambio a tanque de techo flotante en el Tk-732.
- Actualización de características de los tanques y mejor reparto del throughput en el software TANKS de la EPA.
- Estudio de opciones para implantación de un LDAR de control de VOCs y petición de oferta.



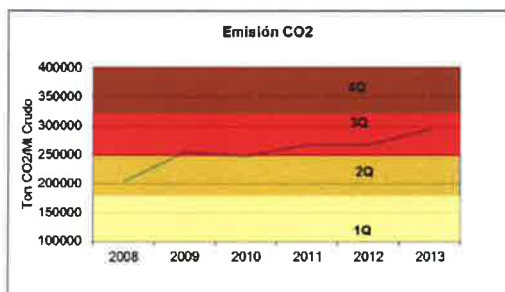
En 2013 la emisión total de VOCs ha caído al 1Q debido a la optimización de los cálculos según metodología de INERCO para AOP, utilizada en la determinación de contaminantes E-PRTR.

CO₂

Las acciones de mejora ambiental realizadas para la consecución de los objetivos ambientales planificados en relación con la emisión de dióxido de carbono han sido las siguientes:

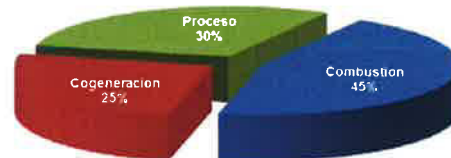
- Operar los hornos y calderas con el nivel óptimo de exceso de Oxígeno.
- Identificar oportunidades de reducción vía optimización energética.
- Seguimiento de desviaciones en todos los focos.
- Seguimiento del funcionamiento del analizador de CO₂ del FCC y del modelo de previsión.
- Actualización de la metodología de Seguimiento y Monitorización de emisiones de CO₂.
- Estudio de la instrumentación asociado a los cálculos de CO₂: mejoras en el mantenimiento, trazabilidad, análisis de cálculos asociados a TDC y placas.

En 2013 la emisión de CO₂ ha sido de 1.188.203 t. Respecto a la asignación de 2013 correspondiente al Tercer Plan Nacional de Asignación (2013-2020) de 877,893 t ha habido un déficit de derechos del 26,1% respecto a la asignación para el año 2013.



Las emisiones del resto de gases de efecto invernadero han resultado ser de 19.974 toneladas equivalentes de CO₂, donde se han tenido en cuenta las correspondientes a CH₄, N₂O, HFCs y HCFCs. Por lo tanto, las emisiones anuales totales de gases de efecto invernadero para 2013 han sido de 1.208.117 toneladas equivalentes de CO₂.

Reparto de emisiones de CO₂ en 2013



4.2. Ruidos

Existe en Refinería un procedimiento de control y gestión del ruido, que permite analizar los efectos e impactos que genera en el personal y en el medio ambiente, estableciendo medidas correctivas.

El objetivo en materia de ruido viene definido en función de la legislación aplicable, los niveles de ruido existentes, y la previsión de nuevas instalaciones que pudieran conllevar un aumento de los mismos.

La legislación aplicable a la Refinería, en materia de ruidos está definida en las siguientes normativas:

- Ordenanza Municipal de protección contra la contaminación acústica de 26 de noviembre de 2010.
- Real Decreto 1316/1989 sobre Protección de los trabajadores frente a la exposición al ruido durante el trabajo.
- Ley 7/2002 de la Generalitat de 3 de diciembre, de protección contra la contaminación acústica.
- Decreto 266/2004 sobre la Prevención y corrección de la contaminación acústica.
- AAI de Refinería, de 26 de marzo de 2014.



Figura 10: Señalización de protección acústica

Las acciones de mejora ambiental realizadas en materia de ruidos han sido las siguientes:

- Controles auditivos a los empleados.
- Control de perimetrales y en puestos de trabajo.
- Realizar Auditoría acústica en el perímetro de las instalaciones de Refinería.

En junio 2013 se realizó una Auditoría Acústica del perímetro externo de la refinería, la concesión portuaria, así como del exterior de la zona residencial en el perímetro de las instalaciones, según requisito de la AAI, con resultados favorables en todos los puntos medidos. En 2014 tras la puesta en marcha de la esfera se realizará la auditoría acústica requerida.

