



**RIDUNAJ**  
Repositorio Institucional  
Digital UNAJ



Universidad Nacional  
**ARTURO JAURETCHE**

Tesinas de Grado

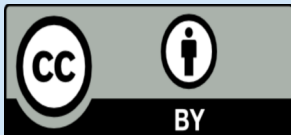
Christian Adrián Tapia

# Mejoras en proyecto Estaciones de separación de sólidos: Yacimientos no convencionales

2022

*Instituto de Ingeniería y Agronomía*

*Carrera: Ingeniería en Petróleo*



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.

Atribución 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Tapia, C. A. (2022). *Mejoras en proyecto Estaciones de separación de sólidos : Yacimientos no convencionales* [Práctica Profesional Supervisada, Universidad Nacional Arturo Jauretche].

<https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/2877>

## **Práctica Profesional Supervisada**

### **Informe Final**

#### **Mejoras en proyecto Estaciones de separación de sólidos**

#### **- Yacimientos no convencionales -**

**Año - 2022**

TUTOR DE LA ORGANIZACIONAL: Ing. German Greve

DOCENTE SUPERVISOR: Ing. Juan Scaglia

ESTUDIANTE: Christian Adrián Tapia

## **INDICE:**

1. RESUMEN.....	4
2. ALCANCE .....	4
3. OBJETIVOS.....	4
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	4
5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO.....	6
6.1. POZOS TIPO NOC GAS.....	6
6.2. POZOS TIPO NOC OIL.....	7
6.3. CAUDALES DE ARENA .....	8
7. ESTRATEGIA DE DESARROLLO .....	8
7.1. DESARENADO EN BOCA DE POZO – BAJO CAPEX – NOC GAS.....	9
7.2. DESARENADO EN BOCA DE POZO – ALTO CAPEX – NOC GAS.....	11
7.3. DESARENADO EN PAD – BAJO CAPEX – NOC GAS.....	14
7.4. DESARENADO EN PAD – ALTO CAPEX – NOC GAS.....	15
7.5. DESARENADO EN BOCA DE POZO – BAJO CAPEX – NOC OIL .....	17
7.6. DESARENADO EN BOCA DE POZO – ALTO CAPEX – NOC OIL.....	18
7.7. DESARENADO EN PAD – BAJO CAPEX – NOC OIL .....	18
7.8. DESARENADO EN PAD – ALTO CAPEX – NOC OIL.....	18
7.9. OPCIÓN ALTO CAPEX – SEPARACIÓN CONTINUA DE ARENA .....	18
8. EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS .....	19
8.1. PLUG CATCHER FAR-001.....	19
8.2. DESARENADOR SB-011 .....	20
8.2.1. PARTICULARIDADES DEL DISEÑO DEL DESARENADOR.....	21
8.2.2. DESARENADOR CICLONICO.....	22
8.2.3. DESARENADOR ESFÉRICO .....	22
8.3. CHOKE MANIFOLD CM-031 .....	23
8.4. FRAC TANK PA-021/022.....	24
8.4.1. CONEXIONADO DE POZOS A FRAC TANK.....	25
8.5. SAND BOX PA-023.....	26
8.5.1. DESCRIPCIÓN DE SAND BOX ALTERNATIVA.....	26
8.6. BOMBAS NEUMÁTICAS BA-041/042 .....	28
8.7. PILETAS DE AGUA PA-025/026.....	28
8.8. BOMBAS DE LLENADO DE CAMIÓN BA-043/044.....	28
8.9. COMPRESOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS KA-051 A/B .....	29
8.10. PULMÓN DE AIRE DE INSTRUMENTOS VP-061 .....	29
8.11. TANQUE DE DIESEL TKAG-071 .....	30
8.12. ZARANDA VIBRATORIA.....	30

8.13. UNIDADES DE LA ESTACIÓN DE DESARENADO .....	31
8.14. TIPO DE CONEXIONES ENTRE SKIDS .....	31
8.15. SELECCIÓN DEL DESARENADOR .....	32
8.16. SELECCIÓN DE BOMBAS.....	32
8.17. MEDICION DE CAUDAL.....	33
8.18. ALIMENTACION DE ENERGÍA EN LOCACION.....	33
8.18.1. PANELES SOLARES.....	33
8.18.2. ALTERNATIVAS ALIMENTADAS A GAS.....	33
8.18.3. ALTERNATIVA DE MOTOGENERADOR DIESEL.....	34
8.18.4. ALTERNATIVA HÍBRIDA (FOTOVOLTAICO + DIESEL).....	34
8.19. VALVULAS .....	34
8.19.1. ALTERNATIVA BAJO CAPEX .....	34
8.19.2. ALTO CAPEX.....	35
8.19.2.1. ALIMENTACIÓN CON NITRÓGENO .....	35
8.19.2.2. ALIMENTACIÓN CON GAS DE SERVICIO .....	35
8.19.2.3. ALIMENTACIÓN CON AIRE DE INSTRUMENTOS .....	36
9. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	36
9.1. DESARENADO EN BOCA DE POZO – BAJO CAPEX – NOC .....	36
9.1.1. OPERACIÓN DE ESTACIÓN DE DESARENADO .....	36
9.1.2. SISTEMA DE PURGADO.....	37
9.1.3. SEGURIDAD DEL PROCESO .....	37
9.2. DESARENADO EN BOCA DE POZO – ALTO CAPEX – NOC .....	37
9.2.1. OPERACIÓN DE ESTACIÓN DE DESARENADO .....	37
9.2.2. SISTEMA DE PURGADO.....	38
9.2.3. SEGURIDAD DEL PROCESO .....	38
9.3. DESARENADO EN PAD – BAJO CAPEX – NOC .....	39
9.3.1. OPERACIÓN DE ESTACIÓN DE DESARENADO .....	39
9.4. DESARENADO EN PAD – ALTO CAPEX – NOC.....	39
9.4.1. OPERACIÓN DE ESTACIÓN DE DESARENADO .....	39
10. CONCLUSIONES.....	39
11. BIBLIOGRAFÍA Y NORMAS .....	40
12. ABREVIATURAS .....	40
13. ANEXOS .....	42

## **1. RESUMEN**

El objetivo del proyecto “Mejoras en proyecto Estaciones de separación de sólidos” en yacimientos no convencionales, consiste en prolongar la vida útil de los activos de la operadora, reduciendo de esta forma los costos de mantenimiento y evitando problemas operativos mediante el diseño de nuevas estaciones de desarenado modulares para aplicar en locaciones y por otro lado mejorar la disponibilidad del pozo en estado productivo.

Este nuevo diseño está basado en dos alternativas principales: una para ser operada manualmente (Bajo CAPEX) y otra de forma automática (Alto CAPEX), las cuales servirán luego para tomar decisiones en etapas futuras.

Parte del alcance es analizar la necesidad de elaborar especificaciones técnicas, las cuales basadas en nuevas tecnologías y materiales, sirvan como definición más precisa de este y otros proyectos a ejecutar.

## **2. ALCANCE**

El alcance del presente informe aplica a todas las instalaciones en PAD en donde se recibe producción del pozo y en particular se desarrollan proyectos para yacimientos de Gas y Petróleo.

Los resultados y conclusiones obtenidas en este informe son aplicables solamente al lugar de estudio que fueron realizadas sin poder ser aplicables a otros emplazamientos ni proyectos sin antes tener su análisis específico.

## **3. OBJETIVOS**

Identificar y recomendar la opción óptima de estación de manejo de sólidos (FPDO) para mejorar la disponibilidad de la producción del pozo, garantizando la seguridad operativa e integridad de las instalaciones, en particular las tareas a desarrollar son las siguientes:

- Búsqueda de material bibliográfico y estándares de la operadora a través del relevamiento de los documentos de Ingeniería disponibles.
- Identificación de elementos/sistemas que permitan mejorar la eficiencia en las instalaciones y por consiguiente la producción del pozo.
- Verificación de límites de trabajo de la norma y comparación con la práctica habitual en la operación a fin de establecer una filosofía adecuada de trabajo.
- Detección de aspectos de seguridad operativa e integridad de las instalaciones que afecten operación e integridad, acompañando con las correspondientes recomendaciones de mejora
- Elaboración de conclusiones.

## **4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto consistió en el desarrollo de la ingeniería conceptual de estaciones de desarenado modulares para aplicar en locaciones no convencionales de la operadora, en desarrollos de Gas y Petróleo.

El objetivo fue contar con dos alternativas principales: una para ser operada manualmente y otra de forma automática. La primera se denominó de Bajo CAPEX, mientras que la segunda de Alto CAPEX. También se analizaron dos locaciones diferentes para las estaciones: en boca de pozo y en PAD, con hasta un máximo de 6 pozos por locación.

Para el desarrollo se considera que cada estación se ubicará en cada pozo durante un período de aproximadamente 1 a 2 meses, y que luego de 2 meses después de poner en marcha el primer pozo se instalará una estación de desarenado en el PAD de la locación, que operará durante 2 meses. Estos tiempos son estimativos y serán ajustados en base a la experiencia en campo y a la cantidad de arena que se reciba una vez que las estaciones estén operativas.

Para producir el desarenado de las corrientes de proceso se seleccionó un desarenador de tipo ciclónico, de amplia utilización en la industria del gas y petróleo. Para maximizar su rango operativo, se plantea un diseño con internos intercambiables, que se reemplazarán en base a los caudales de diseño para cada pozo o locación en particular. Los internos ciclónicos se ubicarán dentro de un recipiente cilíndrico vertical.

Las estaciones de desarenado en pozo, tanto en bajo como alto CAPEX, contarán con Plug Catchers para retener sólidos de gran tamaño y evitar el taponamiento del ciclón. También contarán con Choke Manifolds para controlar el caudal y reducir la presión aguas abajo del desarenador.

Las estaciones de desarenado de bajo CAPEX, tanto en pozo como en PAD, se caracterizan por requerir menor cantidad de equipos que las de alto CAPEX y por no demandar generación eléctrica. Se trata de instalaciones simples, en las que la purga del desarenador se enviará a una pileta de acumulación denominada "Frac Tank", la cual contará con un sistema manual para pesar la arena que se reciba y así poder generar curvas de producción de arena por pozo y con esto cuantificar dicha producción. En estas alternativas, se deberá vaciar la pileta mediante camión de vacío y luego efectuar una limpieza para remover la arena del fondo del equipo. Luego dicha arena deberá ser removida mediante otro camión para su transporte y disposición final.

A continuación, se listan los equipos genéricos a utilizar para instalaciones de Bajo y Alto CAPEX.

Bajo CAPEX		Alto CAPEX	
Equipo	Cantidad	Equipo	Cantidad
Plug catcher	1	Plug catcher	1
Desarenador	1	Desarenador	1
Choke manifold	1	Choke manifold	1
Frac tank	2	Sand box	1
		Pileta de agua	2
		Bomba neumática	2
		Bomba de llenado de camión	2
		Compresor de aire de instrumentos	2
		Pulmón de aire de instrumentos	1
		Tanque de diesel	1
		Generador diesel	1

**Tabla 1 – Equipos alternativa Bajo y Alto CAPEX**

Para proteger a la instalación frente a posibles pérdidas en las válvulas de purga manuales, se contempla una válvula de seguridad tipo VSS en la línea de purga, de actuación hidráulica autónoma.

Las estaciones de desarenado de alto CAPEX, tanto en pozo como en PAD, poseen un diseño automatizado, lo que se traduce en mayor cantidad de equipos, instrumentos y la necesidad de contar con generación de energía eléctrica.

El desarenador contendrá una barra vibrante para detectar el nivel de la interfase agua-arena y activar el desarenado, y con esto la purga del desarenador se dirige a un equipo denominado Sand Box, que retendrá la arena en un cajón con un transmisor de peso, que avisará al sistema de control cada vez que se deba remover la arena del mismo.

El equipo cuenta con una sección de contención de agua, que recibirá el agua filtrada. Para acumular el agua de la estación de desarenado se contará con piletas de agua tipo contenedor, de fácil montaje y transporte. Desde el sand box, el agua se bombeará hacia estas piletas mediante bombas neumáticas de doble diafragma. Para retirar el agua de la estación, se cuenta con bombas de llenado de camión tipo centrífugas horizontales.

Para cuantificar de forma precisa la eficiencia del desarenador, en algunas estaciones de desarenado de alto CAPEX se instalará un sensor/transmisor ultrasónico para monitoreo de arena con instalación No intrusiva (clamp on), que se ajustará al exterior de la cañería de salida del equipo y medirá el caudal de arena con el que egresa la corriente de procesos “limpia”.

En todos los casos, las conexiones entre Skids de las estaciones de desarenado se realizarán mediante uniones tipo Hammer, de uso frecuente en el ámbito de perforación de pozos, por su simplicidad y confiabilidad. En algunos casos en particular se emplearán uniones bridadas según norma API-6A.

## **5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO**

El proyecto se ejecutará con el objetivo de generar un estándar de estación de desarenado para los desarrollos no convencionales de gas y de petróleo de la operadora en la Argentina. Por este motivo, la ubicación geográfica de las instalaciones no resulta única. La posible zona de implantación de las estaciones de desarenado es en la provincia de Neuquén, en la zona de desarrollo de los yacimientos no convencionales.

## **6. POZOS TIPO Y CAUDALES DE DISEÑO**

A continuación, se presenta la evolución mensual prevista para los caudales de gas, agua y petróleo para los pozos tipo de yacimientos No Convencionales (NOC).

Los valores informados en curvas de pozo tipo corresponden al promedio de cada mes, por lo que se espera que en los primeros meses haya picos de producción bastante mayores que el promedio mensual

### **6.1. POZOS TIPO NOC GAS**

El siguiente archivo adjunto presenta el detalle mensual de los caudales de gas, agua y petróleo para pozos tipo Alto, Medio y Bajo de NOC Gas (incluye etapa de FlowBack):

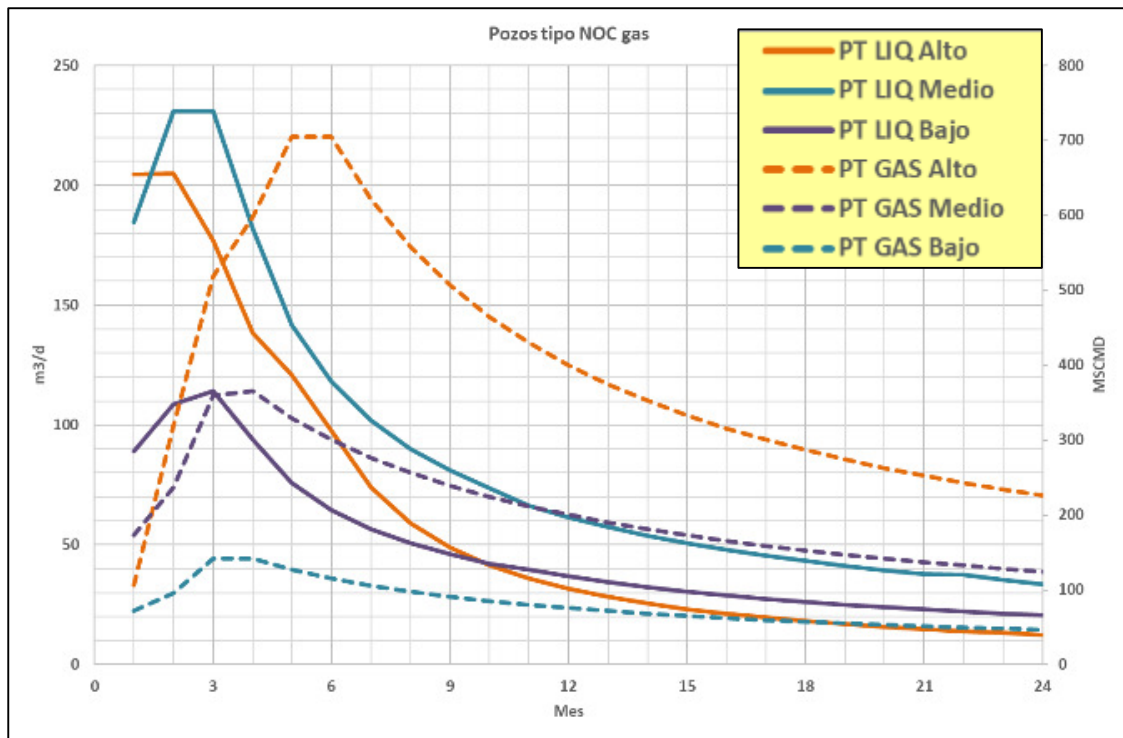


Figura 1 - Pozos tipo NOC Gas

**Nota:** en el eje izquierdo se muestran los caudales de petróleo, representados por las líneas continuas. El eje derecho muestra los caudales de gas asociados, representados en líneas punteadas

## 6.2. POZOS TIPO NOC OIL

El siguiente archivo adjunto presenta el detalle mensual de los caudales de gas, agua y petróleo para pozos tipo Alto, Medio y Bajo de NOC Oil (incluye etapa de FlowBack):

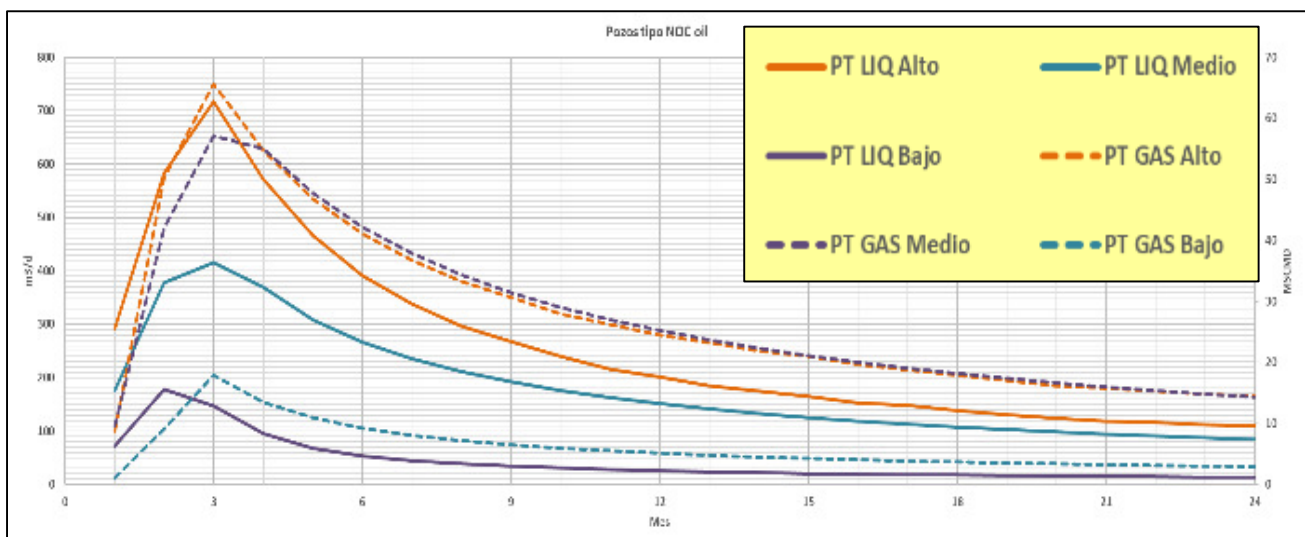


Figura 2 - Pozos tipo NOC Oil

**Nota:** en el eje izquierdo se muestran los caudales de petróleo, representados por las líneas continuas. El eje derecho muestra los caudales de gas asociados, representados en líneas punteadas

