

**PROPUESTA TÉCNICO- COMERCIAL PARA LA ACTUALIZACIÓN
TECNOLÓGICA DEL MANIFOLD TRADICIONAL CON VÁLVULAS
MULTIPUERTO EN UNO DE LOS CAMPOS DE PRODUCCIÓN DE
ECOPETROL.**

LILIANA ANDREA PARRA MARTINEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA**

2016

**PROPUESTA TÉCNICO- COMERCIAL PARA LA ACTUALIZACIÓN
TECNOLÓGICA DEL MANIFOLD TRADICIONAL CON VÁLVULAS
MULTIPUERTO EN UNO DE LOS CAMPOS DE PRODUCCIÓN DE
ECOPETROL.**

LILIANA ANDREA PARRA MARTINEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de
Especialista en Gerencia de Hidrocarburos**

Director

NICOLÁS SANTOS SANTOS

MSc. En Ingeniería de Hidrocarburos

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA**

2016

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a:

La empresa Equipetrol que ha sido gran promotor de esta iniciativa y me ha apoyado en el proceso de investigación.

A Ecopetrol S.A. que ha estado dispuesto a colaborar en este proyecto de grado facilitándome información del campo de producción, información que ha sido relevante para la terminación exitosa del texto y futuro proyecto de aplicación para Ecopetrol.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	14
1 VÁLVULA MULTIPUERTO.....	16
1.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA VÁLVULA MULTIPUERTO.....	16
1.1.1 Partes y componentes.....	17
1.1.2 Materiales de fabricación.....	20
1.1.3 Funcionamiento de una Válvula Multipuerto.....	21
1.1.4 Principales aplicaciones en la industria petrolera.....	22
1.2 VENTAJAS DE LA VÁLVULA MULTIPUERTO FRENTE A MANIFOLD TRADICIONAL.....	24
1.3 ANÁLISIS TÉCNICO PARA LA MODERNIZACIÓN DE LOS SISTEMAS ACTUALES DE DISTRIBUCIÓN EN UN CAMPO DE ECOPETROL.....	28
1.3.1 Ubicación del proyecto.....	29
1.3.2 Condiciones de trabajo actuales en el campo de Producción.....	30
1.3.3 Descripción técnica de los sistemas actuales de distribución en un campo de Ecopetrol.....	31
2 DIAGNÓSTICO DEL CAMPO DE PRODUCCIÓN DE ECOPETROL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA VÁLVULA SELECTORA MULTIPUERTO.....	33
2.1 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO DE PRODUCCIÓN CASTILLA.....	33
2.2 FLUJO DE PROCESO DEL SISTEMA ACTUAL.....	37
2.3 IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA PILOTO PARA APLICAR LA VÁLVULA MULTIPUERTO.....	38
2.4 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL DE MANIFOLD DE PRODUCCIÓN.....	40
2.5 CONDICIONES DE LÍNEAS DE FLUJO ASOCIADAS AL MÚLTIPLE SELECCIONADO.....	41

2.6	DATOS BASE PARA LA SELECCIÓN DE LA VÁLVULA SELECTORA MULTIPUERTO.....	41
3	IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES EN UN CAMPO DE PRODUCCIÓN DE ECOPETROL CON LA APLICACIÓN DE LA VÁLVULA MULTIPUERTO.....	43
3.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE INSTALACIÓN DE LA VÁLVULA SELECTORA MULTIPUERTO EN EL CAMPO DE PRODUCCIÓN CAMPO CASTILLA.....	43
3.2	IMPACTO SOCIAL DEL CAMPO DE PRODUCCIÓN CON LA APLICACIÓN DE LA VÁLVULA MULTIPUERTO.....	46
3.3	IMPACTO AMBIENTAL DEL CAMPO DE PRODUCCIÓN CON LA APLICACIÓN DE LA VÁLVULA MULTIPUERTO.....	48
3.3.1	Identificación y selección de los impactos ambientales.....	48
3.3.2	Caracterización de los impactos ambientales.....	51
3.3.3	Valoración de los impactos ambientales.....	52
4	PROPUESTA COMERCIAL.....	54
4.1	EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA OPCIÓN MÁS VIABLE DESDE EL PUNTO DE VISTA DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA.....	54
4.2	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE MEJORAMIENTO DEL POZO CON VÁLVULA MULTIPUERTO.....	55
4.2.1	Equipos y servicios.....	56
4.2.2	Servicios de ingeniería.....	57
4.2.3	Normas aplicables, especificaciones y códigos.....	58
4.2.4	Diseño del equipo.....	59
4.2.5	Fabricación y montaje.....	60
4.2.6	Instrumentación y control.....	60
4.2.7	Inspecciones.....	61
4.2.8	Pruebas.....	62
4.2.9	Diagrama del proceso de la descripción técnica de mejoramiento del pozo con válvula multipuerto.....	63

4.3	PROPUESTA COMERCIAL PARA LA ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA DEL MANIFOLD TRADICIONAL CON VÁLVULAS MULTIPUERTO EN UNO DE LOS CAMPOS DE PRODUCCIÓN DE ECOPETROL.....	64
4.3.1	Garantía.....	64
4.3.2	Entrega.....	65
4.3.3	Precio unitario y condiciones de pago.....	65
5	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	67
5.1	PRODUCCIÓN ACTUAL DEL CAMPO.....	67
5.2	MANTENIMIENTOS ANUALES DEL MÚLTIPLE ACTUAL EN EL CAMPO DE PRODUCCIÓN.....	69
5.3	PARADAS DE PRODUCCIÓN ACTUALES POR CAUSA DEL CLÚSTER.....	71
5.4	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE PRODUCCIÓN.....	72
5.5	MANTENIMIENTOS DE LA VÁLVULA MULTIPUERTO.....	73
5.6	ANÁLISIS ECONÓMICO CON LA APLICACIÓN DE LA VÁLVULA MULTIPUERTO.....	75
5.7	INVERSIÓN DE EQUIPOS.....	75
5.8	COMPARACIÓN DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN CON NUEVO PROYECTO VERSUS COSTOS DE OPERACIÓN ACTUALES SIN PROYECTO.....	76
5.8.1	Análisis sin proyecto (Situación actual - Manifold de producción).....	77
5.8.2	Análisis con proyecto (Válvula Selectora Multipuerto).....	78
5.9	INDICADORES FINANCIEROS.....	79
5.10	RESULTADO DEL ANÁLISIS ECONÓMICO.....	80
6.	CONCLUSIONES.....	82
7.	RECOMENDACIONES.....	84
	BIBLIOGRAFIA.....	85

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cuerpo de una Válvula Selectora Multipuerto.....	18
Figura 2. Partes y Componentes de una Válvula Selectora Multipuerto.....	20
Figura 3. Aplicaciones de una Válvula Selectora Multipuerto.....	23
Figura 4. Comparativo del sistema tradicional versus el sistema con válvula Multipuerto.....	25
Figura 5. Bloque Cubarral – Campos Castilla y Chichimene.....	29
Figura 6. Esquema General Campo Castilla.....	32
Figura 7. Manifold de entrada en la estación Castilla 1.....	34
Figura 8. Proceso de Tratamiento estación Castilla 1.....	34
Figura 9. Manifold de entrada en la estación Castilla 2.....	35
Figura 10. Proceso de Tratamiento estación Castilla 2.....	36
Figura 11. Esquema general de la estación Castilla 1.....	37
Figura 12. Esquema general de la estación Castilla 2.....	37
Figura 13. Diagrama de sistema de recolección de hidrocarburos GDT.....	38
Figura 14. Clúster 10 campo Castilla de Ecopetrol.....	39
Figura 15. Distribución del CL10.....	39
Figura 16. Diagrama de líneas y válvulas múltiple antiguo de Clúster 10 – Estación Castilla 1.....	40
Figura 17. Imagen que representa la configuración de la Válvula Selectora Multipuerto para el clúster 10.....	44
Figura 18. Ilustración de válvula multipuerto, colocada en la facilidad de producción.....	45
Figura 19. Pasos para se realizaron para identificar los Impactos Ambientales.....	49
Figura 20. Válvula selectora Multipuerto sobre skid.....	55
Figura 21. Componentes de un skid de producción.....	57
Figura 22. Diagrama de proceso de la propuesta técnica de aplicación válvula multipuerto.....	63
Figura 23. Precio unitario para la válvula selectora multipuerto.....	66
Figura 24. "Campo de producción Castilla alcanzó nuevo récord de producción".....	67

Figura 25. Producción Fiscalizada de Petróleo por Campo en Superficie 2014 - 2015.....	68
Figura 26. Múltiple o manifold de Campo Castilla II.....	69
Figura 27. Ajuste del Sello de la Válvula Multipuerto.....	74

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tamaños de Construcción para la Válvula Selectora Multipuerto.....	16
Tabla 2. Materiales de Construcción para la Válvula Selectora Multipuerto.....	21
Tabla 3. Descripción comparativa del sistema Tradicional Manifold contra la Válvula Multipuerto.....	27
Tabla 4. Propiedades de Fluidos del Campo Castilla.....	31
Tabla 5. Producción por pozo Clúster 10.....	41
Tabla 6. Datos para la selección de la válvula selectora multipuerto.....	42
Tabla 7. Actividades Impactantes para la Instalación de la Válvula Selectora Multipuerto.....	50
Tabla 8. Matriz relación entre actividades y posibles impactos en la etapa de instalación de la Válvula Selectora Multipuerto.....	53
Tabla 9. Relación por pozo de petróleo en el Clúster 10 del campo Castilla.....	69
Tabla 10. Presupuesto teórico para el mantenimiento del Clúster 10.....	71
Tabla 11. Mantenimientos en horas y días de parada.....	72
Tabla 12. Análisis económico por paradas de producción en el manifold actual de producción.....	73
Tabla 13. Análisis económico por paradas de producción en la válvula selectora multipuerto.....	75
Tabla 14. Costos Válvula Multipuerto.....	76
Tabla 15. Serie anual de inflación para el mes de Diciembre.....	77
Tabla 16. Flujo de caja - Análisis sin Proyecto.....	78
Tabla 17. Flujo de caja - Análisis con Proyecto.....	79
Tabla 18. Indicadores financieros para el proyecto.....	80

RESUMEN

TÍTULO: PROPUESTA TÉCNICO- COMERCIAL PARA LA ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA DEL MANIFOLD TRADICIONAL CON VÁLVULAS MULTIPUERTO EN UNO DE LOS CAMPOS DE PRODUCCIÓN DE ECOPETROL.¹

AUTOR: ING. LILIANA ANDREA PARRA MARTINEZ

PALABRAS CLAVES: Válvula Selectora Multipuerto, Manifold de Producción, Facilidades, Canales de Distribución de Crudo.

DESCRIPCIÓN

Este trabajo tiene como objetivo diseñar una propuesta Técnico- Comercial para la actualización tecnológica del manifold tradicional con válvulas multipuerto en uno de los campos de Producción de Ecopetrol atendiendo al componente Técnico, Económico, Social y Ambiental.

La conceptualización de arreglo de las facilidades de producción de superficie en la forma compacta ha ido creciendo aceleradamente en los últimos años en los principales campos de producción dando excelentes resultados en cuanto a la disminución de costos de obra, menor tiempo de ejecución de obra, ventajas operativas posteriores e impacto ambiental. Este crecimiento se ha apuntalado en el desarrollo que han tenido las tecnologías de perforación direccional que permiten la concentración de la perforación y los cabezales de pozo en un pequeño lote con la extensión de la tubería subterránea de producción a varios kilómetros alrededor de esta localización a través del yacimiento y también en el desarrollo de tecnologías como la Válvula Multipuerto como parte de los Sistemas de Producción que integran aún más la recolección de producción gracias a su concepto compacto, económico y eficiente.

Con esta propuesta Ecopetrol tendrá herramientas para comparar la tecnología que tiene actualmente que es la misma que se instaló hace años con la construcción de las facilidades iniciales contra una propuesta tecnológica, nueva, automatizada, económica y eficiente asegurando el mejoramiento continuo de las facilidades de producción.

¹Trabajo de Grado

^{**}Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Petróleos. Director: Nicolás Santos Santos, MSc. en Ingeniería de Hidrocarburos

ABSTRACT

Title: TECHNICAL - COMMERCIAL PROPOSAL FOR THE TECHNOLOGICAL UPDATING OF THE TRADITIONAL MANIFOLD WITH VALVES MULTIPOINT IN ONE OF THE FIELDS OF PRODUCTION OF ECOPETROL.²

Author: ENG. LILIANA ANDREA PARRA MARTINEZ

KEYWORDS: Selector valve multipoint, Manifold production, facilities, channels of distribution of crude oil.

DESCRIPTION

This paper aims to design a proposal technical - commercial for the technological updating of the traditional manifold with multipoint valves in one of the fields of Ecopetrol production according to the technical, economic, Social and environmental component.

The conceptualization of arrangement of surface production facilities in compact form has been growing rapidly in recent years in the main fields of production, giving excellent results in terms of the reduction of costs of work, time of execution of work, further operational benefits and environmental impact. This growth has underpinned the developing technologies of directional drilling that allow the concentration of drilling and heads well in a small bundle with the extension of the underground pipeline from production to several kilometers around this location through the site and also in the development of technologies such as the multipoint valve as part of production systems that further integrate the collection of production have had thanks to its compact, efficient, and economical concept.

With this proposal Ecopetrol will have tools to compare the technology that currently it is the same that was installed years ago with the construction of the initial facilities against a technology, new, automated, economical and efficient proposal ensuring the continuous improvement of production facilities.

²Bachelor Thesis

^{**}Physicochemical Faculty of Engineering. School of Petroleum Engineering. Director: Nicolás Santos Santos MSc. Hydrocarbon Engineering

INTRODUCCIÓN

A pesar que la válvula selectora multipuerto es un sistema que lleva años en el mercado internacional y se ha instalado en los mayores campos de producción del mundo, en Colombia aún no se ha implementado esta tecnología. Partiendo de esta necesidad de actualización de los sistemas de distribución en las facilidades de producción, se planteara la propuesta de este equipo junto con todas las ventajas en los diferentes enfoques: económico, técnico, social y ambiental.

En un primer capítulo se desarrollara un marco teórico, que describirá la tecnología de la válvula selectora multipuerto, las opciones, su funcionamiento y las ventajas que tiene frente al manifold o múltiple tradicional. Con este capítulo se pretende dar a conocer esta tecnología específica, que ya está en el mercado probada hace algunos años y ofrece ahorros significativos en los costos de operación.

Para el segundo capítulo se trabajó en la situación actual en un campo de Ecopetrol, se realizó el diagnostico general de las operaciones tanto del campo como del objeto de estudio que es el múltiple producción. Se recopiló información de un clúster específico y sobre este, se planteó realizar el estudio en mención con el objetivo de realizar el análisis para presentar la propuesta que se desarrolló en los capítulos posteriores.

En el tercer capítulo se buscó analizar los impactos sociales y ambientales tanto negativos como positivos que traería consigo la aplicación de la válvula selectora multipuerto en campo; se pretende dar a conocer un estudio inicial que sirva como herramienta futura para realizar el comparativo con los impactos que intervienen actualmente en el múltiple de producción.

Para el cuarto capítulo se desarrolló el objeto principal de este estudio, que es la presentación de una propuesta Técnico- Comercial para la actualización tecnológica del manifold tradicional con válvulas selectoras multipuerto en uno de los campos de producción de Ecopetrol. Estudio que se recomienda a Ecopetrol tome de referencia para

adoptar la tecnología y empiecen a ver las ventajas que trae consigo el cambio en el aspecto técnico, social, ambiental y económico.

En el último capítulo se realizó un estudio económico planteando la aplicación de esta propuesta versus continuar las operaciones actuales sin proyecto, se tomaron los principales indicadores financieros en la evaluación de proyectos y se realizó el tiempo de retorno de la inversión en caso de optar por la aplicación de la propuesta.

1. VÁLVULA SELECTORA MULTIPUERTO

La Válvula Selectora Multipuerto es un sistema selector de pozos de prueba, que funciona como un manifold compacto ofreciendo una manera sencilla y segura de seleccionar los pozos que se desean conectar con el Medidor Multifásico o con el Separador de Prueba.³

1.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA VÁLVULA MULTIPUERTO

La Válvula multipuerto posee ocho (8) entradas para conectar los pozos de producción, y dos (2) salidas: una común para producción y una salida seleccionable para prueba. Con esta configuración se pueden conectar hasta siete (7) pozos, ya que una de las entradas se reserva para el reajuste del sello en campo, y para evitar tener en todo momento un pozo conectado a prueba. De esta manera, usando el sistema de posicionamiento Manual o Inteligente del rotor, se puede enviar individualmente cada uno de los pozos a la salida de prueba, mientras los seis restantes siguen produciendo por la salida de grupo.

Los tamaños usualmente fabricados para la Válvula Selectora Multipuerto se relacionan en la tabla 1:

Tabla 1. Tamaños de Construcción para la Válvula Selectora Multipuerto.

