



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

“ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN COMBUSTIBLES
PARA SISTEMAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA AISLADA EN
LAS PLATAFORMAS DE POZOS DE PRODUCCIÓN DE CRUDO
420, 470 Y 480 EN EL CAMPO SACHA - BLOQUE 60. ANÁLISIS
TÉCNICO - ECONÓMICO”

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN EFICIENCIA ENERGÉTICA

DIEGO GARCÉS POVEDA

dgsebas@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. JAIME GONZALEZ, M.Sc.

jaime.gonzalez@epn.edu.ec

CODIRECTOR: Ing. MIGUEL ORTEGA, M.Sc.

miguel.ortega@epn.edu.ec

Quito, Junio 2019

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Diego Garcés**, bajo nuestra supervisión.

Ing. Jaime Gonzalez, M.Sc.

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Miguel Ortega, M.Sc.

CODIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo, **Diego Garcés**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Autor

DEDICATORIA

A Dios y mi familia,

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a la Escuela Politécnica Nacional, por ser parte de ella y sentirme orgulloso de tan prestigiosa entidad.

A Mis profesores Jaime y Miguel, por su total apoyo en este proyecto.

A mis Jefes directos Roque, José, Andrés, mis compañeros y amigos de las diferentes áreas por darme su respaldo y soporte para la ejecución del presente trabajo.

ÍNDICE

Introducción y referencias	1
Situación inicial	1
Antecedentes	2
Problema	3
Objetivos	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
Justificación	5
Justificación teórica	5
Justificación metodológica	6
Justificación práctica	6
1. MARCO TEÓRICO	7
1.1. Sistemas actuales de generación eléctrica en plataformas de producción de crudo.	7
1.2. Depreciación del activo	10
2. TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE ACUERDO A LA DEMANDA ENERGÉTICA	11
2.1. Plantas de tratamiento de gas y crudo.	11
2.1.1. Planta de tratamiento de gas	11
2.1.2. Planta de tratamiento de crudo	11
2.2. Tecnologías existentes para generación eléctrica	13
2.2.1. Ciclo de Otto: ciclo ideal para las máquinas de encendido por chispa	13
2.2.2. Ciclo Diesel: El Ciclo Ideal para las máquinas de encendido por compresión.	15
2.2.3. Ciclo Dual: combinación de dos procesos de transferencia de calor	17
2.2.4. Ciclo Bryton: el ciclo ideal para los motores de turbina de gas	18
2.3. Especificaciones de combustibles alternativos a ser utilizados para la generación eléctrica en plataformas de producción de crudo.	20
2.3.1. Gas como combustible	20
2.3.2. Crudo como combustible	21
3. METODOLOGÍA	22
3.1. Análisis de proyección de pozos de crudo en plataformas de producción del campo sachá – bloque 60	22
3.2. Análisis de características de hidrocarburos para la implementación de nuevas tecnologías en la generación eléctrica.	24
3.3. Proyección de potencia en las plataformas (PAD)	27

3.4. Análisis de equipos de generación eléctrica con las condiciones de hidrocarburo en plataformas de producción de crudo	32
3.4.1. Disponibilidad de proveedores en el Ecuador de equipos de generación eléctrica....	32
4. ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO: SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	33
4.1. Método de selección de alternativas	33
4.2. Selección de equipos eficientes para la generación eléctrica en plataformas de producción de crudo	33
4.3. Relación econométrica del beneficio financiero.....	44
4.4. Análisis de contratación de equipos para la generación eléctrica.....	54
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1. Conclusiones	57
5.2. Recomendaciones	58
Bibliografía	59
Anexos.....	61

LISTA DE TABLAS

Tabla A.1. Plataformas y sus datos de producción.....	2
Tabla A.2. Balances de energía y costos por día.....	2
Tabla A.3. Volumen de gas en (MMCFD) de las plataformas PAD 420, 470 y 480.....	4
Tabla 1.1. PAD 420: Numero de pozos y potencia.....	7
Tabla 1.2. PAD 420: Costos de energía producida kWh.....	8
Tabla 1.3. PAD 470: Numero de pozos y potencia.....	8
Tabla 1.4. PAD 470: Costos de energía producida kWh.....	9
Tabla 1.5. PAD 480: Numero de pozos y potencia.....	9
Tabla 1.6. PAD 480: Costo total de mantenimiento y energía producida en kWh.....	10
Tabla 2.1. Composición de gas natural comúnmente.....	20
Tabla 3.1. Proyección de pozos y características de fluido del PAD 420.....	22
Tabla 3.2. Proyección de pozos y características de fluido del PAD 470.....	23
Tabla 3.3. Proyección de pozos y características de fluido del PAD 480.....	23
Tabla 3.4. Resultados de análisis de cromatografía de gases PAD 420.....	26
Tabla 3.5. Resultados de análisis de cromatografía de gases PAD 470.....	26
Tabla 3.6. Resultados de análisis de cromatografía de gases PAD 480.....	27
Tabla 4.1. Propuestas de proveedores según requerimiento para el PAD 420.....	34
Tabla 4.2. Activos de inversión/propuestas para el PAD 420.....	35
Tabla 4.3. Capital de trabajo para el PAD 420.....	35
Tabla 4.4. Inversión total para el PAD 420.....	35
Tabla 4.5. Propuestas de proveedores según requerimiento para el PAD 470.	36
Tabla 4.6. Activos de inversión/propuestas para el PAD 470.....	36
Tabla 4.7. Capital de trabajo para el PAD 470.....	36
Tabla 4.8. Inversión total para el PAD 470.....	36
Tabla 4.9. Propuestas de proveedores según requerimiento para el PAD 80.....	37
Tabla 4.10. Activos de inversión/propuestas para el PAD 80.....	38
Tabla 4.11. Capital de trabajo para el PAD 480.....	38
Tabla 4.12. Inversión total para el PAD 480.....	38
Tabla 4.13. Matriz de Riesgo de Inversión del PAD 20.....	39

Tabla 4.14. Matriz de Riesgo del Uso de gas del PAD 420.....	39
Tabla 4.15. Matriz de Riesgo de Operación a 10 años del PAD 420.....	40
Tabla 4.16. Elección de propuesta en base a la Matriz de Riesgo del PAD 420.....	40
Tabla 4.17. Matriz de Riesgo de Inversión del PAD 470.....	41
Tabla 4.18. Matriz de Riesgo del Uso de gas del PAD 470.....	41
Tabla 4.19. Matriz de Riesgo de Operación a 10 años del PAD 470.....	41
Tabla 4.20. Elección de propuesta en base a la Matriz de Riesgo del PAD 470.....	41
Tabla 4.21. Matriz de Riesgo de Inversión del PAD 480.....	42
Tabla 4.22. Matriz de Riesgo del Uso de gas del PAD 480.....	42
Tabla 4.23. Matriz de Riesgo de Operación a 10 años del PAD 480.....	43
Tabla 4.24. Elección de propuesta en base a la Matriz de Riesgo del PAD 480.....	43
Tabla 4.25. Costo de capital del inversionista.....	44
Tabla 4.26. Indicadores de análisis financiero.....	45
Tabla 4.27. Flujo Efectivo de la propuesta ganadora del PAD 420.....	46
Tabla 4.28. VAN del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 420.....	46
Tabla 4.29. TIR del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 420.....	47
Tabla 4.30. PRI del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 420.....	47
Tabla 4.31. C/B del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 420.....	47
Tabla 4.32. Flujo de Efectivo de la propuesta ganadora del PAD 470.....	48
Tabla 4.33. VAN del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 470.....	49
Tabla 4.34. TIR del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 470.....	49
Tabla 4.35. PRI del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 470.....	50
Tabla 4.36. C/B del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 470.....	50
Tabla 4.37. Flujo de Efectivo de la propuesta ganadora del PAD 470.....	51
Tabla 4.38. VAN del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 480.....	52
Tabla 4.39. TIR del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 480.....	52
Tabla 4.40. PRI del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 480.....	52
Tabla 4.41. C/B del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 480.....	53
Tabla 4.42. Datos requeridos para formular el Algoritmo.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura A.1. Plataformas (PAD) aisladas.....	1
Figura 1.1. PAD 420: Generación rentada.....	7
Figura 1.2. PAD 470 Generación Rentada.....	8
Figura 1.3. Grupo Electrónico propio del Bloque 60 (CAT 3512).....	9
Figura 2.1. Diagrama de tratamiento de gas.....	11
Figura 2.2. Diagrama de tratamiento de crudo como combustible.....	12
Figura 2.3. Diagrama de tratamiento de diésel como combustible.....	13
Figura 2.4. Ciclos real e ideal en m. de encendido por chispa y sus diagramas PV...	14
Figura 2.5. Diagrama T-S para el ciclo de Otto.....	15
Figura 2.6. Inyección de combustible en los motores diesel.....	15
Figura 2.7. Diagramas P – V y T-S para el ciclo diesel.....	16
Figura 2.8. Diagramas P – V y T-S para el ciclo dual.....	17
Figura 2.9. Esquema del sistema Standard GTI Bi-Fuel.....	18
Figura 2.10. Turbina de gas ciclo abierto.....	19
Figura 2.11. Diagramas P – V y T-S para el ciclo Bryton.....	19
Figura 2.12. Sistema de Inyección.....	21
Figura 3.1. Toma de muestra en línea dirigida a los mecheros.....	24
Figura 3.2 Compresor portátil.....	25
Figura 3.3 Muestra a 30 psi.....	25
Figura 3.4 Análisis de cromatografía de gases.....	25
Figura 3.5 Equipo SRI 8610 C.....	25
Figura 3.6. Pantalla de inicio con valores a ser predefinidos por usuario.....	28
Figura 3.7. Datos de placa del grupo eléctrico a analizar.....	28
Figura 3.8. Pantalla de inicio con valores a ser predefinidos por el usuario.....	28
Figura 3.9. Esquema de instalación de Analizador Fluke 435-II.....	29
Figura 3.10. Esq. de conexión de Analizador Fluke 435-II a un sistema trifásico.....	29
Figura 3.11. Conexión del equipo a la salida del grupo eléctrico.....	30
Figura 3.12. Datos de potencia de la Plataforma (PAD) 420.....	30
Figura 3.13. Datos de potencia de la Plataforma (PAD) 470.....	31

Figura 3.14. Datos de potencia de la Plataforma SAC 480.....	31
Figura 3.15. Datos de Disponibilidad de Gas para los PADs 420, 470 y 480.....	32
Figura 4.1. Inversión total de las propuestas para PAD 420.....	35
Figura 4.2. Inversión total de la propuesta para PAD 470.....	37
Figura 4.3. Inversión total de las propuestas para PAD 480.	38
Figura 4.4. Elección de propuesta en base a la Matriz de Riesgo del PAD 420.....	40
Figura 4.5. Elección de propuesta en base a la Matriz de Riesgo del PAD 470.....	42
Figura 4.6. Elección de propuesta en base a la Matriz de Riesgo del PAD 480.....	43
Figura 4.7. Periodo de recuperación de la inversión PAD 420.	48
Figura 4.8. Periodo de recuperación de la inversión PAD 470.	51
Figura 4.9. Periodo de recuperación de la inversión PAD 480.	53
Figura 4.10. Matriz con los datos de las propuestas.....	54
Figura 4.11. Respuesta Pesos y Distancia en NCSS.....	55
Figura 4.12. Estadística Descriptiva de las Variables.....	55
Figura 4.13. Respuesta al Algoritmo.....	56
Figura 4.14. Resultados de Software NCSS.....	56

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un análisis de eficiencia energética de combustibles de las tres plataformas de producción de crudo PAD 420, 470 y 480 en el Campo Sacha – Bloque 60, ya que en la actualidad existe generación eléctrica propia y rentada que utiliza diésel como combustible para el funcionamiento de equipos de fondo. El costo de operación es de 10.000 USD al día por los tres PADs, estas plataformas cuentan con facilidades de superficie para separar el gas natural y quemarlo en mecheros con el objetivo de no tener inconvenientes en las bombas al momento de la transferencia de crudo a las estaciones. Mediante la metodología se obtuvo datos de diez años de volumen de gas natural de las plataformas, así como de los componentes principales para el aprovechamiento de un equipo que se ajuste a dichas condiciones. Como parte experimental se realizó en cada plataforma la cromatografía de gases para analizar sus componentes combustibles, así como la potencia neta de generación eléctrica que demandan los equipos de fondo y de superficie. Empresas ecuatorianas presentaron ofertas para las condiciones actuales de cada plataforma en ellas existen equipos Bi fuel, turbinas y motores a gas por lo que se realizó un análisis técnico – económico de los costos actuales que son: (PAD 420: \$ 0,17 kWh; PAD 470: \$ 0,17 kWh; PAD 480: 0,13 kWh) y aplicando la inversión de nuevas tecnologías se tendría: (PAD 420: \$ 0,046 kWh; PAD 470: \$ 0,061 kWh; PAD 480: \$ 0,10 kWh), reduciendo a 4.000 USD por día.

Palabras claves: aprovechamiento, combustible, diésel, gas natural, generación eléctrica, inversión.

ABSTRACT

In this present work an energy efficiency analysis of fuels of the three production platforms of crude PAD 420, 470 and 480 was carried out in the Sacha field - Block 60, since at the present time there exists own and rented electricity generation that uses diesel as fuel for the operation of bottom equipment. The operation cost is 10,000 USD a day for the three PADs. These platforms have surface facilities to separate natural gas and burn it in lighters with the aim of not having problems in the pumps at the moment of the crude oil transference to the stations. By means of the methodology, ten-year data was obtained on volume of natural gas of the platforms, as well as on the main components for the use of an equipment that meets these conditions. As an experimental part, gas chromatography analyses were carried out on each platform to analyze its fuel components, as well as the net power for electricity generation required by the bottom and surface equipment. Ecuadorian companies presented offers for the current conditions of each platform where there are Bi fuel equipment, turbines and gas engines. Therefore, a technical-economic analysis of the current costs was carried out: (PAD 420: \$ 0,17 kWh; PAD 470: \$ 0,17 kWh; PAD 480: \$ 0,13 kWh) and applying the investment of new technologies, it would be: (PAD 420: \$ 0,046 kWh; PAD 470: \$ 0,061 kWh; PAD 480: \$ 0,10 kWh), reducing to 4.000 USD a day.

Keywords: diesel, electric generation, fuel, investment, natural gas, use.

Introducción y referencias

Situación inicial

El Campo Sacha Bloque 60 desde el año 2013 ha realizado inversiones de exploración y explotación en nuevas plataformas (PADs), mismas que han sido referentes en el aumento de la producción, actualmente estos PADs se encuentran aisladas a la generación del Sistema Eléctrico Sacha (SESA), esto se debe a sus extensas distancias lo que imposibilita llegar con la construcción de líneas eléctricas, sea aérea o soterrada para la alimentación de los equipos de superficie y profundidad, además incurrirá a indemnizaciones para el derecho de vía (DDV) con propietarios de la comunidad donde tienen cultivos o potreros de ganado vacuno, lo que retrasa al momento de una negociación, por esa razón actualmente se encuentran con generación aislada, es decir su fuente de energía proviene de grupos electrógenos que combustionan diésel en el sitio.

Como parte esencial de esta investigación se hace énfasis en tres plataformas, mismas que su producción es elevada y es proporcional a su consumo de energía.

A continuación, se indicará las plataformas y la distancia a las líneas de alta tensión.

- PAD 420: 3.6 km
- PAD 470: 5.6 km
- PAD 480: 2.5 km



Figura A.1. Plataformas (PAD) aisladas.
(Fuente: Departamento Eléctrico ORN)

Estas tres plataformas de producción de crudo aportan con más de 10.000 BBPD, de un total de 70.000 BBPD, es decir con el 14% de la producción total del Campo Sacha, por lo que son de gran importancia para el Bloque y por ende del país, paralelamente a esta producción,

tienen un costo de cerca de 10.000 USD diarios de combustible diésel (Departamento de Generación ORN), consumidos en grupos electrógenos, dos de ellos rentados y un equipo propio, por lo que es indispensable disminuir los costos de producción realizando un análisis de eficiencia energética en combustibles, donde también se determine el equipo a remplazar en las plataformas de producción.

Antecedentes

En el campo Sacha B60, existen tres plataformas, denominadas PAD 420, 470 y 480, que debido a su distancia considerada no están interconectadas a la red centralizada, estos PADs son un conjunto de pozos de producción en una misma locación lo que hace tener una mayor producción de crudo y gas en un solo sitio, a continuación, se indicará en la Tabla A.1 la producción de cada PAD:

Tabla A.1. Plataformas y sus datos de producción

PLATADORMAS	420	470	480
PRODUCCIÓN BFPD	3.391	7.469	3.584
PRODUCCIÓN BPPD	3.224	5.280	3.416

Nota: Producción diaria de las plataformas 420,470 y 480.

(Fuente: Departamento de Producción ORN, investigación de campo año 2016)

Frente a esto ha aumentado en los PADs el consumo de energía eléctrica, ya que cada pozo es independiente en sus equipos de superficie y profundidad. Para solventar esta demanda energética, se tiene grupos electrógenos que utilizan diésel como combustible, además son equipos rentados y uno propio, lo que implica costo adicional de kWh y Mantenimiento, en la Tabla A.2.se presenta el detalle.

Tabla A.2. Balances de energía y costos por día

PLATAFORMA	TIPO DE GENERACIÓN	BALANCES DE ENERGÍA Y COSTOS POR DÍA				
		ENERGIA GENERADA AL DIA (kWh)	CONSUMO DE COMBUSTIBLE DIESEL (gal/día)	COSTO GENERACIÓN (USD/día)	COSTO DE COMBUSTIBLE (USD/día)	COSTO TOTAL (USD/día)
SAC 420	RENTADA	16.824	1.346	790,72	2.086,3	2.877,02
SAC 470	RENTADA	26.668	2.018	1.360,06	3.127,9	4.487,96
SAC 480	PROPIA	16.560	1.232	301,67	1.909,6	2.211,27

Nota: Descripción de los costos generados por consumo de diésel (1,55 USD/gal).

(Fuente: Departamento de Generación ORN, datos de campo año 2016)

Donde:

Energía generada (kWh): Es la potencia generada por cada Plataforma PAD por las veinte y cuatro (24) horas de funcionamiento, visualizado en la pantalla de controlador.

Consumo de combustible diésel (gal/día): Este dato se lo registra mediante el medidor de flujo instalado, validado con el aforo de nivel del tanque, con el fin de determinar el consumo de combustible diario de las unidades en los PADs.

Costo de generación (USD/día): Este dato se lo obtiene mediante la contratación de empresas que brindan este servicio de renta y su facturación es por cada kWh generado, como es en el caso de las Plataformas PADs (420 / 470) cuyo costo es de 0,047 USD y 0,051 USD respectivamente multiplicado por la energía generada en el día. En el caso del PAD 480 se tiene un equipo propio que la operadora asume el costo de mantenimiento.

Costo de combustible (USD/día): Consumo de combustible (gal/día) multiplicado por 1,55 (USD) que es el precio del combustible entregado de la refinería, este valor es asumido por la operadora.

Costo total (USD/día): Es la suma del costo de generación rentada (USD/día) más el costo del consumo de combustible.

Tomando en cuenta los costos de producción de las plataformas por consumo de diésel, se pretende determinar tecnologías disponibles para hacer uso del gas que se quema en mecheros, dependiendo del histórico de producción de los PAD, para que la inversión o propuesta sea la más óptima.