### 6.3. CAUDALES DE ARENA

NOC Oil

Etapa	Concentración	Período de tiempo	Caudal de arena (kg/h) (Nota 1)		
			Pozo tipo bajo	Pozo tipo medio	Pozo tipo alto
FlowBack	0,15% - 1,0% vol. agua	Primera semana	15-102	28-184	54-362
1era fase producción	0,03% vol agua	Resto del primer mes	3,1	5,5	10,9
2da fase producción	0,002% vol agua y crudo	A partir del segundo mes	0,5 (segundo mes)	1,0 (segundo mes)	1,5 (segundo mes)

Tabla 2 - Caudales de arenas pozos tipo NOC Oil

NOC gas

Etapa	Concentración	Período de tiempo	Caudal de arena (kg/h) (Nota 1)		
			Pozo tipo bajo	Pozo tipo medio	Pozo tipo alto
FlowBack	0,15% - 1,0% vol agua	Primera semana	15 - 97	35 - 232	46 - 305
1era fase producción	0,03 % vol. agua	Resto del primer mes	2,9	7	9,2
2da fase producción	0,3 m <sup>3</sup> /mes/MMSCMD gas	A partir del segundo mes	0,1 (segundo mes)	0,3 (segundo mes)	0,4 (segundo mes)

Tabla 3 - Caudales de arenas pozos tipo NOC Gas

## 7. ESTRATEGIA DE DESARROLLO

El proyecto contempló el desarrollo de diferentes estaciones de desarenado, las cuales se listan a continuación:

- Desarenado en **boca de pozo**, con instalaciones **bajo capex**, para pozos de **gas**. (punto 7.1)
- Desarenado en **boca de pozo**, con instalaciones **alto capex**, para pozos de **gas**. (punto 7.2)
- Desarenado en **PAD**, con instalaciones **bajo capex**, para pozos de **gas**. (punto 7.3)
- Desarenado en **PAD**, con instalaciones **alto capex**, para pozos de **gas**. (punto 7.4)
- Desarenado en **boca de pozo**, con instalaciones **bajo capex**, para pozos de **petróleo**. (punto 7.5)
- Desarenado en **boca de pozo**, con instalaciones **alto capex**, para pozos de **petróleo**. (punto 7.6)
- Desarenado en **PAD**, con instalaciones **bajo capex**, para pozos de **petróleo**. (punto 7.7)
- Desarenado en **PAD**, con instalaciones **alto capex**, para pozos de **petróleo**. (punto 7.8)
- Desarenado **alto capex**, separación continua de arena. (punto 7.9)

En este informe se analizaron tres variables:

1. La ubicación de la estación de desarenado
2. El tipo de instalación

### 3. El tipo de pozo

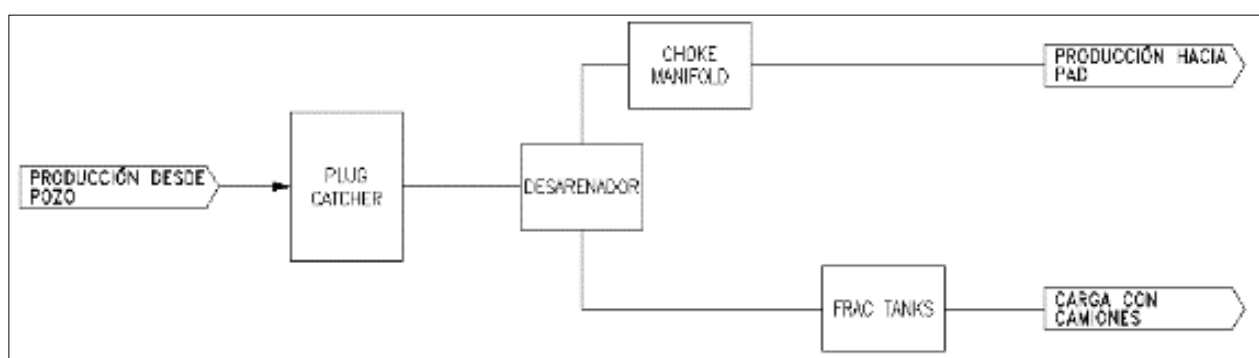
En el documento se procederá a describir cada uno de los casos desarrollados en el proyecto.

En esta sección se procederá a describir las instalaciones listadas; en la próxima sección se detallarán los equipos asociados a las mismas; en la próxima la operación asociada y por ultimo las alternativas que justifican la elección de las instalaciones/tecnologías que se muestran continuación.

#### 7.1. DESARENADO EN BOCA DE POZO – BAJO CAPEX – NOC GAS

La alternativa de bajo CAPEX se caracteriza por su simplicidad y baja cantidad de equipos asociados. Este caso, orientado principalmente a una estrategia de ejecución del tipo rentada el cual busca reducir el costo de la instalación prescindiendo de un sistema de control y de consumos eléctricos. Por este motivo, esta alternativa no cuenta con transmisores o válvulas actuadas con aire de instrumentos ni con generación de energía eléctrica.

En la siguiente figura se muestra un esquema simplificado de este desarrollo:



**Figura 3 – Esquema alternativa POZO – BAJO CAPEX – NOC GAS**

En la tabla a continuación se presentan los equipos requeridos para esta alternativa con sus principales características:

Tag	Equipo	Cantidad	Características
FAR-001	Plug Catcher	1	Diámetro de barril: 3" Cantidad de barriles: 1 Rating: 10.000 psi
SB-011	Desarenador	1	Tipo: ciclónico vertical Geometría estándar: Stairmand Alta Eficiencia Diámetro cuerpo: 20" Acumulador de arena: integrado Rating: 10.000 psi Internos: intercambiables
CM-031	Choke Manifold	1	Cantidad de válvulas Choke: 2 Rating: 10.000 psi
PA-021/022	Frac Tank	2	Capacidad: 80 m <sup>3</sup>

**Tabla 4 – Equipos alternativa POZO – BAJO CAPEX – NOC GAS (Dimensiones y características aproximadas)**

**A tener en cuenta para el Rating de equipos:**

La filosofía adoptada para definir el rating de los equipos y elementos a ser utilizados en boca de pozo se basa en mantener el rating de las instalaciones del pozo, con lo cual se adopta el valor 10.000 psi como presión de diseño y como condición más desfavorable, a pesar de que la presión operativa del pozo una vez operativo indicaría que se podría proponer una presión de diseño inferior.

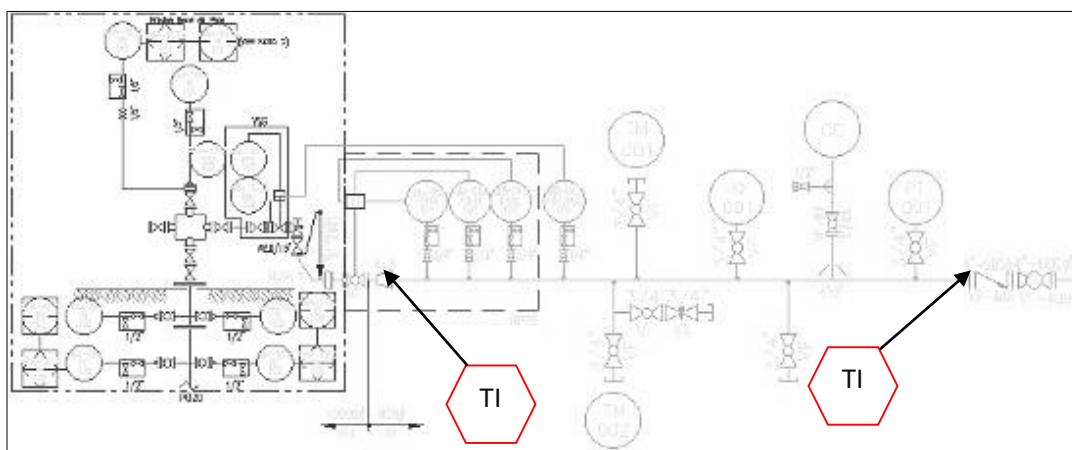
A continuación, se detallan las variables que se medirán en esta estación con el fin de poder diseñar la ingeniería:

Variable	Tipo de instrumento	Cantidad	Ubicación
Presión	Manómetro	4	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aguas arriba de Plug Catcher FAR-001</li><li>• Aguas arriba de Desarenador SB-011</li><li>• Aguas arriba de Choke Manifold CM-031</li><li>• Aguas abajo de Choke Manifold CM-031</li></ul>
Nivel	Visor de nivel	3	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cuerpo Desarenador SB-011</li><li>• Frac tank PA-021</li><li>• Frac tank PA-022</li></ul>
Temperatura	Indicador de temperatura	1	Aguas abajo de Choke Manifold CM-031

**Tabla 5 – Variables medidas – POZO – BAJO CAPEX – NOC GAS**

**Conexión a instalaciones de producción existentes**

En la figura que sigue se muestra una instalación típica en boca de pozo de YPF, indicando los puntos de interconexión de la estación de desarenado:



**Figura 4 – Instalación en boca de pozo**

Se deberán desmontar las cañerías e instrumentos entre las dos bridas indicadas, reubicando las tomas de presión de las válvulas SSV y HIPPS como se muestra en la siguiente figura:

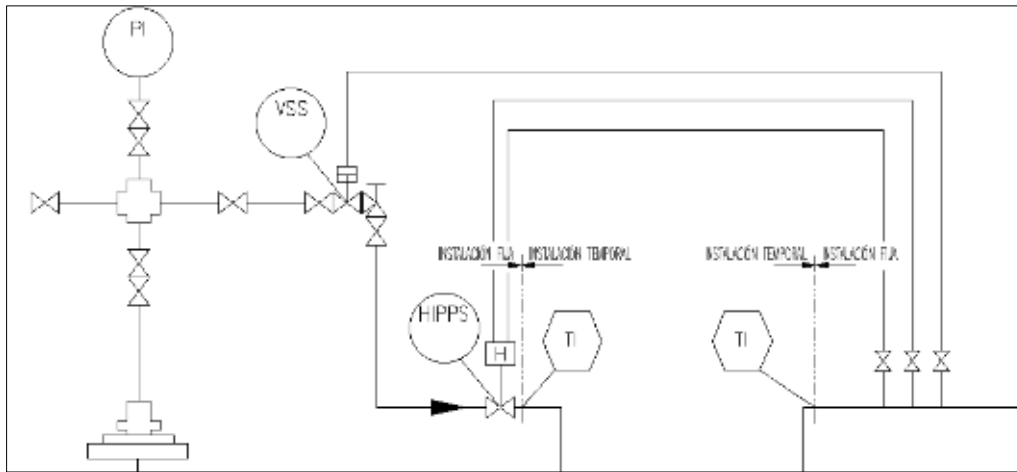


Figura 5 – Ubicación de tomas de presión de SSV y HIPPS

## 7.2. DESARENADO EN BOCA DE POZO – ALTO CAPEX – NOC GAS

Esta alternativa tiene como objetivo lograr una estación de desarenado con operación automatizada, sin necesidad de intervención del operador salvo para maniobras muy específicas. Por este motivo, se cuenta con elementos de medición y transmisión de variables de proceso, válvulas actuadas remotamente, generación eléctrica y sistema de aire de instrumentos, entre otras cosas. La estrategia de ejecución se puede asociar a una operación por parte de operadora y en la siguiente figura se muestra un esquema de este desarrollo:

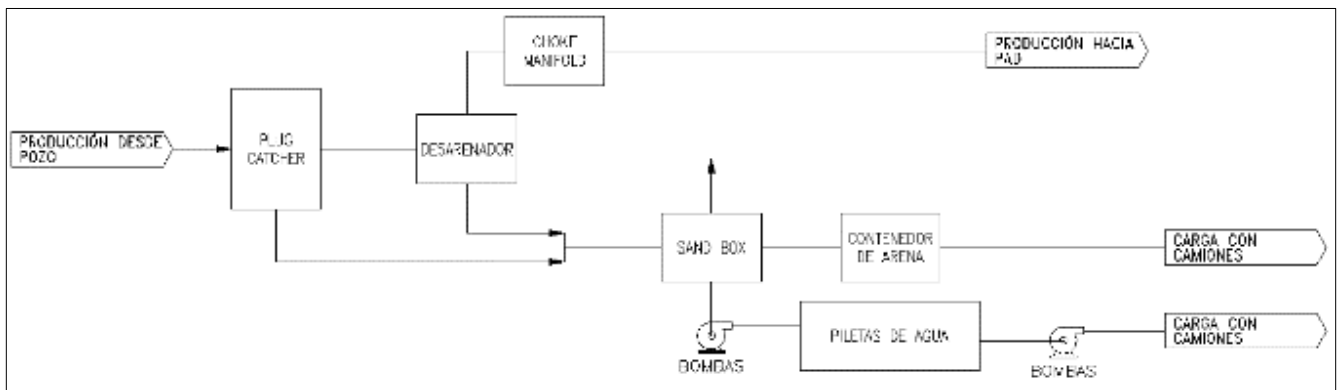


Figura 6– Esquema alternativa POZO – ALTO CAPEX – NOC GAS

En la tabla a continuación se presentan los equipos requeridos para esta alternativa con sus principales características:

Tag	Equipo	Cantidad	Características
FAR-001	Plug Catcher	1	Diámetro de barril: 3" Cantidad de barriles: 2 Rating: 10.000 psi
SB-011	Desarenador	1	Tipo: ciclónico vertical Geometría estándar: Stairmand Alta Eficiencia Diámetro cuerpo: 20" Acumulador de arena: integrado Rating: 10.000 psi Internos: intercambiables
CM-031	Choke Manifold	1	Cantidad de válvulas Choke: 2 Rating: 10.000 psi
PA-023	Sand box	1	Con gas Buster y arrestallamas Con transmisor de peso de cajón de arena

PA-025/026	Pileta de agua	2	Capacidad: 70 m <sup>3</sup>
BA-041/042	Bomba neumática	2	Tipo: de doble diafragma Caudal nominal: 10 m <sup>3</sup> /h Consumo de aire: 0,5 Nm <sup>3</sup> /min (a confirmar con proveedor)
BA-043/044	Bomba de llenado de camión	2	Tipo: centrífuga Caudal nominal: 60 m <sup>3</sup> /h Potencia en el eje: 8,2 kW
KA-051 A/B	Compresor de aire de instrumentos	2	Potencia en el eje: 8,8 kW Caudal nominal de aire: 66,5 Nm <sup>3</sup> /h Presión de descarga: 10 kgf/cm <sup>2</sup> g
VP-061	Pulmón de aire de instrumentos	1	Capacidad nominal: 7,5 m <sup>3</sup> Presión de operación: 10 kgf/cm <sup>2</sup> g
TKAG-071	Tanque de diésel	1	Capacidad útil: 1,2 m <sup>3</sup> Tipo: rectangular
G-01	Generador diésel	1	Potencia mínima: 33 kVA continuos – 3x380/220 Vac

**Tabla 6 – Equipos alternativa POZO – ALTO CAPEX – NOC GAS (Dimensiones y características aproximadas)**

Para esta alternativa, existen dos tecnologías diferentes, similares entre sí, que pueden utilizarse para el Sand Box. La función de este equipo es recibir la purga del desarenador, separar la arena del agua y pesar la arena.

- Para esto existe una primera alternativa que, de forma simplificada, separa la arena del agua mediante una zaranda vibratoria y luego envía la arena hacia un cajón interno que contiene una pantalla filtrante en su interior y una balanza electrónica asociada. El líquido atraviesa la pantalla filtrante de la zaranda y cae en una pileta de baja capacidad, que debe evacuarse periódicamente. Cuando el cajón de arena alcanza su máxima capacidad, debe ser evacuado de forma manual.
- La segunda alternativa consiste en un equipo que contiene un cajón de arena estático que en su fondo posee una pantalla filtrante. La arena es retenida en este cajón y es pesada de forma electrónica, mientras que el líquido atraviesa la pantalla y es almacenado en una pileta interna que debe ser vaciada periódicamente. Cuando el cajón de arena alcanza su máxima capacidad, debe ser evacuado de forma manual.

Ambas alternativas son viables para este servicio, y debe seleccionarse en la próxima etapa la que resulta más adecuada para los objetivos del proyecto.

En las secciones siguientes del presente informe se describirá la primera opción presentada aquí, que consiste en una zaranda vibratoria asociada a una pileta y un cajón de arena.

De forma simplificada, el proceso en este caso puede describirse de la siguiente manera:

1. El fluido ingresa a la estación de desarenado y se dirige al Plug Catcher FAR-001, donde se produce la filtración de los elementos de mayor tamaño.
2. La corriente de procesos continúa hacia el desarenador SB-011, donde las partículas de arena se separan y se acumulan en su parte inferior.
3. La corriente despojada de arena circula hacia el Choke Manifold CM-031, donde se ajusta su presión y egresa de la estación de desarenado.