Tamaño SIZE NPS (*)	ASME/ANSI PRESSURE CLASS					
	150	300	600	900	1500	2500
2" X 4"	X	X	X	X	X	X
3" X 6"	X	X	X	X	X	X
4" X 8"	X	X	X	X	X	X
4" X 10"	X	X	X	X	X	X
6" X 12"					X	X
6" X 16"		X	X	X	X	X (**)

Fuente: EQUIPETROL LLC., 2007

³EQUIPETROL, Boletín Técnico, Ventajas inherentes al uso e instalación de Sistemas de Producción con Válvula Multipuerto en configuración tipo macolla o "multiple well pad". Houston, TX.

1.1.1 Partes y componentes

Las partes y componentes de una Válvula Selectora Multipuerto generalmente son las siguientes:

- Interface Hombre – Máquina (HMI): es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina y permite que el operador, en ciertas circunstancias, vaya más allá del manejo de la máquina y observe el estado del equipo e intervenga en el proceso.

La interface entre el operador y el actuador (HMI) se logra mediante el display alfanumérico, dos pulsantes y un selector, de esta forma se puede lograr una operación manual, local y otra remota dependiendo de las necesidades del usuario. Por otra parte la HMI permite, en el modelo Compacto la calibración de la válvula de manera no intrusiva (*Unintrusive setting system concept*), esto quiere decir que la calibración de los parámetros de ajuste del actuador eléctrico, pueden ser hechos sin necesidad de abrir, destapar o intervenir el equipo.

- Accionamiento Manual: Para el caso que deje de funcionar el dispositivo electrónico la válvula puede ser accionadas directamente por una persona.
- Bonnet: Tapa de cuerpo de la válvula que permite el sellado hermético para evitar los escapes de gases o fluidos peligrosos alrededor del vástago de la válvula.
- Grasera: pequeños dispositivos que se ubican en los lugares a lubricar y que permiten que se inyecte externamente grasa.
- Cuerpo: El diseño de las válvulas selectoras multipuerto de Equipetrol son fabricadas es un solo cuerpo fundido con bridas integrales. (Ver figura1).

Figura 1. Cuerpo de una Válvula Selectora Multipuerto.



Fuente: EQUIPETROL LLC., 2007

- Actuador Electrónico: los componentes del actuador a su vez para la Válvula Selectora Multipuerto se describen en las siguientes partes:
 - a) La caja reductora: es de dos etapas, conformada por engranajes, sinfín corona, piñones y ejes, de bajo rozamiento y funcionamiento silencioso, los cuales están fabricados en aleaciones adecuadas para resistir altos esfuerzos, ensamblados en una sola pieza rígida con acabados externos en epoxi que le confieren una elevada resistencia al medio ambiente, diseñada para transmitir de manera eficiente la potencia del motor eléctrico al eje de la válvula selectora multipuerto y con un depósito de aceite sintético llenado en fabrica que tiene por finalidad disipar el calor, disminuir los efectos de rozamiento y garantizar bajos niveles de ruido.
 - b) El sistema de control: está conformado por un encoder incremental y un controlador lógico programable (PLC), el encoder permite medir el recorrido del rotor con una resolución de 0,4 grados. El componente principal del sistema de control del actuador es un PLC de última generación equipado con dos puertos seriales RS485, 32KB de memoria de programación en lenguaje de alto nivel y un display para el operador. Este controlador forma parte integral del posicionador y

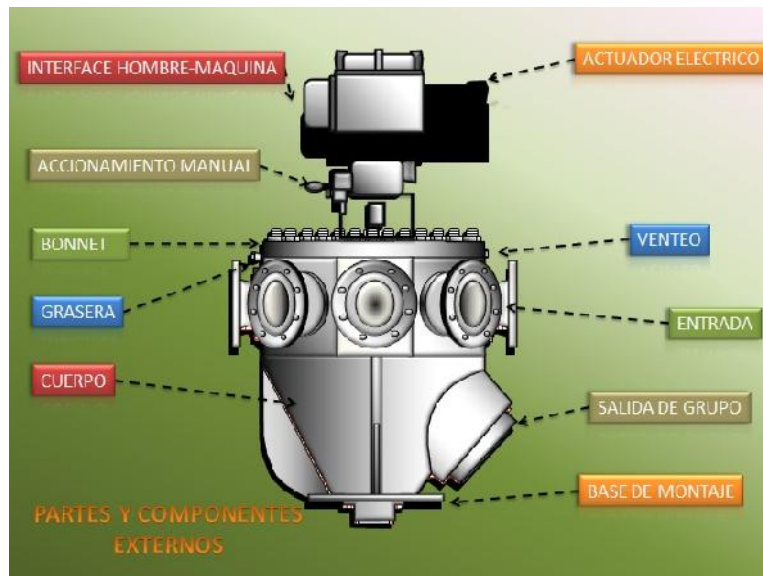
se puede comunicar con un PLC maestro propiedad del usuario, en el protocolo de su elección.

c) El motor eléctrico: es monofásico o trifásico Explosion Proof NEMA Frame 56C, alimentado 115Va.c. 60Hz apto para trabajar en ambientes clasificados Clase1, Div2. Grupos C y D. Este motor gira a 1725 rpm y a través de la caja reductora le imprime una velocidad de 1,43 rpm al rotor de la VMP.

- Venteo: Su función principal es controlar la respiración del sistema; obteniendo como mayor bondad el control de emisiones a la atmósfera, generando ahorros, mayor seguridad y protección ambiental.
- Entrada: a través de cada una de las entradas u orificios de entrada se introduce el fluido a distribuir, agua, crudo o gas.
- Salida de Grupo: Ingresado el fluido por cada una de las 8 entradas de la válvula multipuerto se unen internamente en la válvula y se dirigen por una única salida en común con el fluido ingresado.
- Base de Montaje: Allí se sostiene todo el peso de la válvula.

En la figura 2 se ilustra cada una de las partes y componentes descritas de la válvula selectora multipuerto:

Figura 2. Partes y Componentes de una Válvula Selectora Multipuerto.



Fuente: EQUIPETROL LLC., 2007

1.1.2 Materiales de fabricación

Los materiales que se utilizan para la construcción de una válvula multipuerto son los siguientes:

MATERIALES ESTANDAR:

- Cuerpo: ASTM A-216 WCB;
- Rotor: ASTM A-216 WCB,
- Bonete: ASTM A-516 GR 70 o A105N,
- Internos: SS 316L,
- Sellos: PTFE + Carbón / O-Rings: AFLAS.,
- Tornillería: ASTM A-193 B7/ASTM A-194 2H,
- Recubrimiento: Halar (Polímero resistente a la corrosión)

MATERIALES ESPECIALES:

- Cuerpo: SDSS / DSS / SS 316 L / INCONEL Y OTROS APORTES
- Rotor: SDSS / DSS / S 316L / SS 6Mo / INCONEL SOLIDO
- Bonete: SDSS / DSS / SS316L / INCONEL Y OTROS APORTES
- Tornillería: ASTM A-193 B7M - ASTM A-194 2HM /A-193 B8M - ASTM A-194 B8M / INCONEL
- Internos : SDSS / DSS / INCONEL

Los materiales descritos se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Materiales de Construcción para la Válvula Selectora Multipuerto.

Materiales de construccion				
PART	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN			
	STANDAR	SPECIAL I	SPEACIAL II	SPECIAL III
CUERPO Y ROTOR	CS / A-216 WCB	DSS / A 995 GR 1A-GR 1B	SS 316L / A 351 CF3M	INCONEL 625/825
TAPA	CS / A-216 WCB	DSS / A 995 GR 1A-GR 1B	SS 316L / A 351 CF3M	INCONEL 625/825
SELLOS	PTFE + C	PTFE + C	PTFE + C	PTFE + C
O' RINGS	AFLAS	AFLAS	AFLAS	AFLAS
TORNILLE- RIA	ASTM A193 B7/2H	UNS S 32550 / 32750	ASTM A 193 B8M/8M	INCONEL 625/825
WET PARTS	SS	DSS	SS 316L	INCONEL 625/825

Fuente: EQUIPETROL LLC., 2007

1.1.3 Funcionamiento de una Válvula Multipuerto

La válvula selectora multipuerto tiene la opción de ser operada de tres diferentes formas de acuerdo a las requisiciones de los usuarios y las condiciones del campo.

- *Sistema Manual:* es realizada mediante el accionamiento de la palanca provista. A pesar de que el sistema manual no tiene la principal ventaja del concepto, como es la facilidad de automatización de operaciones de producción, sigue siendo aún una solución competitiva comparada con el manifold convencional de producción debido a su diseño compacto, su operación simplificada y fácil adaptación para futura automatización.
- *Sistema Semiautomático:* En estos sistemas, la operación de la Válvula selectora multipuerto es efectuada mediante su posicionador electromecánico, pudiendo la operación ser local usando los comando y pantalla local o desde la estación principal por medio del puerto remoto y a través de un protocolo de comunicación vía cable o radio. La operación remota permite detectar la posición actual de la válvula multipuerto y comandar el movimiento del rotor hasta alinearlo con el puerto del nuevo pozo a prueba.
- *Sistema Automático:* Este sistema incluye la instrumentación local para monitoreo de presión y temperatura y puede incluir equipos para medición de flujo (Multifásico, Coriolis, etc.) como sea requerido. Todos los equipos instalados en el skid, son conectados y controlados por medio de un PLC local que permite la operación aislada y remota de la instalación mediante rutinas automáticas de prueba de pozo. La instalación puede también ser operada y controlada desde la estación de flujo principal mediante cable o sistema de comunicación vía radio.

1.1.4 Principales aplicaciones en la Industria Petrolera

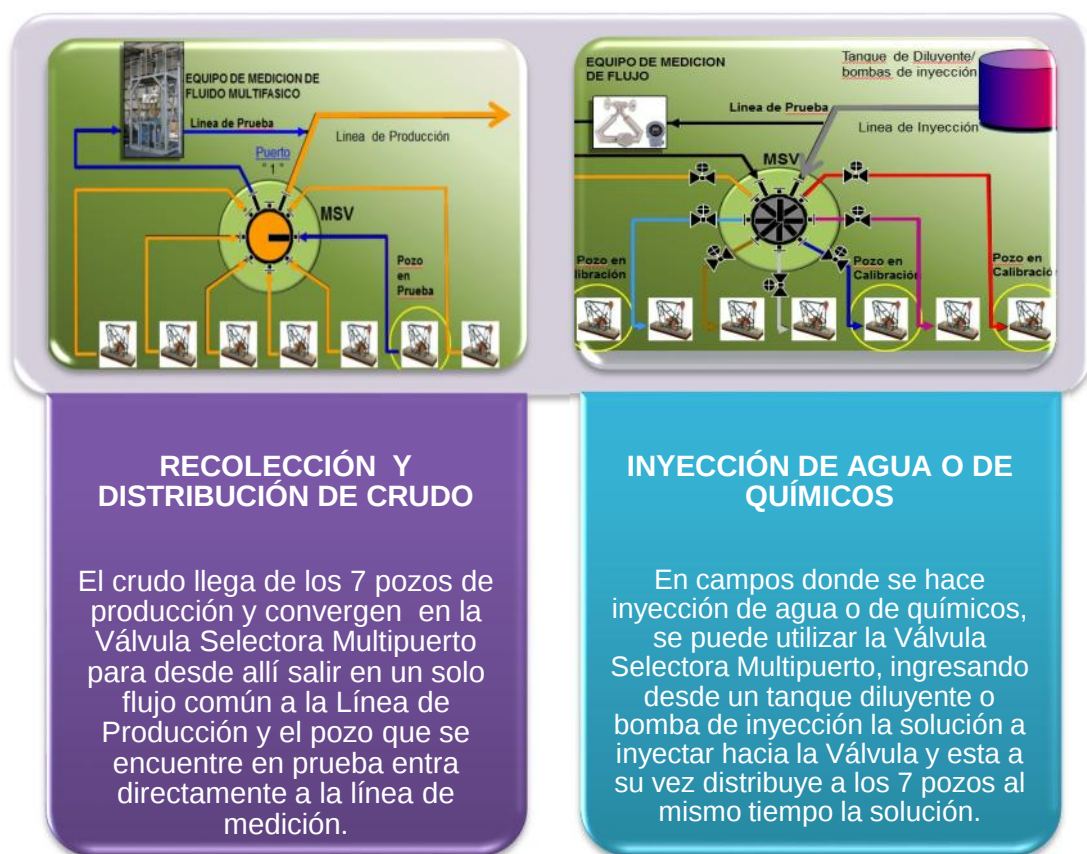
En la industria petrolera la Válvula Selectora Multipuerto, tiene dos principales aplicaciones (ver figura 3):

- a) **RECOLECCION Y DISTRIBUCION DE CRUDO:** Su función es recolectar la producción de los pozos que llegan a las estaciones de flujo y distribuirla hacia los diferentes procesos del sistema. Sin embargo, los arreglos de válvulas, conexiones y tuberías deben ser de manera tal que, cuando sea requerido, el flujo

de cada pozo individual pueda ser aislado para propósitos de prueba de pozos. Esto es que el flujo de cada pozo pueda ser llevado a un separador de prueba, para segregar y medir petróleo o productos de destilación, producción de gas y en algunos casos producción de agua.

- b) **INYECCIÓN DE AGUA O DE QUÍMICOS:** La función de la válvula es lograr inyectar a 7 pozos a la misma vez el agua que en algunos campos petroleros la utilizan para recuperaciones mejoradas o la inyección de química que se utiliza para mantener el caudal, reducir la corrosión y aumentar y mejorar las operaciones de tratamiento de petróleo/agua. Cualquier aplicación específica que requiera el campo de acuerdo a los planes de desarrollo que se hayan establecido.

Figura 3. Aplicaciones de una Válvula Selectora Multipuerto.



Los fluidos que pueden operar con la Válvula Selectora Multipuerto son:

- CRUDO
- GAS
- AGUA
- Todos los G.O.R / W.O.R. / GRADOS API

Con temperaturas desde -20 F a +392 F (-29°C a + 200°C)

1.2 VENTAJAS DE LA VÁLVULA MULTIPUERTO FRENTE A MANIFOLD TRADICIONAL

El diseño de la Válvula trae consigo varias ventajas, que se describen a continuación:

Ambientales: el ahorro de espacio es significativo, los sistemas tradicionales son diseños de equipos en línea recta que exigen grandes extensiones de terreno, la válvula multipuerto con su sistema compacto reduce en la necesidad de área total y el hecho de estar integrados en grupos con servicios integrados permite el fácil acceso a la verificación y control de las diferentes variables de producción. Para facilidades offshore donde se deben optimizar los espacios estos sistemas son muy competitivos para el ahorro de espacio.

El diseño de las líneas de flujo que vienen desde la cabeza del pozo al sistema de distribución y la continuación de la línea hasta la recolección y almacenamiento se disminuyen drásticamente al tener el sistema compacto y se evidencia incluso la disminución de solicitar permisos para trazar estas líneas en las diferentes zonas de propiedad privada.

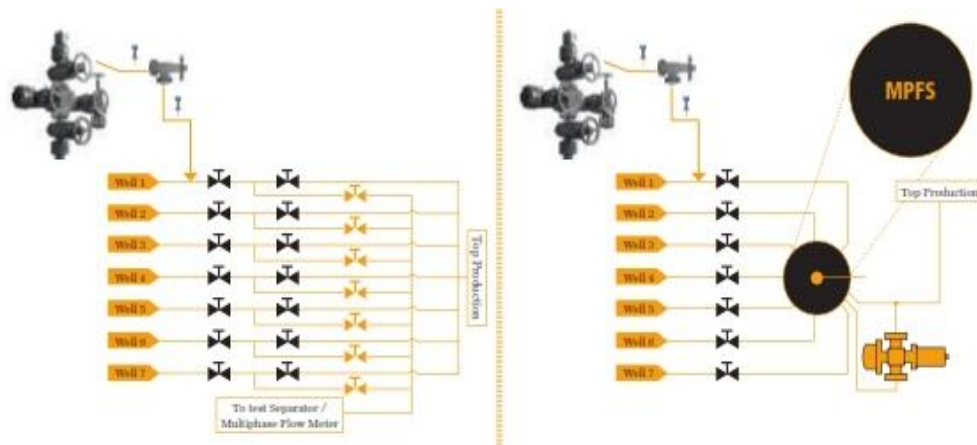
La construcción de la Válvula multipuerto al ser una sola pieza de material fundido, disminuye la probabilidad de fugas de crudo o gas evitando impactos ambientales notorios

que se manifiestan actualmente con el sistema tradicional de manifold debido a su empalme con soldaduras que con el transcurso del tiempo se va deteriorando.

De igual manera si disminuye el impacto de derrame en el sistema compacto de la válvula multipuerto porque en menos extensión de tubería menos oportunidad de sabotaje y más control en las líneas de fuga.