Problema

El 03 de noviembre de 2009, se crea la primera empresa del Ecuador de economía mixta llamada Operaciones Río Napo quien será la encargada de la operación del Bloque 60, teniendo como objetivos mejorar servicios para la administración, incremento de producción, el desarrollo, la optimización de recursos y el mejoramiento integral en la explotación del campo Sacha.

La caída de los precios del petróleo comenzó en agosto de 2014, llevando el costo del barril desde su pico de más de USD 100 hasta un mínimo de USD 30 a comienzos del 2016, este fenómeno se dio por la combinación simultánea de un incremento en la oferta y una reducción en la demanda de crudo (Daicz & Monlezún, 2016). Es importante señalar que otra de las razones es que Estados Unidos, otros países productores y consumidores de petróleo en el mundo aumentaron su producción de crudo en barriles por día, esto se debió a la producción

de petróleo no convencional (light tight oil o LTO) obtenido mediante la técnica del fracking (Marzo, 2015).

Operaciones Río Napo ha venido incrementando la producción de crudo y como consecuencia ha aumentado sus plataformas de producción, las mismas que para extraer el fluido del yacimiento necesita de equipos de levantamiento artificial requiriendo mayor consumo de energía eléctrica, por lo tanto, es indispensable la generación eléctrica aislada, ya que el tendido eléctrico Sacha se encuentra muy distante y se dificulta una interconexión. En la actualidad los equipos de levantamiento artificial son alimentados con generación eléctrica proveniente de grupos electrógenos que usan diésel como combustible, con un costo aproximado de 1.55 USD por cada galón. Estos grupos electrógenos consumen aproximadamente de 1.560 – 2.500 galones por día de acuerdo a la demanda de energía (Caterpillar, 2012), es decir un promedio de 2.000 USD – 4.000 USD por día en cada PAD.

Las plataformas actualmente producen crudo y gas natural, este último se quema en mecheros y no se aprovecha el valor energético que se podría obtener para generar energía como combustible (Cevallos, 2012).

El volumen de gas se muestra a continuación:

Tabla A.3. Volumen de gas en (MMCFD) de las plataformas PAD 420, 470 y 480.

PLATAFORMAS (PAD)	VOLUMEN DE GAS - MILLONES DE PIES CUBICOS POR DIA (MMCFD)
PAD 420	1.2
PAD 470	1.7
PAD 480	1.1

(Fuente: Departamento de Producción ORN, datos de campo año 2016)

En la actualidad existen tecnologías disponibles para la generación eléctrica que usan gas o mezclas para generar energía, que son versátiles y eficientes. Estas tecnologías están afianzadas en el mercado, tal es el caso de equipos duales, denominados también bi-fuel que pueden autoalimentarse según la disponibilidad porcentual del tipo de combustible (González - Longatt, 2004).

Objetivos

Objetivo general

Analizar la eficiencia energética en combustibles para sistemas de generación eléctrica aislada en las plataformas de pozos de producción de crudo 420, 470 y 480 en el Campo Sacha - Bloque 60. Análisis Técnico - Económico.

Objetivos específicos

- Identificar los equipos de sistemas de generación eléctrica en las plataformas de producción del campo.
- Evaluar los costos actuales de operación y mantenimiento en los equipos de generación eléctrica en las plataformas de producción.
- Estudiar las tecnologías de generación eléctrica de acuerdo a la demanda requerida en las plataformas del campo.
- Evaluar las proyecciones de producción de crudo en las plataformas del campo, para determinar la disponibilidad, características y composiciones de los combustibles.
- Seleccionar los equipos con mayor eficiencia energética para la generación eléctrica aislada, cuyo propósito sea la disminución de consumo de diésel.
- Proponer contrataciones técnicas y económicamente viables para los equipos de generación eléctrica en las plataformas analizadas del Campo Sacha - Bloque 60.

Justificación

Justificación teórica

El análisis de eficiencia energética en combustibles para sistemas de generación eléctrica aislada en plataformas de pozos, debe realizarse considerando las proyecciones de explotación y extracción de crudo en las plataformas de crudo, analizando el tipo de combustible que se puede emplear así como las alternativas existentes que se utiliza en los campos petroleros generando una nueva línea de investigación, con lo cual su desarrollo aportara en la investigación y toma de decisiones para seleccionar la mejor opción de generación eléctrica en relación a la eficiencia energética de combustibles.

Justificación metodológica

El análisis de eficiencia energética en combustibles para sistemas de generación eléctrica en plataformas de pozos permitirá determinar las ventajas y desventajas de los sistemas a implementarse. Esto servirá como guía teórico – práctico para empresas hidrocarburíferas, que en la actualidad están buscando metodologías para disminuir costos operativos y de producción.

Justificación práctica

Se pretende diversificar las alternativas de generación eléctrica en plataformas de una manera eficiente en el aspecto técnico y que sea económicamente viable, donde se utilicen tecnologías eficientes con la menor contaminación al medio ambiente, con ello optimizar los recursos del país.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Sistemas actuales de generación eléctrica en plataformas de producción de crudo.

Nota: Los datos obtenidos son de octubre de 2016 para realizar el estudio de investigación. La plataforma PAD 420, se encuentra aislada ya que la línea de alta tensión está a 3.6 km de distancia, en la actualidad la demanda de energía es cubierta por una empresa llamada RS ROTH, la cual tiene un contrato con el Bloque 60, por lo que su obligación es mantener la plataforma con una disponibilidad energética del 100%, es decir siempre estará alimentando con energía a los equipos de superficie y profundidad de los pozos.

Tabla 1.1. PAD 420: Número de pozos y potencia.

POZOS	SAC-420	SAC-421	SAC-422	SAC-423	SAC-424	SAC-425	SAC-426*	SAC-427
POTENCIA	701 kW							

CERRADO*

(Fuente: Departamento de Generación ORN, datos de campo año 2016)

Esta empresa tiene como equipos dos grupos electrógenos que combustionan diésel, este hidrocarburo es proporcionado por el Bloque 60 como parte contractual.



Figura 1.1. PAD 420: Generación rentada
(Fuente: Diego Garcés (fotógrafo), al 15 de diciembre del 2016)

En la siguiente tabla se mostrará el costo total USD/kWh.

Tabla 1.2. PAD 420: Costos de energía producida kWh.

ENERGÍA GENERADA (kWh)	COSTO DE RENTA DE ENERGÍA (USD/kWh)	COSTO DIARIO DE ENERGÍA RENTADA (USD)	CONSUMO DIESEL (gal)	COSTO POR GALON COMBUSTIBLE (USD)	COSTO COMBUSTIBLE (USD)	COSTO TOTAL DIARIO (USD)	COSTO (USD/kWh)
16.824	0,047	790,72	1.346,00	1,55	2.086,30	2.877,02	0,17

(Fuente: Departamento de Generación ORN, datos de campo recabados por Diego Garcés al año 2016)

La plataforma PAD 470, se encuentra aislada ya que la línea de alta tensión está a 5.6 km de distancia, en la actualidad la demanda de energía es cubierta por una empresa llamada Power On, la cual mantiene un contrato con el Bloque 60 y su compromiso es mantener la plataforma con una disponibilidad energética del 100%, es decir estará suministrando energía eléctrica a toda la plataforma durante las 24 horas.

Tabla 1.3. PAD 470: Número de pozos y potencia.

POZOS	SAC-470	SAC-471	SAC-472	SAC-473	SAC-474*	SAC-475	SAC-476	SAC-477	SAC-478
POTENCIA	1.112 kW								

CERRADO*

(Fuente: Departamento de Producción ORN, datos de campo al año 2016)

Esta empresa tiene como equipos dos grupos electrógenos que combustionan diésel, este hidrocarburo es proporcionado por el Bloque 60 por términos contractuales.



Figura 1.2. PAD 470 Generación Rentada.
(Fuente: Diego Garcés (fotógrafo), al 15 de diciembre del 2016)

Tabla 1.4. PAD 470: Costos de energía producida kWh.

ENERGÍA GENERADA (kWh)	COSTO DE RENTA DE ENERGÍA (USD/kWh)	COSTO DIARIO DE ENERGÍA RENTADA (USD)	CONSUMO DIESEL (gal)	COSTO POR GALON COMBUSTIBLE (USD)	COSTO COMBUSTIBLE (USD)	COSTO TOTAL DIARIO (USD)	COSTO (USD/kWh)
26.668	0,051	1.360,06	2.018,00	1,55	3.127,90	4.487,96	0,17

(Fuente: Departamento de Generación ORN, datos de campo recabados por Diego Garcés al año 2016)

La plataforma PAD 480, se encuentra a 2.5 km de la línea de alta tensión correspondiente al SESA, es por eso que en la actualidad se tiene una generación aislada es decir con un equipo propio del Bloque 60, mismo que corresponde a la marca CATERPILLAR, Modelo: 3512 y su potencia nominal es de 1.230 kW, este equipo presenta un consumo de diésel de 1.232 galones por día (gpd), este grupo electrógeno se encuentra con una carga eléctrica de 56%, misma que cubre la demanda energética de los siguientes pozos:

Tabla 1.5. PAD 480: Número de pozos y potencia.

POZO	SAC-480	SAC-481	SAC-482	SAC-484*	SAC-485	SAC-486	SAC-487	SAC-488
POTENCIA	690 kW							

CERRADO*

(Fuente: Departamento de Producción ORN, datos de campo al año 2016)

La potencia registrada diariamente es de 690 kW, obteniendo un consumo de energía de 16.560 kWh/día.



Figura 1.3. Grupo Electrónico propio del Bloque 60 (CAT 3512)
(Fuente: Diego Garcés (fotógrafo), al 15 de diciembre del 2016)

Como es de conocimiento general un grupo electrógeno tiene costos de operación y mantenimiento (O&M), en la siguiente tabla se mostrará los detalles nombrados anteriormente y el costo kWh.

Tabla 1.6. PAD 480: Costo total de mantenimiento y energía producida en kWh.

COSTO MANTENIMIENTO/OPERACION POR AÑO	COSTO DE COMBUSTIBLE POR AÑO	TOTAL AÑO	COSTO POR DÍA (USD/kWh)	ENERGIA POR DIA (kWh/día)	COSTO (kWh)
110.108,77	697.004,00	807.112,77	2.211,27	16.560	0,13

Nota: En el ANEXO 2 se detalla el cálculo.

(Fuente: Departamento de Generación ORN, datos de campo recabados por Diego Garcés al año 2016)

En este PAD se realizó un cálculo anual, ya que los costos de mantenimientos reales se aproximan en un año calendario, ya que sus valores cambian de acuerdo al aumento de las horas de servicio.

1.2. Depreciación del activo

La depreciación es la estimación del deterioro o pérdida del valor que sufre un activo fijo por su utilización en la actividad productiva, por el paso del tiempo o por la aparición de métodos más eficientes (Gôerard Rolland, 2002).

La Depreciación no implica una salida de dinero efectivo ya que es una cuenta de reserva para dar de baja un activo fijo y poder ser desplazado por otro cuando haya cumplido la vida útil.

En el caso las maquinarias asociadas a los PADs, en la empresa estatal la depreciación son consideradas hasta el término de la vida útil real de dicha maquinaria y no como una fórmula de cálculo en un periodo específico.

2. TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE ACUERDO A LA DEMANDA ENERGÉTICA.

2.1. Plantas de tratamiento de gas y crudo.

2.1.1. Planta de tratamiento de gas

Las plantas de tratamiento de gas tienen como objetivo principal suministrar gas libre de condensados y componentes químicos que resten el poder calorífico en la ignición del equipo de combustión (Gutiérrez, 2013).

El proceso inicia ingresando el gas asociado a los scrubbers que no son más que unos recipientes con filtros coalescentes los cuales tienen la capacidad de retener condensados, luego continúa el gas a la unidad de compresión, una vez comprimido y depurado en varias etapas se almacena un recipiente de presión donde nuevamente se retiran los condensados, luego de estos procesos como muestra la Figura 2.1, se obtiene un gas tratado y libre de condensados el cual está en condiciones óptimas de ingresar a la unidad de combustión (Guerrero , 2015).

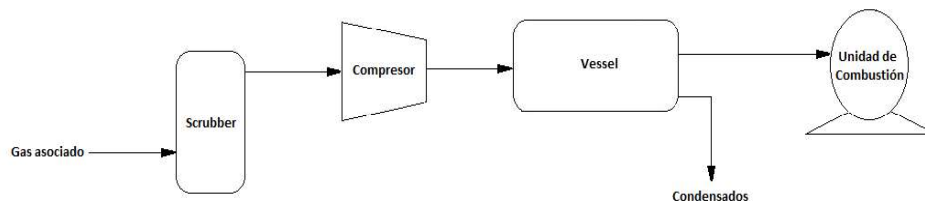


Figura 2.1. Diagrama de tratamiento de gas
(Fuente: Guerrero , 2015)

2.1.2. Planta de tratamiento de crudo

La función principal de la Planta de tratamiento de Crudo es suministrar al equipo combustible de manera confiable, libre de impurezas, adicionalmente con la temperatura y viscosidad adecuada.

Las plantas de tratamiento generan dos tipos de combustible:

Combustible pesado (CRO): El crudo se transporta desde el tanque de acumulación al tanque de precipitación a través de una bomba, esto con el fin de separar sedimentos, luego el fluido ingresa a una válvula de tres vías, misma que controla el nivel a través de un sensor para evitar el desbordamiento del fluido en el tanque. Siendo ya combustible en el tanque de precipitación se transfiere por bombas a los calentadores y posterior a las separadoras centrifugas donde se refina. El combustible libre de impurezas es conducido al tanque que se usa diario, cuando este tanque está en con su nivel completo y va a existir excedente, el combustible retorna desde las separadoras al tanque de precipitación. Continuando con el proceso una vez que se tiene combustible en el tanque de uso diario, el mismo es bombeado a la unidad de sobrealimentación donde se eleva la temperatura y presión previo al ingreso a la unidad de combustión. El combustible excedente de la ignición retorna a la unidad de sobrealimentación por medio de la unidad de ventilación y de combustible que se encuentran automatizadas (Córdova, 2014), como se muestra en la Figura 2.2.

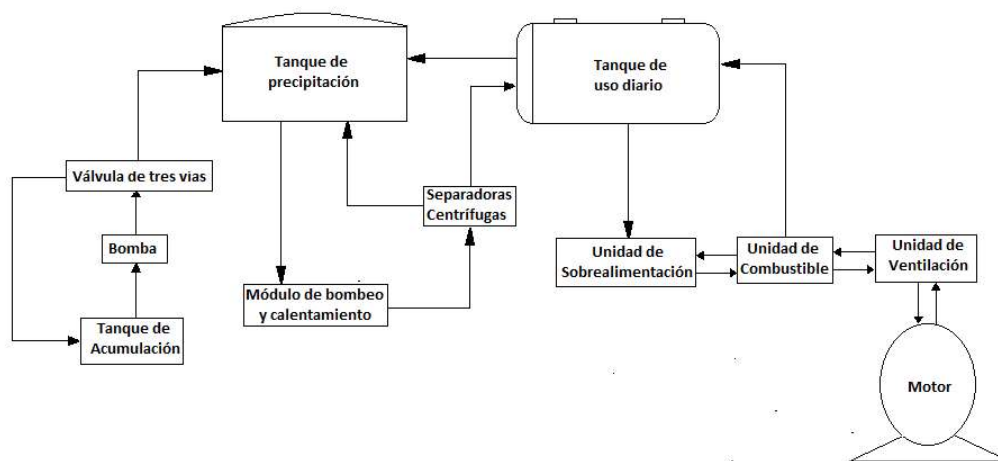


Figura 2.2. Diagrama de tratamiento de crudo como combustible
(Fuente: Córdova, 2014)

Combustible liviano diésel (LFO): La unidad de combustión cambia de modo crudo a diésel para la ejecución de mantenimientos donde se limpia todo el sistema de combustible. El diésel se bombea al tanque de uso diario mediante bombas de transferencia, continuando el combustible hacia la unidad de sobrealimentación donde se eleva la presión antes de ingresar a la unidad de combustión, el diésel excedente de la ignición retorna a la unidad ventilación y de combustible (Alcoser, 2006), como se indica en el diagrama de la Figura 2.3.

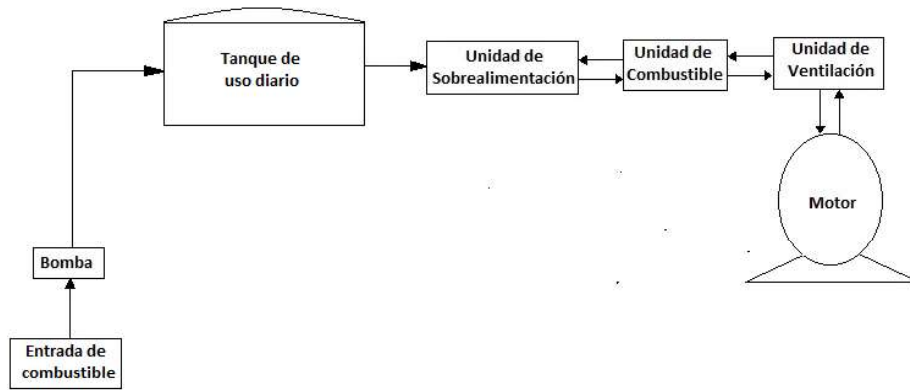


Figura 2.3. Diagrama de tratamiento de diésel como combustible
(Fuente: Alcoser, 2006)

2.2. Tecnologías existentes para generación eléctrica

En esta sección se explicará de una manera básica los ciclos de potencia termodinámicos que podrían ser de utilidad en el posterior estudio.

2.2.1. Ciclo de Otto: ciclo ideal para las máquinas de encendido por chispa.

El ciclo de Otto es el ciclo ideal para los motores de encendido por chispa. Toma ese nombre por un ingeniero alemán llamado Nikolaus A. Otto, quien, en 1876 construyó una máquina de cuatro tiempos utilizando el ciclo presentado por el francés Beau de Rochas en 1862 (Boles, Yanus, Cengel, & Michael, 2012).

En los motores de encendido por chispa de cuatro tiempos (4t), el cigüeñal realiza dos revoluciones por cada ciclo termodinámico.

Para empezar los ciclos termodinámicos; se tienen las válvulas de admisión y escape completamente cerradas y el conjunto biela – pistón se encuentra en la parte más baja del cilindro es decir en el punto muerto inferior (PMI) (Boles, Yanus, Cengel, & Michael, 2012).

En el tiempo de compresión el conjunto biela – pistón se desplaza hacia arriba, comprimiendo la mezcla estequiométrica aire – combustible. Antes que la biela – pistón llegue al punto más alto (PMS), la bujía genera una chispa y la mezcla se enciende, obteniendo como resultado el aumento de presión y temperatura en el cilindro. Los gases producidos empujan al conjunto biela – pistón hacia abajo el cual este movimiento es transmitido al cigüeñal lo que produce la rotación del mismo, es decir la energía mecánica en el motor. Cuando el conjunto biela – pistón se encuentra en su punto muerto inferior (PMI) es donde culmina el primer ciclo, por

efectos de la combustión se generan gases, los cuales están dentro del cilindro, para evacuarlos se abre primeramente la válvula de escape y recorre nuevamente el conjunto biela – pistón hacia el PMS; para desplazarse por segunda ocasión se abre la válvula de admisión donde ingresa nuevamente una mezcla de aire combustible, de esa manera se repiten los ciclos (Boles, Yanus, Cengel, & Michael, 2012).