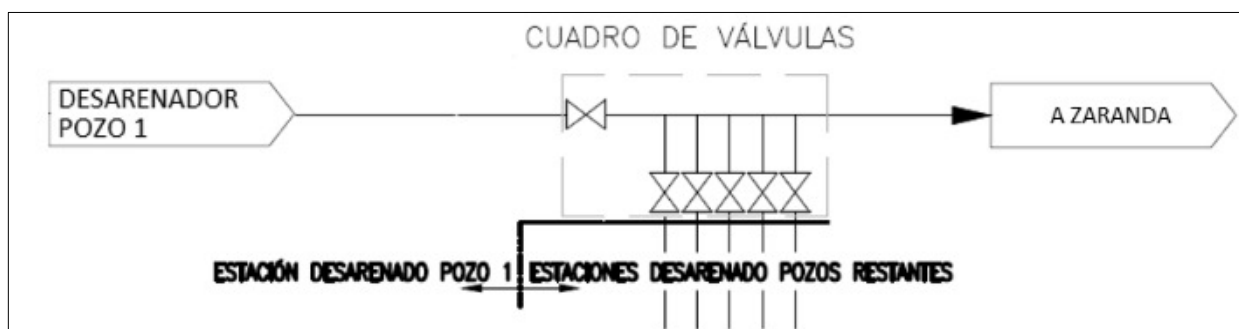
4. El desarenador SB-011 posee un switch de alto nivel de interfase arena-agua que activa la secuencia de purgado cuando se llega a un valor determinado de arena en el equipo, o se puede configurar en HMI una frecuencia de purgado y una duración de la maniobra de purga.
5. En este momento, el Slurry se dirige al Sand box PA-023, que en su ingreso contiene un gas Buster, que reduce la velocidad de la corriente.
6. El gas se ventea a través del arrestallamas y el líquido con arena se dirige hacia la zaranda vibratoria, que por acción de dos motores genera movimiento vibratorio que produce movimiento del Slurry.
7. El líquido atraviesa la pantalla y cae en la pileta de agua, mientras que las partículas de diámetros mayores quedan retenidas y se dirigen hacia un cajón de arena que contiene una balanza electrónica. Cuando la balanza alcanza su máxima capacidad, envía una señal al sistema de control para que un operario la vacíe.
8. La pileta del equipo posee un transmisor de nivel que indica cuando se deben accionar las bombas neumáticas de doble diafragma BA-041/042, que enviarán el agua filtrada a las piletas de agua PA-025/026. Desde las piletas, el agua se retirará con camión mediante las bombas de llenado de camión BA-043/044.

A continuación, se detallan las variables que se medirán en esta estación:

Variable	Tipo de instrumento	Cantidad	Ubicación
Presión	Transmisor de presión	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguas arriba de Plug Catcher FAR-001</li> <li>• Aguas arriba de Desarenador SB-011</li> <li>• Aguas arriba de Choke Manifold CM-031</li> <li>• Aguas abajo de Choke Manifold CM-031</li> <li>• En línea de purga de arena</li> <li>• En pulmón de aire de instrumentos VP-061</li> </ul>
Nivel	Transmisor de nivel de líquido	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo Desarenador SB-011</li> <li>• Pileta de agua PA-025</li> <li>• Pileta de agua PA-026</li> <li>• Pileta de Sand Box PA-023 (control)</li> <li>• Pileta de Sand Box PA-023 (seguridad)</li> </ul>
	Switch de nivel – barra vibrante	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo Desarenador SB-011</li> </ul>
Temperatura	Transmisor de temperatura	1	Aguas abajo de Choke Manifold CM-031
Caudal de arena	Medidor de caudal de arena Clamp On	1	Aguas abajo de Choke Manifold CM-031
Peso de arena	Transmisor	1	Cajón de arena de Sand Box PA-023

**Tabla 7 – Variables medidas – POZO – ALTO CAPEX – NOC GAS**

Para realizar una conexión rápida de la línea de purgado de los Skids de los pozos 2, 3, 4, 5 y 6 hacia el Sand Box se contará con un cuadro de válvulas que centralizará las conexiones, tal como se puede apreciar en la siguiente figura:



**Figura 7 – Cuadro de válvulas**

El diseño planteado implica la necesidad de mantener en posición el Sand Box y las piletas de agua, instalados con el pozo 1, hasta que finalice el desarenado de la totalidad de los pozos.

### 7.3. DESARENADO EN PAD – BAJO CAPEX – NOC GAS

La estación de desarenado en PAD para el caso de Bajo Capex respeta el concepto de la estación diseñada para instalaciones en pozo: simplicidad, operación manual y baja cantidad de equipos. Para este caso, existirán cuatro diferencias importantes respecto al caso en pozo:

- No se requerirá Plug Catcher debido a que ya se realizó la filtración de partículas de gran tamaño con la instalación en boca de pozo.
- No se requerirá Choke Manifold ya que el caudal y la presión ya fueron ajustados en boca de pozo.
- La presión operativa estará en el rango de 75-95 kgf/cm<sup>2</sup>g, a diferencia de los 382 kgf/cm<sup>2</sup>g que se pueden observar en el primer mes de producción de un pozo tipo.
- La cantidad de arena esperada para esta estación se reduce significativamente respecto a la de pozo por dos motivos:
  - Ya se removi6 aproximadamente el 99% de la arena con la estación de desarenado en pozo.
  - La estación en PAD se instalará, generalmente, durante el segundo mes de operación de los pozos, cuando la cantidad de arena producida se reduce aproximadamente 30 veces respecto al primer mes.
- Por lo anterior, para esta estación se requerirá un único frac Tank, en lugar de los dos utilizados para el caso en boca de pozo.

Como consecuencia de las diferencias observadas, la estación de desarenado para PAD contará únicamente con el desarenador y el frac Tank, tal como se puede observar en el siguiente esquema:

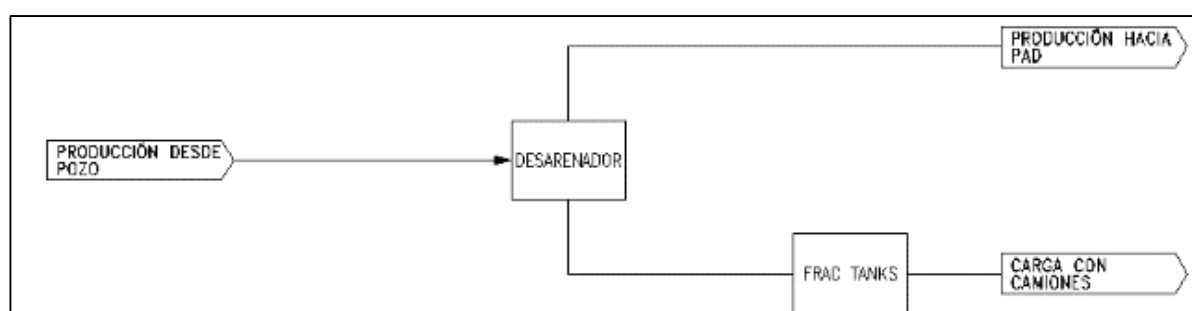


Figura 8 – Esquema alternativa PAD – BAJO CAPEX – NOC GAS

A continuación, se presentan los equipos requeridos para esta alternativa con sus principales características:

Tag	Equipo	Cantidad	Características
SB-011	Desarenador	1	Tipo: ciclónico vertical Geometría estándar: Stairmand Alta Eficiencia Diámetro cuerpo: 24" Acumulador de arena: integrado Presión de diseño: 99 kgf/cm <sup>2</sup> g Internos: intercambiables
PA-021	Frac Tank	1	Capacidad: 80 m <sup>3</sup>

Tabla 8 - Equipos alternativa PAD – BAJO CAPEX – NOC GAS

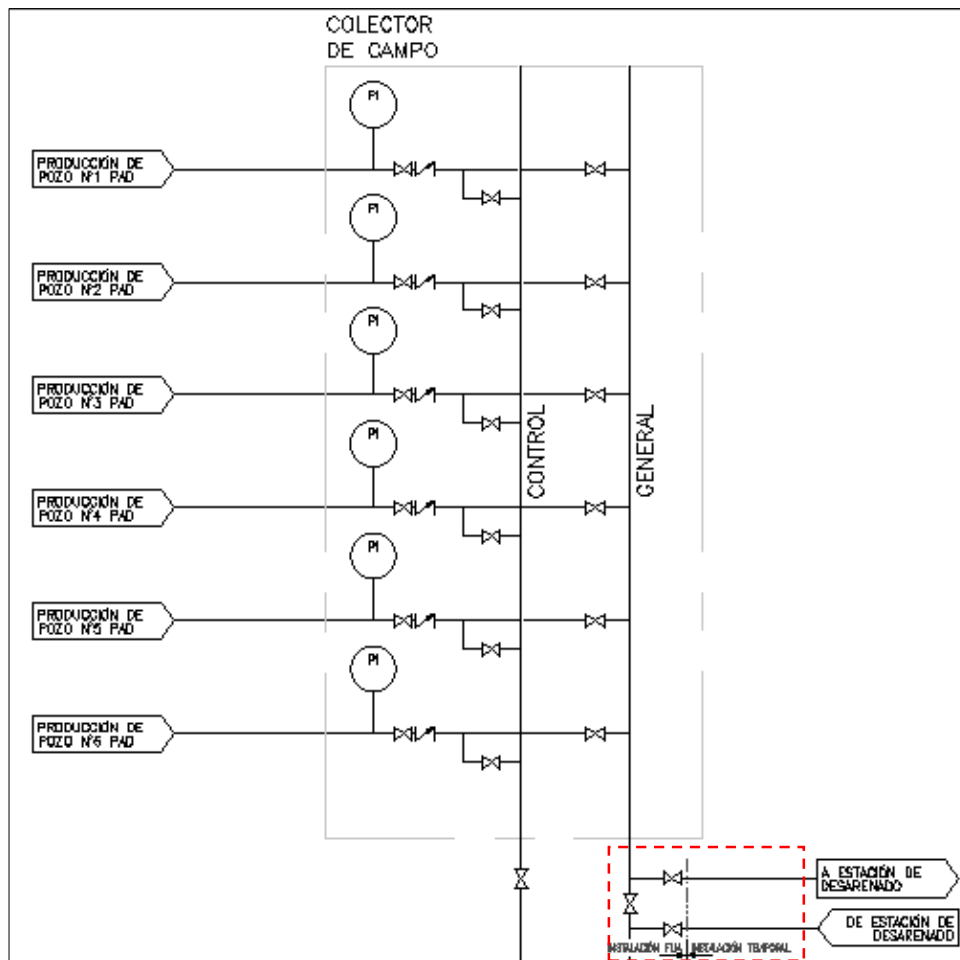
A continuación, se detallan las variables que se medirán en esta estación:

Variable	Tipo de instrumento	Cantidad	Ubicación
Presión	Manómetro	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguas arriba de Desarenador SB-011</li> <li>• Aguas abajo de Desarenador SB-011</li> </ul>
Nivel	Visor de nivel	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo Desarenador SB-011</li> <li>• Frac Tank PA-021</li> </ul>
Temperatura	Indicador de temperatura	1	Aguas abajo de Choke Manifold CM-031

**Tabla 9 – Variables medidas – PAD – BAJO CAPEX – NOC GAS**

### Conexión a instalaciones de producción existentes

Para este caso, se considera que las instalaciones existentes cuentan con conexiones disponibles para vincular la estación de desarenado sin necesidad de detener la producción de los pozos o desmontar tramos de cañería. En la figura siguiente se muestra un detalle de las conexiones de PAD:



**Figura 9 – Detalle de conexiones disponibles en PAD para estación de desarenado**

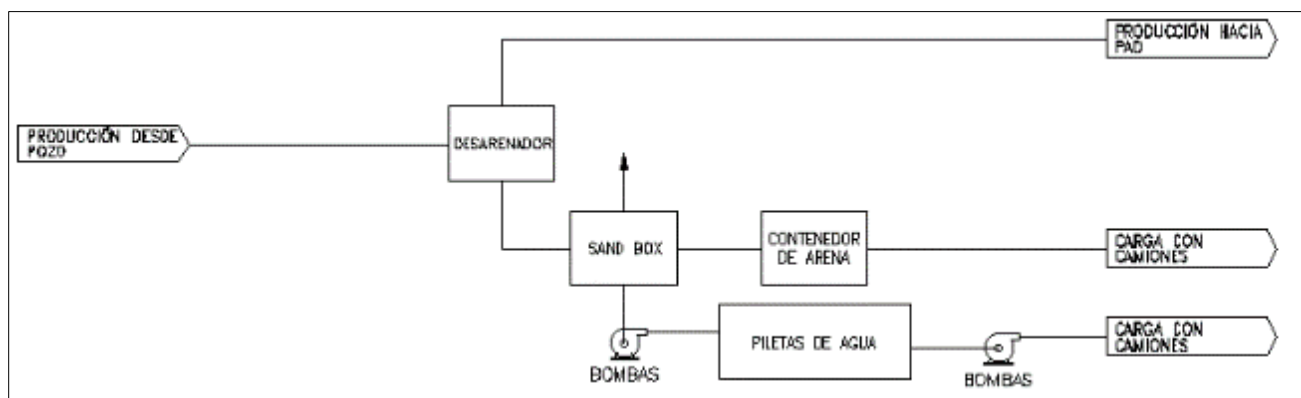
En la próxima etapa de ingeniería se deberá confirmar que las instalaciones de PAD dispongan de las conexiones aquí mostradas.

### 7.4. DESARENADO EN PAD – ALTO CAPEX – NOC GAS

Este desarrollo se caracteriza por ser análogo al caso de alto CAPEX para pozo, pero con las siguientes diferencias:

1. Debido a que se espera menor producción de arena (por los motivos ya explicados) se requerirá una única pileta de agua.
2. La menor producción de arena redonda en una menor cantidad de purgados diarios, lo que a su vez impacta en el dimensionamiento del sistema de aire de instrumentos. Tanto el Skid de compresión como el pulmón de aire serán de menor capacidad que los seleccionados para pozo.
3. No se requiere Plug Catcher ni Choke Manifold.

En el esquema que sigue se presenta un diagrama de bloques de la estación de desarenado para este caso:



**Figura 10 - Esquema alternativa PAD – ALTO CAPEX – NOC GAS**

A continuación, se presentan los equipos requeridos para esta alternativa con sus principales características:

Tag	Equipo	Cantidad	Características
SB-011	Desarenador	1	Tipo: ciclónico vertical Geometría estándar: Stairmand Alta Eficiencia Diámetro cuerpo: 24" Acumulador de arena: integrado Presión de diseño: 99 kgf/cm <sup>2</sup> g Internos: intercambiables
PA-023	Sand box	1	Con gas Buster y arrestallamas Con transmisor de peso de cajón de arena
PA-025	Pileta de agua	1	Capacidad: 70 m <sup>3</sup>
BA-041/042	Bomba neumática	2	Tipo: de doble diafragma Caudal nominal: 0,5 m <sup>3</sup> /h Consumo de aire: 0,05 Nm <sup>3</sup> /min (a confirmar con proveedor)
BA-043/044	Bomba de llenado de camión	2	Tipo: centrífuga Caudal nominal: 60 m <sup>3</sup> /h Potencia en el eje: 8,2 kW
KA-051 A/B	Compresor de aire de instrumentos	2	Potencia en el eje: 1 kW Caudal nominal de aire: 6,5 Nm <sup>3</sup> /h Presión de descarga: 10 kgf/cm <sup>2</sup> g
VP-061	Pulmón de aire de instrumentos	1	Capacidad nominal: 0,75 m <sup>3</sup> Presión de operación: 10 kgf/cm <sup>2</sup> g
TKAG-071	Tanque de diésel	1	Capacidad útil: 1,2 m <sup>3</sup> Tipo: rectangular
G-01	Generador diésel	1	Potencia mínima: 33 kVA continuos – 3x380/220 Vac

**Tabla 10 - Equipos alternativa PAD – ALTO CAPEX – NOC GAS**

A continuación, se detallan las variables que se medirán en esta estación:

Variable	Tipo de instrumento	Cantidad	Ubicación
Presión	Transmisor de presión	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguas arriba de Desarenador SB-011</li> <li>• Aguas abajo de Desarenador SB-011</li> <li>• En línea de purga de arena</li> <li>• En pulmón de aire de instrumentos VP-061</li> </ul>
Nivel	Transmisor de nivel de líquido	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo Desarenador SB-011</li> <li>• Pileta de agua PA-025</li> <li>• Sand Box PA-023 (control)</li> <li>• Sand Box PA-023 (seguridad)</li> </ul>
	Switch de nivel – barra vibrante	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpo Desarenador SB-011</li> </ul>
Temperatura	Transmisor de temperatura	1	Aguas abajo de Desarenador SB-011
Caudal de arena	Medidor de caudal de arena Clamp On	1	Aguas abajo de Desarenador SB-011
Peso de arena	Transmisor	1	Cajón de arena de Sand Box PA-023

**Tabla 11 – Variables medidas – POZO – ALTO CAPEX – NOC GAS**

Al igual que para el caso de alto capex en pozo, es importante mencionar que sólo algunas estaciones de desarenado contarán con medición de caudal de arena.

## 7.5. DESARENADO EN BOCA DE POZO – BAJO CAPEX – NOC OIL

La estación de desarenado en boca de pozo para NOC Oil será análoga a la desarrollada para NOC Gas, con la única diferencia en las dimensiones del desarenador SB-011. En este caso, los cálculos preliminares para los pozos tipo alto, medio y bajo indican que será necesario utilizar diferentes diámetros de interno para el ciclón, tal como se observa en la tabla que sigue:

Tipo de pozo	Diámetro característico ciclón (pulgadas)
Alto	18
Medio	16
Bajo	12

**Tabla 12 – Diámetros de interno de ciclón para NOC OIL - POZO**

El resto de la estación será idéntica a NOC Gas (ver sección 7.1), lo que facilita el desarrollo de los yacimientos, uniformizando las instalaciones, reduciendo la cantidad de partes para mantenimiento, la cantidad de proveedores y facilitando la ejecución de los proyectos.

Otra diferencia a tener en cuenta son los diámetros de cañerías. De estimaciones preliminares, se observa que las cañerías para las estaciones de NOC Gas serán de menor tamaño que las de NOC Oil. Los diámetros se determinarán en la próxima etapa de ingeniería, al momento de hacer los cálculos hidráulicos del proyecto.