En vista que la válvula multipuerto viene fabricado sobre un skid permite la fácil instalación, la reducción de los tiempos de puesta en marcha y evita los inconvenientes de obra dentro de las instalaciones y dando confiabilidad de cero fugas en el sistema en vista que la válvula viene ya probado con pruebas hidrostáticas del laboratorio de pruebas de la fábrica. El comparativo de los dos sistemas se ilustra en la imagen 4.

Figura 4. Comparativo del sistema tradicional versus el sistema con válvula Multipuerto.



Fuente: SELVARAJ, 2013

Técnicos: Con la reducción de las líneas de flujo y la concentración del sistema se optimizan las líneas de cableado y automatización para los servicios eléctricos, comunicaciones y automatización en general.

"El yacimiento de petróleo también puede estar en lugares de difícil acceso, desiertos remotos, selvas profundas o en ambientes bajo cero tales que 24-7 intervenciones

humanas locales significa infraestructura adicional", *Chaitanya Shah, MPFS business development manager*.⁴

Todo gerente que maneja producción y maneja obras, sabe del alto costo que significa parar un día un pozo, o atrasarse en la obra de una instalación. Los sistemas para optimizar la producción apuntan a minimizar tiempos de parada y espera, y por lo tanto, mejorar los rendimientos operativos de los yacimientos ya que llegan a los campos listos para conectarse, con pruebas en campo para cada conjunto después de armado.⁵

Técnicamente a la hora de poner en marcha el sistema o modernizarlo el sistema compacto demuestra una ventaja considerable porque ahorra tiempo y costos, partiendo que con la forma tradicional realizan las instalaciones en campo, hacen la instrumentación in situ y se busquen nuevos sistemas de comunicación y automatización y con el ideal que todo se adapte y funcione bien en el mejor de los casos, pero en la realidad estos procesos tienen perturbaciones y demoras que terminan sacrificando a la producción del día.

Con el sistema conjunto ya automatizado, instrumentado y probado sencillamente llega a campo y se instala en tiempos cortos y con menor mano de obra ahorrando el tiempo y ofreciendo soluciones integrales, uniendo la parte mecánica, electrónica y de automatización en un solo conjunto, el resultado será optimización de tiempos, costos y rendimiento operativo en los campos de producción petrolera.

Al venir automatizados estos sistemas permiten ir aumentando de forma secuencial la automatización que se desee de acuerdo a los requerimientos de la producción y permitiendo medir los diferentes parámetros de producción.

Hablando desde el punto de vista de mano de obra, con la válvula multipuerto también se ve el ahorro de personal puesto que con esta tecnología ya no van a necesitar cuadrillas que inspeccionen fugas, ni que hagan mediciones de las variables de producción, sino

⁴SELVARAJ Prathesh, En Oil & Gas Middle East February 2013 • Vol. 9 Issue 02, p. 66

⁵**DONNE, David**, ManiFlow Selector Valve (en línea), Eppstein, Germany, Tomado el 3 de Octubre 2015, Disponible en web: <http://www.schuf.com/products/maniflow-selector-valve>.

que esto entrara automáticamente al sistema remoto que el ingeniero de producción encargado tenga en su software en su computador.

Económicas: "El CAPEX y OPEX futuro inicial tiene una correlación positiva con la difusión y la accesibilidad de los campos", dice *Prathesh Selvaraj*, Gerente de producto para automatización en la región del Medio Oriente y África. "En consecuencia, que la desviación del flujo está generalmente automatizado."

En los campos costa afuera, es importante para la plataforma de equipos sea lo más ligero y pequeño como sea posible para que la plataforma sea menos costoso de construir, operar y mantener. Los desarrolladores están continuamente buscando tecnologías que hacen de plataformas costa afuera más económicas y más eficientes para operar. En comparación con los campos terrestres, donde las operaciones manuales en plataformas remotas las operaciones son más costosas, de ahí la necesidad de automatizar y aligerar los espacios que traerá consigo el ahorro económico frente a los sistemas tradicionales.⁶

En conclusión el sistema de válvula multipuerto comparativamente con el sistema tradicional se compara en la tabla 3:

Tabla 3. Descripción comparativa del sistema Tradicional Manifold contra la Válvula Multipuerto.

SISTEMA TRADICIONAL MANIFOLD	VALVULA MULTIPUERTO
Complejo arreglo de tubería, válvulas, actuadores y controles (para los sistemas automatizados)	Simple arreglo de tubería con las mínimas válvulas
Gran número de riesgo de puntos de fuga lo que obliga a tiempo de parada de producción.	Menos puntos de fuga, tendiente a cero.
Ocupa más espacio y es más pesado.	Sistema compacto, reduce espacio y peso.
Propenso al error humano. Costoso	Reduce el error humano. Económico

Fuente: White, 2012

⁶SHAH, Chaitanya, et al. Optimising Oil and Gas Production Testing, En Measurement and Instrumentation Technical, October 2012, Engineer, p. 61

Los sistemas de pruebas de pozo que usan válvulas multipuerto tienen ventajas significativas en cuanto a la construcción y operación comparado con el sistema de manifold tradicional. Una simple válvula reúne 7 pozos y unidos de forma práctica con otro skid se reemplazaría cómodamente 14 válvulas independientes y 14 actuadores si están automatizados, con tan solo dos válvulas multipuerto y 2 actuadores electrónicos, sin mencionar la reducción significativa de tubería y cableado. Estos beneficios son grandes en costa afuera y en cualquier campo de producción.

Con la válvula multipuerto, el flujo del pozo no es interrumpido cuando se abre la línea para prueba, los demás pozos siguen produciendo de la misma manera. La automatización es simplificada con el actuador de la válvula multipuerto se reducen horas de operación y mantenimiento también se reducen los riesgos relacionados con salud, seguridad y medio ambiente.⁷

1.3 ANÁLISIS TÉCNICO PARA LA MODERNIZACIÓN DE LOS SISTEMAS ACTUALES DE DISTRIBUCIÓN EN UN CAMPO DE ECOPETROL.

Actualmente Ecopetrol cuenta en sus facilidades con los sistemas tradicionales de recolección, los Manifold de producción. El propósito de este trabajo es colocar a disposición otra alternativa más rentable, automatizada, actualizada y confiable en los campos de producción de Ecopetrol.

Para ser más eficiente en el estudio se escogió un campo de Ecopetrol y de esta forma centralizar la propuesta en un solo campo, El Campo Castilla. No obstante este estudio también podrá servir de ejercicio para cualquier otro campo de producción que esté interesado en cambiar sus sistemas actuales de Manifold de recolección y distribución.

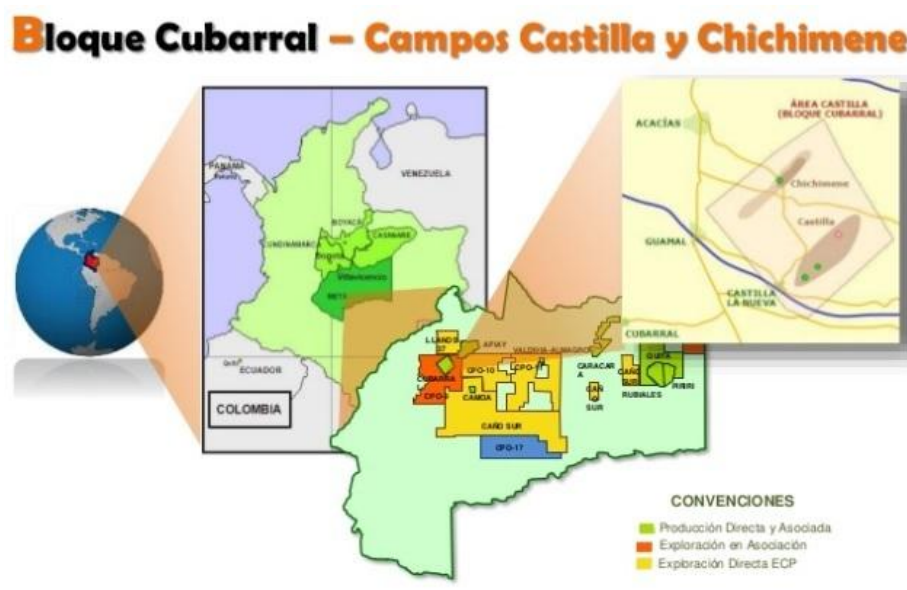
⁷SCHAFBUCH, Paul, et al., Emerson White Paper, Multiport flow selector optimises oil and gas production testing, November 2012, www.instrumentation.co.za, p. 68

1.3.1 Ubicación del Proyecto

El Campo Castilla se encuentra ubicado a 30 km al sur de la ciudad de Villavicencio en departamento del Meta en la jurisdicción del municipio Castilla la Nueva-acacias y dentro de la cuenca de los ríos Guamal y Orotay correspondientes a los llanos orientales. Luego de pasar por Acacias y en recorrido de 8 km se gira a mano izquierda por una vía secundaria totalmente pavimentada llegando al municipio de castilla la nueva.

El municipio se encuentra limitado al oriente: con el municipio de San Carlos de Guaroa; al occidente: con el municipio de Guamal; al norte: con los municipios de Acacias y San Carlos de Guaroa y al sur: con el municipio de San Martín. (Ver imagen 5).

Figura 5. Bloque Cubarral – Campos Castilla y Chichimene



Fuente: Ecopetrol GEC

Es uno de los campos de mayor producción del país actualmente se mantiene con un promedio diario de 120.000 barriles, se ha logrado mantener a pesar de la crisis petrolera que está sucediendo por causa de la caída vertiginosa de los precios internacionales del petróleo.

1.3.2 Condiciones de trabajo actuales en el campo de Producción

El Campo Castilla con la producción actual cuenta con las siguientes condiciones de trabajo:

- La temperatura que se tiene en campo es de 180°F.
- Los fluidos que manejan los pozos o corrientes en el campo Castilla, pueden ser de bajo corte de agua o alto corte, es decir 10%-95%.
- Aguas arriba de la estación no se utiliza diluyente, pero en la estación hay válvulas que pueden llegar a manejar nafta.
- Cada clúster puede estar en promedio entre 5-8 pozos.
- En campo Castilla hay 92 múltiples que recogen la producción de los pozos ubicados en 71 clúster.
- Hoy en día el sistema contempla colectores satelitales en clúster en campo, que se soportan en un colector principal de 16" y un colector que se alinea a prueba con medidores Coriolis.
- El sistema utilizado principalmente es Bombeo Electrosomergible para la extracción de crudo extra pesado que hay en esta zona.
- Comprende 500 pozos productores de 120 mil barriles por día que salen de tres estaciones: a) Estación castilla uno b) Estación castilla dos c) Estación acacias.
- Recibe el fluido de la zona norte del yacimiento construida directamente por Ecopetrol.
- En este campo hay pozos de más de 20 años.
- La actividad de los pozos es la siguiente: pozos productores 362, pozos abandonados 2, pozos perforados 368, pozos inyectoros 2, volumen de agua de inyección 70000 bwpd
- Sistema de levantamiento: en Castilla los pozos se trabajaban con bombeo mecánico como medio artificial, pero también cuenta con un medio natural que es el agua por su alta presión que mantiene en este campo debido a las distintas

fallas del terreno. En los últimos años se ha trabajado con el sistema electro sumergible con el fin de incrementar la tasa de extracción.⁸

- El crudo que produce el Campo Castilla está en el rango de 12.5° API a 18° API.
- Otras propiedades del Fluido en Campo Castilla son descritas en la tabla 4.

Tabla 4. Propiedades de Fluidos del Campo Castilla

CAMPO	CASTILLA LA NUEVA
Espesor Petrolífero Original	25 – 45 pies
Índice de Productividad	0.1 a 2 bodp/psi
Porosidad	19%
Permeabilidad	1.180 md
Gravedad API	12.5 API
Reservas	800 – 1000 MBIs.
OOIP	6000 – 7000 MBIs.
Temperatura @ yto	198 °F
Presión original del yto	2830 psi
Mecanismo de producción	Empuje de agua fuerte

Fuente: Ecopetrol S.A.

1.3.3 Descripción técnica de los sistemas actuales de distribución en un campo de Ecopetrol.

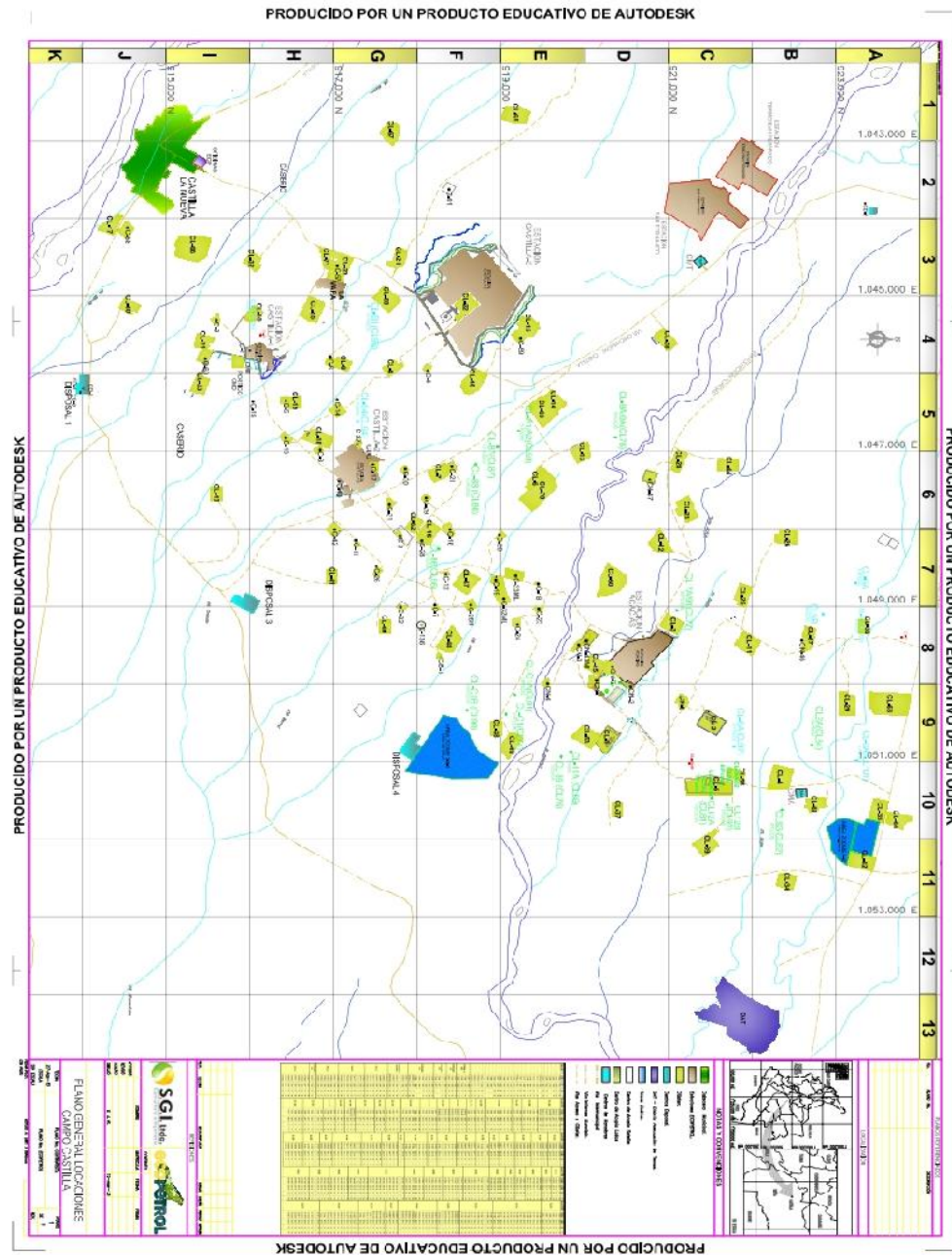
En el campo Castilla de Ecopetrol desde la construcción de las facilidades definitivas, se instalaron Manifold de producción, siendo esta la única opción para emplear en los campos, desde entonces no ha habido ninguna actualización ni automatización.

Ecopetrol perforo el primer conjunto de pozos en agrupamiento desde una misma locación denominada Clúster 1. Este Clúster es un patrón hexagonal con seis pozos desviados y un pozo vertical en el centro para un total de 7 pozos.

⁸Campo Castilla, Tecnología de Manejo de Petróleo y Gas en Superficie, Unidades Tecnológicas de Santander, 2014, <http://es.slideshare.net/robinsonmancilla/campo-castilla>

En la actualidad el campo Castilla se encuentra conformado por 95 clúster, múltiples satélites, dos estaciones de recolección (Estación Catilla 1 y 2) y la Estación Acacias. (Ver figura 6).

Figura 6. Esquema General Campo Castilla



Fuente: Ecopetrol S.A.

2. DIAGNÓSTICO DEL CAMPO DE PRODUCCIÓN DE ECOPETROL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA VÁLVULA SELECTORA MULTIPUERTO

En este capítulo se desarrollara con una descripción de las condiciones de operación del campo Castilla y se dará un diagnostico específicamente de los Manifold de producción que están asociados directamente con esta operación, el objetivo final de este capítulo es lograr definir cuál será el Clúster que servirá para la aplicación de una prueba piloto de la Válvula Multipuerto.