4.3. Efluente al Mar

Vertido vs. Legislación

En la siguiente tabla se presentan los valores vertidos frente a los límites legales estipulados en la AAI de 26 de marzo de 2014:

Contaminante	Vertido (mg/l)(**)	Límite Legal (mg/l)
DQO	66	125
TSS	15,8	35
N _{Tot} (*)	-28,7	15
Fenoles	0,08	1,6
Cr total	0,005	0,3
Cr (6°)	0,003	0,06
A&G	4,53	10
HC	1,4	10
Fósforo	0,95	2
Tox. (UT)	1,1	5 U.T.
pH	7,5	5.5-9.5

(*) El valor del Nitrógeno total vertido se realiza por cálculo, al restar al Nitrógeno total del efluente, el Nitrógeno que entra en forma de nitratos en el agua de abastecimiento. El cálculo puede dar resultado negativo.

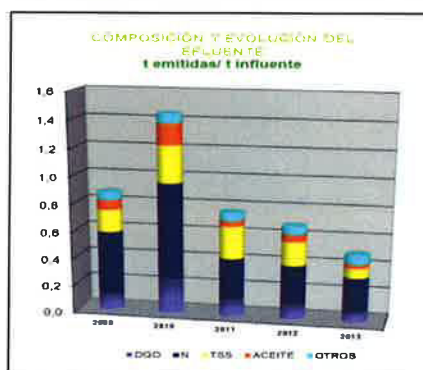
(**) El valor de vertido corresponde al valor promedio de 12 analíticas mensuales de muestras compuestas semanales de 24 h.

El control de la calidad del efluente al mar en la Refinería tiene lugar según los requisitos establecidos en la AAI y al plan de muestras en vigor.

Se realizan análisis: al agua de entrada a Refinería, al influente a la PTAR, al efluente al mar y medio receptor mediante laboratorios externos acreditados.

Además la Consellería de Medio Ambiente puede realizar cuando considere oportuno, tomas de muestras y análisis de estas corrientes, para verificar el adecuado funcionamiento y el cumplimiento legal.

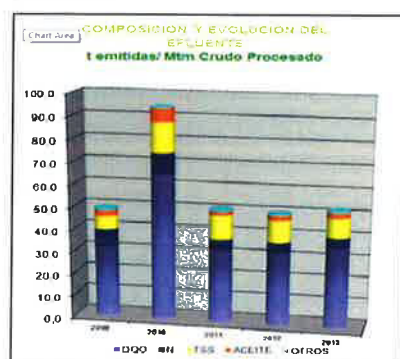
En la siguiente gráfica se puede apreciar la evolución de la composición del efluente de Refinería en función de la calidad del agua que entra a la planta de tratamiento de aguas residuales.



La cantidad total vertida frente al influente en 2013 ha sido inferior a la vertida en 2012, debido a la continuación en la implementación de las más de 40 acciones ejecutadas dentro del Plan de Acción que se creó en 2010 y que sigue abierto. Gracias a este plan de acción, se ha mejorado el rendimiento de depuración de la PTAR, estando los contaminantes dentro del rango establecido. Si observamos la evolución de Tm de contaminantes vertidos en relación al influente vemos la disminución global que ha habido desde el 2010.

Hay que tener en cuenta que el 2012 fue el año de la parada y que durante 45 días la carga contaminante del influente no fue representativa, al ser muy diferente a la de proceso. Aun así, se puede decir que se ha conseguido mantener la carga global de contaminante vertido frente a un influente con mayor carga contaminante en relación al 2012, sobre todo por el uso de crudos más pesados (influente con 80% más de aceite y 46% más de DQO).

Se presenta a continuación la evolución de la composición del efluente frente a los millones de toneladas de crudo procesado.



Vertido vs. Indicadores

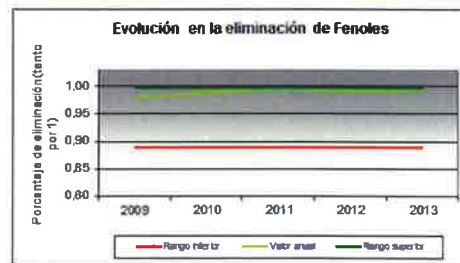
Los resultados obtenidos para los parámetros de vertido establecidos como indicadores ambientales de desempeño, así como los rangos de cumplimiento aplicables, se presentan en la siguiente tabla, mientras que las acciones y la evolución de estos parámetros frente a años anteriores vienen definidos a continuación.

Indicador	Rango indicador (Rendimiento de depuración en tanto por 1)		Resultado 2013 (Rendimiento de depuración en tanto por 1)
	Valor máximo	Valor mínimo	
Fenoles	0,998	0,889	0,995
Fósforo	0,935	0,410	0,604

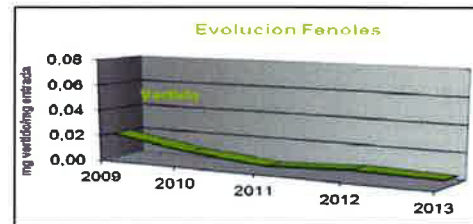
Fenoles

Las acciones de mejora ambiental realizadas para mantener el indicador de fenoles dentro de los rangos de depuración establecidos, han sido:

- Optimización del proceso de stripping en la unidades de Sour Water Stripper I/II y III.
- Seguir trabajando en la optimización de la operación de los BIOx de la PTAR para garantizar la degradación de los fenoles.