## **7.6. DESARENADO EN BOCA DE POZO – ALTO CAPEX – NOC OIL**

Este caso resulta análogo al anterior: la única diferencia entre la estación de alto capex para NOC Gas y Oil es el diámetro del desarenador, que será idéntico al presentado en la sección anterior.

El resto de la instalación será idéntica a la del ítem 7.2 de este documento.

## **7.7. DESARENADO EN PAD – BAJO CAPEX – NOC OIL**

En este caso, el diámetro del ciclón será igual al caso de NOC Gas, por lo que esta estación será idéntica (con excepción de los diámetros de cañerías) a la presentada en la sección 7.3 de este documento.

## **7.8. DESARENADO EN PAD – ALTO CAPEX – NOC OIL**

En este caso, el diámetro del ciclón será igual al caso de NOC Gas, por lo que esta estación será idéntica (con excepción de los diámetros de cañerías) a la presentada en la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de este documento.

## **7.9. OPCIÓN ALTO CAPEX – SEPARACIÓN CONTINUA DE ARENA**

La utilización del Sand Box para separar la arena del agua en los casos de alto CAPEX tiene una condición operativa a destacar: se requiere vaciar el cajón de arena cada vez que éste se llena. Esto requiere la presencia de un operario en planta para realizar esta tarea (al menos al comienzo de la operación; la frecuencia de vaciado variará a lo largo de la vida útil del pozo), con lo que la operación se torna semiautomática. En esta sección se presenta una alternativa completamente automatizada, basada en la utilización de una zaranda vibratoria, que deberá ser evaluada en la próxima etapa de ingeniería.

En este caso, la descripción del proceso sería:

1. El fluido ingresa a la estación de desarenado y se dirige al Plug Catcher FAR-001, donde se produce la filtración de los elementos de mayor tamaño.
2. La corriente de procesos continúa hacia el desarenador SB-011, donde las partículas de arena se separan y se acumulan en su parte inferior.
3. La corriente despojada de arena circula hacia el Choke Manifold CM-031, donde se ajusta su presión y egresa de la estación de desarenado.
4. El desarenador posee un Switch de alto nivel de interfase arena-agua que activa la secuencia de purgado cuando se llega a un valor determinado de arena en el equipo. En este momento, el Slurry se dirige a un gas Buster, que ventea el gas generado en la despresurización, y el líquido se envía a una zaranda vibratoria, que se ubicará encima de la pileta de agua PA-025.
5. La zaranda contiene una pantalla filtrante y, por acción de dos motores eléctricos, genera un movimiento vibratorio que produce el movimiento del Slurry a través del equipo. El líquido atraviesa la pantalla y cae en la pileta de agua PA-025, mientras que las partículas de diámetros mayores quedan retenidas, son pesadas de forma automática y son retiradas del equipo por acción de la gravedad, hacia un contenedor de arena.

6. Desde las piletas, el agua se retirará con camión mediante las bombas de llenado de camión BA-043/044. El contenedor de arena deberá ser vaciado periódicamente.

En la imagen que sigue se presenta un esquema del proceso en este caso:

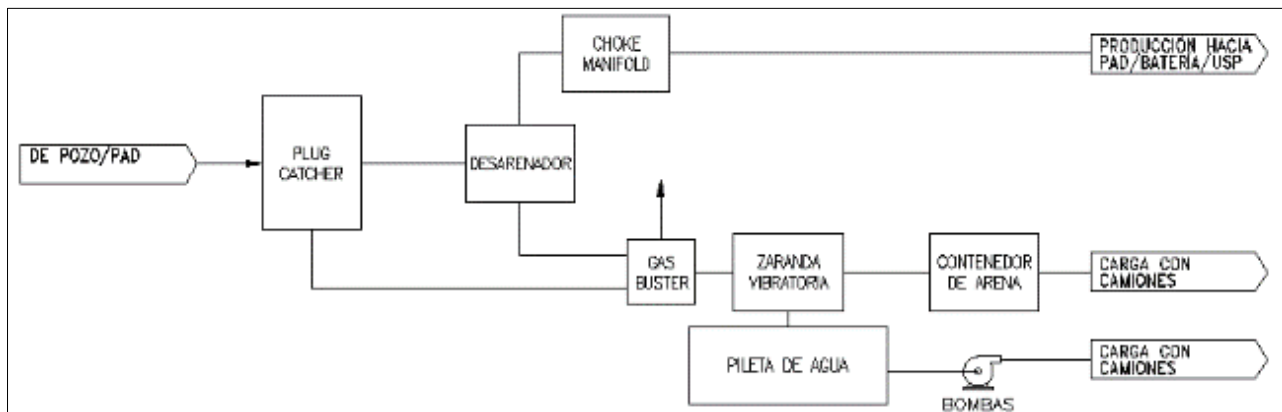


Figura 11 – Esquema del proceso con zaranda vibratoria

## 8. EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS

En los ítems a continuación se presenta el equipamiento requerido para las distintas alternativas desarrolladas en el presente informe.

Respecto a la filosofía adoptada para definir el rating de los equipos y elementos a ser utilizados en boca de pozo, este se basa en mantener el rating de las instalaciones del pozo existentes. Por este motivo se adopta el valor 10.000 psi como presión de diseño en estos casos, a pesar de que la presión operativa del pozo (valor máximo aproximado de 382 kgf/cm<sup>2</sup>g en el primer mes) indicaría que se podría proponer una presión de diseño inferior.

### 8.1. PLUG CATCHER FAR-001

La función de este equipo es retener partículas de gran tamaño (escombros) presentes en el fluido de pozo al comienzo de su vida útil, generadas normalmente durante la etapa de perforación (FlowBack). En la figura a continuación se presentan imágenes a modo de ejemplo para ilustrar este equipo (el equipo definitivo se precisará en la próxima etapa de ingeniería):



Figura 12 – Ejemplo de Plug Catcher de un barril

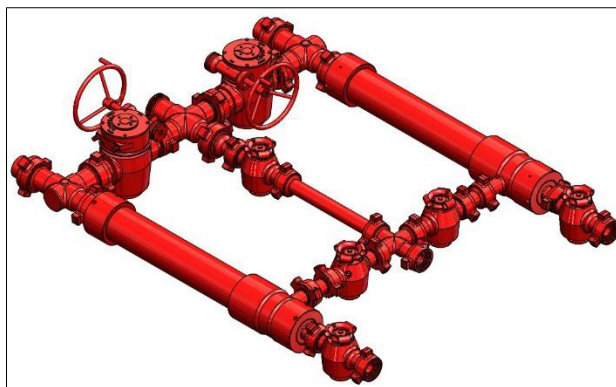


Figura 13 – Plug Catcher de doble barril

Como se observa en la imagen, el equipo contará con un barril filtrante, el que se podrá establecer un Bypass para proceder a su limpieza manual cuando sea necesario por cuestiones de mantenimiento.

Vale destacar que en alternativas de bajo CAPEX no se considera línea de drenaje del equipo.

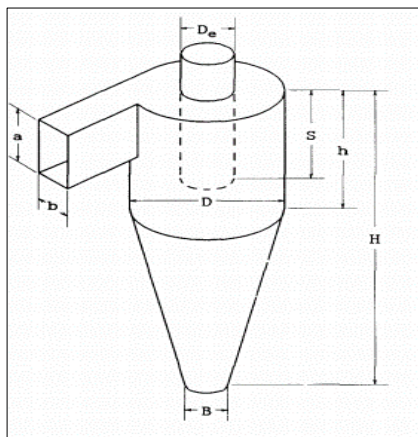
En alternativas de alto CAPEX se considera línea de drenaje del equipo con válvula XV para despresurización remota.

## 8.2. DESARENADOR SB-011

La función de este equipo es separar la arena proveniente del pozo y limpiar la corriente del proceso para evitar daños por erosión y acumulación de arena en las instalaciones aguas abajo. Los separadores ciclónicos, también conocidos como ciclones industriales, son un sistema que depura partículas mediante el uso de la fuerza centrífuga.

El equipo se diseñó para separar el 99% (máscico) de la arena que ingresa al mismo, con una pérdida de carga de 0,15 - 1,5 kgf/cm<sup>2</sup>g.

El desarenador seleccionado es del tipo ciclónico vertical y respeta la geometría estándar denominada “Stairmand” de Alta Eficiencia. Este ciclón estándar es ampliamente conocido en la industria y ha sido objeto de numerosas investigaciones que han evaluado su performance. En la imagen a continuación se presenta un esquema con las dimensiones del ciclón:



**Figura 14 – Ciclón Stairmand de alta eficiencia**

En la figura se puede apreciar que el ingreso al equipo tiene sección rectangular, lo que corresponde a la formulación tradicional del ciclón estándar. Para este proyecto se implementa un diseño basado en el anterior, con el ingreso al equipo con sección circular, buscando mantener las proporciones del ciclón estándar mediante la utilización del diámetro equivalente.

Al tratarse de un ciclón estándar, al definir el diámetro del equipo quedan definidas sus dimensiones restantes, de acuerdo a la siguiente tabla:

Dimensión	Descripción	Relación con D (dimensión/D)
D	Diámetro del ciclón	1
D <sub>e</sub>	Salida superior	0,5

a	Lado vertical ingreso	0,5
b	Lado horizontal ingreso	0,2
S	Proyección interna Vortex Finder	0,5
H	Altura total ciclón	4
h	Altura cilindro	1,5
B	Salida inferior	0,375

**Tabla 13 – Dimensiones ciclón Stairmand de Alta Eficiencia**

### 8.2.1. PARTICULARIDADES DEL DISEÑO DEL DESARENADOR

Para maximizar el rango operativo del desarenador y con él, de la estación de desarenado, se define un diseño con internos intercambiables. De esta forma, el equipo contará con una carcasa externa de forma cilíndrica vertical y el ciclón se ubicará en su interior. Cuando se detecte que la separación no es adecuada, o cuando se conozcan de forma anticipada los caudales esperados para una determinada locación, se podrá colocar el diámetro de interno adecuado y facilitar de esta forma la operación del equipo.

En la siguiente imagen se muestran ejemplos de internos intercambiables:



**Figura 15 – Internos intercambiables. Izquierda: material dúplex. Derecha: material carburo de silicio**

En todos los casos se analizan los tipos de pozo alto, medio y bajo, y se determina el diámetro óptimo para cada caso. En el caso particular de NOC Gas para pozo, se ha definido un único diámetro de 20" para el ciclón, con una eficiencia estimada superior al 99% másica en todos los casos y una pérdida de carga inferior a la máxima admisible.

En la tabla a continuación se presentan las características principales del desarenador seleccionado para este servicio:

Característica	Unidades	Valor	Aclaraciones
Diámetro interno cuerpo externo cilíndrico	pulg	20	El diámetro tendrá una tolerancia para ingresar el interno.

Diámetro ciclón interno	pulg	20	El resto de las dimensiones se definen en función de la Tabla .
Rating	psi	10.000	Las conexiones del equipo deberán cumplir la norma API 6A.
Código constructivo	-	ASME VIII Div 1	-
Tipo de acumulador	-	Integrado	-
Temperatura de diseño	°C	-40/180	-

**Tabla 14 – Características desarenador SB-011**

El diámetro interno del ciclón deberá ser confirmado en próxima etapa de ingeniería cuando se cuente con los resultados del estudio de dinámica de fluidos computacional (cfD).

### **8.2.2. DESARENADOR CICLONICO**

El ciclón representa la geometría más utilizada en la industria del Oil & Gas para el servicio de desarenado. Se trata de un equipo que ha sido objeto de numerosas investigaciones, principalmente aplicadas a la industria de la minería, siendo las primeras aplicaciones a finales del siglo XIX, para remover polvo de corrientes de gases industriales. Su estudio en aplicaciones en la industria petrolera se remonta al año 1995.

La separación de las partículas en el equipo se produce por fuerzas inerciales, que en primer lugar aceleran el fluido para luego generar la colisión de las partículas con la pared del ciclón y producir la separación de éstas de la corriente principal. Las partículas son dirigidas hacia la parte inferior del ciclón mientras que la corriente de proceso “limpia” egresa del equipo por su conexión superior.

#### **Entre sus principales ventajas, se puede mencionar:**

- Diseño simple.
- Bajo costo.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Baja caída de presión.
- Puede utilizarse para flujos multifásicos (la presencia de gas aumenta la eficiencia de separación).
- Adaptabilidad a un rango amplio de condiciones operativas.
- Requiere poco espacio en planta.

#### **Sus principales desventajas son:**

- Bajo rendimiento para partículas de diámetros menores a 5 µm.
- Dificultad para predecir su eficiencia y pérdida de carga mediante correlaciones de cálculo

### **8.2.3. DESARENADOR ESFÉRICO**

Este tipo de desarenador ha sido desarrollado recientemente y ha tenido resultados positivos en su aplicación a la industria petrolera. Se trata de un equipo de geometría esférica, al que normalmente se le incorpora un filtro vertical vinculado a su salida superior, tal como se observa en la siguiente figura:

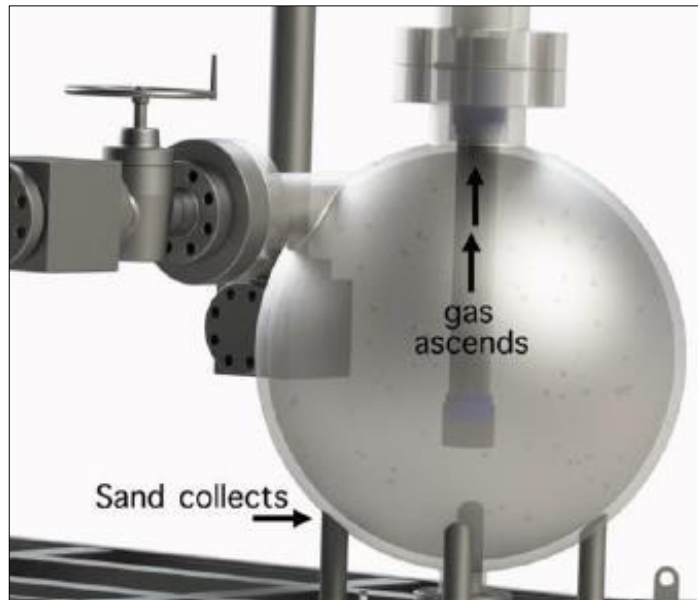


Figura 16 – Desarenador esférico con filtro

**Como ventajas, se pueden mencionar:**

- Es un equipo que fue diseñado exclusivamente para la industria petrolera.
- El área de su sección circular es elevada, lo que disminuye la velocidad de circulación de la arena y permite una mejor decantación.
- Buena capacidad de almacenamiento de arena.
- Alta eficiencia: es normal lograr eficiencias de remoción de sólidos superiores al 95%.
- Menor altura que un separador ciclónico.

**Sus principales desventajas son:**

- Se trata de una tecnología reciente, lo que se traduce en pocas o nulas referencias bibliográficas.
- No existen al día de la fecha ecuaciones o correlaciones que permitan estimar su performance.
- Existen diferentes proveedores en el mercado que utilizan diferentes internos (con filtro, con baffles internos o sin internos), que complejizan la selección del equipo (equipo no estandarizado).

**8.3. CHOKE MANIFOLD CM-031**

Para poder utilizar el Choke Manifold como reductor de presión, se debe asegurar que la válvula Choke instalada aguas abajo del Armadura de Surgencia del pozo no se encuentre operativa, con lo cual esto es una condición de borde del proyecto en cuestión.

El Choke Manifold se utiliza para reducir la presión de boca de pozo y controlar el caudal, para estabilizar el flujo. En este caso se ha optado por un equipo con un doble conjunto de orificios de cierre manual para posibilitar el mantenimiento del equipo sin necesidad de detener la producción. El equipo también dispone de un ramal de bypass. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo:



**Figura 17 – Ejemplo de Choke Manifold de doble vía con ramal de bypass**

En la tabla que sigue se presentan características principales de este equipo:

Característica	Unidades	Valor/norma	Aclaraciones
Rating	psi	10.000	
Ramales	-	3	2 Choke ajustables y 1 bypass
Tipo de conexiones	-	WECO/Bridadas	Tipo Hammer / Tipo 6B y 6BX
Válvulas	-	API-60K Alloy Steel	Asiento: AISI 410 Hardfacing

**Tabla 15 – Características principales Choke Manifold CM-031**

#### 8.4. FRAC TANK PA-021/022

La función de este equipo es almacenar la purga de los desarenadores y ventear los gases liberados por la despresurización de la corriente de purgado. Se trata de un contenedor/pileta de sección rectangular, tal como se aprecia en la siguiente figura, que sirve de ejemplo:

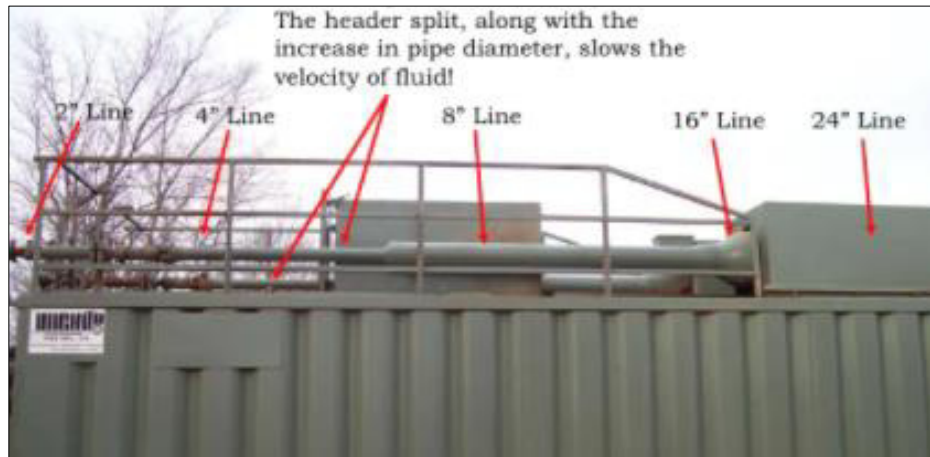


**Figura 18 – Ejemplo de Frac Tank**

El equipo que se muestra en la figura anterior es únicamente a modo de ejemplo. Las dimensiones finales y accesorios del equipo se confirmarán en la próxima etapa de ingeniería.