2.1 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO DE PRODUCCIÓN CASTILLA

ESTACIÓN CASTILLA 1

En esta estación el proceso comienza con el manifold de entrada. El Manifold de la Estación Castilla 1, tiene cuatro Cabezales de 6" y uno de 8" habilitados para recibir la producción de los pozos, un Cabezal de 6" que distribuye el crudo proveniente de las Bombas P-101 y P-102 hacia el Tanque de Prueba y los Tanques de Almacenamiento y un Cabezal de 8" que reparte el crudo tratado proveniente de la Estación Castilla 2 hacia los Tanques de Almacenamiento; además el manifold recibe el crudo proveniente de la Estación 2.

El múltiple de entrada (Figura 7) dispone la entrada de los siguientes pozos: CASTILLA 1, CASTILLA 4, CASTILLA 8, CASTILLA 9. El manifold tiene la posibilidad de redireccionar el flujo hacia los precalentadores, el tanque de prueba o hacia el tanque de almacenamiento en el caso del crudo proveniente de Castilla 2.

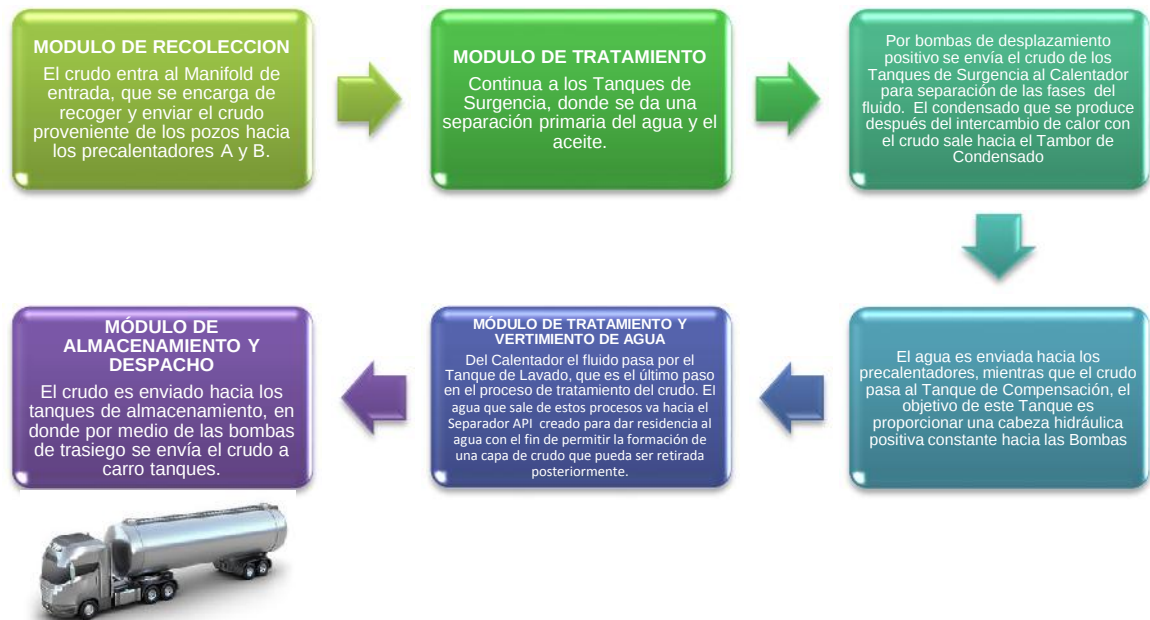
Figura 7. Manifold de entrada en la Estación Castilla 1



Fuente: Ecopetrol

El proceso de tratamiento de crudo de manera general para la Estación Castilla 1 se describe a continuación en la figura 8:

Figura 8. Proceso de Tratamiento Estación Castilla 1



ESTACIÓN CASTILLA 2

En esta Estación el proceso de igual manera inicia con el módulo de recolección (Figura 9). Los pozos del área de Castilla que fluyen hacia la Estación 2, llegan a un manifold de entrada el cual cuenta con 29 llegadas por tuberías que varían en diámetros de 8 a 12 pulgadas.

El múltiple de entrada dispone la entrada de los siguientes pozos: CASTILLA 14, CASTILLA 17, CASTILLA 13, CASTILLA 7, CASTILLA 12, CASTILLA 2, CASTILLA 11, CASTILLA 10, CASTILLA 5, CASTILLA 3, CASTILLA 16, CASTILLA 18, CASTILLA 19, CASTILLA 20, CASTILLA 21, CASTILLA 22, CASTILLA 23, CASTILLA 24, CASTILLA 25H, CASTILLA 26, CASTILLA 27, CASTILLA N1Y N2, CASTILLA E1, De estación 1, CASTILLA 29, CASTILLA 28, CASTILLA 30, CASTILLA 31.

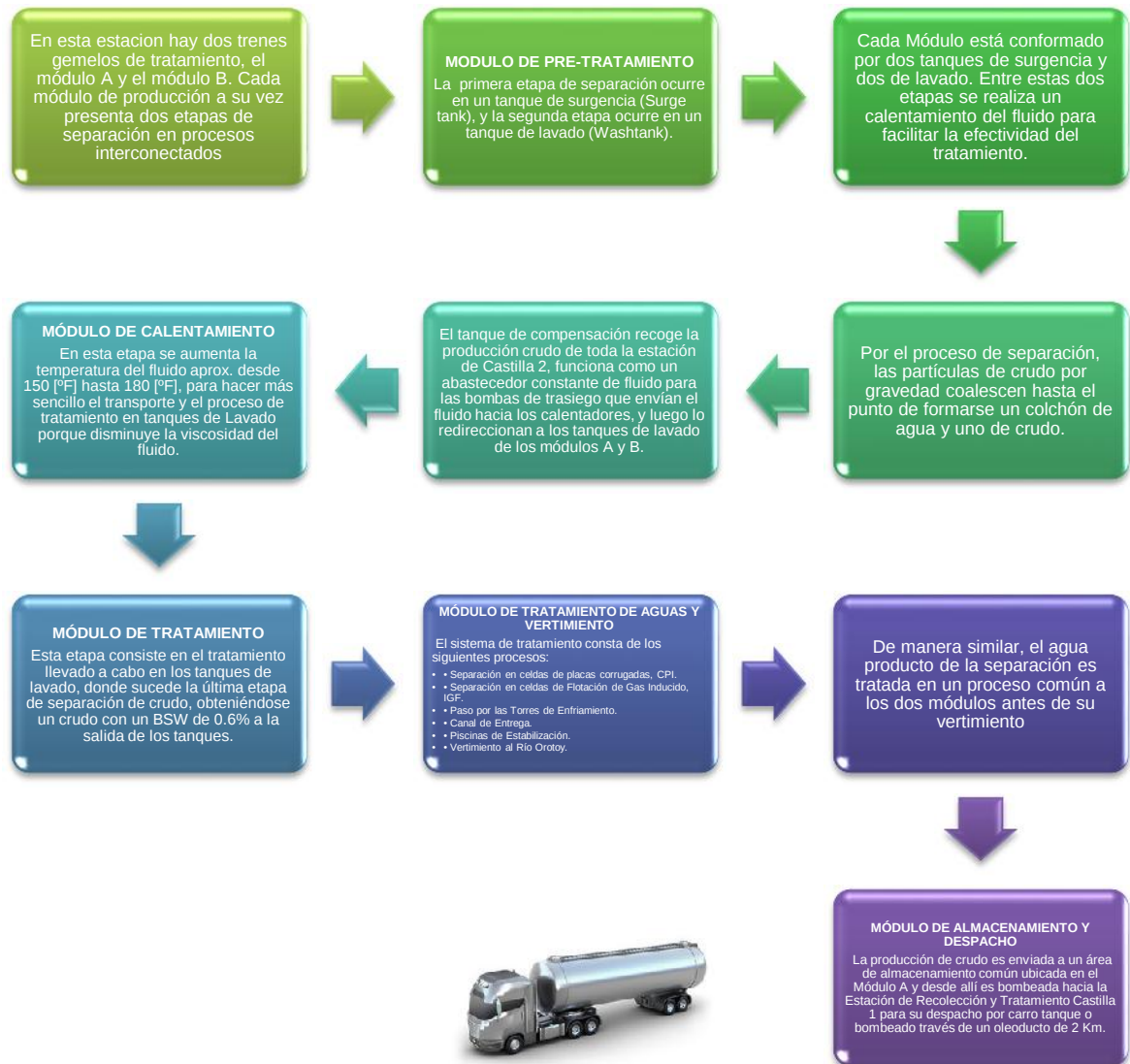
Figura 9. Manifold de entrada en la Estación Castilla 2



Fuente: Ecopetrol

El proceso de tratamiento de crudo de manera general para la Estación Castilla 2 se describe a continuación en el Figura 10.

Figura 10. Proceso de Tratamiento Estación Castilla 2



2.2 FLUJO DE PROCESO DEL SISTEMA ACTUAL

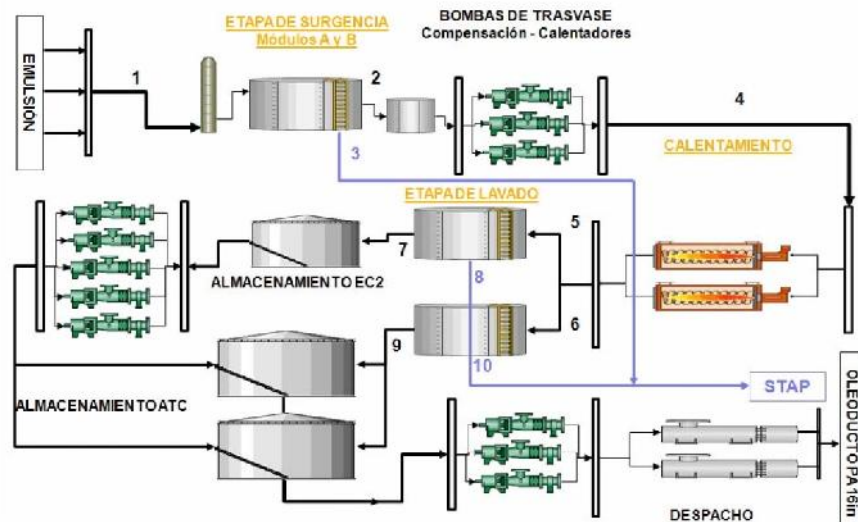
La imagen general de las estaciones Castilla 1 (Figura 11) y Castilla 2 (Figura 12) descritas anteriormente se ilustran a continuación:

Figura 11. Esquema general de la Estación Castilla 1



Fuente: Noticias del Llano, 19 de febrero de 2014

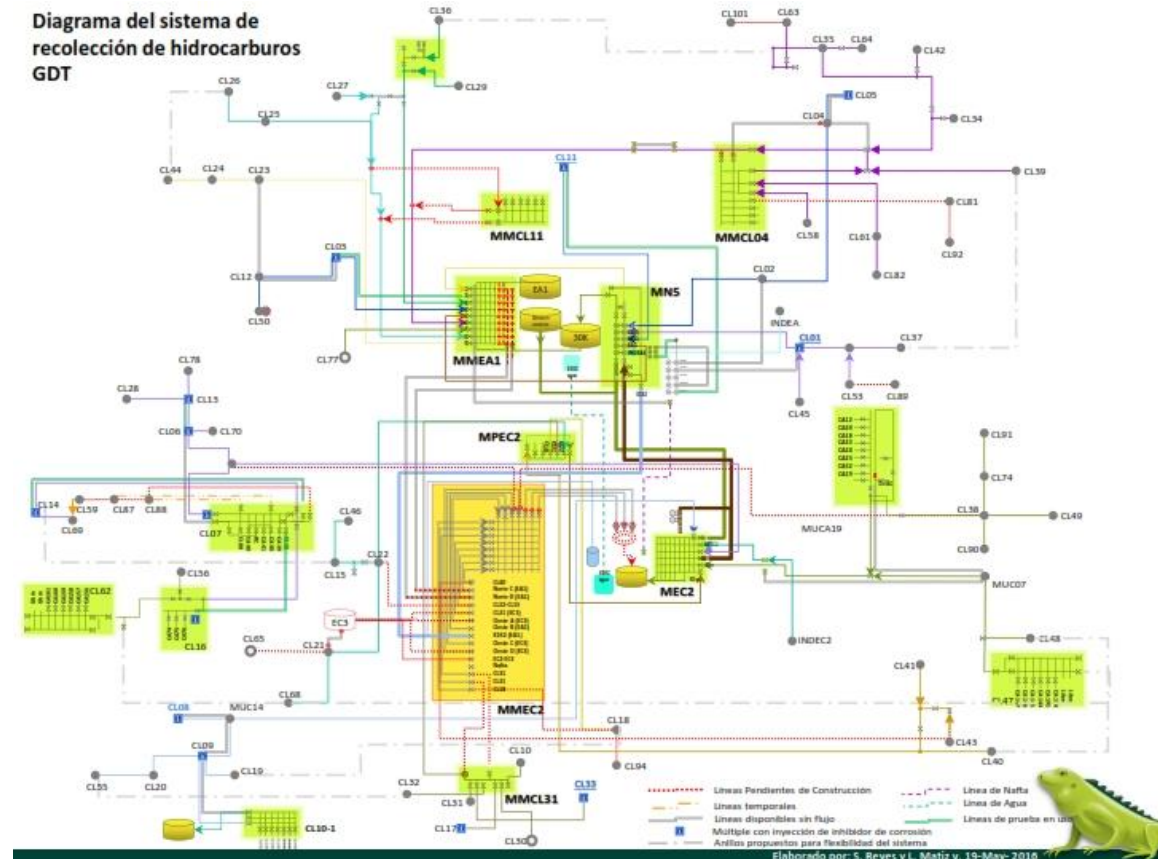
Figura 12. Esquema General de la Estación Castilla 2



Fuente: Ecopetrol S.A.

El diagrama de todo el sistema de recolección donde se describen todos los clúster de campo Castilla se ilustra en la Figura 13:

Figura 13. Diagrama de sistema de recolección de hidrocarburos GDT



Fuente: Ecopetrol S.A.

2.3 IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA PILOTO PARA APLICAR LA VÁLVULA MULTIPUERTO

Después de describir el campo Castilla, el personal de Ecopetrol asignó aleatoriamente como objeto de estudio para presentar la propuesta técnico - comercial, el clúster 10 (Figura 14).

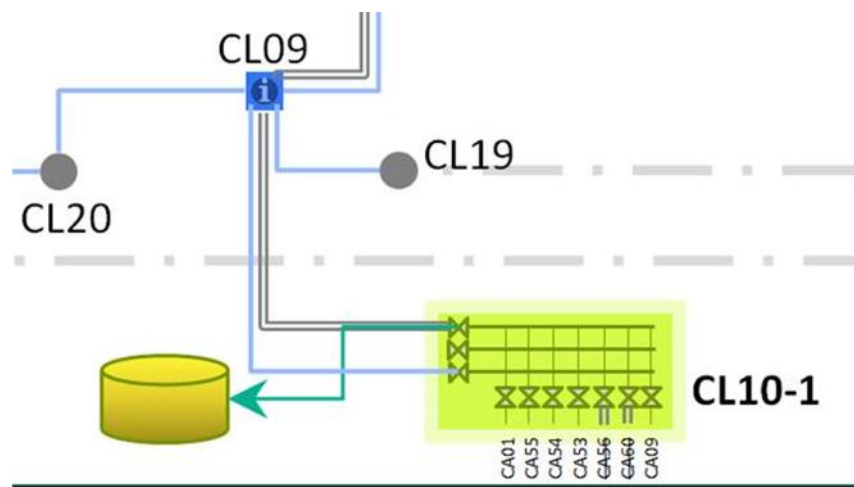
Figura 14. Clúster 10 campo Castilla de Ecopetrol.



Fuente: Ecopetrol S.A.

El Múltiple antiguo de Clúster 10, se encuentra ubicado dentro la Estación Castilla 1. Recoge la producción de los pozos activos Castilla 01 (primer pozo del campo), Castilla 55, Castilla 53 y Castilla 09 (llega a este múltiple pero continua hacia el múltiple de CL09 por línea de prueba de 6"). (Figura 15)

Figura 15. Distribución del CL10



Fuente: Ecopetrol S.A.