En la figura 2.4. se presenta un diagrama de los cuatro tiempos, así como el diagrama Presión Vs Volumen ($P-v$) para un motor de encendido por chispa de cuatro tiempos.

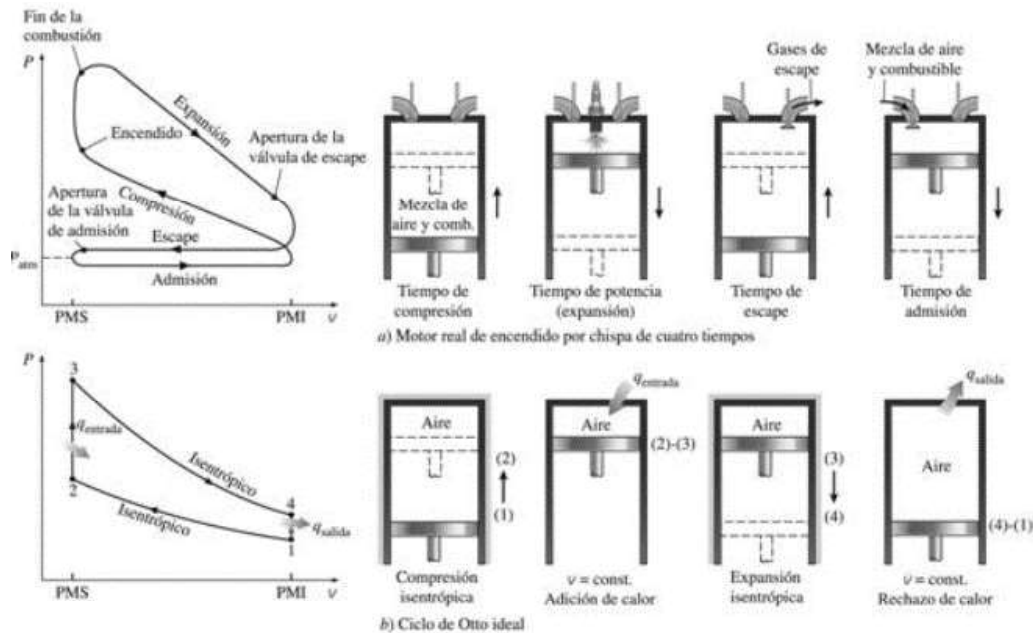


Figura 2.4. Ciclos real e ideal en motores de encendido por chispa y sus diagramas $P-V$.
(Fuente: Boles, Yanus, Cengel, & Michael, 2012)

A continuación, se indica los cuatro procesos del ciclo Otto ideal, que son internamente reversibles:

- 1-2 Compresión isentrópica
- 2-3 Adición de calor a volumen constante
- 3-4 Expansión isentrópica
- 4-1 Rechazo de calor a volumen constante

La realización del ciclo de Otto en un conjunto biela – pistón dentro de un túnel (cilindro) junto a un diagrama $P-V$ (Boles, Yanus, Cengel, & Michael, 2012).se presenta en la figura 2.4. El diagrama $T - S$ se indica en la figura 2.5.

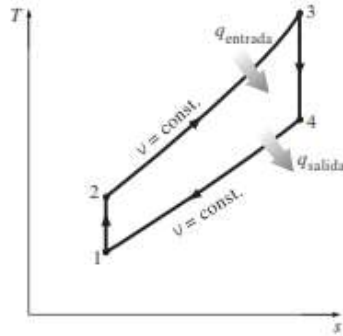


Figura 2.5. Diagrama T-S para el ciclo de Otto.
(Fuente: Boles, Yanus, Cengel, & Michael, 2012)

Los motores que se basan en el ciclo Otto pueden usar gasolina o gas como combustible, además utilizan una bujía para su encendido, en la actualidad existen motores de la marca Waukesha a gas que podrían ser utilizados como alternativa en la generación de energía eléctrica en las plataformas con el propósito de disminuir el consumo de diésel que actualmente se encuentran operando con ese combustible.

2.2.2. Ciclo Diesel: El Ciclo Ideal para las máquinas de encendido por compresión.

El ciclo Diésel es el ciclo ideal para las máquinas de combustión interna. El motor tuvo como autor a Rudolph Diesel en el año 1890. En los motores de ciclo Otto (encendidos por chispa), la mezcla estequiométrica aire – combustible se comprime mediante el conjunto biela – pistón hasta obtener una temperatura inferior al del autoencendido del combustible, por lo que es esencial la chispa de la bujía. En los motores diésel (o de encendido por compresión) el aire se comprime mediante el conjunto biela – pistón hasta alcanzar una temperatura superior al del autoencendido del combustible y la combustión inicia cuando ingresa el combustible pulverizado (inyección) en el aire caliente, por lo tanto, en este ciclo se omiten el carburador y la bujía como se demuestra en la Figura 2.6 (Boles, Yanus, Cengel, & Michael, 2012).

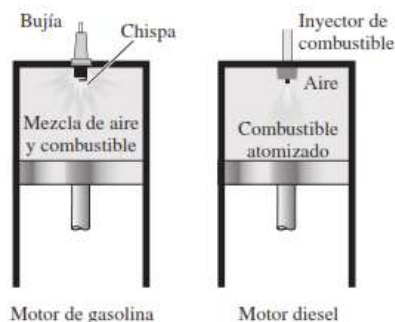


Figura 2.6. Inyección de combustible en los motores a diésel.
(Fuente: Boles, Yanus, Cengel, & Michael, 2012)

En los motores de ciclo Otto, una mezcla estequiométrica aire – combustible se comprime pudiendo ocasionar un autoencendido antes de llegar al punto muerto superior (PMS), esto produciría una desestabilización en el motor (golpeteo).

En los motores diésel como se ha mencionado anteriormente el aire entra y se comprime, es decir no interviene el combustible, evitando el autoencendido, es por eso que los motores diésel manejan altas relaciones de compresión entre 12 y 24. Una de las ventajas de estos motores es que al no tener autoencendido se puede utilizar combustibles poco refinados y se puede dar que la operación sea menos costosa.

Una vez que el aire se comprime mediante el conjunto biela – pistón, aumenta su temperatura y antes de llegar al punto muerto superior (PMS) entra el proceso de la inyección de combustible, y se prolonga la parte del recorrido de potencia, razón que el proceso de combustión es más extensivo que los motores de ciclo Otto, debido a esta etapa el ciclo diésel es considerado un proceso de adición de calor a presión constante, esta es la diferencia que tienen los ciclos Diesel y Otto (Boles, Yanus, Cengel, & Michael, 2012).

A continuación, se indicará en la Figura 2.7 los cuatro procesos y diagramas del ciclo diésel:

- 1-2 Compresión isentrópica
- 2-3 Adición de calor a presión constante
- 3-4 Expansión isentrópica
- 4-1 Rechazo de calor a volumen constante

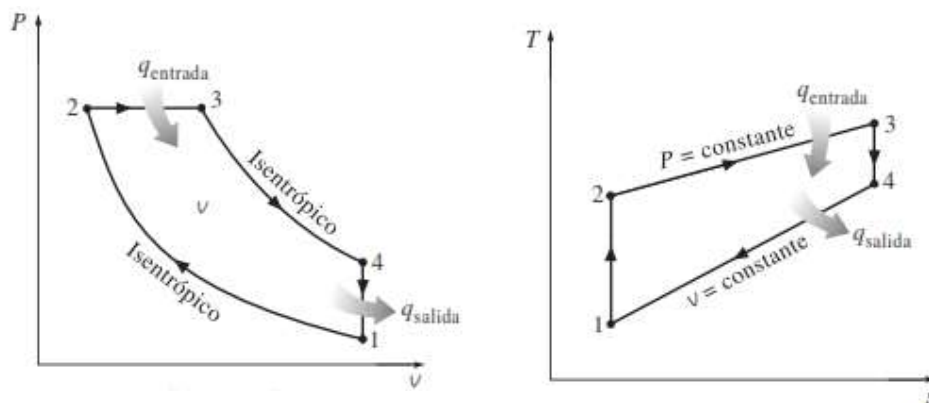


Figura 2.7. Diagramas P – V y T-S para el ciclo diésel.
(Fuente: Boles, Yanus, Cengel, & Michael, 2012)

Este tipo de tecnología de motores ciclo Diesel es utilizado actualmente en las Plataformas de producción PADs 420, 470 y 480, donde se usa combustible diésel, lo cual el costo total se encuentra entre 10.000 USD al día como se menciona en la Tabla A.2.

2.2.3. Ciclo Dual: combinación de dos procesos de transferencia de calor

El ciclo dual está diseñado para aprovechar ciertas ventajas de los ciclos Diesel y Otto, es decir una combinación de los procesos de transferencia de calor.

A continuación, los procesos del ciclo Dual:

- 1-2 Compresión isentrópica
- 2-3 Adición de calor a volumen constante
- 3-4 Adición de calor a presión constante
- 4-5 Expansión isentrópica
- 5-1 Rechazo de calor a volumen constante

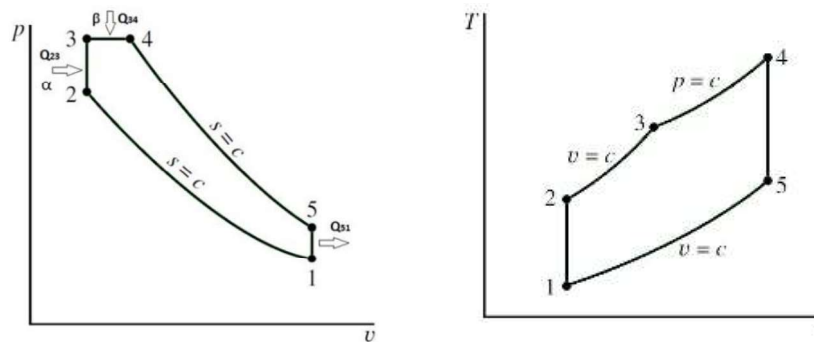


Figura 2.8. Diagramas P – V y T – S para el ciclo dual.
(Fuente: Ramírez-Barrón Alejandro, 2012)

Para la aplicación a esta tecnología existe por ejemplo un dispositivo altronic GTI Bi-Fuel, mismo que es un equipo donde se combina el ciclo Diesel y Otto, en la Figura 2.8 se indica una explicación más detallada del proceso real:

- 1–2: se tiene una compresión isentrópica en este caso consiste una mezcla aire-combustible (gas natural) que ingresa en la admisión.
- 2-3: el gas natural comprimido se quema justamente con la autocombustión cuando se inicia la inyección de diésel (no requiere bujía).
- 3-4: Diésel se inyecta a la cámara de combustión para el autoencendido.
- 4-5: Se desarrolla la expansión isentrópica.
- 5-1: Los gases combustionados se rechazan a volumen constante.

Nota: En el proceso 2-3 y 3-4 existirá un incremento de temperatura, por eso este dispositivo debe admitir lo estrictamente necesario el gas natural, caso contrario se elevará la temperatura descontroladamente y ocasionaría problemas en el motor.

A continuación, se realiza una explicación de un dispositivo que convierte a los motores de Ciclo Diesel en Dual (Bi-Fuel), siempre y cuando se tenga suministro permanente de gas natural.

Esquema del Sistema Standard GTI Bi-Fuel®

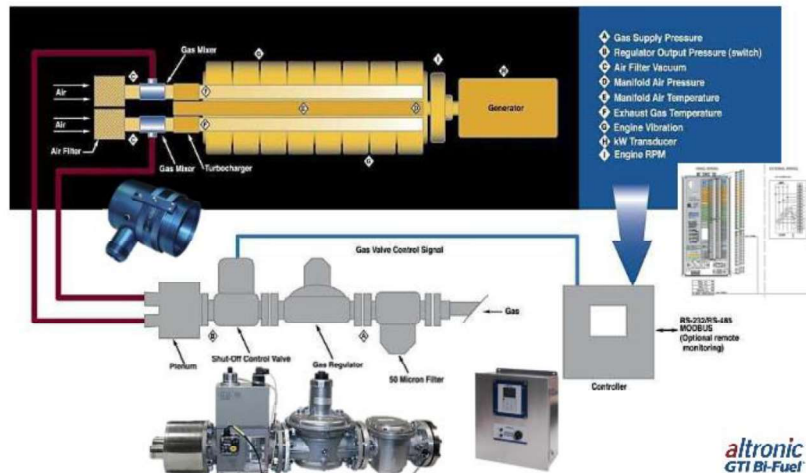


Figura 2.9. Esquema del sistema Standard GTI Bi-Fuel.
(Fuente: altronic, 2015)

Como se puede observar en la Figura 2.9. se tiene el esquema del funcionamiento del equipo GTI Bi-Fuel se trata de un dispositivo de filtrado, válvula de regulación de gas, válvula de control de gas, plenum donde ingresa el gas en la admisión de aire hacia el motor. La importancia de este equipo es convertir los motores de combustible 100% diésel en Bi fuel con un ahorro hasta del 50% dependiendo de las características del gas natural disponible.

2.2.4. Ciclo Bryton: el ciclo ideal para los motores de turbina de gas

Este ciclo fue presentado por George Bryton para utilizarlo en el motor reciprocante que combustionaba aceite por el año 1870. En la actualidad este ciclo es utilizado en turbinas de gas donde los procesos termodinámicos (compresión y expansión) son aplicados en una maquina rotativa (Boles, Yanus, Cengel, & Michael, 2012).

Las turbinas de gas usualmente trabajan en un ciclo abierto, donde ingresa aire a temperatura ambiente al compresor elevando la presión y temperatura, este aire continúa hasta la cámara de combustión, donde se produce la ignición a presión constante, producto de esto los gases

se encuentran a alta temperatura e ingresan a la turbina, donde se dispersa hasta llegar a la presión atmosférica, esto genera energía, posteriormente al proceso los gases salen al ambiente, es por eso que se denomina ciclo abierto (Boles, Yanus, Cengel, & Michael, 2012).

El ciclo Bryton está constituido por los siguientes procesos:

- 1-2 Compresión isentrópica (en un compresor)
- 2-3 Adición de calor a presión constante
- 3-4 Expansión isentrópica (en una turbina)
- 4-1 Rechazo de calor a presión constante

En la Figura 2.10 se explica el ciclo termodinámico:

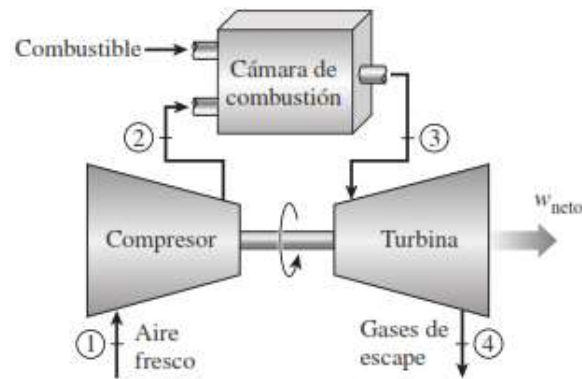


Figura 2.10. Turbina de gas ciclo abierto.
(Fuente: Boles, Yanus, Cengel, & Michael, 2012)

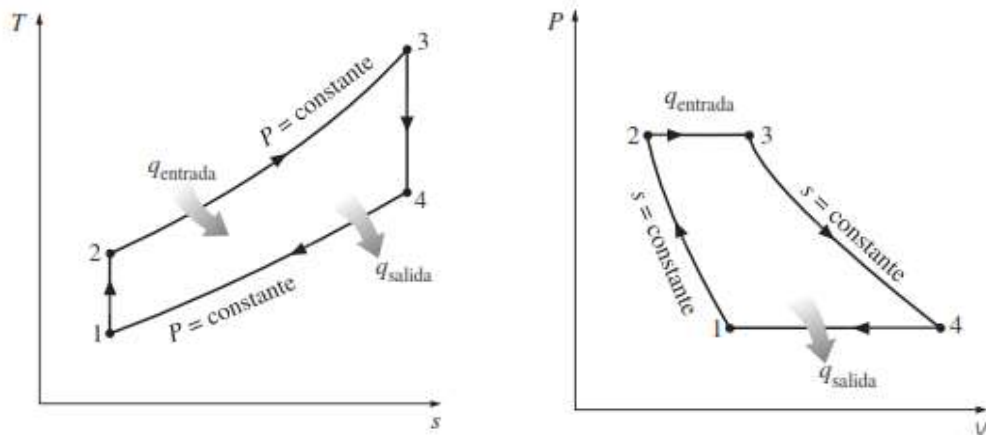


Figura 2.11. Diagramas P – v y T-S para el ciclo Bryton.
(Fuente: Boles, Yanus, Cengel, & Michael, 2012)

Esta tecnología de turbinas ciclo Bryton es utilizada actualmente en la generación eléctrica de acuerdo a la demanda de energía, en el presente estudio se encontró equipos de la marca CAPSTONE que disponen de potencia desde 600 kW, 800 kW y 1000 kW.

2.3. Especificaciones de combustibles alternativos a ser utilizados para la generación eléctrica en plataformas de producción de crudo.

2.3.1. Gas como combustible.

Como se ha mencionado anteriormente en las plataformas PADs 420, 470 y 480, existe la extracción de crudo permanentemente, mismo que viene asociado con sedimentos, gas natural y agua. Una vez que el fluido llega a la superficie es almacenado en tanques de producción teniendo un tiempo de residencia en la cual el gas natural se separa del crudo y es transportado por tuberías y quemado en los mecheros, la razón principal se basa en no tener problemas en la transferencia de crudo a las estaciones, ya que las bombas están diseñadas para desplazar solamente fluido.

El gas natural es un hidrocarburo que está compuesto de algunos elementos como son:

Tabla 2.1. Composición de gas natural comúnmente

Composición de Gas Natural		
Componente	Fórmula	Porcentaje
Metano	CH ₄	60-80%
Etano	C ₂ H ₄	10-20%
Propano	C ₃ H ₈	5-12%
Butano	C ₄ H ₁₀	2-5%
Pentano	C ₅ H ₁₂	1-3%
Dióxido de carbono	CO ₂	0-8%
Nitrógeno	N ₂	0-5%
Ácido sulfhídrico	H ₂ S	0-5%
Otros	A, He, Ne, Xe	Imperceptible

(Fuente: Lapuerta, 2008)

Cabe señalar que la composición general del gas natural varía de acuerdo a los yacimientos de extracción de crudo por lo que su componente principal combustible que es el metano puede disminuir, para esto es recomendable utilizar plantas de tratamiento de gas en la cual se realiza un proceso de compresión y extracción de condensados (deshidratación) para elevar el metano y minimizar gases como Dióxido de carbono, Azufre y Nitrógeno, una vez realizado el tratamiento podría ingresar a la combustión del equipo evitando detonaciones prematuras que afectan directamente a los mecanismos principales del equipo de combustión.

2.3.2. Crudo como combustible

De acuerdo a lo revisado tenemos equipos que trabajan con crudo el cual debe estar sometido a un tratamiento explicado anteriormente en la Figura 2.2.

El crudo es un combustible que se debe encontrar a temperatura y viscosidad adecuada para el ingreso a la unidad de combustible.