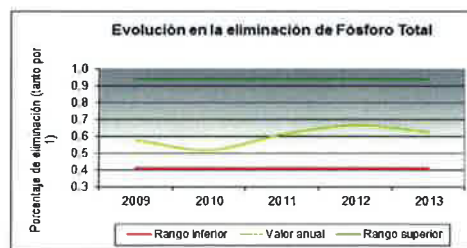
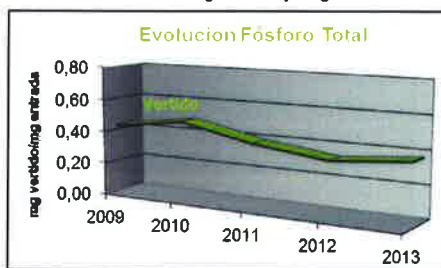
El rendimiento de depuración obtenido para fenoles durante 2013 ha estado muy por encima del rendimiento mínimo, llegando incluso a un rendimiento cercano al máximo posible obtenido por diseño.



Fósforo Total

Las acciones de mejora ambiental realizadas para mantener el indicador de fósforo total dentro de los rangos de depuración establecidos, han sido:

- Seguimiento de la concentración de fósforo en el influente y efluente.
- Automatización, regulación y seguimiento de la aditivación de fosfórico en la PTAR.



La cantidad de Fósforo vertida durante el año 2013 se ha mantenido dentro de los rangos fijados, aunque ha disminuido en un 6% el porcentaje de depuración frente al año 2012.

Vertido vs. Objetivos

De acuerdo a la metodología de establecimiento de objetivos del sistema de gestión ambiental, y concretamente en relación a los criterios establecidos para considerar un indicador como un objetivo del sistema, los parámetros de vertido que durante 2013 han sido considerados como objetivos del sistema, son: DQO, TSS y Aceites y Grasas. Por

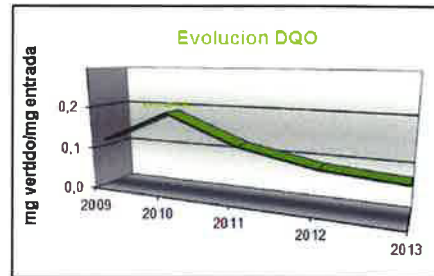
ello, se fija como objetivo cuantitativo para cada uno de los parámetros el mantener los rendimientos de depuración (en tanto por 1) por encima del valor mínimo del rango que aparece en la tabla que se muestra a continuación:

Parámetros objetivo	Rango indicador (Rendimiento de depuración en tanto por 1)		Resultado 2013 (Rendimiento de depuración en tanto por 1)
	Valor máximo	Valor mínimo	
D.Q.O.	0,890	0,790	0,913
T.S.S.	0,948	0,662	0,928
Grasas y aceites	0,980	0,884	0,968

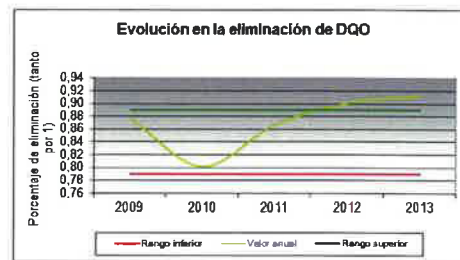
DQO

Las acciones de mejora ambiental realizadas para la consecución de los objetivos en materia de DQO han sido:

- Puesta en marcha de mejoras operativas en los reactores biológicos para la mejora del control de oxígeno.
- Control diario del balance de nutrientes en los reactores biológicos
- Control del ratio de biodegradabilidad del influente y efluente
- Análisis de la concentración de Carbono Orgánico Total a la entrada de los Biológicos
- Ejecución del proyecto de segregación de sobrenadantes
- Cambio en la tecnología de los medidores de caudal con mayor fiabilidad, asegurando reparto equitativo y correspondiente mejora del control operacional.
- Control semanal del ratio de alimentación a los BIOX



Tal y como se observa en el siguiente gráfico el porcentaje de eliminación en lo que a DQO se refiere, ha seguido aumentando respecto al 2012, consiguiendo afinar la depuración hasta valores superiores al propio diseño. Esta mejora en cuanto a eliminación de DQO, evidencia la eficacia de las acciones acometidas del plan de acción de la PTAR.