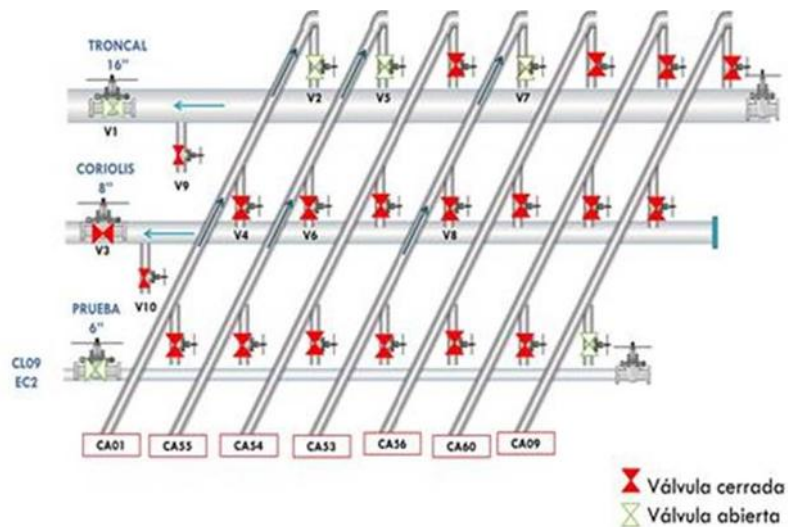
2.4 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL DE MANIFOLD DE PRODUCCIÓN

Se estima que el múltiple de producción relacionado en el Clúster 10 inicio operaciones en el año 2010.

Este representa un sistema de recibo al cual llega el flujoducto de cada uno de los pozos productores asignados a esta estación. Facilita el manejo de la producción total de los pozos que ha de pasar por los separadores como también el aislamiento de pozos para pruebas individuales de producción (cuantificar su producción diaria). Por medio de las interconexiones del sistema y la disposición apropiada de válvulas, se facilita la distribución, el manejo y el control del flujo de los pozos.

El múltiple tiene una configuración tradicional, compuesto de Líneas y Válvulas. Una Línea General (Colector principal): Tubo de mayor diámetro (16 in) en el cual se recolecta la producción de los pozos que llegan, una Línea de prueba (a Clúster 09): Menor diámetro (6 in) usada para aislar la producción de un pozo y medir su producción individual, Líneas de flujo de pozos a múltiple con un Diámetro 6" y la Línea de prueba (Coriolis) Diámetro 8". (Ver figura 16).

Figura 16. Diagrama de líneas y válvulas múltiple antiguo de Clúster 10 – Estación Castilla 1.



Fuente: Ecopetrol S.A.

2.5 CONDICIONES DE LÍNEAS DE FLUJO ASOCIADAS AL MÚLTIPLE SELECCIONADO

Cada una de las líneas de flujo asociadas al múltiple seleccionado junto con su producción diaria, se relacionan en la tabla 5:

Tabla 5. Producción por pozo Clúster 10

ESTACIÓN CASTILLA	BARRILES DE PETRÓLEO POR DÍA	BARRILES DE AGUA POR DÍA	LÍNEA A LA QUE LLEGA
CA01	639 BPPD	3.620 BAPD	Colector 16"
CA53	763 BPPD	10.408 BAPD	Colector 16"
CA55	487 BPPD	10.955 BAPD	Colector 16"
Total	1889 BPPD	24.983 BAPD	
CA09	366 BPPD	9.734 BAPD	Línea prueba 6"

Fuente: Ecopetrol.

La programación de la prueba de pozos, para cada una de las líneas de flujo que ingresan al manifold durante el mes está entre 2 y 3 pruebas de producción a cada uno de estos pozos, con el fin de medir la tasa de producción de petróleo, de agua libre y demás parámetros establecidos por el área de Producción y en cumpliendo a los lineamientos de la ANH.

2.6 DATOS BASE PARA LA SELECCIÓN DE LA VÁLVULA SELECTORA MULTIPUERTO

Con el fin seleccionar correctamente la válvula selectora multipuerto que puede aplicarse en el clúster 10 del campo Castilla de Ecopetrol se tomaron los siguientes datos, expresados en la tabla 6, como base principal en el diseño del equipo:

Tabla 6. Datos para la selección de la válvula selectora multipuerto

DATOS DEL FLUJO			
Presión de Trabajo	30-150 psig (max 200 psig)	Densidad del Crudo	12.5 API
Temperatura de Trab.	130-190 °F	Densidad a 15 °C, g/cc	0,98
Flujo Liquido	2255 BPPD	Densidad del agua	
Corte de Agua	34717 BAPD	Viscosidad del Crudo	A 100 °C, 58 cSt
Flujo de Gas		Viscosidad del Gas	
Corrosión	Si o No	Cumplen NACE MR01 75	Si o No
Presencia CO2	Si o No (%molar)	Presencia H2S	Si o No (ppm)
El flujo del campo:	1517000 BFPD aprox.	BSW:	92% aprox.
DATOS DE OPERACIÓN			
Los diámetros típicos para un clúster en el campo Castilla:	La tubería de asociada a cada pozo (bajante): 6 in		
	Tubería de producción: 16 in		
	Tubería de prueba: 6 in		
Conexión	RF		
Clase ASME/ ANSI	300 #		
Tipo de Actuador	Eléctrico		
Suministro de poder	3 fases 60 Hz		
Voltaje	24 V CC - 1		
Tipo	DC		
DATOS DE FABRICACIÓN			
Material de construcción del cuerpo	Carbon Steel A 216WCB		
Material de construcción del rotor	Carbon Steel A 216WCB		
DATOS DEL SKID			
Tipo válvulas de bloqueo	Válvula de bola, construcción flotante de dos piezas de acero al carbono A 216 WCB		
Tipo de válvulas de cheque	Wafer Swing check. Cuerpo de acero al carbono cuerpo A 216 WCB.		
Protocolo de comunicación	MODBUS RTU		

Fuente: Modificado de Equipetrol

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES EN UN CAMPO DE PRODUCCIÓN DE ECOPETROL CON LA APLICACIÓN DE LA VÁLVULA MULTIPUERTO

En este capítulo se analizarán los impactos ambientales y sociales identificados con la aplicación de la válvula selectora multipuerto y la correlación con la descripción del proyecto. Consideraciones que son importantes tener en cuenta para estudiar las afectaciones del proyecto, inicialmente para implementarlo como prueba piloto y después puesta en marcha.

En un primer punto se describió la instalación del sistema propuesto para identificar y valorar los aspectos ambientales y sociales, relacionados con las diferentes actividades que se realizarán para la implementación de esta propuesta con el fin de determinar aquellos aspectos que pueden tener efectos significativos.

Dando la secuencia a este capítulo se identificaron de manera individual los dos impactos importantes para la propuesta, el social y el ambiental de forma tal que se logró obtener un estimado del grado de afectación de la válvula multipuerto sobre los determinados componentes del medio con el que interactúa.

Los impactos evaluados en esta propuesta se producirán en el Clúster 10, localizado dentro de las facilidades del campo Castilla de la empresa Ecopetrol S.A.

Se determinaron estos impactos de forma rápida en vista que no es el objetivo principal del presente estudio.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE INSTALACIÓN DE LA VÁLVULA SELECTORA MULTIPUERTO EN EL CAMPO DE PRODUCCIÓN CAMPO CASTILLA.

El presente estudio propone la actualización del manifold de producción por una válvula selectora multipuerto en el Clúster número 10 que fue escogido para hacer una primera prueba piloto.

La operación de la válvula requiere de una primera puesta en servicio, para realizar esta actividad es necesario verificar primero que todas las válvulas de bloqueo estén cerradas (son 9 válvulas de tapón), posteriormente se abren una por una las siete válvulas de bloqueo de entrada a la válvula selectora multipuerto, el siguiente paso es abrir la válvula de bloque en la salida de producción y por último la válvula de bloqueo de la salida de prueba, con todas las válvulas abiertas la multipuerto está lista para ser operada local o remotamente.

A esta válvula llegarían las líneas de flujo de los pozos Castilla 01, Castilla 55, Castilla 53 y Castilla 09. La imagen teórica de la distribución de los pozos en el clúster 10 con válvula multipuerto se ilustra en la Figura 17.

Figura 17. Imagen que representaría la configuración de la Válvula Selectora Multipuerto para el clúster 10



Fuente: Modificado de Equipetrol

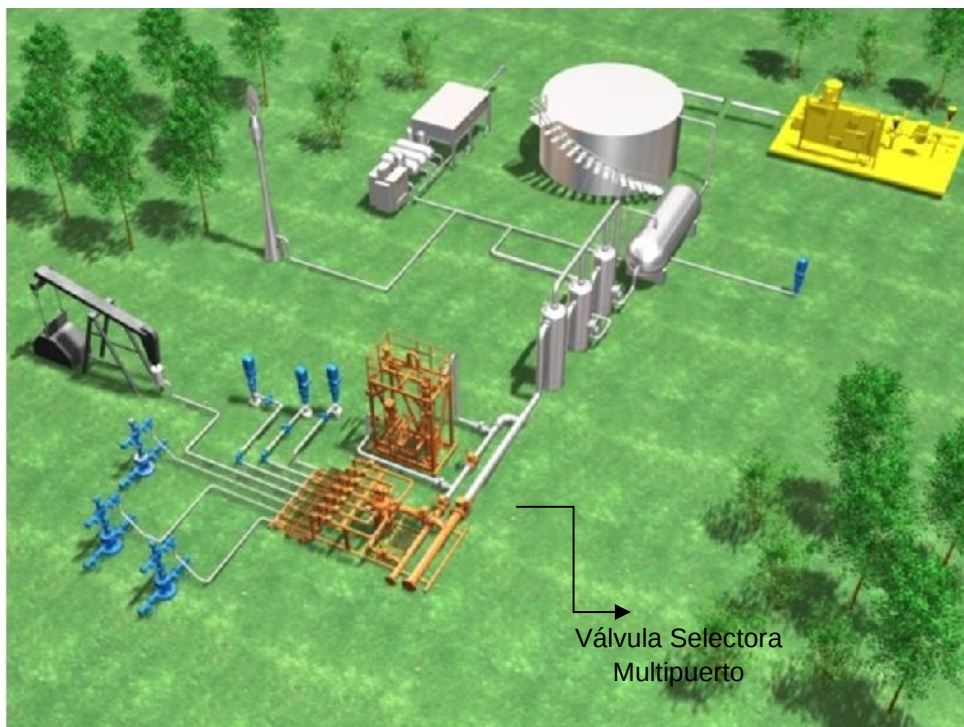
Las actividades a realizar antes del arranque serían las siguientes:

- Retiro del Manifold actual de producción.
- Limpieza del área destinada

- Traslado de la válvula selectora multipuerto en montacargas.
- Instalación de la válvula selectora multipuerto con las líneas de flujo.
- Asegurar que el tablero esté limpio y los cables bien arreglados
- Verificar el alambrado y los puntos de conexión para señales de campo.
- Verificar la integridad de todos los componentes.
- Verificar que las entradas y las salidas de la válvula estén conectados correctamente.
- Asegurar que todos los terminales de conexiones están apretados, seguros y debidamente identificados.
- Verificar la continuidad eléctrica de todos los componentes.
- Verificar el sentido de giro de la válvula, el cual debe ser anti-horario
- Encendido de la Válvula y puesta en marcha

En la Figura 18, se observa la configuración de la válvula selectora multipuerto en el campo de producción de Ecopetrol después de realizado el procedimiento anterior.

Figura 18. Ilustración de válvula multipuerto, colocada en la facilidad de producción



Fuente: Equipetrol

La válvula selectora multipuerto trae una disminución del impacto total de la obra, ya que al venir los Sistemas de Producción paquetizados y totalmente fabricados en taller, se requiere menos fabricación de conexonado en campo, con menor cantidad de personal y durante menos tiempo total.

3.2 IMPACTO SOCIAL DEL CAMPO DE PRODUCCIÓN CON LA APLICACIÓN DE LA VÁLVULA MULTIPUERTO.

Desde el punto de vista Social los impactos que surgen con la aplicación de la válvula multipuerto son los siguientes:

- Bajas expectativas de empleo

En un proyecto nuevo este punto es considerado como uno de los efectos relevantes en el área del proyecto; sobre todo en lo que respecta a los nuevos puestos de trabajo.

En vista que la válvula multipuerto ya viene automatizada el requerimiento de personal es mínimo hoy en día las empresas buscan reducir costos para brindar precios accesibles. Una manera fácil y eficiente de lograrlo es automatizar los equipos, pues las máquinas no requieren descansos ni horas de comida y en algunos casos, son más eficientes que los humanos.

La instalación de la válvula no demandará mano de obra adicional, ni en la instalación, ni en la puesta en marcha, debido a que todo el equipo llegara directamente de la fabrica en un montaje sobre skid completo probado y monitoreado desde el laboratorio de pruebas con los más altos estándares de calidad, lo que permite asegurar la calidad ofrecida por el fabricante.

Cuando la válvula es entregada en campo solo es necesario una persona que realice la instalación y junto a él estará un auxiliar y un montacargas para realizar los movimientos del skid, no son necesarios ni soldadores, ni cuadrillas de trabajadores adicionales. A

pesar de que este es un impacto positivo para el proyecto también puede generar ciertas molestias a los contratistas intervenidos.

- Riesgo de accidentes laborales

El riesgo de ocurrencia de accidentes laborales estará presente desde el momento en que se inicia el proyecto, se mitigara con los entrenamientos de cero accidentes laborales; no obstante, se prevé el mayor riesgo durante la fase de instalación ya que implicara la movilización del equipo en montacargas desde el almacenamiento hasta el punto de instalación de trabajo lo que podría generar un grado de probabilidad de accidentes.

No obstante, las medidas de seguridad a ser implementadas por la empresa fabricante y la fiscalización que ejercerá la compañía operadora disminuirán la ocurrencia de este tipo de eventos.

- Desplazamiento de personas e impacto económico

Toda obra de ingeniería especializada requiere de personal específico para su materialización, por lo que se necesitara un desplazamiento de un Ingeniero que viene directamente de la fábrica hasta el punto de trabajo en Campo Castilla donde se instalara la válvula multipuerto, se realizara un solo viaje que incluirá todas las actividades descritas de instalación, comisionamiento y puesta en marcha.

Para este desplazamiento el Ingeniero se alojará en un hotel en el municipio de Castilla La Nueva, creando así una potenciación de las actividades económicas de la zona. Se asume que los costos de estadía y/o alojamiento y la alimentación, van por cuenta de la empresa Operadora en vista que no se tiene información completa de estos valores. En definitiva, durante la instalación del proyecto no existirá movimiento permanente de población de la clase obrera.

En la etapa de operación del proyecto, es posible que solo sea necesario un operador que se encargara vía remota de monitorear la operación de la válvula multipuerto, fiscalizando las condiciones establecidas y dando la apertura o el cierre de la programación de los pozos a prueba.

Para el desplazamiento diario de personal hacia y desde el campo Castilla en la etapa de operación, se asumirá que Ecopetrol contara con el personal que actualmente se encuentra laborando para la compañía, para lo cual su evaluación en esta propuesta no quedara incluida porque no es el enfoque inicial. Por lo tanto, no se dedicará una sección para la evaluación de este impacto.

- Generación de empleo y potenciación de las actividades económicas

Durante la etapa de operación del proyecto para suplir las necesidades operativas se suspenderán algunas cuadrillas de trabajo permanentes, aparte de los empleos temporales que se realizan actualmente para los mantenimientos, soldaduras, etc. La válvula multipuerto no necesita de mantenimientos específicos, solo se realizaran algunos preventivos. Así que desde el punto de vista del proyecto este impacto puede ser positivo, en cuanto a reducción de costos de personal.

3.3 IMPACTO AMBIENTAL DEL CAMPO DE PRODUCCIÓN CON LA APLICACIÓN DE LA VÁLVULA MULTIPUERTO

La evaluación de los impactos ambientales que se pueden producir por las actividades de Instalación de la prueba piloto y puesta en marcha del proyecto de la válvula multipuerto, seguirá el siguiente procedimiento: identificación, caracterización y valoración de los impactos.

3.3.1 Identificación y selección de los impactos ambientales

El proceso de identificación de los impactos ambientales se realizó de acuerdo a los pasos descritos en la Figura 19:

Figura 19. Pasos para se realizaron para identificar los Impactos Ambientales



- *Acciones del proyecto generadoras de aspectos ambientales*

En la tabla 7, se presentan las diferentes actividades que se desarrollaran en la instalación de la válvula, agrupando las mismas en su respectiva etapa del proyecto, e indicando el medio del componente ambiental que resultará afectado por los efectos que generan los aspectos ambientales.

Tabla 7. Actividades Impactantes para la Instalación de la Válvula Selectora Multipuerto.