El equipo operará a presión atmosférica y contará con un dispositivo denominado “gas Buster”, ubicado sobre la parte superior del tanque, que se encargará de reducir la velocidad del fluido y permitir la separación del gas que pueda formarse por la despresurización de la corriente de purga (dado que el purgado se produce desde el

desarenador operando a la presión en boca de pozo, es posible que se forme gas). En la figura que sigue se muestra un ejemplo de doble gas Buster:



**Figura 19 – Gas Buster**

En la tabla a continuación se presentan las características principales del Frac Tank:

Característica	Unidades	Valor
Presión operativa	kgf/cm <sup>2</sup> g	0
Capacidad nominal	m <sup>3</sup>	80
Cantidad	-	2

**Tabla 16 – Características principales Frac Tank PA-021/022**

El Frac Tank contará con instalación de un baffle interno con el propósito de poder separar agua y arena. A su vez deberá contar con un gas Buster y bolsa filtrante por pozo

#### **8.4.1. CONEXIONADO DE POZOS A FRAC TANK**

Cada PAD contendrá aproximadamente entre 3 y 6 pozos, que se ubicarán adyacentes unos a otros. Los Frac Tank se dimensionaron de modo tal de poder contener la purga de todos los pozos de un mismo PAD, de modo tal de minimizar el espacio requerido por la estación. De esta manera, una configuración típica para un PAD de pozos será como sigue:

- Pozo 1 (el que se ponga en marcha primero): FAR-001 + SB-011 + CM-031 + PA-021/022
- Pozo 2: FAR-001 + SB-011 + CM-031
- Pozo 3: Ídem pozo 2.
- Pozo 4: Ídem pozo 2.
- Pozo 5: Ídem pozo 2.
- Pozo 6: Ídem pozo 2.

Para realizar una conexión rápida de la línea de purgado de los Skids de los pozos 2, 3, 4, 5 y 6 hacia el Frac Tank se contará con un cuadro de válvulas que centralizará las conexiones, tal como se puede apreciar en la siguiente figura:

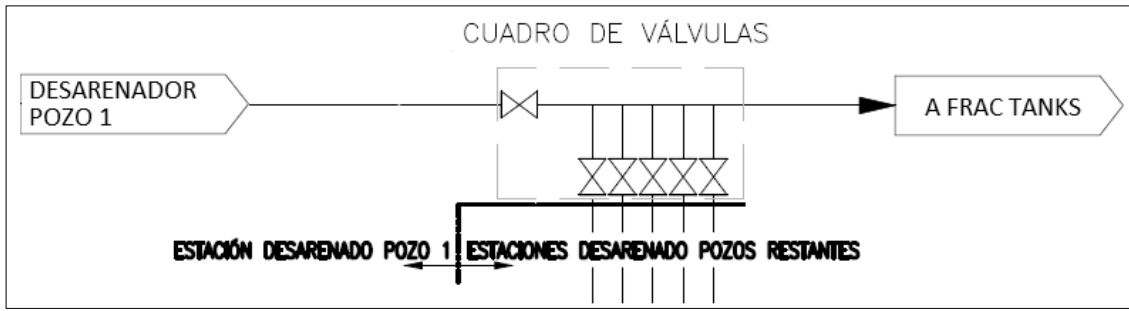


Figura 20 – Cuadro de válvulas

El diseño planteado implica la necesidad de mantener en posición los Frac Tank, instalados con el pozo 1, hasta que finalice el desarenado de la totalidad de los pozos.

### 8.5. SAND BOX PA-023

Se trata de un equipo que realiza una separación de tres fases. Por un lado, al despresurizarse la corriente de purgado y pasar a través del gas Buster, se genera una corriente de gas que se ventea, pasando por el arrestallamas. El equipo recibe el Slurry libre de gas en una zaranda vibratoria que separa la arena del agua. El agua atraviesa la pantalla filtrante de la zaranda y se almacena en una pileta. La arena es expulsada de la zaranda y dirigida hacia un cajón de arena interno, que dispone de una balanza electrónica que se comunica con el sistema de control de la estación de desarenado para dar aviso al operador cuando ésta alcance su máxima capacidad y deba ser vaciada de forma manual. El agua se almacena en la parte inferior del equipo, que dispone de un transmisor de nivel que ejecuta una acción lógica para encender las bombas neumáticas BA-041/042 que tomarán el fluido y lo enviarán hacia las piletas de agua PA-025/026.

En la imagen que sigue se presentan imágenes de referencia del equipo:



Figura 21– Ejemplo de Sand Box

En la figura se puede observar el motor neumático que acciona la zaranda, así como el cajón de arena interno con el transmisor de peso y los interruptores de nivel de la pileta de agua.

#### 8.5.1. DESCRIPCIÓN DE SAND BOX ALTERNATIVA

En la tabla que sigue se presentan las características principales del Sand Box:

Característica	Unidades	Valor	Aclaraciones
Sistema de pesaje	-	Celda de carga	-
Capacidad pileta de agua	l	2000	A confirmar con proveedor.
Tipo de operación	-	Semi-automática	-
Capacidad arena	kg	100	A confirmar con proveedor.

**Tabla 17 – Características Sand Box PA-023**

En esta sección se presenta la descripción de la segunda alternativa estudiada para utilizar como Sand Box en el proyecto.

Se trata de un equipo que realiza una separación de tres fases. Por un lado, al despresurizarse la corriente de purgado y pasar a través del gas Buster, se genera una corriente de gas que se ventea, pasando por el arrestallamas. Por otro lado, el equipo contiene un cajón de arena con una pantalla filtrante, diseñada para retener sólidos finos, que acumula la arena y permite el pasaje del agua filtrada. El agua se almacena en la parte inferior del equipo, que dispone de un transmisor de nivel que ejecuta una acción lógica para encender las bombas neumáticas BA-041/042 que tomarán el fluido y lo enviarán hacia las piletas de agua PA-025/026. Este equipo es de fabricación nacional, lo que significa mejores condiciones comerciales (costo, plazos) y soporte técnico con buena disponibilidad.

En la imagen que sigue se presentan imágenes de referencia del equipo:



**Figura 22 – Ejemplo de Sand Box**

En la imagen de la izquierda se puede observar el gas Buster y el cajón de arena, con la pileta de agua en la parte inferior y la conexión hacia las bombas neumáticas BA-041/042. En la imagen de la derecha se observa un contenedor de arena ubicado adyacente al equipo.

En la tabla que sigue se presentan las características principales del Sand Box:

Característica	Unidades	Valor	Aclaraciones
Capacidad cajón de arena	litros	250	Equivalente a aproximadamente 650 kg de arena.
Capacidad pileta de agua	litros	2000	A confirmar con proveedor.
Tipo de operación	-	Semi-automática	-
Dimensiones estimadas	m	4,4 m x 2,5 m x 2,4 m	A x L x H

**Tabla 18 – Características Sand Box PA-023**

## 8.6. BOMBAS NEUMÁTICAS BA-041/042

Este tipo de bomba se utiliza en el tratamiento de efluentes por su gran capacidad para bombear fluidos erosivos con gran cantidad de sólidos. Son bombas de fácil mantenimiento y bajo costo, lo que las hace especialmente útiles en este caso. Para esta aplicación, se selecciona una bomba de doble diafragma, similar a la que se observa en la figura siguiente:



Figura 23 – Bomba neumática de doble diafragma

Sus características principales se presentan a continuación:

Característica	Unidades	Valor
Caudal nominal	m <sup>3</sup> /h	10
Consumo de aire	Nm <sup>3</sup> /min	0,5
Presión requerida aire	kgf/cm <sup>2</sup> g	3
Peso estimado	kg	100
Diámetro conexiones	pulgadas	2

Tabla 19 – Características bomba neumática BA-041/042

## 8.7. PILETAS DE AGUA PA-025/026

Las piletas de agua recibirán el agua filtrada desde las bombas neumáticas BA-041/042 y la almacenarán hasta su despacho a camiones. Su capacidad nominal será de 70 m<sup>3</sup> cada una. Las piletas contarán con arrestallamas para prevenir deflagraciones en la zona del venteo.

### Instrumentación asociada:

- Transmisor de nivel de líquido. Tendrá una acción de paro de seguridad de las bombas de llenado de camión BA-043/044 ante muy alto nivel de líquido en el equipo.
- Indicadores locales de nivel.

## 8.8. BOMBAS DE LLENADO DE CAMIÓN BA-043/044

Estas serán bombas centrífugas con internos adecuados para manejar sólidos (material Dúplex, por ejemplo). Sus características principales se resumen en la tabla a continuación:

Característica	Unidades	Valor	Aclaraciones
Caudal nominal	m <sup>3</sup> /h	60	Caudal fijado para llenar un camión en 30 minutos.
Tipo	-	Centrífuga horizontal	-
Presión de descarga	kgf/cm <sup>2</sup> g	2	-
Tipo de motor	-	Eléctrico	-
Potencia nominal motor	kW	8,2	-

**Tabla 20 – Características principales bombas BA-043/044**

### 8.9. COMPRESOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS KA-051 A/B

Para actuar las válvulas de la instalación que permiten operar la planta de forma automática se requiere la generación de aire de instrumentos. Esto se realizará con el equipo compresor de aire KA-051 A/B. Se trata de un paquete típico para el servicio de aire de instrumentos en Oil & Gas, que consta de dos compresores (uno como respaldo del otro), una unidad de filtración inicial, una unidad de secado y un filtrado final, para cumplir con las especificaciones de la normativa J1000 – Alimentaciones neumáticas. En la tabla que sigue se muestran las características principales del paquete:

Característica	Unidades	Valor	Aclaraciones
Caudal diseño compresor	Nm <sup>3</sup> /h	66,5	-
Potencia en el eje	kW	8,8	-
Tipo compresor	-	Tornillo	-
Presión de descarga	kgf/cm <sup>2</sup> g	14	-
Tipo de motor	-	Eléctrico	-
ED de referencia para diseño	-	J1000	11147-ES-21030700-110A

**Tabla 21 – Características principales paquete de aire de instrumentos KA-051 A/B – POZO**

### 8.10. PULMÓN DE AIRE DE INSTRUMENTOS VP-061

Este equipo se utilizará para servir de respaldo al sistema de aire de instrumentos, garantizando un tiempo de autonomía de 30 minutos ante corte en el suministro eléctrico al compresor de aire. Sus características se presentan a continuación:

Característica	Unidades	Valor
Tipo de recipiente	-	Cilíndrico horizontal
Volumen	m <sup>3</sup>	7,5
Presión de operación	kgf/cm <sup>2</sup> g	10
Longitud (T/T)	mm	4.420
Diámetro interno	mm	1.400

**Tabla 22 – Características pulmón de aire de instrumentos VP-061 - POZO**

Se debe proveer un transmisor de presión ubicado en el cuerpo del pulmón de aire de instrumentos VP-061.

### 8.11. TANQUE DE DIESEL TKAG-071

El tanque diésel se diseña para tener una autonomía de 300 horas de operación, que coincide con el período de mantenimiento programado del generador diésel G-01. Este criterio arroja un volumen requerido de 1200 litros. Para minimizar el espacio requerido por el equipo se plantea un diseño de sección rectangular para este tanque, tal como se puede apreciar en la siguiente foto de referencia:

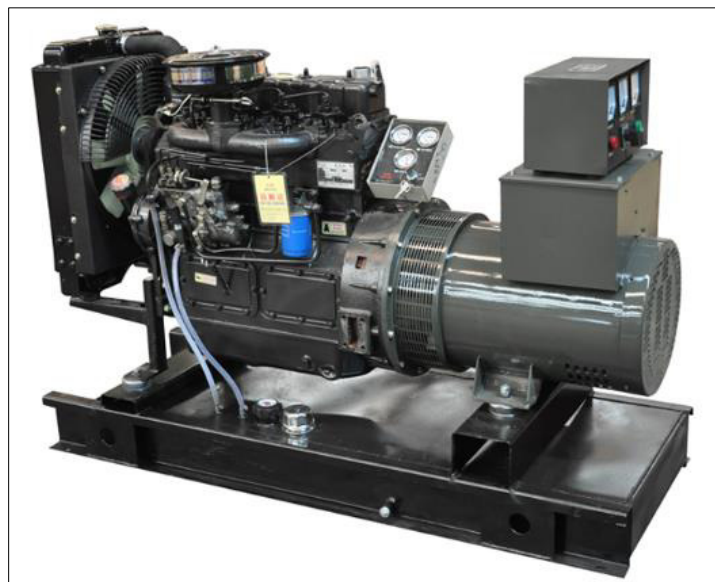


Figura 24 – Ejemplo de tanque diésel de sección rectangular

### 8.12. ZARANDA VIBRATORIA

Este equipo consta principalmente de una pantalla filtrante, ubicada de forma horizontal, que recibirá la producción de agua y arena de la purga del desarenador SB-011. El lodo atravesará el equipo por acción de dos motores eléctricos acoplados a la pantalla filtrante, que generarán un movimiento oscilatorio y filtrarán el fluido de proceso, secando la arena mientras avanza en el equipo.

Este equipo se deberá proveer con gas Buster y un venteo con arrestallamas, para liberar los gases generados durante la despresurización de la corriente de purgado del desarenador SB-011.

En la imagen a continuación se puede ver una imagen de referencia de este equipo:



Figura 25 – Ejemplo de zaranda vibratoria

En la tabla que sigue se presentan las características principales de la zaranda seleccionada para el servicio:

Característica	Unidades	Valor	Aclaraciones
Capacidad	m <sup>3</sup> /h	20	Capacidad de referencia.
Cantidad de motores eléctricos	-	2	-
Potencia consumida	kW	1	Potencia estimada.
Peso estimado	kg	1000	Se toma de referencia información de proveedores.
Dimensiones estimadas	m	2 m x 2 m x 1 m	A x L x H

**Tabla 23 – Características principales zaranda vibratoria**

### **8.13. UNIDADES DE LA ESTACIÓN DE DESARENADO**

Esta alternativa contará con 9 unidades transportables (para el caso de pozo – caso de máxima), los cuales se nombran a continuación:

1. Skid para el Plug Catcher (FAR-001), Desarenador (SB-011) y Choke Manifold (CM-031).
2. Skid para Zaranda Vibratoria.
3. Pileta de Agua PA-025.
4. Pileta de Agua PA-026.
5. Skid para bombas de llenado de camión BA-043/044.
6. Cuadro de válvulas para líneas de purgado.
7. Skid de potencia y comunicaciones. Incluye el Generador G-01, el Tanque de Diésel TKAG-071 y la RTU de la unidad.
8. Skid de aire de instrumentos. Contiene los compresores KA-051 A/B y el pulmón de aire VP-061.
9. Contenedor de arena.

También existe la posibilidad de solicitar la zaranda con una pileta propia (dentro del alcance del proveedor) de menor tamaño. Esta alternativa tendría la ventaja no requerir el montaje de la zaranda sobre una pileta, ahorrando tiempo. Como desventaja, se requeriría la utilización de bombas neumáticas para enviar el fluido desde la pileta interna hacia las piletas PA-025/026.

Para los casos de desarenado en pozo, se deberá además poder adicionar la segunda pileta PA-026 ya que la zaranda se ubicaría por encima de la pileta PA-025. Una posibilidad es vincular ambas piletas en sus partes inferiores con un Spool de cañería previsto para tal efecto.

### **8.14. TIPO DE CONEXIONES ENTRE SKIDS**

Para las conexiones entre Skid dentro de la estación de desarenado se seleccionó la conexión tipo Hammer (Hammer union), de forma de minimizar el tiempo requerido para las uniones y contar con un sistema seguro y confiable, utilizado en la industria del Oil & Gas hace varias décadas, en equipos de perforación y sistemas de manejo de arena. Se prevé la utilización de estas conexiones junto con eslingas de seguridad, para garantizar la sujeción de las cañerías en todo momento.

En la imagen que sigue se muestran conexiones Hammer, así como las eslingas de seguridad:



Figura 26 – Uniones WECO y eslingas de seguridad

En los casos que las eslingas no sean suficientes para sostener las líneas se deben dimensionar muertos de hormigón para realizar la contención de dicha línea, y en el caso de pozos de gas con más de 10.000 psi se deben utilizar uniones bridadas tipo 68/68X con cara FF, RF o RJ, y cumpliendo lo indicado en la norma API-6A.

En la siguiente imagen se muestran las bridas a utilizar:



Figura 27 – Uniones Bridadas API-6A & B y & BX

### 8.15. SELECCIÓN DEL DESARENADOR

Para este proyecto se seleccionó el desarenador de tipo ciclónico por los siguientes motivos:

- Es un equipo con décadas de aplicación positiva en la industria petrolera para la aplicación de desarenado de pozos.
- Existen numerosos proveedores locales con capacidad para suministrarlo.
- Dada la simplicidad de su diseño, es posible simular el ciclón con técnicas de dinámica de fluidos computacional para conseguir un diseño optimizado.

### 8.16. SELECCIÓN DE BOMBAS

Para las alternativas de alto capex, se debe bombear el fluido desde la pileta de agua del Sand Box PA-023 hasta las piletas de agua PA-025/026. Se estima que el agua contiene 3000 ppm de sólidos. Se considera para este servicio 3 tipos de bombas:

Tipo de bomba	Ventajas	Desventajas
Centrífuga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oferta variada en la industria local</li> <li>• Operación simple</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No suelen ser aptas para manejar grandes cantidades de sólidos</li> </ul>
Neumática	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aptas para manejar fluidos erosivos</li> <li>• Bajo costo</li> <li>• Mantenimiento sencillo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tienen una capacidad máxima de aproximadamente 30 m<sup>3</sup>/h</li> <li>• Flujo pulsante (diafragma)</li> </ul>
Cavidades progresivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño robusto</li> <li>• Apto para manejar fluidos erosivos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo</li> <li>• Mantenimiento complejo</li> </ul>

**Tabla 24 – Comparación entre bombas para manejo de agua con arena**

En base a la comparación anterior, se define utilizar bombas neumáticas por su bajo costo y simplicidad para mantenimiento, dado que no existe necesidad de bombear grandes caudales (el máximo es 10 m<sup>3</sup>/h).