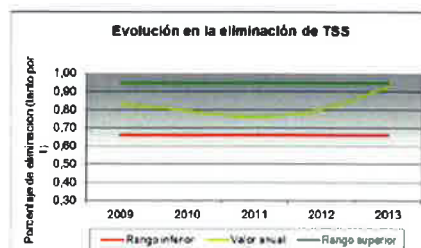


Sólidos en Suspensión

Las acciones de mejora ambiental realizadas para la consecución de los objetivos fijados en materia de sólidos en suspensión (TSS) han sido:

- Optimizar el funcionamiento de los tratamientos físico-químicos y de los clarificadores de las unidades BIOX.
- Medidas para mejorar la disponibilidad y fiabilidad de la unidad de centrifugación.
- Optimización y seguimiento diario de los reactivos utilizados para eliminación de TSS en los tratamientos físico-químicos.
- Control y seguimiento de la edad del fango.
- Automatización de los aditivos que se añaden en el tratamiento físico-químico en función de la carga hidráulica.
- Optimización de la instrumentación necesaria para el control y seguimiento de la edad del fango
- Segregación de la recirculación de fangos a cada uno de los biológicos.

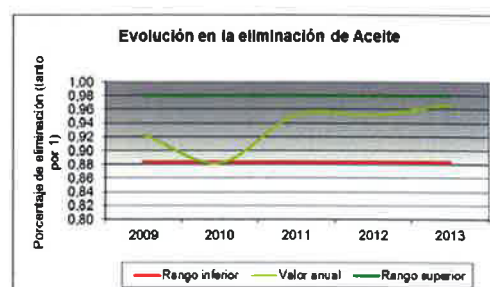
La cantidad de TSS vertida durante el año 2013 ha cumplido con creces el objetivo fijado, alcanzando casi el rango superior de depuración establecido y aumentando el porcentaje de depuración en un 12,2 % respecto al 2012.



Grasas y Aceites

Las acciones de mejora ambiental realizadas para la consecución de los objetivos fijados en materia de Grasas y Aceites han sido:

- Instalación de sistemas de eliminación de aceites en continuo.
- Mejoras en el sistema de homogeneización previo al tratamiento físico-químico.
- Recuperación de la capacidad hidráulica de la planta con la construcción del nuevo TK-1500 con tecnología nueva y más eficiente.
- Optimización de los reactivos utilizados para eliminación de aceites en los tratamientos físico-químicos.
- Mejoras en los sistemas de aireación en los tratamientos físico-químicos.
- Optimización en la operación y control del API.



Tal y como se observa en el segundo de los gráficos anteriores el porcentaje de eliminación en lo que a Aceites se refiere, ha aumentado un 1,6% respecto del 2012, habiéndose producido la mejora constatada respecto de los valores de 2010, consiguiendo afinar la depuración hasta valores superiores al propio diseño teórico de la planta, gracias a las acciones acometidas del Plan de acción para tal fin.

4.4. Residuos

La Refinería de Castellón produce residuos peligrosos y está autorizada para dicha producción con NIMA 1200001720. Existe un Procedimiento de Gestión y Control de Residuos que tiene por objeto proporcionar una guía clara para gestionar adecuadamente los residuos generados. Esto se realiza siempre de acuerdo con la legislación vigente y apostando por la minimización en origen como la mejor estrategia de gestión.

Las acciones de mejora ambiental realizadas en 2013 para residuos, han sido:

- Programa de identificación de estrategias de gestión que permitan la reducción en la producción de residuos y los costes asociados, estudiando alternativas técnicas.
- Seguimiento del cumplimiento de los límites anuales de generación de residuos y de códigos.
- Seguimiento de la Planta de Fluidificación.
- Realización de charlas de concienciación y videos pedagógicos y cartelería para la correcta segregación de los residuos y formación específica de algunos residuos.
- Fabricación y reparto de tarjetas con los contenedores por tipo de residuo.
- Estudiar y plantear un sistema de funcionamiento y evaluación de la operación de gestión de residuos en el ecoparque y segregación de todos los puntos limpios de planta.
- Realización del Plan de Minimización cada 4 años con acciones concretas para cada uno de los residuos diana seleccionados.
- Implementación de un sistema de auditoría interna al gestor residente y plan de mejoras anual.
- Nuevas etiquetas en los puntos limpios.
- Artículos en la revista interna y en intranet.
- Programa de valorización de tierras contaminadas para cementeras.
- Estudio de opciones de tratamiento de los lodos de PTAR.