ACTIVIDADES DEL PROYECTO	ACCIONES IMPACTANTES	MEDIOS AFECTADOS
ETAPA INSTALACIÓN		
Retiro Manifold actual	-Utilización de Montacargas para retiro del Manifold.	<u>Físico:</u> Suelo <u>Perceptual:</u> Paisaje
Limpieza del área	-Despegue del área de operación.	
Traslado al Campo de la Válvula Multipuerto	-Traslado en Montacargas.	<u>Físico:</u> Suelo
Colocación e instalación skid completo de la Válvula Multipuerto	-Descargue de la Válvula en el lugar designado.	<u>Físico:</u> Suelo
Conexión de las líneas de flujo a la Válvula Multipuerto	-Ingeniero y ayudante conectando con llave cada línea de flujo.	<u>Perceptual:</u> Factores Socioeconómicos
Aseguramiento de tablero y cables	-Ingeniero y ayudante asegurando y revisando cableado	<u>Perceptual:</u> Factores Socioeconómicos
Verificación conexiones, alambrado, integridad de los componentes	-Ingeniero, repasando las condiciones de operación optimas para el arranque.	<u>Perceptual:</u> Factores Socioeconómicos
Asegurar conexiones seguras e identificadas	- Ingeniero y ayudante asegurando conexiones para evitar fugas	<u>Perceptual:</u> Factores Socioeconómicos
Verificar continuidad eléctrica de los componentes y sentido de giro de la Válvula	- Ingeniero y ayudante verificando conexiones eléctricas que puedan ocasionar daños al personal o al equipo	<u>Perceptual:</u> Factores Socioeconómicos
ETAPA PUESTA EN MARCHA		
Encendido y puesta en Marcha	Encendido de la válvula multipuerto	<u>Perceptual:</u> Factores Socioeconómicos
Operación	Operación remota de la válvula Multipuerto	<u>Perceptual:</u> Factores Socioeconómicos

3.3.2 Caracterización de los impactos ambientales

De acuerdo al Impacto que se tendrá en las actividades de instalación de la válvula selectora multipuerto descritas anteriormente, se puede determinar la siguiente caracterización:

- Aumento de los niveles de ruidos

Durante la etapa de instalación y operación no se producirán aumentos de los niveles de ruidos debido a la sencillez de la operación de la válvula, adicionalmente se podrá operar remotamente desde la oficina de operaciones.

Los equipos móviles, constituidos por el montacargas principalmente que acceden hasta el punto de instalación, afectaran a las personas que desarrollen labores próximas al punto de operación de la válvula, pero esta actividad se realizara en un tiempo muy corto, solo durante la movilización que no afectara los niveles de ruido en el resto del día.

- Alteración de la calidad del aire por emisiones de particulados y gases

Para la etapa de traslado de la válvula multipuerto se verá alterado un poca cantidad la calidad del aire solo en el área de influencia de la vía de acceso, debido al paso del montacargas, puesto que esto implica una movilización del equipo y dependerá de gran medida del estado que se encuentre la vía.

- Afectación del suelo por contaminación

En la etapa de retiro del Manifold de producción actual quizás pueden caer al suelo desechos líquidos de hidrocarburos que se encuentran alojados en cada una de las líneas de flujo de los siete pozos. Este impacto es en menor escala, puesto que para hacer esta actividad es necesario que haya una parada de producción mientras se realiza la operación de cambio de equipos.

El desarrollo de las actividades de instalación y puesta en marcha de la operación, pueden generarse diversos desechos sólidos que si no son tratados y dispuestos adecuadamente, podrían convertirse en fuentes de contaminación de los suelos.

Ya con la válvula multipuerto en funcionamiento los derrames por mantenimiento u operación se disminuyen a cero, por el diseño de fundición de la válvula en un solo cuerpo fundido.

- Derrames de combustibles

Las políticas de pruebas y control tanto de la fábrica como de la empresa Operadora, así como los sensores y válvulas de todo el skid garantizan que el impacto por derrame de combustibles durante el proceso de desarrollo de cada una de las actividades mencionadas, sean mínimas en caso de un accidente o falla de un componente por lo que las posibilidades de contaminación son muy pequeñas.

- Área ocupada

El diseño de la válvula multipuerto ya instalada ocupa menos espacio que el manifold tradicional por lo tanto el área optimizada minimiza el impacto ambiental en cuanto al paisaje y contaminación visual.

3.3.3 Valoración de los impactos ambientales

La valoración de los impactos ambientales se presenta de los diferentes actividades descritas anteriormente y busca calificar en la siguiente matriz de impactos (Tabla 8) desde el punto de vista del proyecto positivamente si hay una mitigación o mejora versus el sistema actual de manifold de producción o negativamente si implica una invasión al medio ambiente.

Tabla 8. Matriz relación entre actividades y posibles impactos en la etapa de instalación de la Válvula Selectora Multipuerto.

Proyecto: Instalación Válvula Selectora Multipuerto				Componentes del proyecto							
Matriz relación entre actividades y posibles impactos en la etapa de instalación de la Válvula Selectora Multipuerto.				Punto de Instalación Válvula Multipuerto y Puesta en Marcha							
Fecha: 3 de Mayo de 2016				Retiro de Manifold	Limpieza del Área	Traslado y colocación de la Válvula en el área	Conexión líneas de flujo	Aseguramiento y verificación de alambrado, conexiones y componentes	Verificación continuidad eléctrica	Encendido y puesta en marcha	Operación
Medio Afectado		Impactos	Signo								
Físico	Agua	Contaminación de alguna fuente hídrica cercana	(+)	X	X						
	Suelo	Afectación del suelo por contaminación de Crudo	(-)	X							
		Afectación del suelo por compactación	(+)		X	X					
	Aire	Aumento niveles de ruido	(-)	X	X	X					
		Alteración de la calidad del aire	(-)	X	X	X					
Biótico	Fauna	Afectación a Ecosistemas	(+)	X	X	X					X
Socio Económico y Cultural		Generación de empleo	(+)				X	X	X	X	X
		Afectación de las actividades cotidianas por los trabajos de instalación	(+)	X	X	X					

4. PROPUESTA COMERCIAL

Este capítulo tiene la finalidad y el objetivo de plantear la propuesta comercial para la modernización del clúster 10 reemplazando el manifold tradicional por válvula selectora multipuerto. Se describirán las especificaciones del diseño, suministro, fabricación, inspección, pruebas, pintura y entrega de la válvula selectora multipuerto (MSV) montada sobre un skid para el campo Castilla de ECOPETROL.

El skid estará formado por una válvula de selector multipuerto, instrumentación y otros accesorios de tubería. En total la propuesta estará orientada a solo 1 unidad de válvula multipuerto que fue seleccionada en el diagnóstico para realizar el estudio de la prueba piloto.

4.1 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA OPCIÓN MÁS VIABLE DESDE EL PUNTO DE VISTA DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA.

Partiendo de la premisa que esta propuesta está orientada a proponer una modernización de los múltiples de producción por válvulas selectoras multipuerto se evaluara la opción más viable para este sistema. Como se describió en el marco teórico existe la opción de una operación manual, otra semi-automática y automatizada

La válvula selectora multipuerto ofrece soluciones a estos problemas porque contemplan un sistema donde se integra la mecánica, la electrónica y la automatización. Los paquetes automatizados ya vienen preparados de fábrica para atender cualquier necesidad de automatización y lograr óptimos niveles de rendimiento operativo en los campos petroleros.

La presente propuesta se enfocara como mejor opción seleccionada en la válvula selectora multipuerto totalmente automatizada.

4.2 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE MEJORAMIENTO DEL POZO CON VÁLVULA MULTIPUERTO.

La solución automatizada ya viene totalmente paquetizada sobre un skid petrolero. Cada skid tiene la disposición para conectar hasta siete líneas de flujo de los pozos en el campo.

Cada una de las siete líneas del skid de la *Multiport Selector* de válvula (MSV) va conectado a un puerto de entrada que está provisto de una válvula de bloqueo, una válvula de retención, la conexión de proceso para un medidor de presión, un indicador de temperatura y la conexión requerida para tuberías y montaje. Adicionalmente la válvula cuenta con dos líneas de flujo, la primera línea de prueba y la segunda línea general de producción, cada una está provista de una válvula de bloqueo, la conexión de proceso para un manómetro de presión (transmisor) y un indicador de temperatura (transmisor). (Ver figura 20).

Figura 20. Válvula selectora Multipuerto sobre skid



Fuente: Equipetrol

La MSV se va a operar de forma remota desde la Sala de Control de Área (ACR). La posición de la MSV y las cantidades de petróleo, agua y gas producidos calculados en el equipo neto de petróleo se transmitirán a la ACR a través de una RTU de deslizamiento.

Todo el sistema está montado y debidamente soportado en un tramo de acero soldado para facilitar el transporte y la instalación. Tiene la elevación para permitir que todo el skid pueda ser levantado por una grúa y de igual forma el montaje cuenta con las escaleras de acceso requerido y la plataforma para la operación fácil de las válvulas de seguridad. El skid también incluya un abrigo del sol para el actuador electrónico de la MSV. Como se muestra en la figura 18.

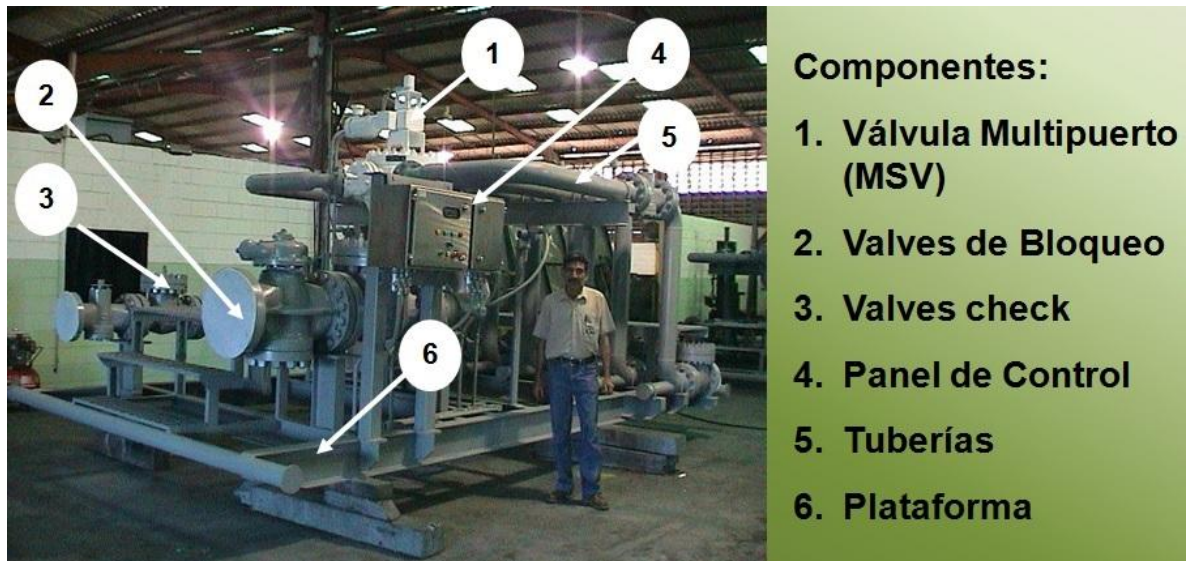
4.2.1 Equipos y servicios

El montaje incluye los siguientes equipos y servicios (Figura 21):

- El diseño, ingeniería, fabricación, certificación y garantía del equipo completo incluyendo documentación de todo el skid como se ha mencionado.
- Adquisición de materiales.
- La tubería interconectada con todas las válvulas y accesorios, soportes de tuberías y estructurales. Sombrilla para el actuador y el panel dentro de la plataforma.
- Arrancadores de motor 24V DC, con botones de presión de inicio / parada. Copia de seguridad de las baterías
- Cableado de potencia y control dentro de la plataforma.
- El trabajo de instrumentación incluyendo válvula selectora multipuerto según la hoja de datos, conexión para el montaje de todos los elementos de instrumentación para el skid.
- El flujo del sistema de medición situado sobre el skid o fuera de este. El flujo de aire (si es necesario) y sensor de corte de agua.
- RTU (opcional)
- El cableado interconectado entre los instrumentos de arrastre y el RTU. (Opción)
- Inspección de la unidad en todas las etapas y después de la finalización incluyendo las pruebas.
- Prueba hidrostática sobre todo el skid.
- Preparación de la superficie y pintura del skid (revestimiento).
- Preparación para el transporte y conservación.

- Embalaje
- Suministro e instalación de plataformas / pasarela en el skid.
- Placa con los detalles de las características técnicas de la válvula multipuerto.
- Pernos para el anclaje a tierra.
- Cualquier accesorio especial de elevación tales como vigas separadoras y eslingas.
- Ajuste de sellado.
- Las herramientas especiales, en su caso, para la instalación, comisionamiento, mantenimiento y puesta en marcha.

Figura 21. Componentes de un skid de producción



Fuente: Equipetrol

4.2.2 Servicios de Ingeniería

Los servicios de ingeniería que se incluyen en esta propuesta, pero no necesariamente limitantes son los siguientes:

- Resolver las cuestiones relativas a los equipos de ingeniería en el ámbito de suministro.

- Proporcionar el diseño detallado completo y las especificaciones de referencia, normas y / o las hojas de datos para todos los equipos y componentes.
- Inspección y pruebas, junto con la certificación de materiales.
- Asegurarse de que todos los equipos suministrados cumplen con los requisitos de las especificaciones y los estándares.
- Proporcionar parámetros de diseño de bases e instalaciones de elevación aérea.
- La prestación de garantía de rendimiento del proceso y la garantía de la mecánica completa del equipo.
- Informes sobre la marcha de equipamiento, informes de inspección de terceros, etc.
- La prestación de servicios de agilización de todos los sub-proveedores y asegurar oportuna y apropiada ejecución de la tarea.
- Asistir a la reunión de coordinación de los detalles de diseño.
- Coordinar con el consultor de diseño de Ecopetrol para todas las cuestiones técnicas de diseño.
- La prestación de garantía de calidad para todos los sub-proveedores con respecto a la norma ISO 9001: 2008.

4.2.3 Normas aplicables, especificaciones y códigos

La fabricación de la válvula selectora multipuerto cumple con los siguientes Códigos y Normas internacionales:

- ASME Sección V Examen no destructivo
- ASME Sección IX Calificación de procesos de soldadura
- ASME B 16.5 Bridas de tubería y accesorios de bridas
- ASME B 31.3 Código para la tubería de proceso
- AWS D1.1 Código de Soldadura Estructural - Acero
- BS 5135 Procesos de soldadura de arco de carbono y acero al carbono manganeso
- NACE MR0175 / ISO 15156 Sulfide stress cracking resistant metallic materials for oilfield equipment

- ISO 10474 Certificados de Pruebas de Materiales
- ISO 9001:2008 ISO Sistema de Calidad

Algún requisito adicional a estas normas, a las especificaciones relacionadas, a los estándares, los códigos y las hojas de datos se solicitara aclaración antes de proceder con la fabricación de las partes afectadas.

4.2.4 Diseño del equipo

El diseño se realizara bajo los siguientes lineamientos:

- Todos los componentes deberán ser apoyados adecuadamente sobre el skid para permitir la expansión térmica debido al aumento de la temperatura ambiente.
- El anclaje de la MSV y la tubería se debe hacer para evitar vibraciones debidas al posible efecto de martilleo de líneas de flujo. Se diseñara los orificios de entrada MSV para dar cabida a la fuerza axial de 400 Kgf (mínimo) por el puerto de la línea de flujo conectado.
- Las conexiones del skid finalizaran con bridas (brida ciega o según sea el caso) no podrán sobresalir más allá y se formularán, preferiblemente al ras de los bordes del skid.
- Todas las tuberías deberán tener un soporte adecuado para el transporte y operación.
- Las válvulas de las líneas de drenaje pueden ser o bien válvulas de bola o de compuerta.
- En los sistemas de tuberías de desagües de válvulas y conductos de ventilación se instalarán en los puntos bajos y altos, respectivamente, a efectos operativos y cuando sea posible, para pruebas hidráulicas del sistema de tuberías antes de la operación.
- En todos los casos las tuberías de drenaje y ventilación los puntos deberán estar cerrados, es decir, provisto de una válvula y la brida ciega.

4.2.5 Fabricación y montaje

Para la fabricación y montaje se toman en consideración, los siguientes puntos:

- Toda la soldadura, montaje e instalación de tuberías dentro del skid deberán cumplir con los requisitos del capítulo V, ASME B31,3.
- La soldadura se lleva a cabo sólo por soldadores cualificados. Se mantendrá un registro de las pruebas de calificación de desempeño soldador.
- Todas las soldaduras se realiza de acuerdo con los planos de fabricación.
- Una placa de identificación en acero inoxidable fijado a la paleta, indicando número de pedido, número de equipo, el tamaño, índice de presión, clase de tuberías, año de fabricación, nombre del fabricante y el peso bruto del skid.
- El tramo de acero del skid es tipo trineo será de pieza soldada. Este deberá ser capaz de soportar el peso total del skid para la elevación.
- El skid será suficientemente rígido de tal manera que no se desvíe durante la elevación. Las argollas de elevación deberán estar diseñados para levantar el peso total de la plataforma.
- El skid estará provisto de abrigo del sol para el motor y el panel de control.

4.2.6 Instrumentación y control

La válvula selectora multipuerto se destinara a ser utilizado como una unidad de válvula automática de las líneas de flujo de pozos de petróleo. El actuador de la válvula permitirá de manera automática realizar las pruebas de pozo de acuerdo a la programación de operaciones.