En los motores de combustión interna el sistema de inyección debe ser estrictamente diseñado para soportar altas presiones como por ejemplo las bombas de inyección, cañerías de paso de combustible e inyector. A continuación, se explicará mediante un gráfico el sistema de inyección en motores a crudo.

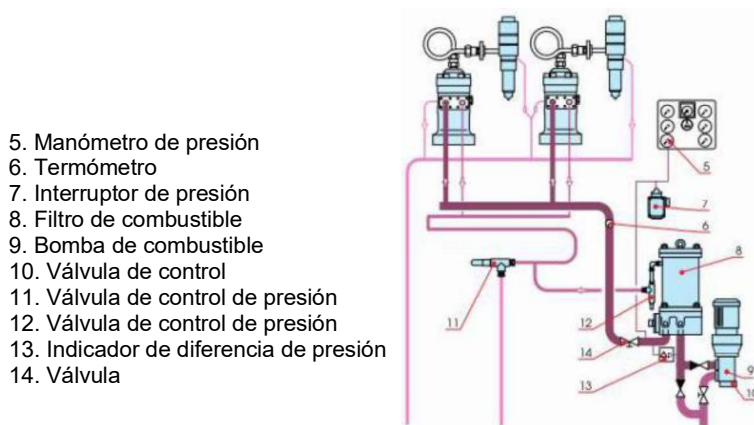


Figura 2.12. Sistema de Inyección.
(Fuente: Córdova, 2014)

3. METODOLOGÍA

3.1. Análisis de proyección de pozos de crudo en plataformas de producción del campo sachá – bloque 60

A continuación, se describirá los pozos en producción actuales en las plataformas de producción:

Plataforma PAD 420: La plataforma 420 inicio su producción en el año 2012, cuyos pozos iniciales tenían un buen aporte de crudo, por lo que se continuó perforando hasta llegar a su producción efectiva que es 3.391 BFPD, en esta plataforma no está considerado aumento de pozos, pero de acuerdo a la disminución de producción se realiza reacondicionamientos en los diferentes yacimientos.

Tabla 3.1. Proyección de pozos y características de fluido del PAD 420

POZO	ARENA (Inicial)	ARENA (Actual)	BFPD	BPPD	BSW %	BAPD	API 60°	
SAC-420	Ti	Ti	576	570	1,04	6	30,5	
SAC-421	Ti	Ui	232	116	50	116	26,9	
SAC-422	Ti	Ti	856	847	1,05	9	29,3	
SAC-423	Ti	Ti	651	631	3,07	20	29,7	
SAC-424	Ui	Ui	378	376	0,53	2	18	
SAC-425	Ui	Ui	185	181	2,16	4	29,7	
SAC-426			CERRADO					
SAC-427	Ti	Ti	513	503	1,95	10	30,4	
TOTAL			3.391	3.224		167		

(Fuente: Departamento de Levantamiento Artificial ORN, 2016)

Como se puede observar en el pozo SAC 421 se ha cambiado de yacimiento su extracción de crudo, ya que inicialmente empezó en la arena Ti y en la actualidad se encuentra en la arena Ui.

Es necesario recalcar que no se realizó modificaciones en los equipos de profundidad por lo que se conserva el mismo consumo de energía.

Plataforma PAD 470: Esta plataforma inicio su producción en el año 2015, es la última explotada en el Campo Sachá y tiene mayor producción de todas las plataformas.

Tabla 3.2. Proyección de pozos y características de fluido del PAD 470

POZO	ARENA (Inicial)	ARENA (Actual)	BFPD	BPPD	BSW %	BAPD	API 60°
SAC-470							
CERRADO							
SAC-471	Ti	Ui	692	650	6,07	42	28,1
SAC-472	Ui	Ui	404	259	35,89	145	19,1
SAC-473	Ui	Ui	1938	1279	34	659	18,2
SAC-474							
CERRADO							
SAC-475	Ui	Ui	1219	1073	11,98	146	19,6
SAC-476	Ui	Ui	428	426	0,47	2	19,2
SAC-477	Ui	Ui	1700	918	46	782	16,7
SAC-478	Ui	Ui	1088	675	37,96	413	18,8
SAC-479							
TOTAL			7.469	5.280		2.189	

(Fuente: Departamento de Levantamiento Artificial ORN, 2016)

En consulta realizada al departamento de Ingeniería de Petróleos Bloque 60, se tiene previsto realizar una última perforación que sería del pozo SAC 479, actualmente no se tiene fecha de la intervención debido a que no se encuentra programado.

Plataforma PAD 480: Esta plataforma PAD 480 empezó a producir en el año 2013, sirviendo de gran aporte en el Campo Sacha, la extracción de crudo se ha seguido manteniendo desde su producción inicial.

Tabla 3.3. Proyección de pozos y características de fluido del PAD 480

POZO	ARENA (Inicial)	ARENA (Actual)	BFPD	BPPD	BSW %	BAPD	API 60°
SAC-480	Ti	Ti	305	284	6,89	21	29,6
SAC-481	Ti	Ti	421	396	5,94	25	29,8
SAC-482	Ui	Ui	511	501	1,96	10	18
SAC-484							
CERRADO							
SAC-485	Ti	Ti	754	716	5,04	38	27
SAC-486	Ti	Ti	449	445	0,89	4	29,8
SAC-487	Ui	Ui	490	485	1,02	5	18
SAC-488	Ui	Ui	654	589	9,94	65	17,6
TOTAL			3.584	3.416		168	

(Fuente: Departamento de Levantamiento Artificial ORN, 2016)

En esta plataforma no se considera aumento de pozos por lo que su demanda de energía se mantendrá en los próximos años.

3.2. Análisis de características de hidrocarburos para la implementación de nuevas tecnologías en la generación eléctrica.

Como se ha mencionado anteriormente las plataformas tienen una producción considerable de crudo por lo que es inevitable la separación de gas en las facilidades de superficie como son los tanques de almacenamiento, para el estudio presente es necesario realizar el análisis de cromatografía de gases, donde se da a conocer las características importantes del gas natural como son el porcentaje de fracción molar de metano (CH_4) y el poder calorífico.

Para realizar esta parte experimental se muestreó utilizando recipientes de presión denominados balas, mismos que fueron instalados en la línea que se dirige a los mecheros desde los tanques de almacenamiento.



Figura 3.1. Toma de muestra en línea dirigida a los mecheros.
(Fuente: Diego Garcés (fotógrafo), 2017)

Como condición para el análisis de cromatografía de gas es necesario que la muestra se encuentre de 15 psi en adelante, por lo que se instaló un medidor de presión indicando 9 psi. Con el inconveniente presentado se optó por hacer una instalación de líneas hacia un compresor portátil para elevar la presión, con ayuda de estos elementos se realizaron las

muestras con las condiciones adecuadas. Otro parámetro importante es la temperatura en el instante de la muestra, por lo que se utilizó una pistola de temperatura infrarroja.



Figura 3.2 Compresor portátil.
(Fuente: Diego Garcés (fotógrafo), 2017)



Figura 3.3 Muestra a 30 psi.
(Fuente: Diego Garcés (fotógrafo), 2017)

Una vez muestreada las Plataformas 420, 470 y 480, se envió las balas con el gas natural presurizado al Campo Shushufindi Bloque 57, al Departamento de Corrosión y Químicos.

Los Ingenieros de Corrosión y Químicos procedieron a realizar el análisis con un equipo SRI 8610 C GAS CHROMATOGRAPH.



Figura 3.4 Análisis de cromatografía de gases.
(Fuente: Diego Garcés (fotógrafo), 2017)



Figura 3.5 Equipo SRI 8610 C.
(Fuente: Diego Garcés (fotógrafo), 2017)

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Plataforma 420

Fecha de resultados: 12 de enero de 2017.

Tabla 3.4. Resultados de análisis de cromatografía de gases PAD 420

PARÁMETROS	FRACCIÓN % MOLAR
NITROGEN	7,45
METHANE	47,59
CARBON DIOXIDE	7,41
ETHANE	8,53
WATER	1,98
PROPANE	13,63
i-BUTANE	2,72
n-BUTANE	6,2
i-PENTANE	1,93
n-PENTANE+	1,63
n-HEXANE +	0,82
n-HEPTANE+	0,11
Poder Calorífico	1482,4 BTU / ft3
Gravedad Específica	1,0668

(Fuente: Resultados de la Cromatografía realizada, 2017)

Plataforma 470

Fecha de resultados: 11 de enero de 2017.

Tabla 3.5. Resultados de análisis de cromatografía de gases PAD 470

PARÁMETROS	FRACCIÓN % MOLAR
NITROGEN	54,75
METHANE	25,76
CARBON DIOXIDE	10,38
ETHANE	4,31
WATER	1,88
PROPANE	1,80
i-BUTANE	0,22
n-BUTANE	0,51
i-PENTANE	0,12
n-PENTANE+	0,15
n-HEXANE +	0,10
n-HEPTANE+	0,01
Poder Calorífico	430,2 BTU / ft3
Gravedad Específica	0,9498

(Fuente: Resultados de la Cromatografía de gases realizada, 2017)

Plataforma 480

Fecha de resultados: 11 de enero de 2017.

Tabla 3.6. Resultados de análisis de cromatografía de gases PAD 480

PARÁMETROS	FRACCIÓN % MOLAR
NITROGEN	46,08
METHANE	31,78
CARBON DIOXIDE	12,21
ETHANE	5,02
WATER	1,62
PROPANE	2,05
i-BUTANE	0,26
n-BUTANE	0,59
i-PENTANE	0,16
n-PENTANE+	0,15
n-HEXANE +	0,07
n-HEPTANE+	0,02
Poder Calorífico	514,1 BTU / ft3
Gravedad Específica	0,938

(Fuente: Resultados de la Cromatografía de gases realizada, 2017)

3.3. Proyección de potencia en las plataformas (PAD).

Se procedió a realizar el análisis de calidad de energía en los PADs, por lo que se utilizaron los siguientes equipos:

- Equipo Fluke 435-II.
- Software y PC para realizar informe final.

Como parte obligatoria se utilizó equipo de protección personal descrito a continuación:

- Ropa de Trabajo, overol ignífugo.
- Gafas.
- Guantes aislantes.
- Mantas Aislantes.
- Rótulos de marcación y bitácora de control de prueba.
- Calzado de seguridad dieléctrico.

Como procedimiento para instalar el analizador se conectó a una fuente de energía de 110 a 120 V, en la pantalla principal de ajustaron valores generales del equipo a ser evaluado como indica la figura.

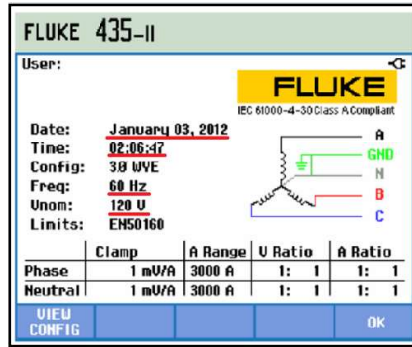


Figura 3.6. Pantalla de inicio con valores a ser predefinidos por usuario.
(Fuente: Fluke, 2017)

Luego de insertar los valores se cambió la configuración del cableado WYE IT trifásica (IT = Interrupted Terra = Puesta a tierra interrumpida). Esta información se la obtiene de la placa del equipo a analizar.

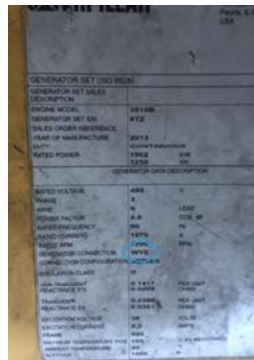


Figura 3.7. Datos de placa del grupo electrógeno a analizar.
(Fuente: Diego Garcés (fotógrafo), 2017)

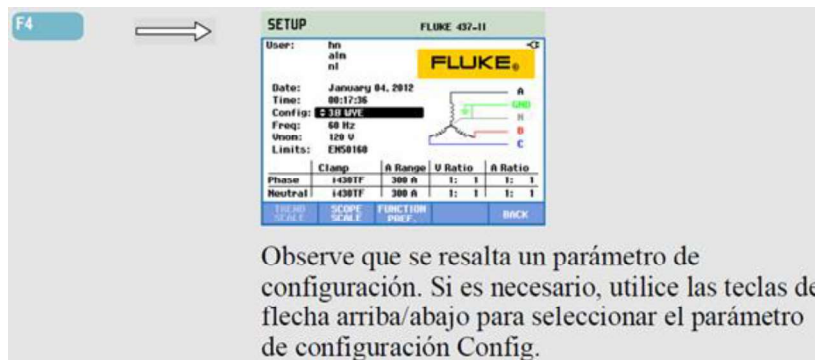


Figura 3.8. Pantalla de inicio con valores a ser predefinidos por el usuario.
(Fuente: Fluke, 2017)

Una vez configurado el equipo de acuerdo a los parámetros a ser evaluados, se procede a instalar los dispositivos a la salida del breaker principal del grupo electrógeno.

En las figuras esquemáticas se muestra el sitio y la conexión:

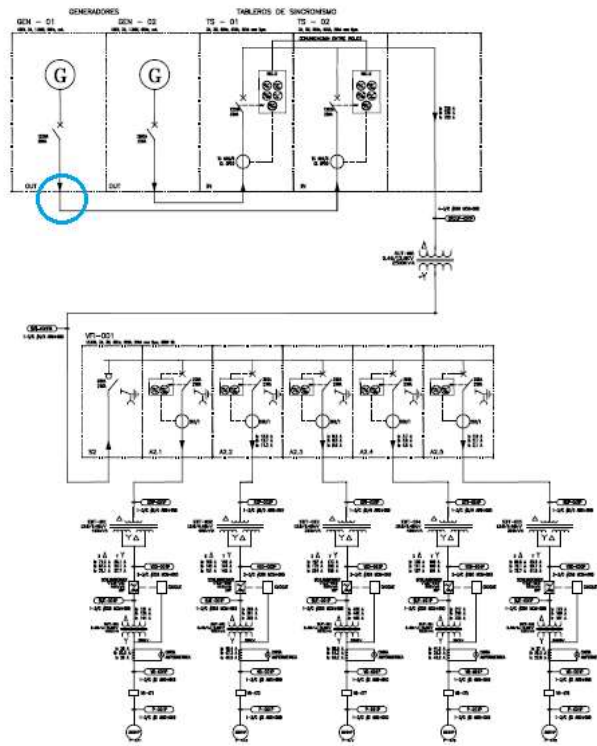


Figura 3.9. Esquema de instalación de Analizador Fluke 435-II
(Fuente: Departamento Eléctrico ORN, 2017)

- A (L1): Fase A
- B (L1): Fase B
- C (L1): Fase C
- N: Neutro
- GND: Tierra

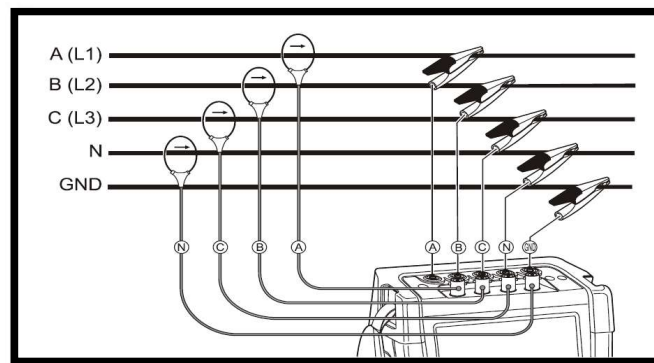


Figura 3.10. Esquema de conexión de Analizador Fluke 435-II a un sistema trifásico
(Fuente: Fluke, 2017)

Con el equipo encendido se realizó la instalación, donde se procedió a ingresar en MENU opción REGISTRADOR, en dicha opción se escogió los intervalos de medición y parámetros a analizar. El equipo registro datos durante un periodo de 48 horas en intervalos de un minuto.

A continuación, se indica la manera que fue instalado el equipo Fluke 435-II en la plataforma PAD 420.



Figura 3.11. Conexión del equipo a la salida del grupo electrógeno.
(Fuente: Diego Garcés (fotógrafo), 2017)

Una vez concluido el tiempo establecido para la medición, el equipo analizador almacenó automáticamente los datos tomados, y se visualizó en el Software PowerLog

Los datos descargados muestran los siguientes gráficos de potencia:

En la plataforma PAD 420, la potencia varía de 500 kW a 650 kW como muestra la Figura 3.12, situación que se presenta por el arranque de las bombas de transferencia de crudo a la estación, adicionalmente se consideró la iluminación, es decir la potencia total de la plataforma.

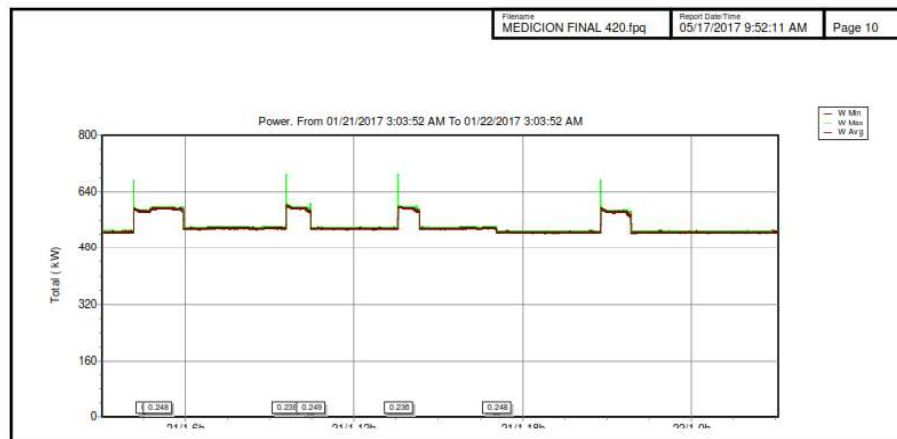


Figura 3.12. Datos de potencia de la Plataforma (PAD) 420.
(Fuente: Departamento Eléctrico, 2017)

En la plataforma PAD 470, la potencia varía de 800 kW a 900 kW en el arranque de las bombas de transferencia de crudo a la estación, adicionalmente se consideró la iluminación.



Figura 3.13. Datos de potencia de la Plataforma (PAD) 470.
(Fuente: Departamento Eléctrico, 2017)

En la plataforma PAD 480, la potencia varía de 720 kW a 765 kW, esto correspondió al arranque de un pozo que presentó problemas en el equipo de profundidad, esto puede observarse en la figura 3.14.