### 8.17. MEDICION DE CAUDAL

Se debe tener en cuenta que sólo algunas estaciones de desarenado contarán con el medidor de caudal de arena tipo Clamp On. Este sistema permite la cuantificación de la arena que egresa del desarenador mediante la emisión y posterior detección de pulsos ultrasónicos en la cañería. Su instalación es externa a la cañería, tal como se observa en la siguiente figura:



**Figura 28 – Caudalímetro sistema Clamp On**

### 8.18. ALIMENTACION DE ENERGÍA EN LOCACION

#### 8.18.1. PANELES SOLARES

Dada la relativamente alta energía diaria demandada se consultó con proveedores de sistemas fotovoltaicos y el tamaño de los paneles, volumen de baterías y costo serían inviables para alimentar la carga total.

#### 8.18.2. ALTERNATIVAS ALIMENTADAS A GAS

Dado que no se cuenta con una disponibilidad garantizada para la utilización del gas proveniente del pozo, en estas alternativas se evaluó el uso de zeppelines de GLP, dada su relativa facilidad de recarga (YPF Gas), relación autonomía/espacio de almacenamiento y que es amigable con el medio ambiente. Si bien en principio esta alternativa no implica inconvenientes técnicos, tiene la limitación de ser una solución que normativamente es viable para instalaciones fijas, ya que el marco normativo vigente no considera la posibilidad de su utilización en instalaciones móviles.

De esta manera, ante la falta de disponibilidad de gas de pozo y que el GLP no es apto para instalaciones móviles, las alternativas alimentadas a gas quedaron descartadas.

### **8.18.3. ALTERNATIVA DE MOTOGENERADOR DIESEL**

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, la alternativa del moto generador Diésel (cabinado) resulta la más adecuada ya que permite alimentar el total de las cargas, y mediante un tanque de diésel adicional de tamaño razonablemente viable que formaría parte del Skid (alrededor de 1,2 m<sup>3</sup>) puede obtenerse una autonomía del orden de 300 hs de funcionamiento continuo que coincida con el período de horas para el mantenimiento programado (cambio de aceite), maximizando el aprovechamiento de la presencia del personal de mantenimiento en el sitio.

### **8.18.4. ALTERNATIVA HÍBRIDA (FOTOVOLTAICO + DIESEL)**

Esta alternativa se analizó en busca de minimizar las HH de operación del moto generador y de esta manera extender los períodos de reabastecimiento de combustible y mantenimiento. Se basa en que durante buena cantidad de horas al día el generador estaría alimentando solamente las cargas de instrumentación que son de una potencia muy baja (~170W) por lo que se analizó alimentar en forma permanente estas cargas mediante un sistema fotovoltaico dedicado, mientras que las cargas eléctricas mayores (bombas y compresor de aire) serían abastecidas por el grupo generador y a demanda, es decir que el grupo arrancaría solamente para alimentar las bombas/compresor de aire por el tiempo requerido y luego de apagaría. Si bien esta alternativa sería óptima desde el punto de vista de autonomía y reducción de mantenimiento, tiene la limitación de que tanto las bombas de transvase a pileta como el compresor de aire pueden requerir funcionar con una frecuencia elevada (el compresor alrededor de un arranque cada 30 minutos), lo cual haría mecánicamente inconveniente el encendido/apagado del generador. Por tal motivo se descarta esta alternativa.

## **8.19. VALVULAS**

### **8.19.1. ALTERNATIVA BAJO CAPEX**

Para la alternativa de Bajo Capex, la única válvula considerada actuada es la SDV ubicada a la salida del desarenador, en la línea de purga.

En función a las hipótesis planteadas para este escenario (ausencia de electricidad, aire o gas para accionamiento de válvulas, es que se considera la utilización de una válvula de bloqueo con actuación autónoma.

La alternativa que permite cumplir con estos requerimientos es la utilización de una válvula VSS (Válvula de Seguridad de Superficie).

Esto permitiría el accionamiento hidráulico de la válvula mediante un lazo de presión cerrado entre el elemento sensor en la línea y el propio sistema de actuación.

Se descarta la alternativa de utilizar válvulas del tipo line break debido a que los modelos convencionales no cumplen con los requerimientos en cuanto a presión de servicio (#10.000 psi).

Las ventajas analizadas acerca del uso de válvulas tipo VSS son las siguientes:

- Cuenta con proveedores nacionales con experiencia en válvulas para servicios similares (boca de pozo).
- Es posible realizar la adaptación de los modelos estándar, para cumplir con los requerimientos de operación previsto.
- En el caso que el diámetro de la línea de descarga se limite a diámetros de 2-9/16", sería posible utilizar las válvulas de boca de pozo disponibles en taller, para efectuar las modificaciones y reducir así los tiempos de reemplazos.



Figura 29 - Válvulas de bloqueo tipo VSS

### 8.19.2. ALTO CAPEX

Para el caso de alto capex, se analizaron tres opciones diferentes como fluido para actuar las válvulas XV de la línea de purgado:

- Alimentación con nitrógeno (tubos).
- Alimentación con gas de servicio.
- Alimentación con aire de instrumentos (paquete de compresión).

#### 8.19.2.1. ALIMENTACIÓN CON NITRÓGENO

Esta alternativa tiene la ventaja de ser de bajo costo de instalación y mantenimiento. El nitrógeno es un gas inerte y limpio, que únicamente requiere la instalación de tubos a alta presión y una válvula de seguridad en la línea hacia actuadores. La principal desventaja de esta alternativa es la baja autonomía que se lograría con tubos de nitrógeno de tamaño comercial (0,5 m de diámetro y 1,5 m de alto), que sería sólo de 2/3 días para la primera etapa de producción. Por este motivo, se descarta la alternativa.

#### 8.19.2.2. ALIMENTACIÓN CON GAS DE SERVICIO

Esta alternativa presenta dos desventajas importantes:

1. La baja garantía de disponibilidad de gas en los pozos en las primeras etapas de producción.
2. La necesidad de instalar un sistema para tratar el gas, debido a los requerimientos de punto de rocío y contenido de agua del gas de actuadores. Un sistema de tratamiento, de mínima, requeriría un Scrubber de gas y un calentador eléctrico.

Por estos dos motivos, se considera que esta alternativa no es viable para el proyecto y se descarta.

### **8.19.2.3. ALIMENTACIÓN CON AIRE DE INSTRUMENTOS**

Este caso presenta ventajas y desventajas. Entre sus principales ventajas, se puede mencionar la alta disponibilidad del servicio (bajo mantenimiento) y la posibilidad de utilizar el aire comprimido para otros servicios, como puede ser la alimentación de bombas neumáticas. Entre sus desventajas está el aumento del tamaño del generador eléctrico, el mayor CAPEX y el mayor OPEX asociado.

Debido a que las otras dos alternativas evaluadas no resultan adecuadas, se selecciona aire de instrumentos como la alternativa más viable.

## **9. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

### **9.1. DESARENADO EN BOCA DE POZO – BAJO CAPEX – NOC**

#### **9.1.1. OPERACIÓN DE ESTACIÓN DE DESARENADO**

A continuación, se presenta una secuencia para la operación de la estación:

- El fluido ingresa a la estación de desarenado y atraviesa el Plug Catcher FAR-001.
- El fluido filtrado ingresa al desarenador ciclónico SB-011, que normalmente opera con su salida inferior cerrada.
- La salida superior del desarenador, ya despojada de arena, ingresa al Choke Manifold CM-031 para reducir su presión.
- El fluido de proceso egresa de la estación de desarenado con un menor contenido de arena y con la presión ajustada.
- Esta operación se mantiene así hasta que se detecta un nivel de arena determinado en el fondo del desarenador SB-011. **Para la operación durante la primera fase de producción, se estima que se deberá purgar el fondo del equipo cada aproximadamente 30 minutos.**
- En ese momento se procede a la operación de purgado, que consiste en abrir las dos válvulas en la parte inferior del desarenador y enviar el Slurry (arena, agua, con trazas de hidrocarburo) hacia los Frac Tank PA-021/022. **IMPORTANTE:** para evitar el accionamiento de la válvula SDV ubicada sobre la línea de purga durante la operación de purgado, se deberá desacoplar manualmente el sistema de toma de presión de la válvula durante el procedimiento y volver a acoplarlo una vez finalizado el purgado.
- Una vez finalizado el purgado, se cerrará la válvula anterior y se repetirá el ciclo.

### 9.1.2. SISTEMA DE PURGADO

El sistema de purgado consiste en dos válvulas manuales ubicadas en la parte inferior del desarenador SB-011 (ver figura siguiente), seguido por una válvula Choke y un orificio de restricción. Estos dos últimos elementos se utilizan para reducir la presión y controlar el caudal de purgado. En la imagen que sigue se muestra lo mencionado:

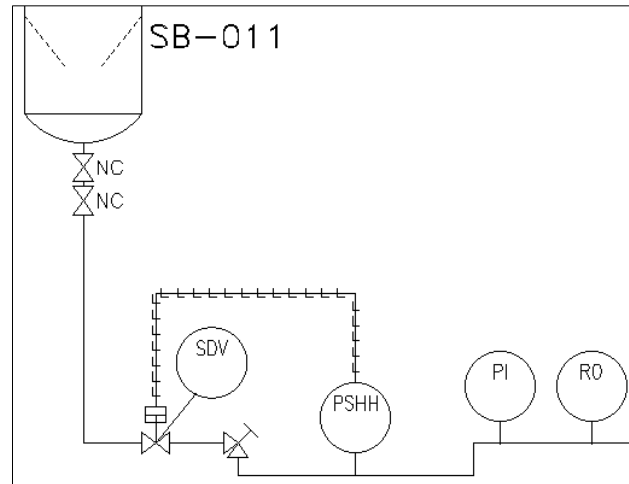


Figura 30 – Elementos de purgado

### 9.1.3. SEGURIDAD DEL PROCESO

Para proteger a la instalación frente a eventos de gas Blow by, en los que se pierde el sello de líquido del desarenador SB-011 mientras se hace la operación de purgado, la línea de purga cuenta con una válvula SDV autónoma, automática, que se cierra por alta presión en la línea. Esta válvula será actuada hidráulicamente mediante un sistema auto contenido, con rearme manual luego de cada disparo, y se actuará a través de un piloto de presión.

## 9.2. DESARENADO EN BOCA DE POZO – ALTO CAPEX – NOC

### 9.2.1. OPERACIÓN DE ESTACIÓN DE DESARENADO

A continuación, se presenta una secuencia simplificada para la operación de la estación:

- El fluido ingresa a la estación de desarenado y atraviesa el Plug Catcher FAR-001.
- Cuando la caída de presión entre entrada y salida del Plug Catcher FAR-001 alcanza un cierto valor, el equipo se purgará automáticamente. Para esto, se accionará la válvula XV ubicada en la salida de los barriles filtrantes, y se enviará la purga hacia la línea de purga del desarenador, aguas arriba del orificio de restricción. De esta manera, esta línea comparte orificio de restricción con la purga del desarenador SB-011.
- El fluido filtrado ingresa al desarenador ciclónico SB-011, que normalmente opera con su salida inferior cerrada.
- La salida superior del desarenador, ya despojada de arena, ingresa al Choke Manifold CM-031 para reducir su presión.

- El fluido de proceso egresa de la estación de desarenado con un menor contenido de arena y con la presión ajustada.
- Esta operación se mantiene así hasta que se detecta un nivel de arena determinado en el fondo del desarenador SB-011. **Para la operación durante la primera fase de producción, se estima que se deberá purgar el fondo del equipo cada aproximadamente 30 minutos.**
- En ese momento se activa de forma automática la operación de purgado, que consiste en abrir la válvula XV ubicada en la parte inferior del desarenador y enviar el Slurry (arena, agua, con trazas de hidrocarburo) hacia el Sand Box PA-023.
- Una vez finalizado el purgado, se cerrará la válvula anterior y se repetirá el ciclo.

Existirá la opción de programar la purga para que se active automáticamente cada una determinada cantidad de tiempo. Este tiempo será determinado en campo, en base a la experiencia que se obtenga para cada activo en particular.

### 9.2.2.SISTEMA DE PURGADO

El sistema de purgado consiste en una válvula automática (XV) junto a una válvula manual (normalmente abierta) ubicadas en la parte inferior del desarenador SB-011 (ver figura siguiente), seguido por una válvula Choke y un orificio de restricción. Estos dos últimos elementos se utilizan para reducir la presión y controlar el caudal de purgado. En la imagen que sigue se muestra lo mencionado:

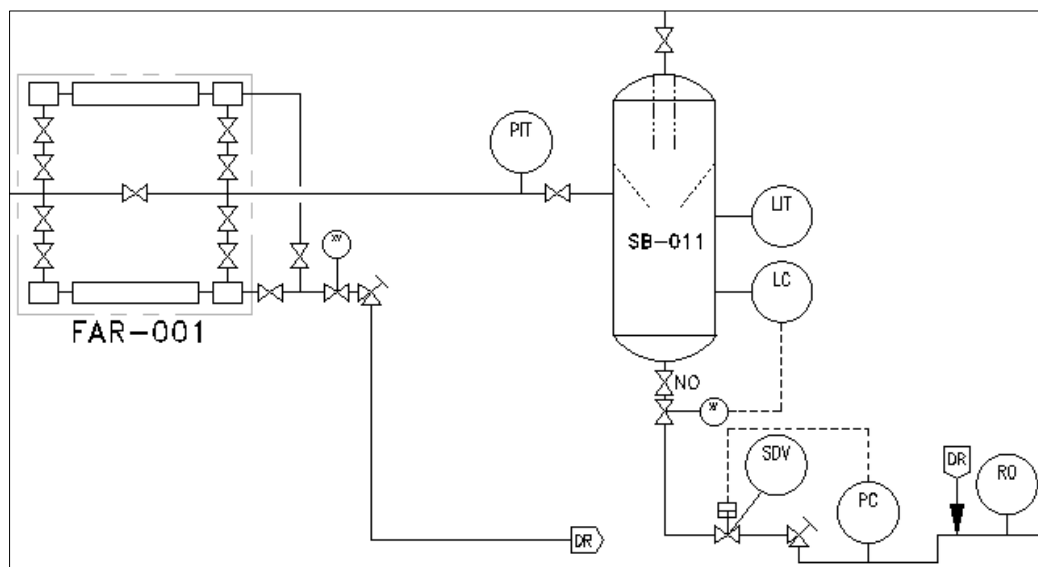


Figura 31 – Elementos de purgado

Como ya se mencionó, la purga se podrá activar de forma automática cuando el nivel de la interfase arena-agua alcance un cierto valor o se podrá definir una frecuencia de purgado en el HMI de la planta, de forma local o remota.

### 9.2.3.SEGURIDAD DEL PROCESO

Tal como se puede observar en la Figura , la línea de purgado contará con una válvula Shutdown para protección de la instalación ante eventos de gas Blow by desde el desarenador SB-011. La válvula será

actuada con aire de instrumentos, y se cerrará ante un evento de alta presión en la línea de purga que será detectado por un transmisor de presión.

### **9.3. DESARENADO EN PAD – BAJO CAPEX – NOC**

#### **9.3.1. OPERACIÓN DE ESTACIÓN DE DESARENADO**

La operación de esta estación será análoga al caso de bajo capex en pozo (ver ítem 9.1), con la diferencia de que no contará con Plug Catcher ni Choke Manifold, y se utilizará un único Frac Tank. En este caso, la frecuencia estimada de purga del fondo del desarenador SB-011 será **aproximadamente cada 30 horas**, mientras que la frecuencia de remoción del contenido del Frac Tank será aproximadamente cada 16 días.

### **9.4. DESARENADO EN PAD – ALTO CAPEX – NOC**

#### **9.4.1. OPERACIÓN DE ESTACIÓN DE DESARENADO**

En este caso se tendrá una operación análoga al caso de pozo y alto capex, con una planta automatizada. La frecuencia estimada de purga del fondo del desarenador SB-011 será **aproximadamente cada 30 horas**, mientras que la frecuencia de remoción del contenido de la piletta de agua será aproximadamente cada 16 días.

Se debe tener en cuenta que los NOC al ser hidrocarburos muy livianos, generan gases y por consiguiente atmosferas explosivas en cercanía a las piletas de almacenamiento con lo cual estas deben ser confinadas y tener instalado un sistema de seguridad que permita controlar los gases que ingresen a las mismas.

## **10. CONCLUSIONES**

En este punto se listan recomendaciones a tener en cuenta para el desarrollo del proyecto en cuestión:

- Para las estaciones de bajo CAPEX, en zona de piletas se deberá instalar un detector de gas local que active alarma lumínica y sonora. También se podrá exigir al operador de camión que cuente con un detector de mezcla explosiva portátil durante la operación de carga.
- Para las estaciones de alto CAPEX, en zona de piletas, se deberá instalar un detector de gas que active alarma lumínica, sonora y alerta en panel de sala de control.
- Dado que se busca desarenar a la presión de boca de pozo, es importante poder asegurar que la válvula Choke existente en boca de pozo no se encuentre operativa al momento de utilizar la estación de desarenado. La reducción de presión se producirá aguas abajo del desarenador, en el Choke Manifold con lo cual se busca un mayor grado de seguridad en la operación.
- Las producciones de arena de cada estación en particular, ayudaran a determinar cuándo se debe reemplazar el orificio de producción por estimación de la erosión.
- En esta ingeniería se consideró que existirán conexiones disponibles (Tie-In) aguas abajo de la salida del colector general de PAD, para vincular la estación de desarenado, con lo cual este punto debe ser confirmado en sitio y en cada locación en particular.
- Con el objetivo de minimizar la erosión, se deberán maximizar tramos rectos de cañerías y evitar el uso de cambios de dirección a 90°.

- Las válvulas actuadas que se seleccionen para el proyecto deberán ser solicitadas con internos especialmente diseñados para el servicio de sólidos abrasivos y de gases ácidos.
- Se deberá confirmar la estrategia de vinculación de la estación de desarenado de boca de pozo a las instalaciones existentes, que requeriría desmontar un tramo de cañería existente y volver a montarlo una vez finalizado el desarenado.
- Debe evaluar la posibilidad de contar con una estación de desarenado de alto CAPEX completamente automatizada, considerando la utilización de zarandas vibratorias en lugar de Sand Box, con lo cual permite la separación y cuantificación continua de la arena, evitando la intervención del operador, que sí se requiere al momento de llenarse el cajón de arena del Sand Box.
- Los sistemas de seguridad deben ser redundantes con el objeto de garantizar la seguridad en la operación de dicha estación.