Además, para dar cumplimiento a los objetivos cuatrienales establecidos en el plan de minimización de residuos peligrosos, se han llevado a cabo:

- Mejoras en la centrifugación de los lodos producidos en la PTAR
- Valorización de las tierras contaminadas producidas
- Estudio de viabilidad de la recuperación de metales de catalizadores

A lo largo del año 2013 se han generado un total de 8015 Tn de residuos peligrosos y 11.125 Tn de residuos inertes. Cabe destacar que de estas 11.125 Tn de inertes, 7.872 Tn corresponde a tierras que una vez caracterizadas se han podido desclasificar como contaminadas pudiéndose gestionar como residuo inerte. Respecto a los residuos peligrosos se han reciclado y/o valorizado un 28,9 % lo que supone un aumento del 18,5% respecto al 2011. No consideramos el 2012 al ser el año de parada y no ser representativo. Respecto a los residuos inertes, y dado el alto porcentaje de tierras gestionadas debido al proyecto de la esfera no resulta representativo hacer una comparativa de la evolución de valoración para dichos residuos en el 2013.

Desde el 1 de agosto de 2011 BP Oil España SAU Refinería de Castellón cuenta con la autorización de la Autoridad Portuaria para la prestación en zona II es decir prestación con transporte marítimo. Para poder realizar esta prestación, la refinería cuenta con la autorización de la administración como productores de residuos MARPOL IC y V y la autorización como gestor indirecto para estos mismos residuos ya que tanto el transporte como la gestión se realiza a través de transporte marítimo autorizado por la Capitanía Marítima y la gestión final a través de un gestor autorizado por la Comunidad Autónoma y autorizado como prestador del servicio en zona I por la Autoridad Portuaria para las instalaciones en zona II de conformidad con la ley 33/2010 del 5 de agosto.

En 2013 se recibió la autorización por parte de la Autoridad Portuaria para realizar la obligada prestación en zona I; prestación que se sigue realizando del mismo modo en las nuevas instalaciones portuarias ya que aunque están situadas en zona I, se realizan mediante transporte marítimo.



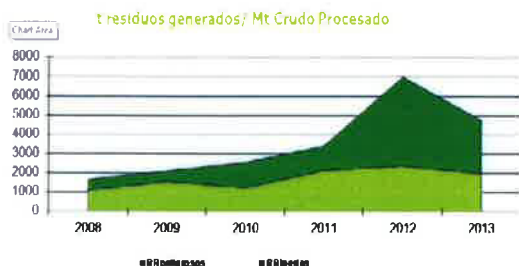
Figura 11: ECOPARQUE.

La cantidad total de residuos peligrosos generados durante 2013 disminuyó en 6,3% respecto al 2011 (no hacemos la comparativa respecto del 2012, dado que fue el año de la parada y por tanto no es representativo). Sin embargo la generación de residuos inertes aumentó un 118% respecto al 2011 debido fundamentalmente a la producción de residuos no peligrosos como escombros (aumento de un 66,2%), consecuencia de trabajos de mantenimiento requeridos en la planta y principalmente a las excavaciones para la implantación del nuevo proyecto de la esfera de LPG. También ha habido un aumento en la producción de madera (30%), papel y cartón (31%) y restos de poda (49%). Las razones de este aumento han sido el proyecto de la esfera que ha hecho que se generen más palés de madera debido a la entrada de material, campaña de "escritorios limpios" lo que ha provocado un aumento de la generación de papel y cartón y por último la campaña de poda de las palmeras que ha incidido en el aumento significativo de este residuo.

RESIDUO	ACCIÓN	OBJETIVO REDUCCIÓN CUATRIENAL
Catalizador Agotado	Recuperación metales y cambio categoría a subproducto	15%
Tierras Contaminadas	Valorización a cementeras	15%
Lodos de Tratamiento de Aguas Residuales	Mejoras técnicas en Planta de Deshidratación de Fangos	10%

Adicionalmente dentro del plan de minimización de residuos presentado en 2011 y de acuerdo a lo establecido en la Ley 22/2011 de Residuos, se establecieron objetivos de reducción y/o valorización para aquellos residuos más representativos tras ser jerarquizados bajo la aplicación de distintos criterios. A continuación se presentan los objetivos cuatrienales fijados en el citado plan:

A continuación se representan los porcentajes de reducción y/o valorización obtenidos en 2013 para los residuos seleccionados:



	Cantidad producida(Kg)		Porcentaje Reducción(%)
	2010	2013	
LODOS DE LA PTAR	1.825.776	1.937.220	-6,10%

	Cantidad retirada (Kg)		Porcentaje Reducción/Valorización(%)
	Total	Valorización/Recuperación	
LODOS TANQUES	1.682.370	1.364.800	81,1%

La cantidad de lodo de la PTAR producida ha aumentado un 6,1 % respecto al 2010 que es el año que se toma como base de comparación. La principales razones que han impedido alcanzar el objetivo de disminución han sido la falta del TK-1500 (tanque de homogeneización), con lo cual se ha tratado más cantidad de aceites y sólidos a la entrada de la planta, además se ha tratado un 17% más de agua que en el 2010.