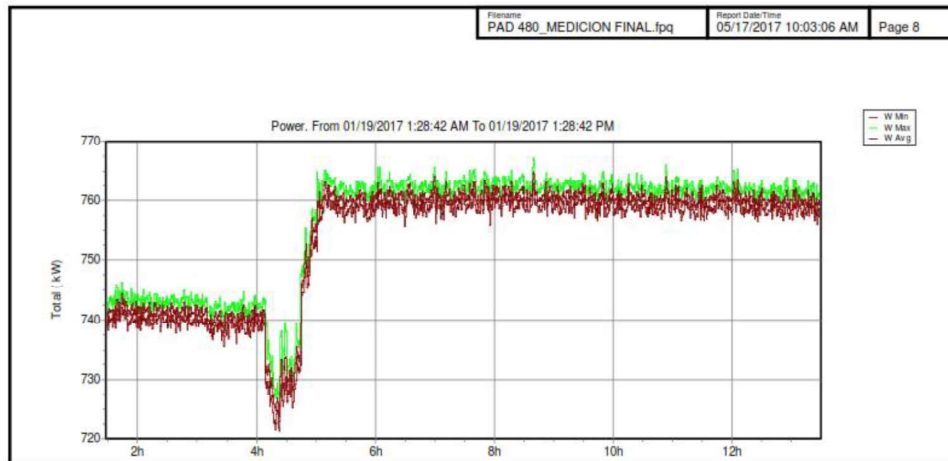


Figura 3.14. Datos de potencia de la Plataforma SAC 480.
(Fuente: Departamento Eléctrico, 2017)

3.4. Análisis de equipos de generación eléctrica con las condiciones de hidrocarburo en plataformas de producción de crudo

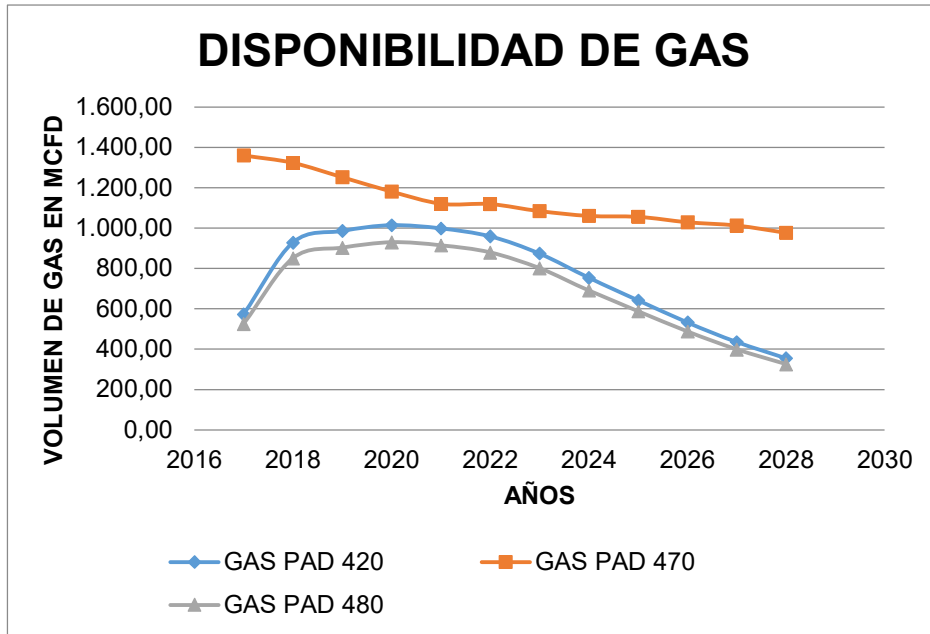


Figura 3.15. Datos de Disponibilidad de Gas para los PADs 420, 470 y 480 Desde el año 2016 al 2028.

(Fuente: Proyección realizada por el autor en base a datos de explotación actual, 2017)

De acuerdo a la disponibilidad de los resultados de volumen y análisis de cromatografía de gas, se consideran los siguientes equipos de generación eléctrica:

- Turbinas de Gas.
- Motores Gas.
- Motores Bi fuel.

En el Anexo 3, se estipulan los cuadros y las proyecciones de las tres Plataformas PADs sobre la disponibilidad de gas hasta el año 2028.

3.4.1. Disponibilidad de proveedores en el Ecuador de equipos de generación eléctrica.

Los proveedores asociados a este proyecto y que tienen la capacidad de ejecución son:

- CAPSTONE ECUAPET.
- ARCOLANDS.
- HOERBEGER.

4. ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO: SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.

4.1. Método de selección de alternativas

La selección de la mejor alternativa está basada en el método de la evaluación de riesgos. Tomando como premisa la opción cuyo riesgo acumulado sea el menor.

El Riesgo se define como un impacto negativo en las ganancias esperadas o en el valor de utilidad a recibir ante un movimiento adverso en:

- Precio del dinero.
- Precio de activos.
- Precio o disponibilidad de activos físicos: materias primas.

En base a los niveles de riesgo la selección será validada por un algoritmo de regresión múltiple que garantice la sustentabilidad de la decisión en el tiempo, para lo cual se empleará el paquete estadístico NCSS.

4.2. Selección de equipos eficientes para la generación eléctrica en plataformas de producción de crudo

La selección está basada sobre las tres Plataformas PADs (420, 470 y 480) y sus propias estructuras actualmente funcionales.

Financieramente esta selección está definida como la inversión a realizarse en cada uno de los PADs, así se establece que la inversión la conforman las aplicaciones que las personas naturales o jurídicas dan a sus fondos, tanto propios como ajenos, y que se realiza con el ánimo de obtener una rentabilidad o beneficio futuro. Las decisiones de inversión son muy importantes pues implican la asignación de grandes sumas de dinero por un período de largo plazo, de esto dependerá el éxito o el fracaso de una organización. Por lo tanto, las inversiones, determinan la cuantificación de todo aquello que la empresa requiere para operar y generar un bien o servicio; para este caso las inversiones se clasifican en dos grandes rubros que son:

Activos de inversión: Conjunto de elementos patrimoniales adscritos a la sociedad de forma imprescindible para la propia actividad de la misma, se denominan también activos intangibles.

Capital de trabajo: Son aquellos fondos que la empresa necesita para operar en un período de tiempo.

Inversión total: Está dada por la sumatoria de los activos fijos, activos diferidos y capital de trabajo.

En relación a las Plataformas PADs tenemos los siguientes:

- Plataforma PAD 420:

A continuación, en el siguiente cuadro se indica el resumen de las especificaciones técnicas solicitadas y las propuestas de los proveedores:

Tabla 4.1. Propuestas de proveedores según requerimiento para el PAD 420.

	PLATAFORMA 420	EQUIPO	MARCA	MODELO	POTENCIA REQUERIDA (KW)	PODER CALORIFICO BTU/FT3	VOLUMEN DE GAS MMSCFD	
	CARACTERISTICAS				700,00	1.482	1.2	
	PROPUESTAS							COSTO USD
1	ARCOLANDS	MOTOR - GENERADOR	WAUKESHA	L7042GSI	1.050	850	0.207	1.112.000,00
	INSTALACION							22.343,00
	TOTAL							1.134.343,00
2	ECUAPET	TURBINA C1000S	CAPSTONE	MODELO 1000S-HD4-HU00	1.000	350	0.350	1.710.000,00
	SKID DE COMPRESION							80.000,00
	INSTALACION							39.999,00
	TOTAL							1.829.999,00
3	HOERBEGER	MOTOR - GENERADOR	WAUKESHA	L7042GSI	1.050	850	0.220	1.600.000,00
	COMPRESOR							50.000,00
	INSTALACION							700.000,00
	TOTAL							2.350.000,00
4	HOERBEGER	MOTOR - GENERADOR (SISTEMA BI FUEL)	CATERPILLAR	3512	1.000	150	0.030-0.060	1.000.000,00
	EQUIPO BI-FUEL							100.000,00
	OBRAS CIVILES							35.000,00
	TOTAL							1.135.000,00

(Fuente: Proveedores nacionales, 2017)

Tabla 4.2. Activos de inversión/propuestas para el PAD 420.

Descripción	Valor Total
Propuesta 1	1.134.343,00
Propuesta 2	1.829.999,00
Propuesta 3	2.350.000,00
Propuesta 4	1.135.000,00

(Fuente: Las Propuestas están desglosadas en el ANEXO 5 inciso PAD 420, 2017)

Tabla 4.3. Capital de trabajo para el PAD 420.

Descripción	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3	PROPUESTA 4
Mano de Obra directa	14.688,00	14.688,00	14.688,00	14.688,00
Combustible Diésel	0,00	0,00	0,00	494.251,20
Mano de Obra indirecta	7.956,00	7.956,00	7.956,00	7.956,00
Mantenimiento y Reparación	116.834,00	186.000,00	112.000,00	102.677,00
Seguros	22.686,86	36.599,98	47.000,00	22.700,00
Total	162.164,86	245.243,98	181.644,00	642.272,20

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Tabla 4.4. Inversión total para el PAD 420.

CONCEPTO	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3	PROPUESTA 4
Activos Fijos	1.134.343,00	1.829.999,00	2.350.000,00	1.135.000,00
Capital de Trabajo	162.164,86	245.243,98	181.644,00	642.272,20
Inversión Total	1.296.507,86	2.075.242,98	2.531.644,00	1.777.272,20

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

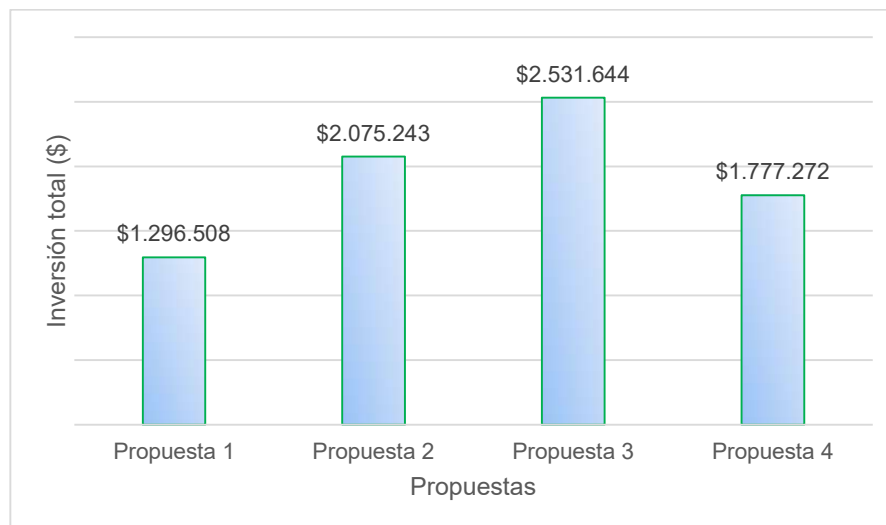


Figura 4.1. Inversión total de las propuestas para PAD 420.
(Fuente: Inversión total de propuestas de proveedores nacionales, 2017)

- Plataforma PAD 470:

A continuación, en el siguiente cuadro se indica el resumen de las especificaciones técnicas solicitadas y la propuesta del proveedor:

Tabla 4.5. Propuestas de proveedores según requerimiento para el PAD 470.

	PLATAFORMA 470	EQUIPO	MARCA	MODELO	POTENCIA REQUERIDA KW	PODER CALORIFICO BTU/FT3	VOLUMEN DE GAS MMSCFD	
	CARACTERISTICAS				1.112,00	430,20	1.3	
	PROPUESTA							COSTO USD
1	ECUAPET	TURBINA C800S	CAPSTONE	800S-HD4-HU00	800,00	350,00	0.504	1.406.000,00
		TURBINA C600S	CAPSTONE	600S-HD4-HU00	600,00	300,00	0.375	1.127.000,00
	SKID DE COMPRESION							80.000,00
	INSTALACION							39.999,00
	TOTAL							2.652.999,00

(Fuente: Proveedores nacionales, 2017)

Tabla 4.6. Activos de inversión/propuestas para el PAD 470.

Descripción	Valor Total
Propuesta 1	2.652.999,00

(Fuente: La Propuesta está desglosada en el ANEXO 5 inciso PAD 470, 2017)

Tabla 4.7. Capital de trabajo para el PAD 470.

Descripción	PROPUESTA 1
Mano de Obra directa	14.688,00
Combustible Diesel	0,00
Mano de Obra indirecta	7.956,00
Mantenimiento y Reparación	237.610,00
Seguros	53.059,98
Total	313.313,98

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Tabla 4.8. Inversión total para el PAD 470.

CONCEPTO	PROPUESTA 1
Activos Fijos	2.652.999,00
Capital de Trabajo	313.313,98
Inversión Total	2.966.312,98

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

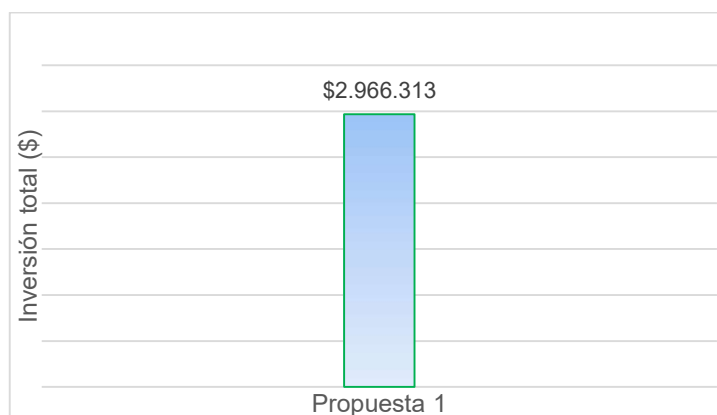


Figura 4.2. Inversión total de la propuesta para PAD 470.
(Fuente: Inversión total de propuestas de proveedores nacionales, 2017)

- Plataforma PAD 480:

A continuación, en el siguiente cuadro se indica el resumen de las especificaciones técnicas solicitadas y las propuestas del proveedor:

Tabla 4.9. Propuestas de proveedores según requerimiento para el PAD 480.

	PLATAFORMA 480	EQUIPO	MARCA	MODELO	POTENCIA KW	PODER CALORIFIC O BTU/FT3	VOLUMEN DE GAS MMSCFD	
	CARACTERISTICAS				700,00	514,10	1.2	
	PROPUESTAS							COSTO USD
1	PROPUESTA ARCOLANDS	MOTOR - GENERADOR	WAUKESHA	L7042GSI	1.000,00	700,00	0.207	1.112.000,00
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE GAS						1,0	1.200.000,00
	INSTALACION							22.343,00
	TOTAL							2.334.343,00
2	PROPUESTA ECUAPET	TURBINA C1000S	CAPSTONE	MODELO 1000S-HD4-HU00	1.000,00	350,00	0.350	1.710.000,00
	SKID DE COMPRESION							80.000,00
	INSTALACION							39.999,00
	TOTAL							1.829.999,00
3	PROPUESTA HOERBEGER	MOTOR - GENERADOR	WAUKESHA	L7042GSI	1050	700	0.220	1.600.000,00
	COMPRESOR							50.000,00
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE GAS						1,0	1.200.000,00
	INSTALACION							700.000,00
	TOTAL							3.550.000,00
4	PROPUESTA HOERBEGER	MOTOR - GENERADOR (SISTEMA BI FUEL)	CATERPILLAR	3512	1000	150	0.030-0.060	1.000.000,00
	EQUIPO BI-FUEL							100.000,00
	OBRAS CIVILES							35.000,00
	TOTAL							1.135.000,00
5	EQUIPO PROPIO	MOTOR - GENERADOR	CATERPILLAR	3512	1000			PROPIO
	INVERSION	SISTEMA BI FUEL						

(Fuente: Proveedores nacionales, 2017)

Tabla 4.10. Activos de inversión/propuestas para el PAD 480.

Descripción	Valor Total
Propuesta 1	2.334.343,00
Propuesta 2	1.829.999,00
Propuesta 3	3.550.000,00
Propuesta 4	1.135.000,00
Propuesta 5	100.000,00

(Fuente: Las Propuestas están desglosadas en el ANEXO 5 inciso PAD 480, 2017)

Tabla 4.11. Capital de trabajo para el PAD 480.

Descripción	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3	PROPUESTA 4	PROPUESTA 5
Mano de Obra directa	14.688,00	14.688,00	14.688,00	14.688,00	14.688,00
Combustible	0,00	0,00	0,00	490.843,58	490.843,58
Mano de Obra indirecta	7.956,00	7.956,00	7.956,00	7.956,00	7.956,00
Mantenimiento y Reparación	144.383,00	186.000,00	168.000,00	102.677,00	95.092,40
Seguros	46.686,86	36.599,98	71.000,00	2.000,00	0,00
Total	213.713,86	245.243,98	261.644,00	618.164,58	608.579,98

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Tabla 4.12. Inversión total para el PAD 480.

CONCEPTO	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3	PROPUESTA 4	PROPUESTA 5
Activos Fijos	2.334.343,00	1.829.999,00	3.550.000,00	1.135.000,00	100.000,00
Capital de Trabajo	213.713,86	245.243,98	261.644,00	618.164,58	608.579,98
Inversión Total	2.548.056,86	2.075.242,98	3.811.644,00	1.753.164,58	708.579,98

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

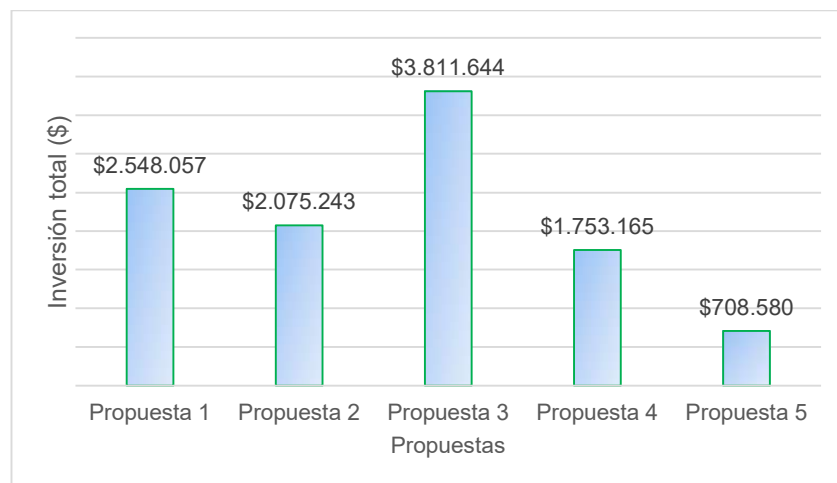


Figura 4.3. Inversión total de las propuestas para PAD 480.
(Fuente: Inversión total de propuestas de proveedores nacionales, 2017)

Para el inicio de la ejecución del proyecto es necesario invertir los datos del último cuadro de cada uno de los PADs, es decir la inversión total.

El desglose del Capital de trabajo contemplado para cada PAD está en Anexo 7.

Una vez determinado la inversión para cada propuesta dentro de cada PAD, se estima la matriz de riesgo en los tres casos. La Matriz de Riesgo se formó sumando los riesgos de inversión, operativo y de uso de gas. El riesgo es expresado de acuerdo al valor de cada propuesta individual dividida para la sumatoria de todas las propuestas expresado en porcentaje.

Nota: En este análisis se toma en cuenta la propuesta con menor riesgo.

- Plataforma PAD 420:

Tabla 4.13. Matriz de Riesgo de Inversión del PAD 420.

Concepto	Inversión Inicial	Financiamiento		Anticipo		Riesgo de Inversión
		%	Valor	%	Valor	
Propuesta 1	1.134.343,00	100,00%	1.134.343,00	0,00%	-	17,59%
Propuesta 2	1.829.999,00	100,00%	1.829.999,00	0,00%	-	28,37%
Propuesta 3	2.350.000,00	100,00%	2.350.000,00	0,00%	-	36,44%
Propuesta 4	1.135.000,00	100,00%	1.135.000,00	0,00%	-	17,60%

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Tabla 4.14. Matriz de Riesgo del Uso de gas del PAD 420.