El skid estará provisto de un dispositivo de accionamiento de motor eléctrico, será operado a distancia y será compatible con RTU para comunicarse. Las características más destacadas del actuador eléctrico son las siguientes:

- Este acepta entradas de la estación de control local, mientras que en modo remoto, tiene la capacidad de aceptar la señal remate de RTU. En caso de falla de

comunicación con RTU, la Válvula Multipuerto se debe operar a nivel local a través de la perilla de trabajo.

- Este tendrá todos los controles lógicos necesarios e instalaciones de monitorización.
- Calibración local / mantenimiento.
- Configuración de la retención de datos en caso de falla en la alimentación.
- Saltarse un puerto mediante la desactivación del puerto. Si es requerido.

El actuador y todos los accesorios son adecuados para el funcionamiento en condiciones de desierto. Todos los elementos de instrumentación son certificados para su uso en una atmósfera inflamable, Zona 2, grupo de gas 11B, clase de temperatura T4.

4.2.7 Inspecciones

Los requisitos mínimos de las inspecciones de la válvula selectora multipuerto son:

- La verificación de los materiales y la certificación de los equipos de conformidad con los requisitos de especificación.
- La ejecución satisfactoria y libre de defectos superficiales.
- La prueba hidrostática.
- La verificación de los procedimientos de soldadura, las calificaciones del soldador, los resultados de ensayos no destructivos, tablas de tratamiento térmico.
- El examen visual.
- El control de las dimensiones de los equipos / skid según el dibujo aprobado.
- Verificar todos los terminales están marcados con los números apropiados de acuerdo con los aprobados dibujos.
- Verificar que los terminales para el cableado de interconexión entre las unidades.
- Todos los interruptores de selección son inspeccionados para su correcto funcionamiento.
- Verificar todos los certificados eléctricos / instrumentación se ajustan al pliego de condiciones.

- Verificar la configuración del enlace *Modbus* que sea adecuado para la comunicación con el RTU / Skid.
- La válvula se someterá a ensayo de estanqueidad.
- MSV será calibrado y probado para revisar el correcto funcionamiento.
- Limpieza y lavado internos.
- La preparación de superficies y aplicación de pintura.
- La prueba de elevación para el transporte de los equipos.
- La integridad de envío incluyendo el control de suministro de recambios y accesorios, manual de datos del fabricante, los detalles de la placa de características.
- Certificación de materiales de ensayo según la norma ISO 10474 - 3.1B y todos los requisitos adicionales de la requisición.

4.2.8 Pruebas

En esta sección se describen los requisitos mínimos para el control de los dispositivos. Se comprueba la continuidad eléctrica. La válvula es calibrada y configurada para el correcto funcionamiento de todo el equipo. Esto se hace tanto a nivel local en la unidad de control de válvula y de forma remota a través de la interfaz.

Las dos principales pruebas son las siguientes:

- La prueba hidrostática será de acuerdo con las normas y especificaciones con la supervisión de un inspector que presencie la prueba hidrostática. Todas las tuberías de presión hidrotesteadas van con una presión de acuerdo a la norma utilizando agua potable como medio de ensayo.
- *Factory Acceptance Test (FAT)*. Las pruebas de rendimiento se ejecuta en la válvula selectora multipuerto completa con su respectivo actuador. Se presenta el certificado de prueba de fábrica y el certificado de material para válvulas, actuadores y sus accesorios.

4.2.9 Diagrama del proceso de la descripción técnica de mejoramiento del pozo con válvula multipuerto.

El diagrama de proceso resumiendo cada una de las actividades descritas anteriormente esta resumido en la Figura 22:

Figura 22. Diagrama de proceso de la propuesta técnica de aplicación válvula multipuerto



4.3 PROPUESTA COMERCIAL PARA LA ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA DEL MANIFOLD TRADICIONAL CON VÁLVULAS MULTIPUERTO EN UNO DE LOS CAMPOS DE PRODUCCIÓN DE ECOPETROL.

En la propuesta comercial para la actualización tecnológica del manifold tradicional con válvulas multipuerto, se describen las garantías, lugar de entrega, precios y condiciones de pago.

4.3.1 Garantía

La garantía para la entrega de la válvula multipuerto es de 18 meses después de la entrega o 12 meses después de la puesta en servicio, lo que ocurra primero. La garantía cubre:

- El diseño mecánico, la integridad estructural, material y mano de obra.
- Cualquier defecto o mal rendimiento que se observa durante el período de garantía. Se hará todo lo necesario para la reparación o reemplazo de forma gratuita.

Dentro de esta garantía cabe mencionar las siguientes notas:

- Todos los instrumentos están diseñados para funcionar correctamente con un ambiente de 55 °C a 82 °C.
- Todo el equipo e instrumentación están diseñados para soportar las tormentas de arena intensas cargadas de partículas de polvo y arena que pueden durar 10 días en cualquier momento sin ningún tipo de deterioro en la condición o el rendimiento. El polvo fino en estas tormentas de arena puede ser tan pequeño como 2 micras.
- La velocidad del viento se estima que se encuentre a una altura de 10 metros sobre el nivel del suelo.

4.3.2 Entrega

La válvula selectora multipuerto es ensamblada y fabricada en la sede de Houston, Texas, EE.UU. por lo tanto la entrega se realizaría EX-WORK Houston. En un tiempo aproximado de 34 - 38 semanas ARO después de cumplirse las condiciones económicas.

4.3.3 Precio unitario y condiciones de pago

El precio de la válvula multipuerto incluye:

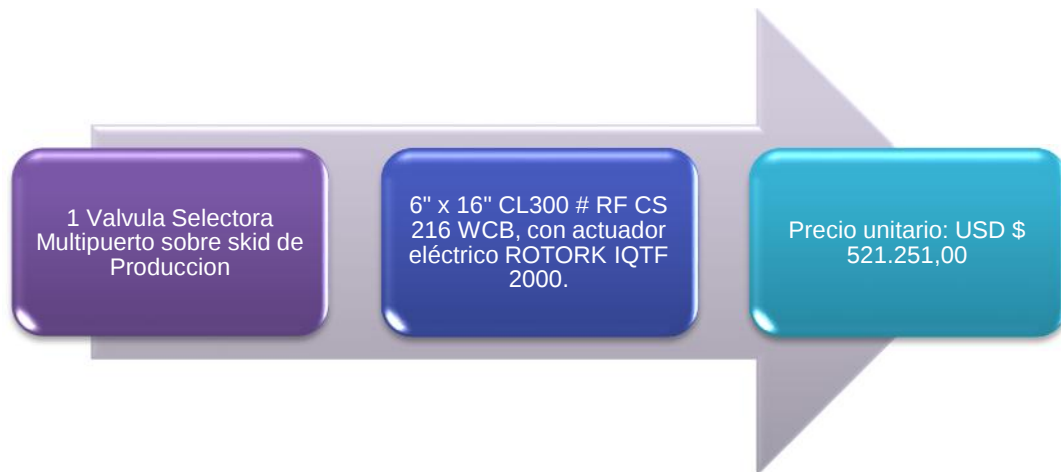
- Prueba de Aceptación en Fabrica (FAT)
- Calidad, Instalación y Documentación de mantenimiento
- Material Certificados EN 10204 Tipo 3.1
- Las Válvulas son certificadas (cuerpo y asiento)
- Prueba de torsión
- Empacando y marcando.
- Todas las válvulas de cheque y de bola

El precio No incluye:

- Asistencia para la prueba de aceptación del sitio, comisionamiento y puesta en marcha.
- Costos de envío
- Gastos de entrega y transporte local.

El precio unitario para la válvula selectora multipuerto en dólares americanos es de: USD \$ 521.251,00 (Figura 23).

Figura 23. Precio unitario para la válvula selectora multipuerto



Los términos de pago son los siguientes:

- 50% Con la orden de compra
- 50% De las pruebas de aceptación en fábrica (FAT)

En el caso que Ecopetrol decida realizar la prueba piloto, la válvula se entregaría en Houston y Ecopetrol sería responsable de los costos de importación, nacionalización temporal y transporte hasta el Campo Castilla.

5. ANÁLISIS ECONÓMICO

En este capítulo se realizara un análisis que comprenderá la situación actual de Ecopetrol desde el punto de vista de producción, mantenimientos y paradas, centrando la información de lo que representa el manifold actual que se encuentra ubicado en el clúster 10 en campo Castilla.

A partir de la información recopilada se dará un resultado económico de lo que le ha costado a Ecopetrol estos mantenimientos y paradas de producción y se presentara la comparación económica adquiriendo la válvula multipuerto para el caso de aceptar y ejecutar la presente propuesta.

5.1 PRODUCCIÓN ACTUAL DEL CAMPO

De acuerdo a documento público emitido por Ecopetrol, el campo de producción Castilla (Figura 24), alcanzó un nuevo récord de producción promedio, al llegar a los 125.699 barriles de petróleo durante el mes de noviembre del 2014.

Figura 24. "Campo de producción Castilla alcanzó nuevo récord de producción".



Fuente: Ecopetrol

Para realizar el estudio más específico, se analizó la producción de los 4 pozos que intervienen en el clúster 10, por lo tanto la producción de estos pozos se relaciona en la tabla 9:

Tabla 9. Relación por pozo de petróleo en el Clúster 10 del campo Castilla

CLUSTER 10				
	Castilla 01	Castilla 53	Castilla 55	Castilla 09
Producción por Pozo (Bpd)	639	763	487	366

5.2 MANTENIMIENTOS ANUALES DEL MÚLTIPLE ACTUAL EN EL CAMPO DE PRODUCCIÓN

En el clúster 10 (Figura 26) se han realizado dos intervenciones en los años 2012 y 2016, para realizar la limpieza de la línea de flujo, bajante spool de 6" y bajante spool del colector de 16", debido a las características del fluido de producción del pozo Castilla 01 que fluye a este múltiple y las incrustaciones que se han presentado en la línea y llegada del múltiple.

Figura 26. Múltiple o manifold de Campo Castilla



Fuente: Ecopetrol S.A.

Los mantenimientos en los equipos, se pueden dividir en dos clases: mantenimientos rutinarios y mantenimientos con paradas de producción.

Los mantenimientos rutinarios son aquellos que se realizan día a día y son el resultado de las inspecciones en el proceso de operación y/o producción. Los mantenimientos con paradas de planta, como su nombre lo indica hace referencia al mantenimiento apagando los equipos a intervenir, provocando un periodo de tiempo sin producción.

Siendo el manifold un equipo que tiene varios componentes susceptibles a mantenimientos, estos se deben realizar periódicamente, por rutina y en algunos casos involucra parada de producción.

Las actividades correspondientes a mantenimientos que se realizan generalmente de acuerdo a la teoría a los múltiples de producción son los siguientes:

- Cegado, apertura y cierre de los múltiples.
- Retiro y transporte de materiales (tuberías, codos, válvulas, bridas, espárragos).
Reemplazo de válvulas.
- Limpieza con agua y química a alta presión.
- Fabricación de spool.
- Ensayo no destructivos (ultrasonido angular y tinte penetrante)
- Limpieza manual mecánica y aplicación de pinturas.
- Identificación de los múltiples.
- Suministro y colocación de concreto
- Remoción y colocación de concreto.
- Construcción de tanquillas de concreto.
- Detección de metales.
- Excavación manual y/o a máquina.
- Construcción e instalación de avisos de seguridad y/o señalización.
- Ejecución de todos los ensayos y/o pruebas de calidad requeridas según los códigos y normas aplicables.

Ecopetrol contempla unos costos operativos para realizar estos mantenimientos, que incluye personal de planta, contratistas, vehículos, piezas y materiales para reemplazar, las herramientas o los servicios para realizar las actividades, abrir y cerrar válvulas para detener la producción, etc.

Estos costos relacionados con la ejecución del mantenimiento y a la duración de las paradas de producción, son variables dependiendo del alcance de los trabajos que se definan.

El presupuesto teórico (estos datos no son reales solo se tomaron de referencia para realizar el estudio), se calculan en base a otros mantenimientos realizados en otras dependencias y a procesos licitatorios en los que se incluye un clúster, los datos sin incluir AIU (Administración, Imprevistos y Utilidad) ni IVA (Impuesto al valor agregado), se describen en la tabla 10:

Tabla 10. Presupuesto teórico para el mantenimiento del Clúster 10

PRESUPUESTO TEÓRICO DE MANTENIMIENTO CLUSTER 10	
Mano de obra (incluye equipos y herramientas), vehículos, Ingeniería	\$278.000.000
Materiales especiales y piezas para reemplazar	\$290.000.000
TOTAL	\$568.000.000

5.3 PARADAS DE PRODUCCIÓN ACTUALES POR CAUSA DEL CLÚSTER

Generalmente en los campos de producción pueden surgir diferentes factores que obligan a las paradas o cierre de las líneas de flujo. Para la presente propuesta solo tomaremos en cuenta, aquellos factores que representen paradas por mantenimientos preventivos y

correctivos, por daños del equipo o de algunos de los componentes del manifold, entre otros que estén directamente afectados por el múltiple.

Se han realizado dos paradas en los años de vida del equipo el primero en el año 2012 y el segundo en el año 2016, para limpieza de la línea de flujo y bajante de 6" y bajante del colector de 16".

Se asume que los mantenimientos realizados en el Clúster 10 tardaron un total en horas y días de acuerdo a la siguiente relación, expresada en la tabla 11:

Tabla 11. Mantenimientos en horas y días de parada

AÑO	HORAS DE PARADA DE PRODUCCIÓN	DÍAS DE PARADA DE PRODUCCIÓN
2012	192	8
2016	192	8

5.4 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE PRODUCCIÓN

El análisis sin el proyecto planteado, con la situación actual de producción, con el múltiple actual debe considerar todos los impactos cuantificables para la operación si no se realiza el proyecto de inversión, por lo tanto se va a realizar una evaluación detallada de las pérdidas potenciales y los costos de operación en que se incurrirá si se continúa con la operación actual.

De acuerdo a la información de las paradas de producción del numeral anterior por mantenimientos u otros aspectos, se puede cuantificar los costos de pérdidas anuales calculando los barriles de crudo sin producir por año por los días de parada por el valor de barril de crudo. De acuerdo a la variabilidad de precios que ha tenido el petróleo estos últimos meses, se tomara de referencia aproximada los 45 USD/BL; por lo tanto las pérdidas serían las siguientes descritas en la tabla 12:

Tabla 12. Análisis económico por paradas de producción en el manifold actual de producción

Año	Producción diaria en el CL10	Días de Parada	Valor del Barril de Crudo Aproximado	TOTAL
2012	2255	8	US\$ 45	US\$ 811.800
2016	2255	8	US\$ 45	US\$ 811.800

5.5 MANTENIMIENTOS DE LA VÁLVULA MULTIPUERTO

Con la válvula selectora multipuerto, ya no se tendrán que realizar los mantenimientos, que se están llevando a cabo en la actualidad, la operación se vuelve remota, comandada desde la oficina de operaciones.

La Válvula Multipuerto es despachada completamente lubricada y engrasada, pero es recomendable verificar el equipo si ha sido almacenado por más de seis meses.

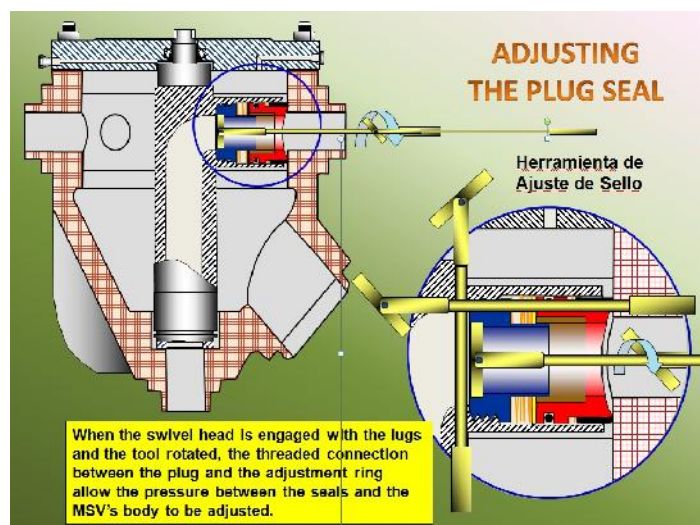
La Válvula en sí misma no requiere mantenimiento, excepto la operación de al menos dos giros completos del rotor una vez a la semana para evitar la acumulación de barros o elementos no deseados en la zona de trabajo del sello del rotor y la lubricación al menos cada seis meses del rodamiento del rotor a través del botón de engrase en la tapa bonete. Antes de intervenir la válvula multipuerto se deben cumplir con todas las exigencias en cuanto a seguridad, higiene y ambiente de los custodios de la instalación y de la unidad responsable de esta actividad en la empresa.