Respecto a las tierras contaminadas, desde finales del 2012 y durante todo el 2013 se ha llevado a cabo la caracterización de las tierras generadas principalmente durante las excavaciones para la implantación de nuevos proyectos o ampliaciones. El objeto de dicha caracterización es la correcta clasificación y segregación en origen de aquellas que estén contaminadas de las que no, de manera que éstas últimas se puedan valorizar en cementeras, mejorando así la gestión de residuos.

Con este nuevo procedimiento de valorización de tierras, en los últimos 3 años se han gestionado unas 25.505Tn de tierras, a las cuales se les ha aplicado el procedimiento a unas 14.900Tn, resultando que 7.050Tn se valorizaron en cementera y 7.872Tn se pudieron desclasificar como residuo peligroso, gestionándose como residuo inerte.

En lo referente a 2013, se ha consiguiendo caracterizar el 66% de las tierras, consiguiéndose gestionar 7.872 Tn de tierras como residuo inerte de los 12674 Tn generados, con el consiguiente ahorro y mejora ambiental.

Sin embargo, esto requiere de unos medios y espacio físico para el acopio y correcta segregación del 100% de las tierras y se seguirá acondicionando durante 2014 y 2015.

2013 ha sido el año siguiente a parada por lo que no ha habido descarga alguna de catalizadores.

Respecto a los lodos de tanque y aunque inicialmente no estaba incluido en el plan de minimización hay que destacar que durante el 2013 se ha conseguido valorizar el 81,1% de los lodos generados, lo que ha supuesto una mejora ambiental notable y un ahorro en costes.

4.5. Materias Primas

La Refinería de Castellón fijó sus objetivos en el área de materias primas basándose en la utilización sostenible de los recursos naturales, como el caso del agua. En la *Carta del Agua del Consejo Europeo*, el agua es considerada como un bien preciado indispensable para todo tipo de actividad humana sin la que no hay vida posible, además de un patrimonio común cuyo valor ha de ser aceptado por todos, y todos debemos utilizar con cuidado y no desperdiciar.



Figura 11: Torre de Refrigeración.

En cuanto a las materias primas procesadas en Refinería, el objetivo es hacer un uso eficiente y planificado de las mismas. Así, el objetivo de mejora ambiental establecido para el año 2013 en cuanto al consumo de agua fue:

Parámetro	Resultado	Objetivo
Agua consumida (km ³ /a)	3.671	3.350

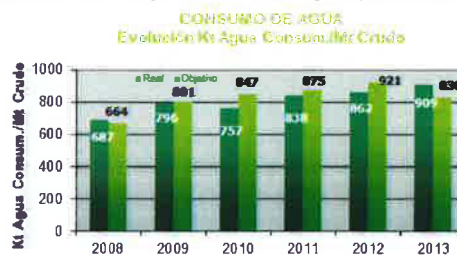
Las acciones de mejora ambiental que han tenido un impacto positivo respecto al objetivo fijado para el consumo de agua fueron:

- Análisis de las posibilidades de reducción de consumos.
- Estudio de la posibilidad de reutilización del agua de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Como se puede observar el objetivo no se ha cumplido, consumiéndose un 9,6% más de lo establecido. Por ello se abrió la correspondiente No Conformidad en el sistema (NC-11-2014). Las causas de la desviación de este objetivo han sido, principalmente:

- Cálculo inexacto de la estimación anual de consumo, partiendo de los datos de consumo de un año de parada
- El año 2013 ha sido un año de sequía, lo que origina un empeoramiento de la calidad del agua de abastecimiento, implicando un aumento de la purga en los distintos equipos y por tanto, un mayor consumo de agua.
- La utilización de Refinería ha sido mayor que en 2012, lo que conlleva un mayor consumo de agua que el año de referencia tomado.

Respecto al consumo de agua respecto al crudo procesado, vemos que el valor prorrateado por el crudo procesado ha aumentado respecto 2012, debido a las causas comentadas anteriormente.



Adicionalmente se tomaron las siguientes acciones correspondientes al consumo de materias primas, principalmente en cuanto a crudo procesado y productos elaborados:

- Análisis de los resultados mensuales y acciones en función de las opciones de mejora detectadas.
- Seguimiento y estudio de incompatibilidad de crudos y actuación del mecanismo de "fouling".
- Análisis y seguimiento de las características de los crudos y materias primas a procesar.