Concepto	Uso de la Propuesta (MSCFD)	Variación del uso %	Valor Máximo de uso de Gas por propuesta	Disponibilidad de uso del Gas en el PAD (MSCFD)				Riesgo de Operación con gas
				Mínima	% de ocurrencia	Máxima	% de ocurrencia	
Propuesta 1	207	10%	228	502,15	55,06%	1.170,46	15,45%	23,05%
Propuesta 2	350	10%	385					38,97%
Propuesta 3	220	10%	242					24,49%
Propuesta 4	45	10%	50					5,01%

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Tabla 4.15. Matriz de Riesgo de Operación a 10 años del PAD 420.

CONCEPTO	AÑO	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3	PROPUESTA 4
Capital de Trabajo	1	162.164,86	245.243,98	181.644,00	642.272,20
	2	163.948,67	247.941,66	183.642,08	649.337,19
	3	165.752,11	250.669,02	185.662,15	656.479,90
	4	167.575,38	253.426,38	187.704,43	663.701,18
	5	169.418,71	256.214,07	189.769,18	671.001,90
	6	171.282,32	259.032,43	191.856,64	678.382,92
	7	173.166,42	261.881,78	193.967,06	685.845,13
	8	175.071,25	264.762,48	196.100,70	693.389,42
	9	176.997,04	267.674,87	198.257,81	701.016,71
	10	178.944,00	270.619,29	200.438,64	708.727,89
GASTO TOTAL A 10 AÑOS		1.704.320,77	2.577.465,97	1.909.042,70	6.750.154,44
Riesgo del Operación Total		13,17%	19,92%	14,75%	52,16%

Inversión inicial		1.134.343,00	1.829.999,00	2.350.000,00	1.135.000,00
Total a 10 años		2.838.663,77	4.407.464,97	4.259.042,70	7.885.154,44
Costo Actual al año 1		1.061.967,50			
Costo Actual en 10 años		11.718.489,26			
Diferencia		-8.879.825,49	-7.311.024,29	-7.459.446,56	-3.833.334,81

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Tabla 4.16. Elección de propuesta en base a la Matriz de Riesgo del PAD 420.

Concepto	Riesgo de Inversión	Riesgo de Operación	Riesgo de uso de Gas	Riesgo Total	MEJOR OPCIÓN
Propuesta 1	17,59%	13,17%	23,05%	53,81%	ok
Propuesta 2	28,37%	19,92%	38,97%	87,26%	
Propuesta 3	36,44%	14,75%	24,49%	75,68%	
Propuesta 4	17,60%	52,16%	5,01%	74,77%	

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

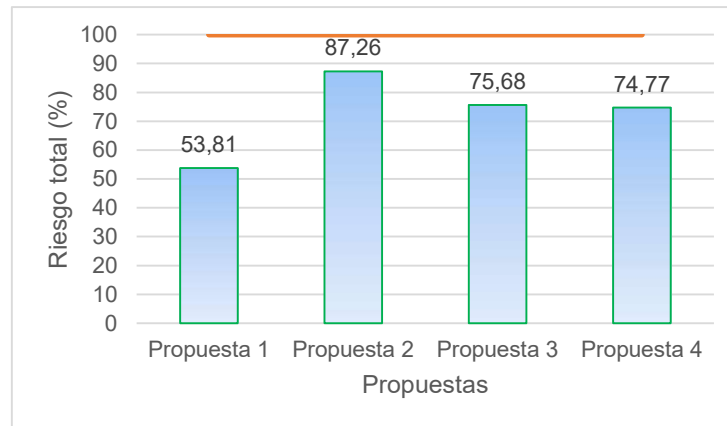


Figura 4.4. Elección de propuesta en base a la Matriz de Riesgo del PAD 420.
(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

La propuesta ganadora es la No. 1, al mantener un riesgo acumulado del 53,81%.

- Plataforma PAD 470:

Tabla 4.17. Matriz de Riesgo de Inversión del PAD 470.

Concepto	Inversión Inicial	Financiamiento		Anticipo		Riesgo de Inversión
		%	Valor	%	Valor	
Propuesta 1	2.652.999,00	100,00%	2.652.999,00	0,00%	-	100,00%

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx")

Tabla 4.18. Matriz de Riesgo del Uso de gas del PAD 470.

Concepto	Uso de la Propuesta (MSCFD)	Variación del uso %	Valor Máximo de uso de Gas por propuesta	Disponibilidad de uso del Gas en el PAD (MSCFD)				Riesgo de Operación con gas
				Mínima	% de ocurrencia	Máxima	% de ocurrencia	
Propuesta 1	879	10%	967	1012,8	55,06%	1.700,00	15,45%	55,42%

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx")

Tabla 4.19. Matriz de Riesgo de Operación a 10 años del PAD 470.

CONCEPTO	AÑO	PROPUESTA 1
Capital de Trabajo	1	313.313,98
	2	316.760,43
	3	320.244,80
	4	323.767,49
	5	327.328,93
	6	330.929,55
	7	334.569,78
	8	338.250,04
	9	341.970,80
	10	345.732,47
GASTO TOTAL A 10 AÑOS		3.292.868,28
Riesgo del Operación Total		100,00%
Inversión inicial		2.652.999,00
Total a 10 años		5.945.867,28
Costo Actual al año 1		1.637.134,50

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx")

Tabla 4.20. Elección de propuesta en base a la Matriz de Riesgo del PAD 470.

Concepto	Riesgo del Inversión	Riesgo de Operación	Riesgo de uso de Gas	Riesgo Total	MEJOR OPCIÓN
Propuesta 1	N/A	N/A	55,42%	55,42%	ok

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

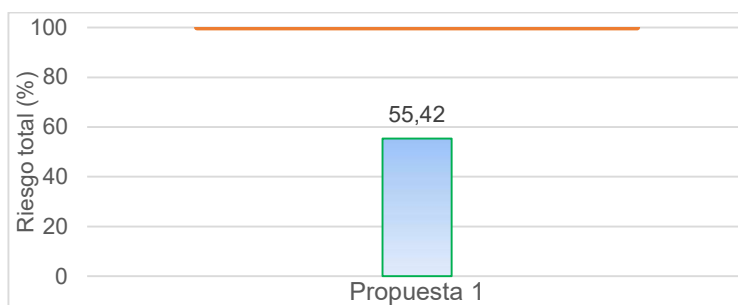


Figura 4.5. Elección de propuesta en base a la Matriz de Riesgo del PAD 470.
(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

En esta plataforma al tener una potencia de 1.1 MW, existió un ofertante por lo que los riesgos de inversión y operación asumirá directamente la empresa tomando en cuenta la disminución principalmente del costo de combustible diésel.

- Plataforma PAD 480:

Tabla 4.21. Matriz de Riesgo de Inversión del PAD 480.

Concepto	Inversión Inicial	Financiamiento		Anticipo		Riesgo de Inversión
		%	Valor	%	Valor	
Propuesta 1	2.334.343,00	100,00%	2.334.343,00	0,00%	-	26,08%
Propuesta 2	1.829.999,00	100,00%	1.829.999,00	0,00%	-	20,45%
Propuesta 3	3.550.000,00	100,00%	3.550.000,00	0,00%	-	39,67%
Propuesta 4	1.135.000,00	100,00%	1.135.000,00	0,00%	-	12,68%
Propuesta 5	100.000,00	100,00%	100.000,00	0,00%	-	1,12%

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx")

Tabla 4.22. Matriz de Riesgo del Uso de gas del PAD 480.

Concepto	Uso de la Propuesta (MSCFD)	Variación del uso %	Valor Máximo de uso de Gas por propuesta	Disponibilidad de uso del Gas en el PAD (MSCFD) para las propuestas 2, 4 y 5				Riesgo de Operación con gas
				Mínima	% de ocurrencia	Máxima	% de ocurrencia	
Propuesta 2	350	10%	385	460,31	55,06%	1.072,92	15,45%	42,51%
Propuesta 4	60	10%	66					7,29%
Propuesta 5	60	10%	66					7,29%
Concepto	Uso de la Propuesta (MSCFD)	Variación del uso %	Valor Máximo de uso de Gas por propuesta	Disponibilidad de uso del Gas en el PAD (MSCFD) incluyendo desperdicio 30% por planta de tratamiento del gas para propuestas 1 y 3				Riesgo de Operación con gas
				Mínima	% de ocurrencia	Máxima	% de ocurrencia	
Propuesta 1	207	10,00%	228	322,22	55,06%	751,04	15,45%	35,96%
Propuesta 3	220	10,00%	242					38,17%

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx")

Tabla 4.23. Matriz de Riesgo de Operación a 10 años del PAD 480.

CONCEPTO	AÑO	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3	PROPUESTA 4	PROPUESTA 5
Capital de Trabajo	1	213.713,86	245.243,98	261.644,00	618.164,58	608.579,98
	2	216.064,71	247.941,66	264.522,08	624.964,39	615.274,36
	3	218.441,42	250.669,02	267.431,83	631.839,00	622.042,38
	4	220.844,28	253.426,38	270.373,58	638.789,23	628.884,85
	5	223.273,57	256.214,07	273.347,69	645.815,91	635.802,58
	6	225.729,58	259.032,43	276.354,51	652.919,89	642.796,41
	7	228.212,60	261.881,78	279.394,41	660.102,01	649.867,17
	8	230.722,94	264.762,48	282.467,75	667.363,13	657.015,71
	9	233.260,89	267.674,87	285.574,89	674.704,12	664.242,88
	10	235.826,76	270.619,29	288.716,22	682.125,87	671.549,55
GASTO TOTAL A 10 AÑOS		2.246.090,62	2.577.465,97	2.749.826,96	6.496.788,14	6.396.055,88
Riesgo del Operación Total		15,96%	18,32%	19,54%	46,17%	35,10%

Inversión inicial		2.334.343,00	1.829.999,00	3.550.000,00	1.135.000,00	100.000,00
Total a 10 años		4.580.433,62	4.407.464,97	6.299.826,96	7.631.788,14	6.496.055,88
Costo Actual al año 1		804.511,10				
Costo Actual en 10 años		8.877.535,97				
Diferencia		-4.297.102,36	-4.470.071,00	-2.577.709,02	-1.245.747,83	-2.381.480,09

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx")

Tabla 4.24. Elección de propuesta en base a la Matriz de Riesgo del PAD 480.

Concepto	Riesgo del Inversión	Riesgo de Operación	Riesgo de uso de Gas	Riesgo Total	MEJOR OPCIÓN
Propuesta 1	26,08%	15,96%	35,96%	78,01%	
Propuesta 2	20,45%	18,32%	42,51%	81,28%	
Propuesta 3	39,67%	19,54%	38,17%	97,38%	
Propuesta 4	12,68%	46,17%	7,29%	66,14%	
Propuesta 5	1,12%	35,10%	7,29%	43,51%	ok

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx")

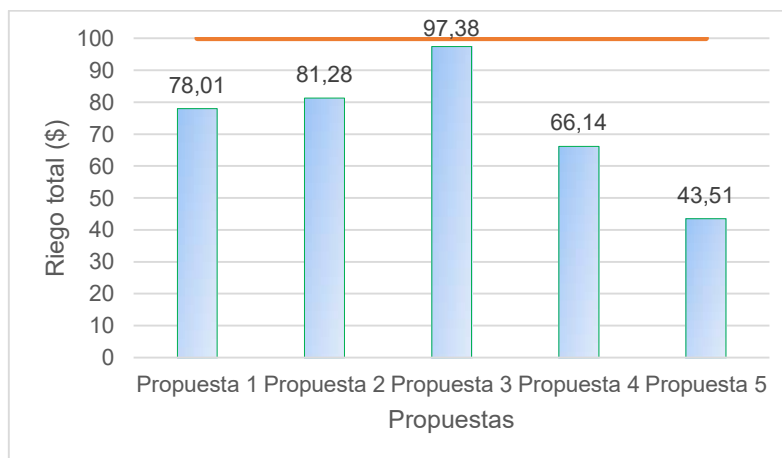


Figura 4.6. Elección de propuesta en base a la Matriz de Riesgo del PAD 480.
(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Se escoge la opción 5 ya que la propuesta se basa en la utilización de un equipo existente (Propio) y esto reduce considerablemente los costos, así también el nivel de riesgo de la selección es el 43,51%.

4.3. Relación econométrica del beneficio financiero

La relación econométrica está asignada por dos partes, la primera el análisis financiero del VAN y TIR de cada una de las opciones elegidas para los PADs y posteriormente la generación del algoritmo de regresión multivariante para comprobar la sostenibilidad de la decisión en el tiempo.

Formula del costo de capital

$$K_e = K_I + B (K_m - K_I) + I + R_p$$

Tabla 4.25. Costo de capital del inversionista.

COSTO DE CAPITAL DEL INVERSIONISTA	
KI = Tasa pasiva	4,85%
Km = Riesgo de Mercado	10,00%
I = Inflación	1,10%
B = Beta	1,5
Rp = Riesgo país	2%

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Los datos han sido obtenidos del Banco Central del Ecuador el 21 de julio del 2017.

Aplicación:

$$K_e = 4,85\% + 1,5 (8\% - 4,85\%) + 1,10\% + 2\%$$

$$K_e = 15,68\%$$

Interpretación:

El costo de capital se refiere, al rendimiento mínimo que exige el inversionista, para el análisis la tasa de descuento es del 15,68%, pero como no se requiere financiamiento o inversores ya que el Campo Sacha – Bloque 60 cuenta con los recursos necesarios denominado CAPEX, se descarta el cálculo que supera el 12% lo cual se denominaría inversión con riesgo medio.

El VAN mide el valor actual de los desembolsos y de los ingresos, actualizándolos al momento inicial y aplicando un tipo de descuento en función del riesgo que conlleva el proyecto. Si el VAN obtenido es positivo el proyecto es interesante de realizar. Por el contrario, si el VAN es negativo, el proyecto hay que descartarlo.

Por medio de este instrumento se podrá medir si existe riesgo o no al invertir en este proyecto, lo que permitirá la toma de decisiones al momento de analizar el costo beneficio, es decir el Valor Actual Neto se obtiene descontando el flujo de ingresos netos del proyecto, usando para ello la tasa de descuento que represente el costo de oportunidad de los recursos económicos que requiere cada proyecto. En cambio, la tasa interna de retorno (TIR) indica el porcentaje de rentabilidad que obtendrá por la decisión de invertir en la alternativa de inversión seleccionada.

Para poder evaluar financieramente un proyecto de inversión se calculará y analizará con los siguientes indicadores:

Tabla 4.26. Indicadores de análisis financiero.

No.	Nombre	Fórmula	Interpretación
1	Costo de capital	$Ke = KI+B (Km - KI) + I + Rp$	La tasa de descuento k, es el costo de oportunidad que exigen los accionistas, que incluye un factor de rentabilidad y efecto inflacionario
2	Valor Actual Neto	$VPN = \frac{FE_1}{(1+k)^1} + \frac{FE_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{FE_n}{(1+k)^n} - FSI$	Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la Inversión inicial (Urbina, 2006).
3	Tasa Interna de Retorno	$FSI = \frac{FE_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FE_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{FE_n}{(1+TIR)^n}$	Es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial (Urbina, 2006).
4	Periodo de recuperación.	$PRI = a + ((b-c)/d)$	El período de recuperación es el tiempo necesario para recuperar la inversión proyectada, o sea, el número de períodos que se tarda en igualar los fondos generados a los fondos absorbidos (MARTÍNEZ, 2007).
5	Costo / Beneficio	$C/B = VAN / Inversión Inicial$	El índice de rentabilidad (IR), o razón costo-beneficio, de un proyecto es la razón entre el valor presente de los flujos de efectivo netos futuros y el flujo de salida inicial (Horne, 2010).

(Fuente: Autores de Análisis Financiero, 2010)

A continuación se presenta los cálculos y análisis de los cinco indicadores en cada una de las propuestas:

- Plataforma PAD 420:

Para realizar los cálculos de los indicadores, se detalla el flujo de efectivo o ahorro estimado que se tendrá en la propuesta del PAD 420.

Tabla 4.27. Flujo Efectivo de la propuesta ganadora del PAD 420.

FLUJO DE EFECTIVO				
AÑOS	COSTO ACTUAL	COSTO DE LA PROPUESTA	INVERSIÓN INICIAL	AHORRO ESTIMADO
0			-1,296,507.86	
1	1,061,967.50	162,164.86		899,802.64
2	1,073,649.14	163,925.99		909,723.16
3	1,085,459.28	165,729.17		919,730.11
4	1,097,399.34	167,552.19		929,847.14
5	1,109,470.73	169,395.27		940,075.46
6	1,121,674.91	171,258.62		950,416.29
7	1,134,013.33	173,142.46		960,870.87
8	1,146,487.48	175,047.03		971,440.45
9	1,159,098.84	176,972.54		982,126.29
10	1,171,848.93	178,919.24		992,929.68
				9,456,962.10

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Tasa de descuento:

$$K_e = 4,85\% + 1,5 (8\% - 4,85\%) + 1,10\% + 2\%$$

$$K_e = 15,68\%.$$

Tabla 4.28. VAN del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 420.

VALOR ACTUAL NETO DEL INVERSIONISTA		
PERIODO	FNC	FNCA
0	-1.296.507,86	-1.296.507,86
1	899.802,64	777.871,31
2	909.723,16	679.876,82
3	919.730,11	594.212,63
4	929.847,14	519.342,10
5	940.075,46	453.905,22
6	950.416,29	396.713,36
7	960.870,87	346.727,65
8	971.440,45	303.040,11
9	982.126,29	264.857,19
10	992.929,68	231.485,30
AHORRO VALOR PRESENTE		4.568.031,68
VAN Excel		\$3.271.523,82

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Tabla 4.29. TIR del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 420.

TIR DEL INVERSIONISTA			
AÑOS	FNC	TASA MENOR	TASA MAYOR
0	-1.296.507,86	-1.296.507,86	-1.296.507,86
1	899.802,64	532.044,39	525.826,08
2	909.723,16	318.061,03	310.669,75
3	919.730,11	190.135,07	183.546,02
4	929.847,14	113.661,66	108.440,37
5	940.075,46	67.946,29	64.067,39
6	950.416,29	40.617,91	37.851,49
7	960.870,87	24.281,15	22.362,95
8	971.440,45	14.515,13	13.212,20
9	982.126,29	8.677,06	7.805,87
10	992.929,68	5.187,10	4.611,76
Total		18.618,94	-18.113,98

TIR Excel	70,12%
TIR fórmula	70,14%

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Tabla 4.30. PRI del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 420.

PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN			
PRI DEL INVERSIONISTA			
PERIODO	FNC	FNCA	FNCAA
0	1.296.507,86		
1	899.802,64	777.871,31	777.871,31
2	909.723,16	679.876,82	1.457.748,13
3	919.730,11	594.212,63	2.051.960,76
4	929.847,14	519.342,10	2.571.302,86
5	992.929,68	453.905,22	3.025.208,08

FORMULA	Siglas	Valores
PRI= A+((B-C)/D)	A	1
PRI= 1,763	B	1.296.507,86
1,763	C	777.871,31
8,400	D	679.876,82
	AÑOS	1
	MESES	8
	DIAS	12

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Tabla 4.31.C/B del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 420.

COSTO BENEFICIO
FORMULA
C/B = VAN /INVERSIÓN INICIAL
2,52

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Los valores de costos y utilidad estimados para este caso se encuentran en el Anexo 7, inciso PAD 420.