Una vez al año es recomendable realizar un diagnóstico del sello, es importante señalar que de iniciar el trabajo se deben solicitar todos los permisos correspondientes y exigidos por los custodios de la instalación y el personal de seguridad, higiene y ambiente de la empresa

La única operación que se sugiere para la válvula multipuerto, es el ajuste del sello, que es una operación sencilla, primero que todo se asegura que no hay presión en el sistema, después se procede a desapernar la brida del puerto ciego, la cual no se encuentra conectada con ninguna línea de flujo, teniendo la precaución de colocar el envase recolector debajo de la brida para recoger cualquier líquido que pueda ser derramado.

Seguido a lo anterior se realiza la limpieza de la boca de entrada para facilitar la inspección y ubicación del sello, se ubica el rotor alineado con el puerto ciego y finalmente se introduce la herramienta de ajuste de sello. Enganchar las muescas de la tuerca de ajuste y girar el sello en sentido de desajuste (reloj CW), contar las vueltas. Como se ilustra en la imagen 27.

Figura 27. Ajuste del Sello de la Válvula Multipuerto



Fuente: Equipetrol

Mantenimientos del motor Eléctrico y de la Caja Reductora.

El motor y el reductor son unidades comerciales adecuadas para servicio pesado y en atmósferas clasificadas clase 1, División 2, grupos C y D. El mantenimiento requerido es mínimo, estas se limitan fundamentalmente a la revisión periódica del nivel de aceite en la caja reductora y al cambio por el lubricante adecuado al menos una vez al año.

5.6 ANÁLISIS ECONÓMICO CON LA APLICACIÓN DE LA VÁLVULA MULTIPUERTO.

El análisis económico que se realizó en el numeral anterior se analizó desde el punto de vista de las paradas que surgen por los mantenimientos del manifold de producción en el Clúster 10 del campo Castilla. Para este numeral se realizó el mismo ejercicio pero aplicando la válvula selectora multipuerto.

Las paradas de producción por mantenimiento con válvula multipuerto son 0, porque para realizar el ajuste del sello no se requiere apagar a válvula sigue operando y se realizaría en la entrada de flujo 8 de la válvula multipuerto que se sugiere ser ciega, mientras los otros 7 pozos siguen fluyendo con normalidad. Relación del análisis por paradas de producción tabla 13.

Tabla 13. Análisis económico por paradas de producción en la válvula selectora multipuerto

Año	Barriles perdidos por Paradas	Valor del Barril de Crudo Aproximado	TOTAL
2016	0	US\$ 45	US\$ 0
2017	0	US\$ 45	US\$ 0
2018	0	US\$ 45	US\$ 0
2019	0	US\$ 45	US\$ 0

5.7 INVERSIÓN DE EQUIPOS

Las variables de entrada necesarias para la conformación del Flujo de fondos de un proyecto, se basa en gran parte en los costos de inversión analizados y planteados en la planeación de recursos económicos.

Para el cálculo del monto de la inversión, se consideró que el clúster 10 servirá como piloto para que Ecopetrol evalúe la Válvula selectora multipuerto de acuerdo a su rendimiento, funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad como la mejor opción de un sistema de producción y en un futuro cercano poderlo replicar en otros clúster y en otros campos.

Los costos aproximados en los que incurriría Ecopetrol para la compra y puesta en marcha de la válvula selectora multipuerto, son los siguientes expresados en la tabla 14:

Tabla 14. Costos Válvula Multipuerto

DESCRIPCIÓN	COSTO (US \$)
Válvula Selectora Multipuerto, 6" x 16" CL300# RF CS 216 WCB, en Skid de Producción con actuador eléctrico Rotork IQTF 2000	\$ 521.251,00
Importación de la Válvula Multipuerto	\$ 5.354,42
Nacionalización del equipo impuestos y cargos arancelarios	\$ 83.838,23
Transporte desde el puerto de Cartagena a Campo Castilla	\$ 806,45
Instalación, comisionamiento y puesta en marcha	\$4.200,00
TOTAL	\$ 615.450,10

5.8 COMPARACIÓN DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN CON NUEVO PROYECTO VERSUS COSTOS DE OPERACIÓN ACTUALES SIN PROYECTO

Al realizar este tipo de propuestas comparativas, es necesario contemplar dos escenarios:

- a) Análisis sin proyecto (situación actual)
- b) Análisis aplicando el proyecto

Para este estudio es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Perdidas por diferencia de producción
- Costos de mantenimiento preventivo y correctivo en la operación sin proyecto.
- Inversiones de Capital sin proyecto

- Inversiones de Capital del proyecto
- Tasa de descuento (Costo de oportunidad Ecopetrol S.A.)
- Todo el análisis económico se realiza en dólares americanos (USD)
- Se considera la inflación en Colombia para el año 2015 del 6,7% (ver tabla 15)

Tabla 15. Serie anual de inflación para el mes de Diciembre

Serie anual de inflación para el mes de diciembre		
	Mensual	Anual
2005	0,07%	4,85%
2006	0,23%	4,48%
2007	0,49%	5,69%
2008	0,44%	7,67%
2009	0,08%	2,00%
2010	0,65%	3,17%
2011	0,42%	3,73%
2013	0,26%	1,94%
2014	0,27%	3,66%
2015	0,62%	6,77%

Fuente: Datos DANE, construcción Dinero

5.8.1 Análisis sin proyecto (Situación actual - Manifold de Producción)

El análisis sin proyecto debe considerar todos los impactos cuantificables para la operación si no se realiza el proyecto de inversión, es decir, se debe construir una evaluación detallada de las pérdidas potenciales y los costos de operación en que se incurriría si se continúa con la operación actual.

Para cuantificar los costos anuales ya se hizo un primer análisis de de los crudos que se dejan de producir por las actividades de mantenimiento. A partir de esta información, en la tabla 16 se presenta el análisis sin proyecto.

Tabla 16. Flujo de caja - Análisis sin Proyecto

Descripción de la inversión con el Múltiple de producción actual	Flujo de Caja de las Paradas de Producción (Dólares)				
	2016	2017	2018	2019	2020
	0	1	2	3	4
Perdidas paradas de producción múltiple actual	\$ 811.800,00	\$ 811.800,00	\$ 811.800,00	\$ 811.800,00	\$ 811.800,00
Perdidas de Producción	\$ 811.800,00	\$ 811.800,00	\$ 811.800,00	\$ 811.800,00	\$ 811.800,00
Probabilidad de ocurrencia	100%	10%	50%	75%	100%
Total perdidas con probabilidad	\$ 811.800,00	\$ 81.180,00	\$ 405.900,00	\$ 608.850,00	\$ 811.800,00
Costos de Mantenimiento					
Mano de obra (incluye equipos y herramientas), vehículos, Ingeniería	\$92.667	\$92.667	\$92.667	\$92.667	\$92.667
Materiales especiales y piezas para reemplazar	\$96.667	\$96.667	\$96.667	\$96.667	\$96.667
Flujo de Caja	\$ 1.001.133,33	\$ 270.513,33	\$ 595.233,33	\$ 798.183,33	\$ 1.001.133,33
Tasa de Oportunidad Ecopetrol	12%				
VPN sin proyecto	\$2.921.548,93				

Asumiendo una TRM del dólar frente al peso de \$3000 pesos colombianos

5.8.2 Análisis con proyecto (Válvula Selectora Multipuerto)

Ahora desde el punto de vista haciendo a inversión del equipo, para el análisis del proyecto es necesario considerar los costos asociados al proyecto de inversión, en lo que se contempla la compra del equipo, su instalación y puesta en marcha.

De igual manera que en el análisis anterior, también se estimaran los mantenimientos que ya se estudiaron, para realizar el análisis ahora con proyecto. El flujo sería el siguiente de la tabla 17:

Tabla 17. Flujo de caja - Análisis con Proyecto

Descripción de la inversión con Válvula Selectora Multipuerto	Inversión de la Válvula Selectora Multipuerto (Dólares)				
	2016	2017	2018	2019	2020
	0	1	2	3	4
Compra, importación y nacionalización	\$ 611.250,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Contingencias (1%)	\$ 6.112,50	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Trabajos de Acondicionamiento	\$ 4.200,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo inicial de compra (Inversión Inicial)	-\$ 621.562,50	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos de Mantenimiento Preventivo					
Mano de obra (incluye equipos y herramientas), vehículos, Ingeniería	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Materiales especiales y piezas para reemplazar	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Producción					
Perdidas de Producción	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Ahorro por paradas de Producción	\$ -	\$ 270.513,33	\$ 595.233,33	\$ 798.183,33	\$ 1.001.133,33
Flujo de Caja	-\$ 621.562,50	\$ 270.513,33	\$ 595.233,33	\$ 798.183,33	\$ 1.001.133,33

Tasa de Oportunidad Ecopetrol	12%
VPN con proyecto	\$1.298.853,09

Asumiendo un precio de barril de petróleo de US\$45/BI

Con los flujos de caja analizados, desde el inversionista en el proyecto estimado a 4 años a partir de las inversiones y costos de paradas de producción por mantenimiento, necesarios para el análisis de la viabilidad de la inversión. El costo de oportunidad se estima en 12% EA.

5.9 INDICADORES FINANCIEROS

Para el inicio del estudio financiero se estableció un horizonte de evaluación de 4 años, como ya se mencionó anteriormente para obtener una perspectiva amplia y clara del proyecto a través del tiempo. El criterio que se utilizara para evaluar la viabilidad del proyecto, son los mantenimientos que se ahorraran por paradas de producción.

Queda por determinar las ventajas que se pueden encontrar financieramente en un proyecto como este, que implica el cambio de tecnología, cuyas ventajas técnicas ya fueron expuestas anteriormente.

Para este estudio financiero se utilizaran herramientas que eficazmente brindaran información útil para la toma de decisiones: Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, Relación Costo/Beneficio y Periodo de recuperación de la inversión de las variables más importantes del proyecto.

En este momento, es posible calcular los indicadores financieros para el proyecto, los resultados de los cálculos se relacionan en la tabla 18:

Tabla 18. Indicadores financieros para el proyecto

Indicador	Valor
VPN con proyecto	\$1.298.853,09
VPN sin proyecto	\$2.921.548,93
Relación Costo/Beneficio	2,25
TIR	73%
Periodo de recuperación de la inversión	1,6 años

5.10 RESULTADO DEL ANÁLISIS ECONÓMICO

De acuerdo los datos obtenidos en las herramientas financieras calculadas, se puede concluir como resultado económico lo siguiente:

- El Valor Presente Neto, para efectos de la presente propuesta se estimó la tasa de oportunidad de Ecopetrol S.A., equivalente al 12% EA, la cual resulta rentable para el proyecto y atractiva para el inversionista. El Valor Presente Neto calculado arrojó un valor de USD\$ 1.298.853
- La Tasa Interna de Retorno, dio un resultado mayor a cero, por lo tanto el proyecto analizado está devolviendo el capital invertido más una ganancia adicional, el proyecto es rentable.
- El análisis económico de adquirir la válvula selectora multipuerto vs el manifold tradicional, muestran un factor Costo/Beneficio de 2.25 en el uso del cambio de tecnología, lo que prueba económicamente viable y soporta la decisión de invertir

en el cambio de equipo para los manifold que se encuentran operando y para la construcción de los nuevos clúster de producción.

- Como análisis económico se evidencia grandes beneficios para la inversión de la válvula selectora multipuerto y que esta se recuperara en un tiempo de 1,6 años ganados simplemente optimizando la operación, reduciendo las paradas por mantenimientos, por fugas, por personal, etc.

6. CONCLUSIONES

El presente documento presenta una propuesta técnico - comercial en el que se plantea la actualización tecnológica de uno de los sistemas tradicionales, el manifold o múltiple, por válvulas multipuerto, se realizó el estudio para un clúster de campo castilla de Ecopetrol analizando el componente, técnico, social, ambiental y económico respectivamente.

Técnicamente la opción probada más favorable a nivel mundial para modernizar el manifold tradicional, en los campos de producción es la válvula selectora multipuerto, al tener un diseño compacto y de fácil operación. Este posee ocho (8) entradas para conectar los pozos de producción y dos (2) salidas: una común para producción y una salida seleccionable para prueba. Con esta configuración se pueden conectar hasta siete (7) pozos, ya que una de las entradas se reserva para el reajuste del sello en campo. Usando el sistema de posicionamiento del rotor interior, se puede enviar individualmente cada uno de los pozos a la salida de prueba, mientras los seis restantes siguen produciendo por la salida de grupo.

Ecopetrol permitió hacer el estudio alrededor del Clúster 10, el cual se diagnosticó que se encuentra operando normalmente, pero con mantenimientos eventuales en los años 2012 y 2016 que dan como resultado paradas en la producción.

El impacto ambiental que presenta la válvula multipuerto es positivo, porque la instalación es mucho más compacta, tiene menos elementos y juntas y reduce el impacto minimizando las posibilidades de derrames de crudo. En cuanto al impacto social disminuye el costo de mano de obra porque ya no es necesario contratar cuadrillas que supervisen manualmente la operación.

Como se mencionó inicialmente y siendo el objetivo del presente estudio, se realizó la propuesta para la actualización tecnológica analizando el mejoramiento del sistema y los beneficios económicos, técnicos, sociales y ambientales de la implementación de la válvula selectora multipuerto en Campo Castilla de Ecopetrol. Proponiendo una primera etapa piloto y posteriormente puesta en marcha totalmente operativa.

El análisis económico se realizó partiendo de los dos escenarios comparativos el primero sin aplicar el proyecto de la válvula multipuerto continuando con el múltiple actual de producción y el segundo con la aplicación del proyecto implementando la válvula selectora multipuerto. Partiendo estos dos escenarios como base del análisis, las pérdidas de producción actuales que está arrojando el equipo por paradas de mantenimientos. Sin lugar a duda la válvula selectora multipuerto reduce las probabilidades de falla, aumenta los beneficios operativos y baja significativamente los costos de mantenimientos. Por otro lado también hay importantes ahorros en la inversión inicial y en los costos de instalación.

Los resultados de la evaluación arrojaron un V.P.N.= 1.298.853 y una T.I.R.= 73%, señalan que el proyecto es viable, adicionalmente se calculó que la inversión con la adquisición de la válvula multipuerto será retornada por el proyecto en un periodo de 1,6 años.

En el transcurso de toda la propuesta se analizaron importantes beneficios en el aspecto operativo al compactar en un solo actuador o nodo de control hasta siete pozos. El costo de instalación de la válvula multipuerto es menor que la instalación del manifold convencional y mejoran los beneficios en los aspectos de operación, mantenimiento y conservación del medio ambiente.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda comparar pruebas de éxito en otros países con la aplicación de la válvula selectora multipuerto para comprobar que es un equipo que ha tenido buen desempeño por su facilidad en el manejo del control de la producción y por su diseño modular, compacto y autónomo.
- Iniciar el proceso de pruebas piloto de la válvula multipuerto en campo con el fin de hacer un seguimiento de la misma observando sus fortalezas frente al sistema tradicional.
- Después de realizar la prueba piloto, buscar el desarrollo y ejecución de la válvula observando que genera costos inferiores de operación, lo que hace una decisión fácilmente sustentable.
- Se recomienda realizar el proyecto de actualización tecnológica del manifold tradicional con válvulas multipuerto en el campo Castilla de Ecopetrol y que este a su vez sirva de ejemplo para otros campos de producción.

BIBLIOGRAFIA

Alcaldía de castilla La Nueva,

Disponible en web: http://www.castillalanueva-meta.gov.co/informacion_general.shtml

DONNE, David, ManiFlow Selector Valve [en línea], Eppstein, Germany, Tomado el 3 de Octubre 2015, Disponible en web: <http://www.schuf.com/products/maniflow-selector-valve>.

ECOPETROL,

Disponible en web: <http://es.slideshare.net/fullscreen/VetiverVentas/3-raul-triana-ecopetrol/3>

EQUIPETROL, Boletín Técnico, Ventajas inherentes al uso e instalación de Sistemas de Producción con Válvula Multipuerto en configuración tipo macolla o “multiplewellpad”. Houston, TX.

HERRERA GONZÁLEZ, Freddy Alexander, Balance de Masa de los Campos de la Gerencia Llanos de Ecopetrol, Bucaramanga, 2004, p. 23-40, Trabajo de grado (Ingeniero de Petróleos). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico - Químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos.

NAVARRO, Lina, Separación y Caracterización de Resinas y Asfáltenos Provenientes del Crudo Castilla. Evaluación de su Interacción Molecular, CT&F- Ciencia, Tecnología y Futuro - Vol. 2 Núm. 5, Dic. 2004, p. 56

SCHAFBUCH, Paul, et al., Emerson White Paper, Multiportflow selector optimisesoil and gas productiontesting, November 2012, www.instrumentation.co.za, p. 68

SELVARAJ, Prathesh, En Oil& Gas Middle East February 2013 • Vol. 9 Issue 02, p. 66

SHAH, Chaitanya, et al. OptimisingOil and Gas ProductionTesting, En Measurement and InstrumentationTechnical, October 2012, Engineer, p. 61