Con objeto de evaluar la eficiencia en el consumo de materiales BP Oil España en la Refinería de Castellón realiza un balance de masas en el que se tienen en cuenta los outputs producidos frente a los inputs consumidos, resultado

4.7. Otros factores relativos al comportamiento ambiental (incluir sesiones de concienciación)

BP Oil se ha planteado otros objetivos para el año 2013, relacionados con comportamiento ambiental, y que se han cumplido. Estos han sido:

- Mantener la inscripción en el Registro de Centros con Sistema de Gestión Medioambiental conforme al Reglamento EMAS de la Comunidad Valenciana con número ES-CV-000024.
- Verificación de la Declaración Ambiental EMAS de 2012.
- Se realizó la campaña de mediciones de emisiones atmosféricas de los focos de Refinería
- Verificación de las emisiones de CO₂ para 2013.
- Validación de los datos del Registro E-PRTR.
- Patronos de la Fundación de la Comunidad Valenciana para el Medio Ambiente.
- Colaboración con la Fundación Limne en el marco de un proyecto en fase de estudio para la conservación del río Mijares, que implica la participación directa de los empleados y sus familiares en la conservación de un tramo del río adoptado simbólicamente por la refinería.
- Puesta en marcha de la Fundación de Eficiencia Energética de Castellón, en colaboración con el Ayuntamiento de Castellón y la Universidad Jaime I.
- Proyectos de colaboración con la Conselleria de Medio Ambiente y la Fundación valenciana para el Medio Ambiente en el entorno el río Mijares
- Se crea la beca BP de educación con colegios de secundaria de Almazora y el Grao, en la cual los alumnos hacen trabajos sobre aspectos técnico-científicos, la mayoría de ellos de carácter medio ambiental, dotando a los ganadores con una beca para estudios superiores.
- Se ha evaluado mediante una auditoría legal el cumplimiento de los más de 1400 requisitos legales que afectan específicamente a Refinería en materia de medio ambiente, prevención de riesgos laborales y seguridad industrial.
- Obtención del certificado de cumplimiento del Referencial Calidad del Servicio (Puertos del Estado)
- Certificación externa de la validez del SGA para el cumplimiento de la Guía de Buenas Prácticas ambientales de puertos del estado.

Como parte del programa de concienciación y sensibilización que tiene BP Oil, durante el 2013 se impartieron las siguientes sesiones de concienciación con el objeto de que personal conozca la importancia de cumplir con la política de medio ambiente, con los diferentes requisitos legales, así como los diferentes aspectos ambientales y como su trabajo del día a día impacta en los mismos:

- Refresco de formación sobre el control de emisiones en el proceso de destilación.
- Publicación del artículo en la revista trimestral de la Refinería sobre recuperación de CO₂.
- Participación en el proyecto BRAVE para fomento EMAS
- Estudio de calidad del aire en el Polígono El Serrallo por la UJI
- Formación en HCFCs y PCBs
- Formación sobre el nuevo BREF y sus implicaciones.
- Publicación del decálogo de residuos en intranet
- Cambio etiquetas en puntos limpios
- Campaña sobre 16 reglas de oro en la gestión de residuos (carteles informativos y publicación en la revista de BP)
- Curso formación sobre suelos y aguas subterráneas internos y externos.
- Sesión formativa durante el comité de contratistas sobre residuos
- Publicación en prensa del artículo sobre el estudio de calidad del aire del polígono realizado por la UJI
- Formación sobre control del ruido y las vibraciones en la industria y el medio ambiente
- Formación sobre cumplimiento legal en materia de HSSE
- Formación sobre el RD 815/2013 y sus implicaciones.

El pasado 26 de noviembre de 2012 tras presentar la documentación requerida en la modificación de oficio de la AAI para dos nuevos atraques en la Dársena Sur del Puerto de Castellón, se otorgó a BP Oil España S.A.U. la autorización de inicio de actividad.

A posteriori, el 7 de febrero de 2013 se notifica que el 20 de enero de 2013, tras probar el último equipo, se da por concluido el período de puesta en marcha del proyecto de los dos nuevos atraques de BP Oil España S.A.U Refinería de Castellón, estableciéndose esta fecha como la oficial de puesta en marcha de las nuevas instalaciones portuarias.