Interpretación:

De acuerdo a los datos obtenidos, la propuesta en el PAD 420, demuestra que durante los 10 años proyectados tiene un VAN de \$ \$ 3.271.523,82, se cuenta con el efectivo suficiente, el TIR es del 70,12%, lo cual es superior al 15,68% (Ke), con lo cual se obtienen beneficios, además la inversión inicial se recupera en 1 año, 8 meses y 12 días, tiene un bajo riesgo, y por cada dólar que invierta en este proyecto se gana \$ 2,52.

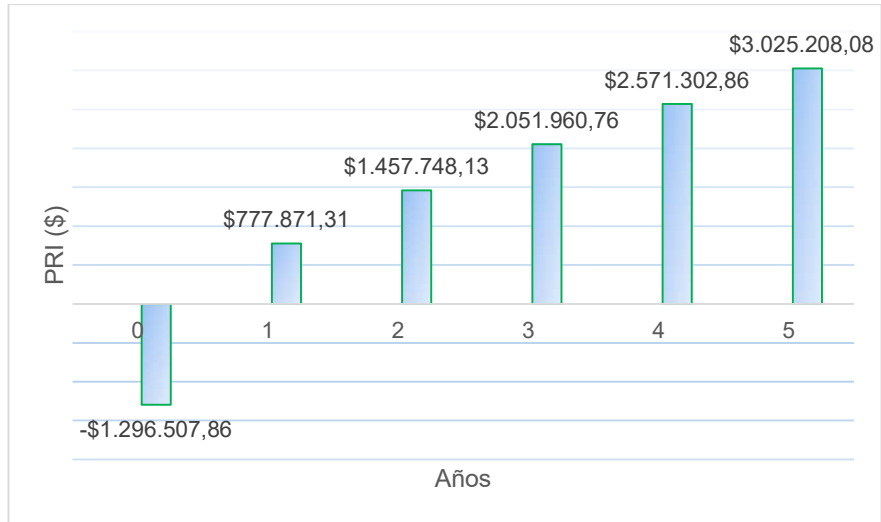


Figura 4.7. Periodo de recuperación de la inversión PAD 420.
(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

- Plataforma PAD 470:

Para realizar los cálculos de los indicadores, se detalla el flujo de efectivo o ahorro estimado que se tendrá en la propuesta del PAD 420.

Tabla 4.32. Flujo de Efectivo de la propuesta ganadora del PAD 470.

FLUJO DE EFECTIVO				
AÑOS	COSTO ACTUAL	COSTO DE LA PROPUESTA	INVERSIÓN INICIAL	AHORRO ESTIMADO
0			-2.966.312,98	-2.966.312,98
1	1.637.134,50	313.313,98		1.323.820,52
2	1.655.142,98	316.707,37		1.338.435,61
3	1.673.349,55	320.191,15		1.353.158,40
4	1.691.756,40	323.713,26		1.368.043,14
5	1.710.365,72	327.274,10		1.383.091,61
6	1.729.179,74	330.874,12		1.398.305,62
7	1.748.200,72	334.513,73		1.413.686,98
8	1.767.430,93	338.193,38		1.429.237,54
9	1.786.872,67	341.913,51		1.444.959,15
10	1.806.528,27	345.674,56		1.460.853,70

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Tasa de descuento:

$$K_e = 4,85\% + 1,5 (8\% - 4,85\%) + 1,10\% + 2\%$$

$$K_e = 15,68\%$$

Tabla 4.33. VAN del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 470.

VALOR ACTUAL NETO DEL INVERSIONISTA		
PERIODO	FNC	FNCA
0	-2.966.312,98	-2.966.312,98
1	1.323.820,52	1.144.430,97
2	1.338.435,61	1.000.272,81
3	1.353.158,40	874.238,87
4	1.368.043,14	764.085,15
5	1.383.091,61	667.810,75
6	1.398.305,62	583.666,89
7	1.413.686,98	510.125,11
8	1.429.237,54	445.849,57
9	1.444.959,15	389.672,71
10	1.460.853,70	340.574,12
AHORRO VALOR PRESENTE		6.720.726,95
VAN Excel		\$3.754.413,97

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Tabla 4.34. TIR del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 470.

TIR DEL INVERSIONISTA			
AÑOS	FNC	TASA MENOR	TASA MAYOR
0	-2,966,312.98	-2,966,312.98	-2,966,312.98
1	1,323,820.52	922,697.33	910,011.84
2	1,338,435.61	650,216.20	632,460.41
3	1,353,158.40	458,183.13	439,544.08
4	1,368,043.14	322,864.58	305,472.08
5	1,383,091.61	227,510.64	212,295.41
6	1,398,305.62	160,318.27	147,539.97
7	1,413,686.98	112,970.31	102,536.57
8	1,429,237.54	79,605.97	71,260.34
9	1,444,959.15	56,095.36	49,524.14
10	1,460,853.70	39,528.31	34,418.03
Total		63,677.13	-61,250.10

TIR Excel	44.47%
TIR fórmula	44.49%

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Tabla 4.35. PRI del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 470.

PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN			
PRI DEL INVERSIONISTA			
PERIODO	FNC	FNCA	FNCAA
0	2.966.312,98		
1	1.323.820,52	1.144.430,97	1.144.430,97
2	1.338.435,61	1.000.272,81	2.144.703,78
3	1.353.158,40	874.238,87	3.018.942,65
4	1.368.043,14	764.085,15	3.783.027,80
5	1.383.091,61	667.810,75	4.450.838,55

FORMULA	Siglas	Valores
PRI= A+((B-C)/D)	A	2
	B	2.966.312,98
2,94	C	2.144.703,78
9,36	D	874.238,87
10,80	AÑOS	1
	MESES	9
	DIAS	10

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Tabla 4.36. C/B del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 470.

COSTO BENEFICIO
FORMULA
C/B = VAN /INVERSIÓN INICIAL
1,27

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Los valores de costos y utilidad estimados para este caso se encuentran en el Anexo 7, inciso PAD 470.

Interpretación:

De acuerdo a los datos obtenidos, la propuesta en el PAD 470, demuestra que durante los 10 años proyectados tiene un VAN de \$ \$ 3.754.413,97 se cuenta con el efectivo suficiente, el TIR es del 44,47%%, lo cual es superior al 15,68%, con lo cual se obtiene beneficios, además la inversión inicial se recupera en 1 año, 9 meses y 10 días, tiene un bajo riesgo en el tiempo, y por cada dólar que invierta en este proyecto se gana \$ 1,27.

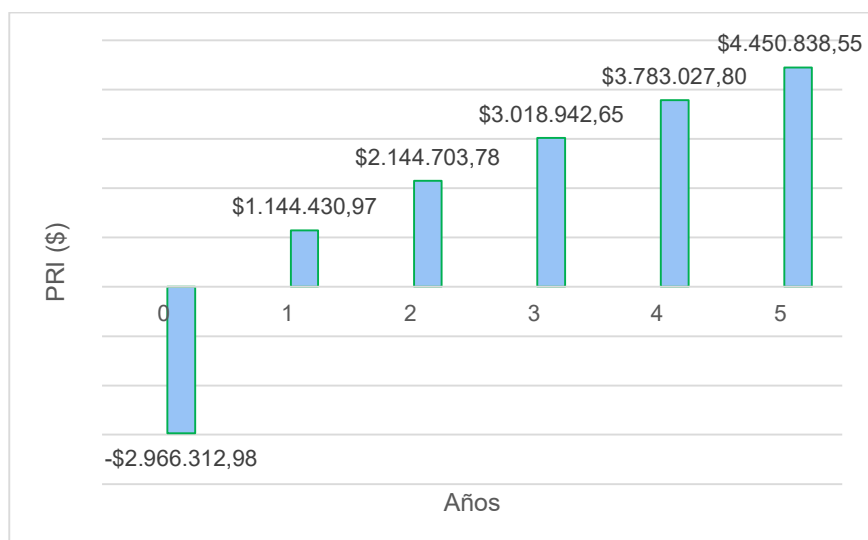


Figura 4.8. Periodo de recuperación de la inversión PAD 470.
(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

- Plataforma PAD 480:

Para realizar los cálculos de los indicadores, se detalla el flujo de efectivo o ahorro estimado que se tendrá en la propuesta del PAD 480.

Tabla 4.37. Flujo de Efectivo de la propuesta ganadora del PAD 470.

FLUJO DE EFECTIVO				
AÑOS	COSTO ACTUAL	COSTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN	COSTO DE CONBUSTIBLE	AHORRO ESTIMADO 30% DE CONBUSTIBLE
0	100.000.00			
1	792.096.40	95.092.40	697.004.00	209.101.20
2	800.809.46	96.138.42	704.671.04	211.401.31
3	809.618.36	97.195.94	712.422.43	213.726.73
4	818.524.17	98.265.09	720.259.07	216.077.72
5	827.527.93	99.346.01	728.181.92	218.454.58
6	836.630.74	100.438.82	736.191.92	220.857.58
7	845.833.68	101.543.64	744.290.03	223.287.01
8	855.137.85	102.660.62	752.477.22	225.743.17
9	864.544.36	103.789.89	760.754.47	228.226.34
10	874.054.35	104.931.58	769.122.77	230.736.83

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Tasa de descuento:

$$K_e = 4,85\% + 1,5 (8\% - 4,85\%) + 1,10\% + 2\%$$

$$K_e = 15,68\%.$$

Tabla 4.38. VAN del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 480.

VALOR ACTUAL NETO DEL INVERSIONISTA		
PERIODO	FNC	FNCA
0	100,000.00	100,000.00
1	209,101.20	180,766.11
2	211,401.31	157,989.66
3	213,726.73	138,083.03
4	216,077.72	120,684.63
5	218,454.58	105,478.42
6	220,857.58	92,188.18
7	223,287.01	80,572.51
8	225,743.17	70,420.41
9	228,226.34	61,547.47
10	230,736.83	53,792.51
AHORRO VALOR PRESENTE		1,061,522.94
VAN Excel		\$961,522.94

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx")

Tabla 4.39. TIR del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 480.

TIR DEL INVERSIONISTA			
AÑOS	FNC	TASA MENOR	TASA MAYOR
0	-100,000.00	-100,000.00	-100,000.00
1	209,101.20	67,626.88	67,192.25
2	211,401.31	22,112.27	21,828.96
3	213,726.73	7,230.15	7,091.64
4	216,077.72	2,364.07	2,303.88
5	218,454.58	772.99	748.47
6	220,857.58	252.75	243.16
7	223,287.01	82.64	79.00
8	225,743.17	27.02	25.66
9	228,226.34	8.84	8.34
10	230,736.83	2.89	2.71
Total		480.50	-475.92
TIR Excel		210.20%	
TIR fórmula		210.20%	

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx")

Tabla 4.40. PRI del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 480.

PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN			
PRI DEL INVERSIONISTA			
PERIODO	AHORRO	AHORRO DESCONTADO	AHORRO ACUMULADO
0	100,000.00		
1	209,101.20	180,766.11	180,766.11
2	211,401.31	157,989.66	338,755.77
3	213,726.73	138,083.03	476,838.80
4	216,077.72	120,684.63	597,523.43
5	218,454.58	105,478.42	703,001.85

FORMULA	Siglas	Valores
PRI= A+((B-C)/D)	A	0
	B	100,000.00
0.55	C	0.00
6.64	D	180,766.11
22.50	AÑOS	0
	MESES	6
	DIAS	22

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx")

Tabla 4.41. C/B del análisis financiero de la propuesta ganadora del PAD 480.

COSTO BENEFICIO
FORMULA
C/B = VAN /INVERSIÓN INICIAL
9.62

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx")

Los valores de costos y utilidad estimados para este caso se encuentran en el Anexo 7, inciso PAD 480.

Interpretación:

De acuerdo a los datos obtenidos, la propuesta en el PAD 480, demuestra que durante los 10 años proyectados tiene un VAN de \$ \$ 961.522,94 se cuenta con el efectivo suficiente, el TIR es del 210,20%, lo cual es superior al 15,68%, con lo cual se obtiene beneficios, además la inversión inicial se recupera en 6 meses y 22 días, tiene un bajo riesgo en el tiempo, y por cada dólar que invierta en este proyecto se gana \$ 9,62.

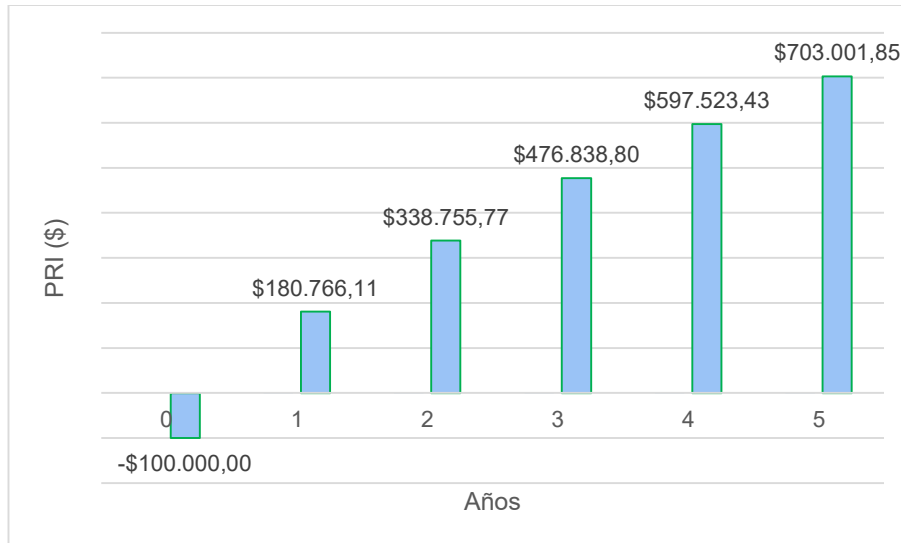


Figura 4.9. Periodo de recuperación de la inversión PAD 480.
 (Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx", 2017)

Una vez estimados el VAN y el TIR para cada opción asignada se va a generar el algoritmo en software NCSS

4.4. Análisis de contratación de equipos para la generación eléctrica.

ALGORITMO ECONOMÉTRICO

Se establece los siguientes parámetros para la modelización

Tabla 4.42. Datos requeridos para formular el Algoritmo.

PLATAFORMA		420	470	480
VARIABLE	REPRESENTACIÓN			
PROPUESTA GANADORA	Y	1	1	5
Activos Fijos	AF (x1)	1.134.343,00	2.652.999,00	100.000,00
Capital de Trabajo	CT (x2)	162.164,86	313.313,98	608.579,98
Mano de Obra directa	MOD (x3)	14.688,00	14.688,00	14.688,00
Combustible	C (x4)	0,00	0,00	490.843,58
Mano de Obra indirecta	MOI (x5)	7.956,00	7.956,00	7.956,00
Mantenimiento y Reparación	M (x6)	116.834,00	237.610,00	95.092,40
Seguros	S (X7)	22.686,86	53.059,98	2.000,00
Financiación	fn (X8)	1.134.343,00	2.652.999,00	100.000,00

(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx")

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Name	Propuesta	Activos	Capital de Trabajo	Mano de Obra Directa	Combustible	Mano de Obra Indirecta	Reparación	Seguros	Financiación	C10	C11	C12	C13	C14	C15
Label	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	General	General	General	General	General	General
Data Type	General	General	General	General	General	General	General	General	General	General	General	General	General	General	General
1	1	1134343	162164,9	14688	0	7956	116834	22686,86	1134343						
2	1	2652999	313314	14688	0	7956	237610	53059,98	2652999						
3	5	100000	608580	14688	490843,6	7956	95092,4	2000	100000						

Figura 4.10. Matriz con los datos de las propuestas.
(Fuente: Cálculos propios, hoja de Excel archivo "Diseño Financiero PADs.xlsx")

Se define al Algoritmo como:

$$Y = b_0 + AR(1)x_1 + AR(1)x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + VWx_8$$

Siendo:

AR(1): Auto Regresivo en nivel 1

VW: Variable de Peso

b₀: término independiente

Se tiene como resultados lo siguiente:

NCSS RESULTS RUN PROCEDURE MULTIVARIANT ANALYSIS 10F3

DISTANCIAS ENTRE INDIVIDUOS

$d^2(i, i') = \sum(Y_{ij} - Y_{ij'})^2$

Individuo 1
PAD 420

Con Ind 2: $\sum(Y_{ij} - Y_{ij'})^2 =$ 3,34 → **d (1,2) = 1,83**
 Con Ind 3: $\sum(Y_{ij} - Y_{ij'})^2 =$ 4,55 → **d (1,3) = 1,93**

Individuo 2
PAD 470

Con Ind 1: $\sum(Y_{ij} - Y_{ij'})^2 =$ 3,34 → **d (2,1) = 1,83**
 Con Ind 3: $\sum(Y_{ij} - Y_{ij'})^2 =$ 7,23 → **d (2,3) = 2,64**

Individuo 3
PAD 480

Con Ind 1: $\sum(Y_{ij} - Y_{ij'})^2 =$ 4,55 → **d (3,1) = 1,93**
 Con Ind 2: $\sum(Y_{ij} - Y_{ij'})^2 =$ 7,23 → **d (3,2) = 2,64**

C:\Users\Luis\Documents\NCSS\IPADs\ 12/08/2017

Figura 4.11. Respuesta Pesos y Distancia en NCSS.
(Fuente: Cálculos propios, hoja de resultados archivo PADS.NCSS)

NCSS RESULTS RUN PROCEDURE MULTIVARIANT ANALYSIS 10F1

STATS VAR

MEDIDAS	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Media Z	0,6347	0,6395	0,7095	0,2483	0,6481	51,44	75,22	0,7299
Error típico	2,76	4,16	2,64	0,92	1,75	1,53	0,64	3,17
Mediana	66	70	71	25	66	51	75	76
Moda	78	100	70	25	69	60	76	90
Desviación estándar	20,45	30,84	19,58	6,85	12,99	11,31	4,72	23,52
Varianza de la muestra	418,4	951,13	383,2	134,12	168,81	127,99	22,32	481,16
Curtosis	-0,27	-0,95	0,53	0,19	1,37	-0,23	-0,2	-0,31
Coefficiente de asimetría	-0,65	-0,59	-0,72	-0,25	-0,65	0,23	0,53	-0,75
Rango	82	100	89	31	64	54	19	94
Mínimo	13	0	11	4	26	28	68	15
Máximo	95	100	100	35	90	82	87	109
Suma	3491	3517	3902	1366	3548	2829	4137	4015
Cuenta	55	55	55	19	55	55	55	63

C:\Users\Luis\Documents\NCSS\IPADs\ 12/08/2017

Figura 4.12. Estadística Descriptiva de las Variables.
(Fuente: Cálculos propios, hoja de resultados archivo PADS.NCSS)

Se toma en cuenta que la distancia de los PADs está en un rango que no supera el grado 3, por lo que se acepta.

Se establece que la variable X7 es la más estable mientras que la variable X4 es la más inestable.