## 11. BIBLIOGRAFÍA Y NORMAS

A continuación, se listan los enlaces que se tomaron como referencia para la documentación presentada en este informe.

- Especificaciones de Diseño de YPF (ED Upstream)
- ASME B16.5 – Pipe Flanges and Flanged Fittings.
- ASME B16.20 – Metallic Flat Gaskets for Pipe Flanges.
- ASME B16.21 – Nonmetallic Flat Gaskets for Pipe Flanges.
- ASME B31.3 - Process Piping.
- ASME B31.4 - Pipeline transportation systems for liquid Hydrocarbons and other liquids.
- ASME B31.8 - Pipeline transportation for Gas Systems.
- Código API-6A Specification for Wellhead and Christmas Tree Equipment
- “Cyclone collection efficiency: Comparison of experimental results with theoretical predictions”, Dirgo, Leith, 1985.
- “Design and Installation of a Sand Separation and Handling System for a Gulf of Mexico Oil Production Facility, H. Rawlins.
- “Separating Solids First - Design and Operation of the Multiphase Desander”, H. Rawlins.

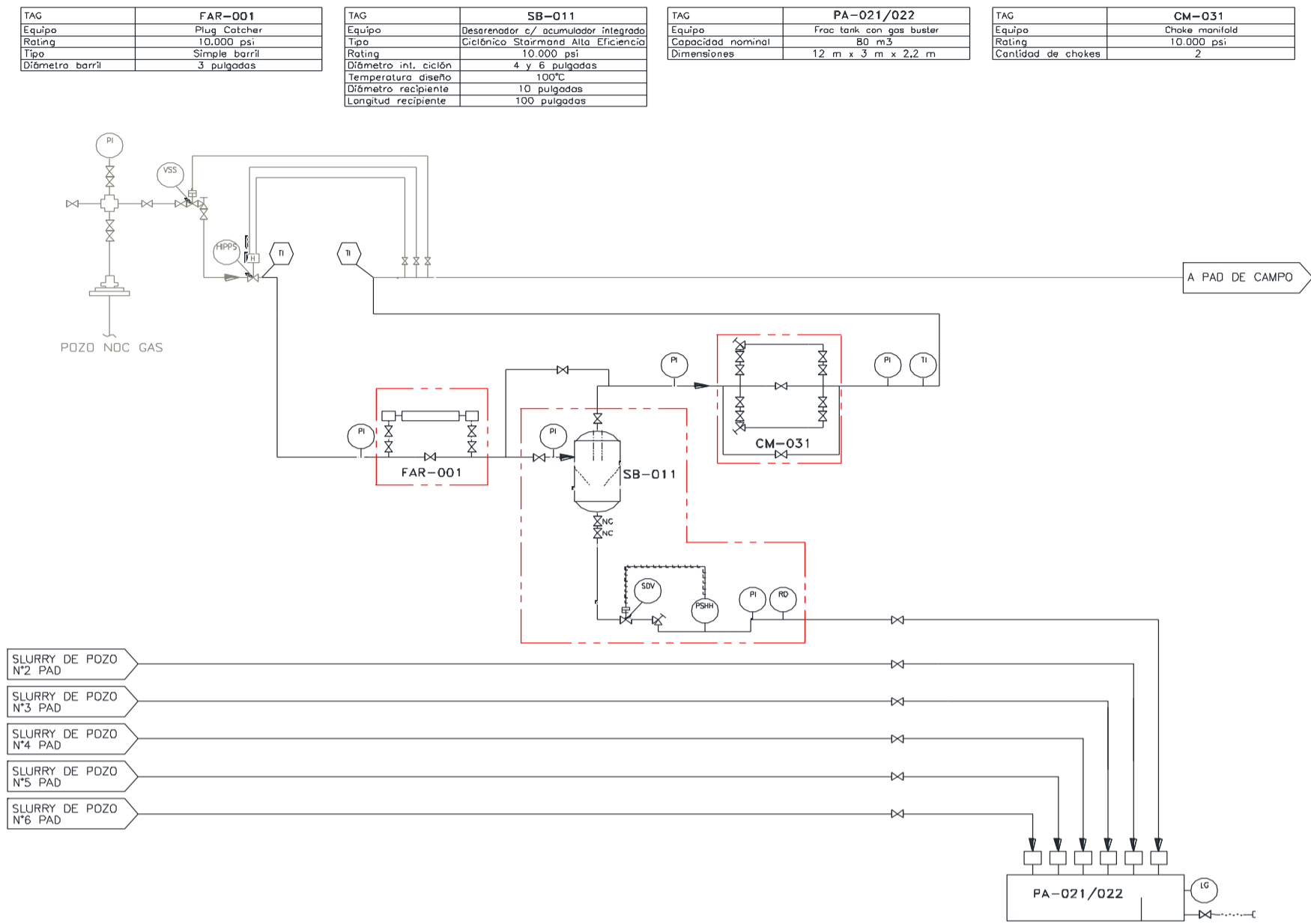
## 12. ABREVIATURAS

- NOC                      No convencional
- USP                        Unidad de Separación Primaria
- CAPEX                    Capital Expenditure (Gastos en capital)
- OPEX                    Operating Expenses (Gastos operativos)
- HAZID                    Hazard Identification
- ED                         Especificaciones de diseño de YPF

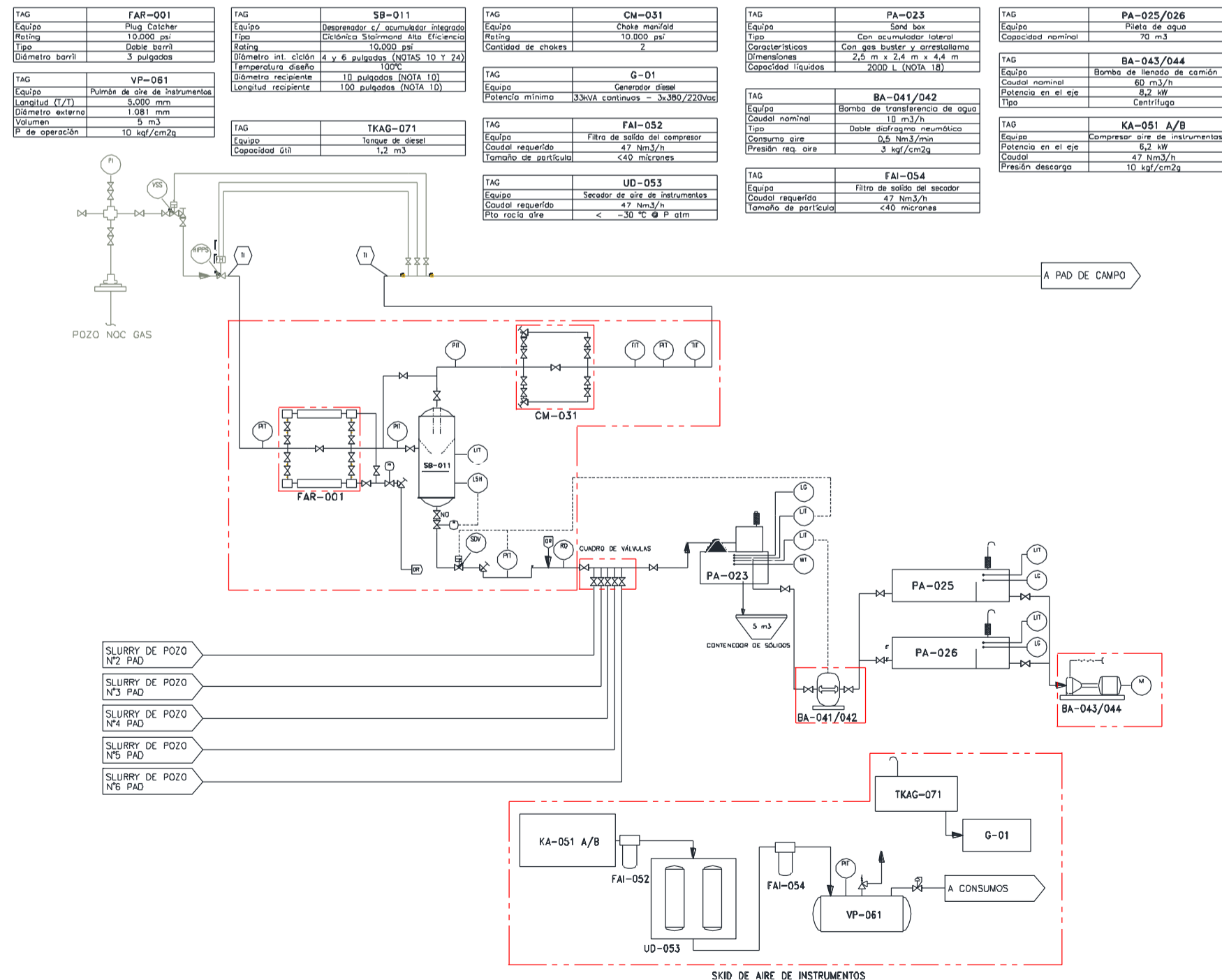
- Operadora Empresa de operación, distribución y procesamiento de HC
- Proyecto Mejoras en proyecto Estaciones de separación de sólidos en yacimientos NOC de Oil & gas
- Plug Catcher Colectores instalados en campo que realizan filtrado del FlowBack en pozo
- Choke Manifold Skid con múltiples ramas que actúan como reductores de presión en boca de pozo
- PAD Área en donde se perforan pozos para extracción de petróleo o inyección de agua
- Frac Tank Recipiente para almacenamiento de lodos y petróleo crudo.
- Sand Box Recipiente para almacenamiento de arena
- Clamp on Sistema de fijación externa de Sensores/medidores.
- SSV Safety Shutdown Valve (dispositivo que cierra o permite el pasaje de fluidos a través de la línea de producción)
- HIPPS High Integrity Pressure Protection System (Sistema de protección de presión de alta integridad)
- Slurry Mezcla de fluido viscoso compuesta sólidos suspendidos y líquido.
- Rating Seria o clase que determina los límites de presión a la que están sometidas las instalaciones

### 13. ANEXOS

#### 13.1. Diagrama de Flujo - NOC GAS - ALTERNATIVA BAJO CAPEX - DESARENADO EN POZO



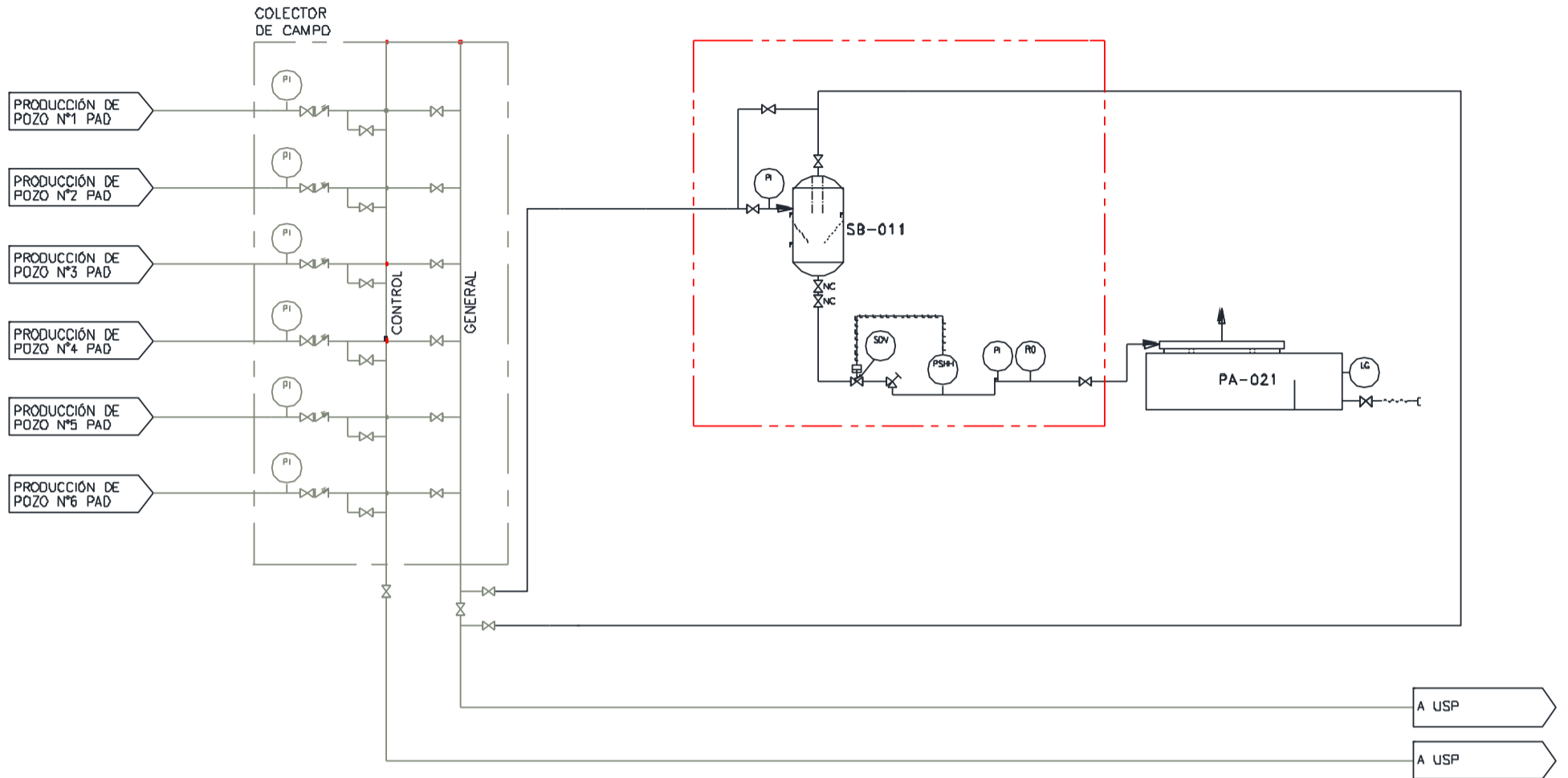
#### 13.2. Diagrama de Flujo - NOC GAS - ALTERNATIVA ALTO CAPEX - DESARENADO EN POZO



13.3. Diagrama de Flujo - NOC GAS - ALTERNATIVA BAJO CAPEX - DESARENADO EN PAD

TAG	SB-011
Equipo	Desarenador c/ acumulador integrado
Tipo	Ciclónico Stairmand Alta Eficiencia
Rating	10.000 psi
Diámetro int. ciclón	14 y 18 pulgadas (NOTAS 3 Y 7)
Temperatura diseño	100°C
Diámetro recipiente	18 pulgadas (NOTA 3)
Longitud recipiente	120 pulgadas (NOTA 3)

TAG	PA-021
Equipo	Frac tank con gas buster
Capacidad nominal	80 m <sup>3</sup>
Dimensiones	12 m x 3 m x 2.2 m (NOTA 3)



13.4. Diagrama de Flujo - NOC GAS - ALTERNATIVA ALTO CAPEX - DESARENADO EN PAD

TAG	VP-061
Equipo	Pulmán de aire de instrumentos
Longitud (T/T)	2.100 mm
Diámetro interior	660 mm
Volumen	0,75 m <sup>3</sup>
P de operación	10 kgf/cm <sup>2</sup> g

TAG	SB-011
Equipo	Desarenador c/ acumulador integrado
Tipo	Ciclónico Stairmand Alta Eficiencia
Rating	10.000 psi
Diámetro int. ciclón	14 y 18 pulgadas (NOTA B Y 19)
Temperatura diseño	100°C
Diámetro recipiente	18 pulgadas (NOTA B)
Longitud recipiente	120 pulgadas (NOTA B)

TAG	KA-051 A/B
Equipo	Compresor aire de instrumentos
Potencia en el eje	1 kW
Caudal	6,5 Nm <sup>3</sup> /h
Presión descarga	10 kgf/cm <sup>2</sup> g

TAG	PA-023
Equipo	Sond box
Tipo	Con acumulador lateral
Características	Con gas buster y arrestallama
Dimensiones	2,5 m x 2,4 m x 4,4 m
Capacidad líquidos	2000 L (NOTA 12)

TAG	PA-025
Equipo	Pileta de agua
Capacidad nominal	70 m <sup>3</sup>

TAG	BA-041/042
Equipo	Bomba de transferencia de agua
Caudal nominal	0,5 m <sup>3</sup> /h
Tipo	Doble diafragma neumática
Consumo aire	0,05 Nm <sup>3</sup> /min
Presión req. aire	3 kgf/cm <sup>2</sup> g

TAG	FAI-054
Equipo	Filtro de salida del secador
Caudal requerido	6,5 Nm <sup>3</sup> /h
Tamaño de partícula	<40 micrones