Seguidamente, y en cumplimiento con lo establecido en el punto 2 del condicionado de la AAI, expediente nº 003/06 IPPC, y la modificación de oficio de la AAI para el proyecto de dos nuevos puntos de atraque en la Dársena Sur del Puerto de Castellón, expediente 099/10 IPPC SCICoMCMMLL, donde se establece el requisito de realizar una auditoría

5. Información Adicional

Para cualquier cuestión o comentario que pueda surgir relacionado con este documento o información sobre las actividades y funcionamiento de la Refinería pueden dirigirse a:

Cristina García Domínguez
 Coordinadora de calidad y Medio Ambiente
 BP Oil España S.A.U. Refinería de Castellón
 Teléfono: 964347016
 Fax: 902884863
 e-mail: cristina.garcia@ec1.bp.com

DECLARACIÓN MEDIOAMBIENTAL VALIDADA POR

AENOR Asociación Española de
 Normalización y Certificación

DE ACUERDO CON EL REGLAMENTO (CE) Nº 1221/2009

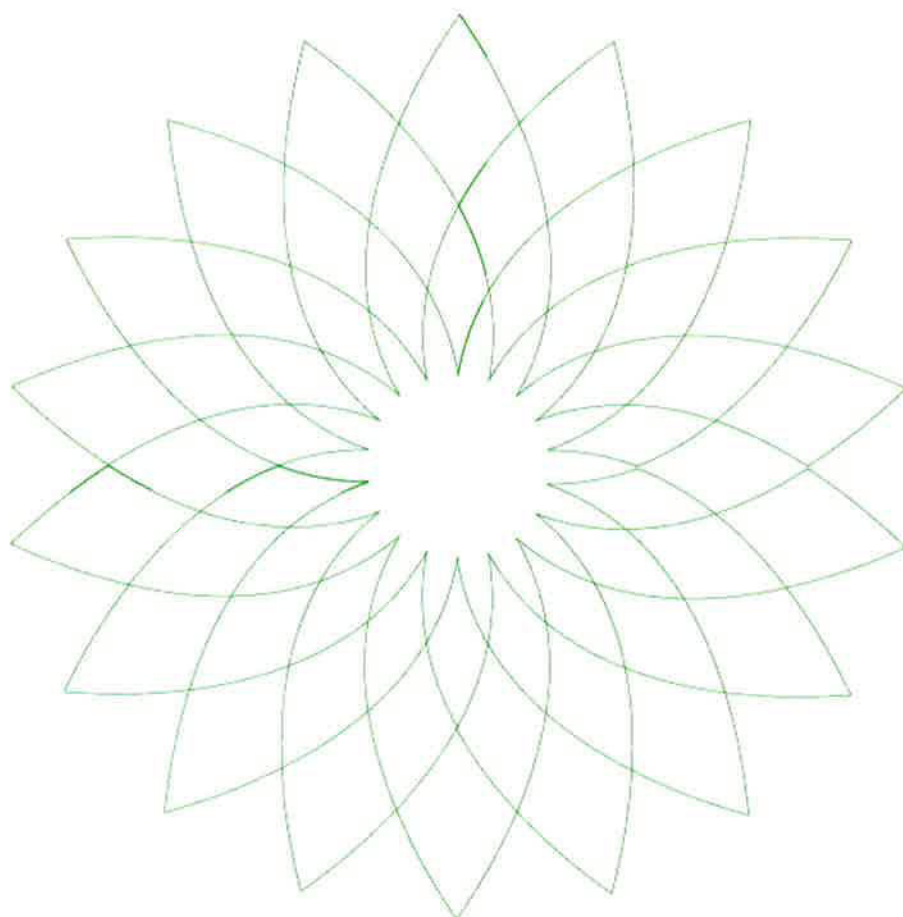
Nº DE ACREDITACIÓN COMO VERIFICADOR MEDIOAMBIENTAL
 ES-V-0001

Con fecha: 08 JUN 2014

Firma y sello  Asociación Española de
 Normalización y Certificación

Avelino BRITO MARQUINA
 Director General de AENOR

Preparado por:	Area de Medio Ambiente
Emitido por:	Aprobado por:
	
Fco. Javier García Goyeneche Director Departamento Seguridad Industrial, Salud y Medio Ambiente	Emilio Marín Bellver Director BP Oil España S.A.U. Refinería de Castellón
Fecha de validación:	21 de Mayo de 2014



**Realizado por el Área de Medio Ambiente
de BP Oil España Refinería de Castellón
S.A.U.
Mayo de 2014**

Para cualquier información adicional o cuestión relacionada con los aspectos tratados en este documento, así como de las operaciones, productos y servicios realizados por BP Oil España S.A.U. Refinería de Castellón pueden dirigirse a nuestro departamento de HSSE (Seguridad, Salud y Medio Ambiente) en el teléfono (+34) 964 34 7016