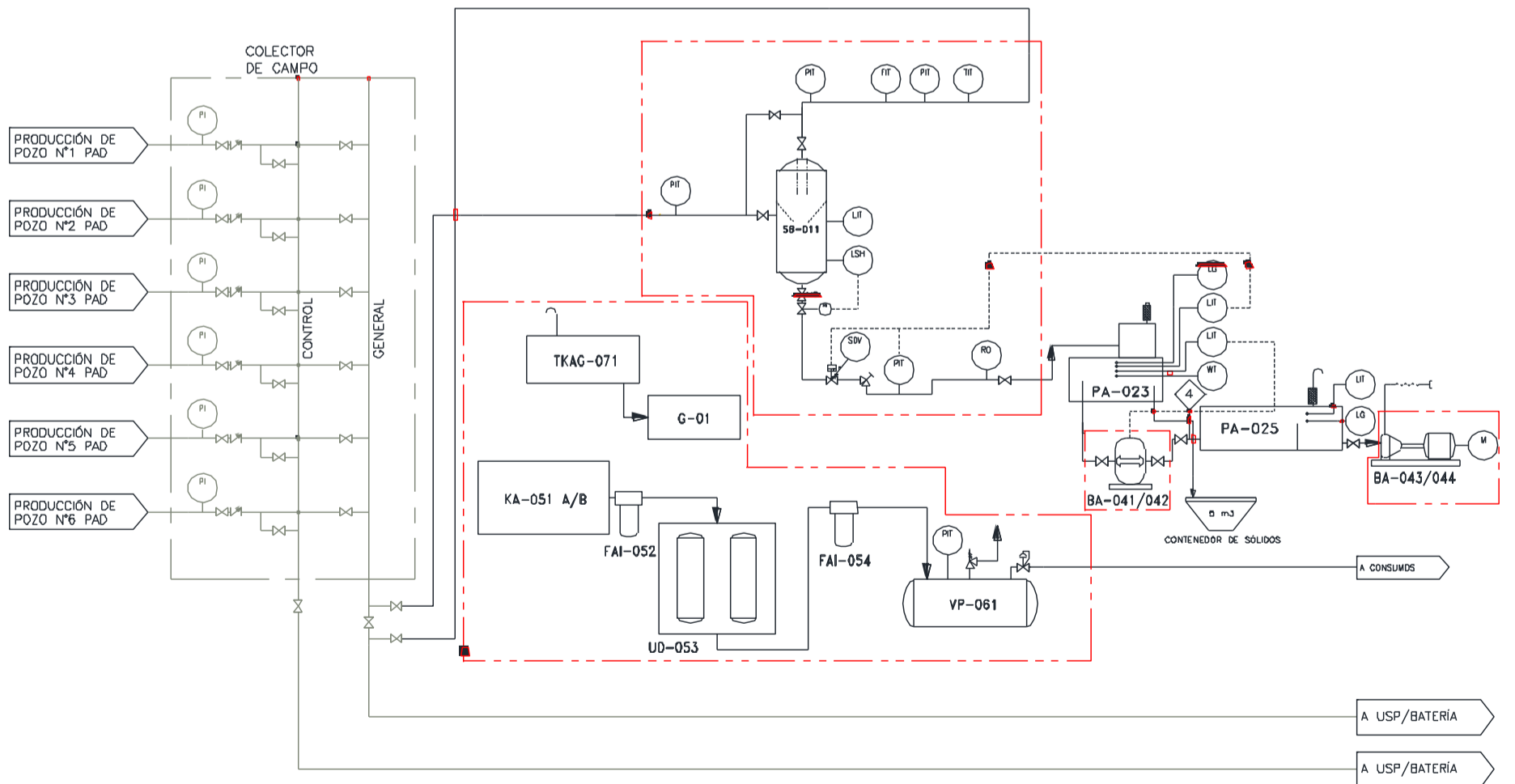
TAG	FAI-052
Equipo	Filtro de salida del compresor
Caudal requerido	6,5 Nm <sup>3</sup> /h
Tamaño de partícula	<40 micrones

TAG	TKAG-071
Equipo	Tanque de diesel
Capacidad útil	1,2 m <sup>3</sup>

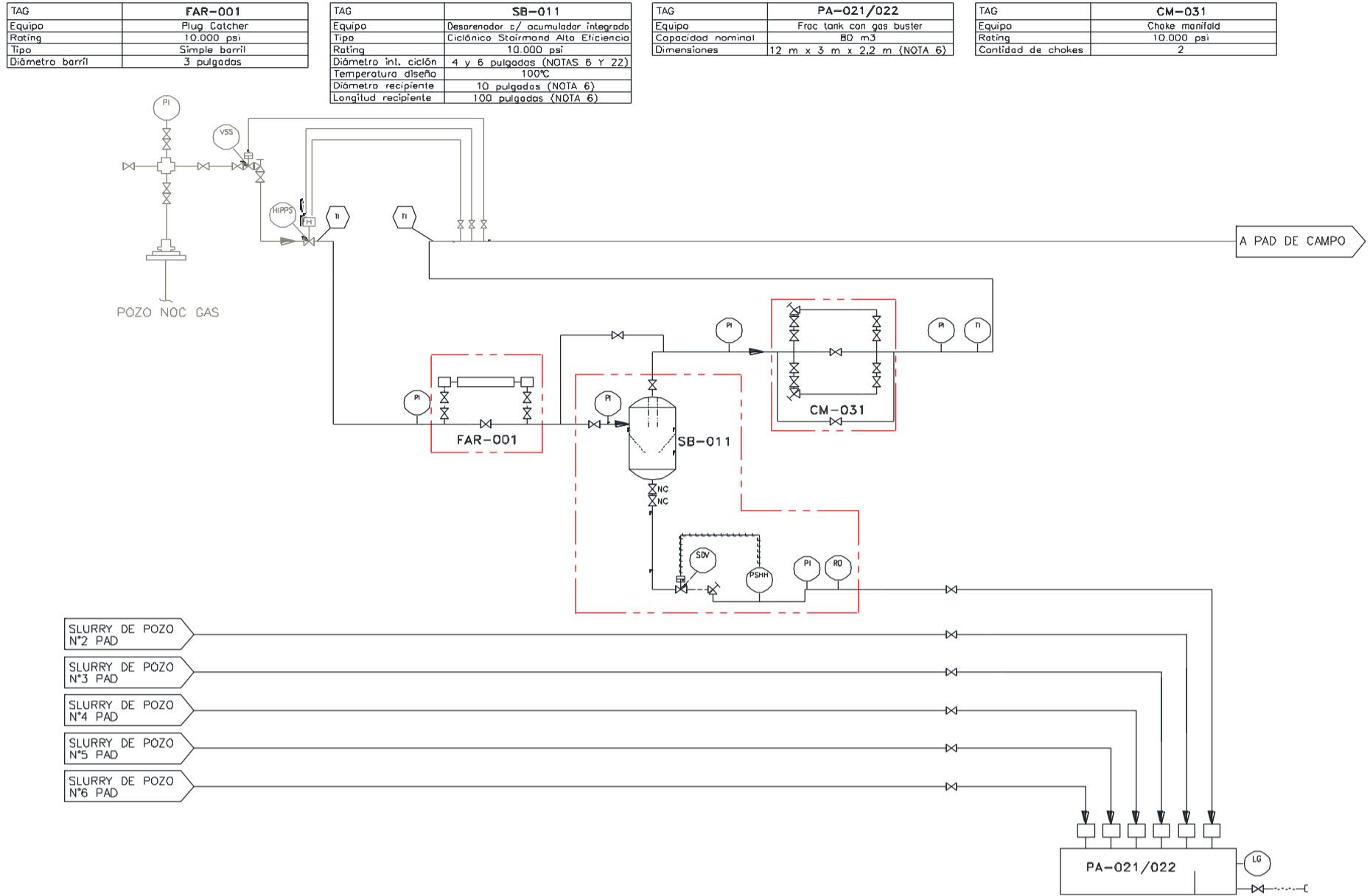
TAG	BA-043/044
Equipo	Bomba de llenado de camión
Caudal nominal	60 m <sup>3</sup> /h
Potencia	8,2 kW
Tipo	Centrífuga

TAG	UD-053
Equipo	Secador de aire de instrumentos
Caudal requerido	6,5 Nm <sup>3</sup> /h
Pto rocío aire	< -30 °C @ P atm

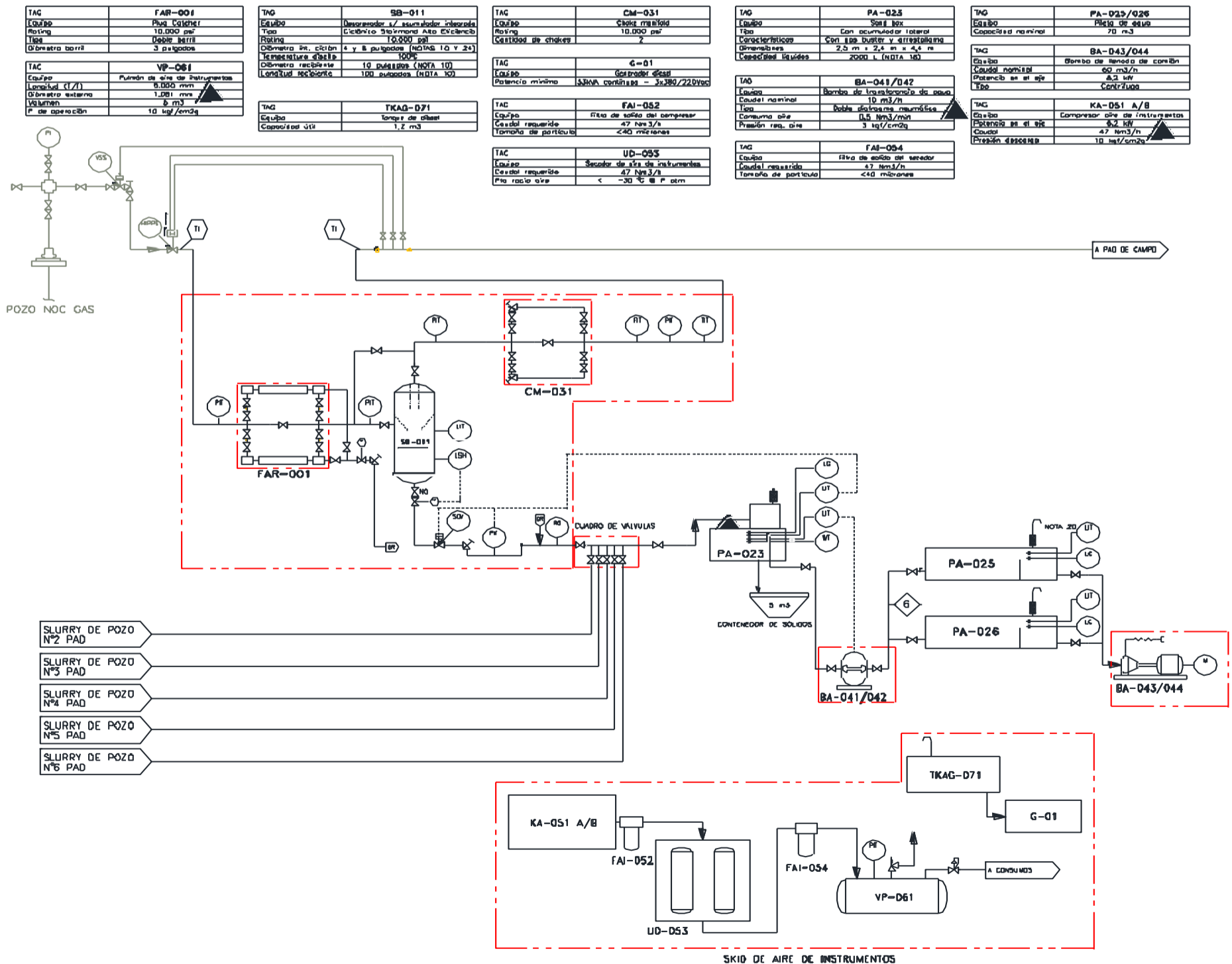
TAG	G-01
Equipo	Generador diesel
Potencia mínima	33kVA continuo - 3x380/220Vac



13.5. Diagrama de Flujo - NOC OIL - ALTERNATIVA BAJO CAPEX - DESARENADO EN POZO



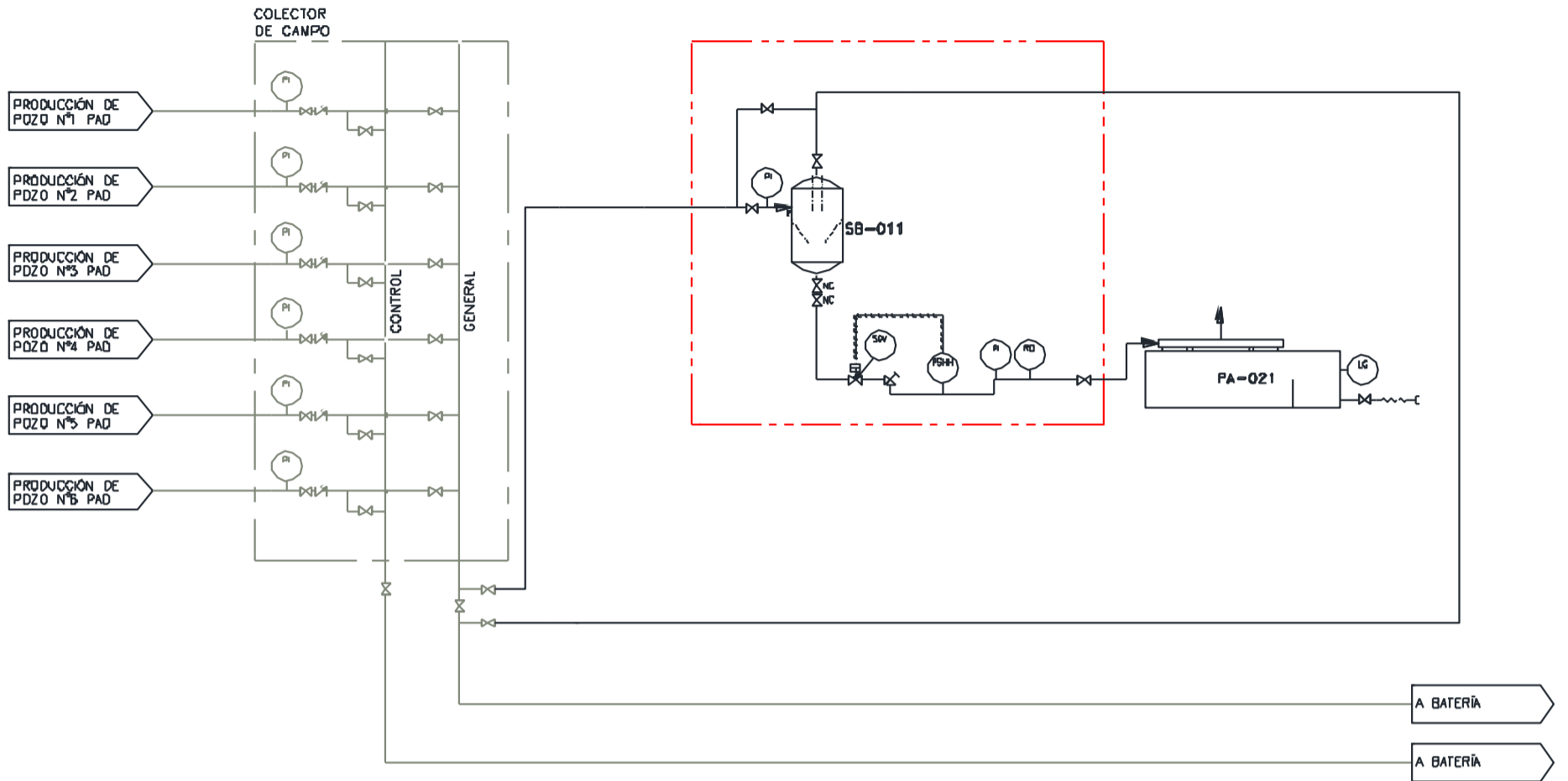
13.6. Diagrama de Flujo - NOC OIL - ALTERNATIVA ALTO CAPEX - DESARENADO EN POZO



13.7. Diagrama de Flujo - NOC OIL - ALTERNATIVA BAJO CAPEX - DESARENADO EN PAD

TAG	SB-011
Equipo	Desarenador c/ acumulador integrado
Tipo	Ciclónico Stairmand Alta Eficiencia
Rating	10,000 psi
Diámetro int. ciclón	14 y 18 pulgadas (NOTAS 3 Y 7)
Temperatura diseño	100°C
Diámetro recipiente	18 pulgadas (NOTA 3)
Longitud recipiente	120 pulgadas (NOTA 3)

TAG	PA-021
Equipo	Frag tank con gas burner
Capacidad nominal	80 m <sup>3</sup>
Dimensiones	12 m x 3 m x 2.2 m (NOTA 3)



13.8. Diagrama de Flujo - NOC OIL - ALTERNATIVA ALTO CAPEX - DESARENADO EN PAD

TAG	VP-061
Equipo	Pulmón de aire de instrumentos
Longitud (T/T)	2.100 mm
Diámetro interior	660 mm
Volumen	0.75 m <sup>3</sup>
P de operación	10 kgf/cm <sup>2</sup> g

TAG	SB-011
Equipo	Desarenador c/ acumulador integrado
Tipo	Ciclónico Stairmand Alta Eficiencia
Rating	10,000 psi
Diámetro int. ciclón	14 y 18 pulgadas (NOTA B Y 19)
Temperatura diseño	100°C
Diámetro recipiente	18 pulgadas (NOTA 8)
Longitud recipiente	120 pulgadas (NOTA 8)

TAG	KA-051 A/B
Equipo	Compresor aire de instrumentos
Potencia en el eje	1 kW
Caudal	6.5 Nm <sup>3</sup> /h
Presión descarga	10 kgf/cm <sup>2</sup> g

TAG	PA-023
Equipo	Sand box
Tipo	Con acumulador lateral
Características	Con gas burner y arrestallama
Dimensiones	2.5 m x 2.4 m x 4.4 m
Capacidad líquidos	2000 L (NOTA 12)

TAG	PA-025
Equipo	Pileta de agua
Capacidad nominal	70 m <sup>3</sup>

TAG	BA-041/042
Equipo	Bomba de transferencia de agua
Caudal nominal	0.5 m <sup>3</sup> /h
Tipo	Doble diafragma neumática
Consumo aire	0.05 Nm <sup>3</sup> /min
Presión req. aire	3 kgf/cm <sup>2</sup> g

TAG	FAI-054
Equipo	Filtro de salida del secador
Caudal requerido	6.5 Nm <sup>3</sup> /h
Tamaño de partícula	<40 micrones

TAG	FAI-052
Equipo	Filtro de salida del compresor
Caudal requerido	6.5 Nm <sup>3</sup> /h
Tamaño de partícula	<40 micrones

TAG	TKAG-071
Equipo	Tanque de diesel
Capacidad útil	1.2 m <sup>3</sup>

TAG	BA-043/044
Equipo	Bomba de llenado de camión
Caudal nominal	60 m <sup>3</sup> /h
Potencia	8.2 kW
Tipo	Centrífuga

TAG	UD-053
Equipo	Secador de aire de instrumentos
Caudal requerido	6.5 Nm <sup>3</sup> /h
Pta rocío aire	< -30 °C @ P atm

TAG	G-01
Equipo	Generador diesel
Potencia mínima	33kVA continuos - 3x380/220Vac