La respuesta está expresada por:

RESPUESTA =	410,79	428,04	131,44
	428,04	933,83	74,29
	131,44	74,29	611,84

Figura 4.13. Respuesta al Algoritmo.
(Fuente: Cálculos propios, hoja de resultados archivo PADS.NCSS)

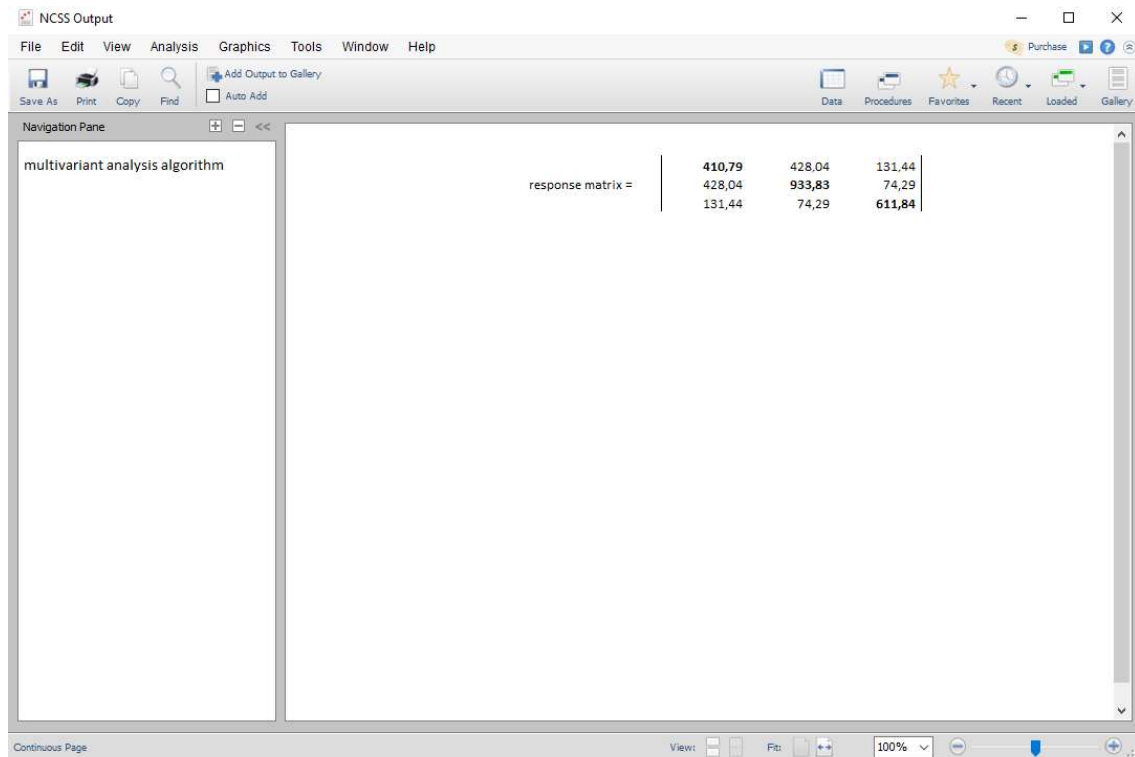


Figura 4.14. Resultados de Software NCSS.
Fuente: Cálculos propios, hoja de resultados archivo PADS.NCSS

La mejor opción sustentada es la seleccionada con el PAD 470 con una aceptación del 93,3%, seguida del PAD 480 con el 61,18% y por último el PAD 420 con el 41%.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Para el cambio de combustible de la generación eléctrica de acuerdo al estudio realizado, es necesario actualizar los análisis de volumen de gas, cromatografía de gases, potencia real y demás variables que influyen directamente con el tipo de equipo a implementar, estos parámetros pueden variar en cierto periodo de tiempo, debido a la influencia de pozos, cambio de equipos de superficie y profundidad donde incremente o decremente la energía eléctrica.

Se realizaron las consultas de equipos crudo/diésel, en las marcas Hyundai y Wärtsilä los cuales se excusaron, ya que su fabricación corresponde a potencias desde 1.800 kW y 4.000 kW respectivamente, por lo que los equipos quedarían sobredimensionados de acuerdo a la potencia requerida, esto ocasionaría daños prematuros.

Para el PAD 420 se puede sustituir por la Propuesta 1, que corresponde a un motor de combustión interna marca Wauskesha. Con esta sustitución se tendría un ahorro de 8.879.825,49 USD en diez años, adicionalmente el costo generado con diésel actualmente es de 0,17 USD/kWh, realizando el proyecto disminuiría a 0,046 USD/kWh y la recuperación de la inversión se obtendría a partir del primer año y ocho meses.

Para el PAD 470 se puede sustituir por la Propuesta 1, que pertenece a dos turbinas de generación eléctrica marca CAPSTONE. Con este remplazo se tendría un ahorro de 12.119.415,37 USD en diez años, adicionalmente el costo generado con diésel actualmente es de 0,17 USD/kWh, realizando el proyecto disminuiría a 0,061 USD/kWh y la recuperación de la inversión se obtendría a partir del primer año y nueve meses.

Para el PAD 480 se puede implementar la Propuesta 5, que se compone de un módulo Bi fuel en la unidad propia, lo cual no generará gastos de adquisición de un equipo completo y tiene un ahorro del 30% en el consumo de diésel, se toma esta decisión porque el volumen de gas decremente considerablemente y existiría mucho riesgo en el uso de gas. El costo actual generado con el equipo es de 0,13 USD/kWh realizando el proyecto disminuiría a 0,10 USD/kWh y la recuperación de la inversión se obtendría a partir de los siete meses.

Por medio del algoritmo de regresión multivariante, se establece que la mejor decisión es para el PAD 470 con el 93,38% de aceptación y la menor sería la opción 1 del PAD 420 con el 41,08%.

5.2. Recomendaciones

Actualizar los parámetros principales mencionados anteriormente en las plataformas, esto con el fin que el dimensionamiento del equipo a implementar sea técnico y económicamente eficiente para suministrar con energía eléctrica a los PADs.

Se recomienda que se aplique las nuevas propuestas a las Plataformas PADs lo antes posible con el propósito de ahorrar costos de producción de crudo en el campo, ya que las tecnologías actuales incurren a elevados gastos por el consumo de combustible diésel.

Aunque la Plataforma PAD 470 tenga una única opción, esta sigue siendo rentable comparado con el sistema de generación actual, adicionalmente en esta plataforma se tiene proyectado el aumento del pozo SAC 479, lo cual estaría cubierto con la propuesta 1, ya que el equipo quedaría con el 85% de carga.

El análisis financiero fue realizado tomando en cuenta variables exógenas del sistema financiero nacional por lo que los resultados pueden variar en el corto plazo, por esto se sugiere una pronta implementación o a su vez actualizar la información.

Bibliografía

CITAS

Alcozer, E. (2006). *PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES WARTSILA 18V32LN DE COMBUSTIÓN INTERNA DE GENERACIÓN UTILIZANDO CRUDO PESADO COMO COMBUSTIBLE*. LATACUNGA.

altronic. (2015). *Hoerbiger Engine Solution* .

Boles, Yanus, A., Cengel, & Michael, A. (2012). *TERMODINÁMICA*.

Caterpillar. (2012). Industrial Engine. Especificaciones de Motores CAT.

Cevallos, B. L. (2012). *Estudio de Factibilidad para el Aprovechamiento del Gas producido en el Campo Sacha para la Sustitución del Diesel en la Generación de Energía Eléctrica*.

Córdova, A. (2014). *Análisis del Sistema de Combustible y Lubricación de los Motores de Combustión Interna de una Planta de Generación para*.

Daicz, G., & Monlezún. (2016). *El derrumbe del precio del petróleo y sus consecuencias para América Latina*. Buenos Aires: Dirección Nacional Centro de Economía Internacional. Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto.

Fluke. (s.f.). Manual de utilización Fluke 435-II.

Gôerard Rolland, Y. D. (2002). *Maanual de Gestión Financiera*. Paris.

González - Longatt, F. (2004). *Tecnologías de Generación Distribuida: Costo y Eficiencia. I Seminario de Ingeniería Eléctrica*. Puerto Ordaz: UNEXPO.

Guerrero . (2015). *MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL GAS COMBUSTIBLE PROVENIENTE DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN SPF (SOUTHERN PRODUCTION FACILITIES) PARA LOS GENERADORES WAUKESHA DE LA EMPRESA REPSOL-BLOQUE 16*. Quito.

Gutiérrez, C. (2013). *TRATAMIENTO DE GAS ASOCIADO PARA USO COMO COMBUSTIBLE PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL BLOQUE 12 EPF. QUITO*.

Horne, J. C. (2010). *Administración Financiera*. PEARSON.

<http://www.monografias.com/trabajos104/ciclos-motores-combustion-interna/ciclos-motores-combustion-interna.shtml>. (s.f.).

Lapuerta, A. (2008). *El Gas Natural: Una posibilidad de combustible limpio en el Mercado Aumotriz del Ecuador*. Quito.

MARTÍNEZ, G. V. (2007). *EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN*. Perú: eoiamérica.

Marzo, C. (2015). *El Desplome 2014-2015 de los Precios Del Crudo: Causas Y Previsiones A Corto Plazo*. Funseam.

Ramírez-BarrónAlejandro, R.-Á. M.-H.-M.-C. (2012). *MEMORIAS DEL XVIII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM19 al 21 DE SEPTIEMBRE, 2012*

SALAEFICIENCIA Y POTENCIA DE UN CICLO DUAL MEDIANTE TTF. México:
SOMIM.

Urbina, G. B. (2006). Evaluación de Proyectos. México: Mc Graw Hill.

Anexos

Anexo 1

PAD: Plataforma de Producción de crudo.

PADs: Plataformas de Producción de crudo.

DDV: Derecho de vía.

gal: Galones.

gpd: Galones por día.

OPERADORA: Empresa constituida encargada de operar el bloque.

BPPD: Barriles de petróleo por día.

BFPD: Barriles de fluido de crudo por día.

BAPD: Barriles de agua por día.

O&M: Operación y mantenimiento.

MCFD: Mil pies cúbicos por día.

MMCFD: Millones de pies cúbicos por día.

USD: United States Dollars

BSW %: Basic sediment and water.

4t: Cuatro tiempos.

PMI: Punto muerto inferior.

PMS: Punto muerto superior.

kWh: Kilovatio hora.

A (L1): Fase A

B (L1): Fase B

C (L1): Fase C

N: Neutro

GND: Tierra

ORN: Operaciones Río Napo

FNC: Flujo neto de caja

FNCA: Flujo de caja salida

Anexo 2

Cálculo diario de mantenimiento del grupo electrógeno PAD 480.

MATERIALES Y COSTOS PARA MANTENIMIENTO CADA 500 HORAS (PAD 480)				
	CODIGO	PRECIO	CANT	
FILTRO COMBUSTIBLE	1R-0726	48,14	3	144,42
FILTRO ACEITE	1R-0756	29,08	5	145,4
FILTRO AIRE PRIMARIO	4P-0710	122,44	2	244,88
FILTRO AIRE SECUNDARIO	4P-0711	102,55	2	205,1
FILTRO RACOR	134-6307	19,75	2	39,5
LUBRICANTE	3I-2354	489	2	978
PERSONAL	T1/T2	80	2	160
TOTAL				1.917,3

COSTO DIARIO DEL EQUIPO PAD 480		
	AÑO	TRES AÑOS
HORAS	8.760,00	26.280,00
NUMERO DE MANTENIMEINTOS	17	51
COSTO DE MANTENIMIENTO	32.594,1	97.782,3
COSTO DE TOP END Y OVH	77.514,67	232.544,00
COSTO TOTAL	110.108,77	330.326,3
COSTO POR DIA	301,67	

Anexo 3

Disponibilidad de Gas en los PADs 420, 470 y 480

AÑOS	PAD 420	PAD 470	PAD 480
	MCFD		
2017	573.44	1360	525.65
2018	928.64	1323,20	851.25
2019	985.6	1252,80	903.47
2020	1014.4	1181,60	929.87
2021	998.4	1120,80	915.20
2022	959.36	1119,20	879.41
2023	874.24	1084,80	801.39
2024	753.92	1060,80	691.09
2025	641.92	1056,00	588.43
2026	532.48	1029,60	488.11
2027	435.2	1012,80	398.93
2028	355.2	976,80	325.60

Nota: Datos proporcionados en Junio de 2016 por el Departamento de Producción ORN, aplicados el % de ocurrencia que es un factor de seguridad, es decir estos valores son menores a los datos obtenidos por ORN.

Anexo 4

HOERBIGER

Generación con motores a gas Waukesha

Eficiencia Efectiva Garantizada de cada Unidad de Generacion a 80% Factor de Carga de la Capacidad Efectiva	850	BTU/kWH
Capacidad Efectiva Garantizada de cada Unidad de Generacion a 100% de Carga	1050	kW a 35°C
Capacidad Nominal Garantizada de cada Unidad de Generacion a 100% de Carga	1050	kW a 35°C
Presión de succión	30	psi

Infraestructura adicional:

- Filtros y scrubbers.
- Obra civil para montaje.
- Contenerizados.

Motores

Rubro	Costo
Equipo de generación	\$ 1,600,000.00
Equipo de compresión	\$ -
Obras civiles, mecánicas , electricas	\$ 750,000.00
Total estimado	\$ 2,350,000.00

Generación motores a Diesel – Sistema Bi fuel

Sistema Bi fuel

Rubro	Costo
Inversion por motor CAT 3512	\$ 100,000.00
Equipo de compresión	\$ -
Obras civiles, mecánicas , electricas	\$ 35,000.00
Ahorro combustible	30%
Total estimado	\$ 135,000.00

Cotización de Equipos CAPSTONE ECUAPET



Cliente: PETROAMAZONAS EP
Ing. Diego Garcés

Asunto: Cotización Turbinas Capstone

Fecha: Mayo 22 del 2017

Cotización: 0272017 ECP



4. ALCANCE DE SUMINISTRO

ITEM	DESCRIPCION	No. de PARTE	CANTIDAD
1	Turbina Capstone C1000S	1000S-HD4-HU00	2 EA.
2	Turbina Capstone C800S	800S-HD4-HU00	1 EA.
3	Turbina Capstone C600S	800S-HD4-HU00	1 EA.
4	Capstone Logic Controller CLC, Dual Mode	5333@3-201	1 EA.
5	Skids de Compresión		3 EA.
6	Cablería, Comunicación, etc.		N/A
7	Servicio de Instalación y Arranque	N/A	1 EA.

5. OFERTA ECONOMICA

Item	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Turbina Capstone C1000S	US\$1,710,000.00	US\$3,420,000.00
2	Turbina Capstone C800S	US\$1,408,000.00	US\$1,408,000.00
3	Turbina Capstone C600S	US\$1,127,000.00	US\$1,127,000.00
4	Capstone Logic Controller CLC, Dual Mode	US\$80,700.00	US\$80,700.00
5	Skids de Compresión	US\$80,000.00	US\$240,000.00
6	Cablería, Comunicación, etc.	US\$10,000.00	US\$10,000.00
7	Servicio de Instalación y Arranque	US\$50,000.00	US\$50,000.00
	TOTAL		US\$6,313,700.00

Los precios indicados no incluyen el IVA.

Cumbaya, Santa Lucía Alta, Calle de los Estallos N° 50, Edif. Site Center, Torre 1, Oficina 06 y 07. Telfs. (593-2) 3801 374 / 3801 151 / 3 801 151
Email: malecuapet@ecuapet.com



7. TERMINOS COMERCIALES

Incontems:	DDP, Joya de los Sacha, Ecuador
Tiempo de Entrega:	18 a 20 semanas
Términos de Pago:	50% con la Orden de Compra 30% con la notificación de despacho 20% finalizada la instalación y arranque
Instalación:	A ser coordinado entre Petroamazonas y Ecuapet Cia. Ltda.

Anexo 5
Propuestas de generación
PADs 420, 470 y 480.

Plataforma 420

		EQUIPO	MARCA	MODELO	POTENCIA KW	PODER CALORIFICO BTU/FT3	VOLUMEN DE GAS MSCFD	COSTO DE UNIDAD \$	COSTO PROMEDIO ANUAL DE MANTENIMIENTOS EN 10 AÑOS
PLATAFORMA 420	CROMATOGRAFIA DE GAS				700.00	1,482.00	1.200		
	PROPUESTA ARCOLANDS	MOTOR - GENERADOR	WAUKESHA	L7042GSI	1,000.00	700.00	207	1,112,000.00	116,834.00
	INSTALACION							22,343.00	
	TOTAL							1,134,343.00	
	PROPUESTA ECUAPET	TURBINA C1000S	CAPTONE	MODELO 1000S-HD4-HU00	1,000.00	350.00	350	1,710,000.00	186,000.00
		SKID DE COMPRESION						80,000.00	
	INSTALACION							39,999.00	
	TOTAL							1,829,999.00	
	PROPUESTA HOERBEGER	MOTOR - GENERADOR	WAUKESHA	L7042GSI	1,050.00	700	220	1,600,000.00	112,000.00
		COMPRESOR						50,000.00	
	INSTALACION							700,000.00	
	TOTAL							2,350,000.00	
	PROPUESTA HOERBEGER	MOTOR - GENERADOR (SISTEMA BI FUEL)	CATERPILLAR	3512	1,000.00	150	30-60	1,000,000.00	102,677.00
		EQUIPO BI-FUEL	ALTRONIC GTI BIFUEL					100,000.00	
	OBRAS CIVILES							35,000.00	
	TOTAL							1,135,000.00	

Plataforma 470

		EQUIPO	MARCA	MODELO	POTENCIA KW	PODER CALORIFICO BTU/FT3	VOLUMEN DE GAS MSCFD	COSTO DE UNIDAD \$	COSTO PROMEDIO ANUAL DE MANTENIMIENTOS EN 10 AÑOS
PLATAFORMA 470	CROMATOGRAFIA DE GAS				1,112.00	430.20	1.700		
	PROPUESTA ECUAPET	TURBINA C800S	CAPTONE	800S-HD4-HU00	800.00	350.00	504	1,406,000.00	237,610.00
		TURBINA C600S	CAPTONE	600S-HD4-HU00	600.00	300.00	375	1,127,000.00	
		SKID DE COMPRESION						80,000.00	
	INSTALACION							39,999.00	
	TOTAL							2,652,999.00	

Plataforma 480

		EQUIPO	MARCA	MODELO	POTENCIA KW	PODER CALORIFICO BTU/FT3	VOLUMEN DE GAS MSCFD	COSTO DE UNIDAD \$	COSTO PROMEDIO ANUAL DE MANTENIMIENTOS EN 10 AÑOS
PLATAFORMA 480	CROMATOGRAFIA DE GAS				700.00	514.10	1.100		
	PROPUESTA ARCOLANDS	MOTOR - GENERADOR	WAUKESHA	L7042GSI	1,000.00	700.00	207	1,112,000.00	144,383.00
		PLANTA DE TRATAMIENTO DE GAS					1,000.00	1,200,000.00	
	INSTALACION							22,343.00	
	TOTAL							2,334,343.00	
	PROPUESTA ECUAPET	TURBINA C1000S	CAPTONE	MODELO 1000S-HD4-HU00	1,000.00	350.00	350	1,710,000.00	186,000.00
		SKID DE COMPRESION						80,000.00	
	INSTALACION							39,999.00	
	TOTAL							1,829,999.00	
	PROPUESTA HOERBEGER	MOTOR - GENERADOR	WAUKESHA	L7042GSI	1.050	700	220	1,600,000.00	168,000.00
		COMPRESOR						50,000.00	
		PLANTA DE TRATAMIENTO DE GAS					1,000.00	1,200,000.00	
	INSTALACION							700,000.00	
	TOTAL							3,550,000.00	
	PROPUESTA HOERBEGER	MOTOR - GENERADOR (SISTEMA BI FUEL)	CATERPILLAR	3512	1.000	150	30-60	1,000,000.00	102,677.00
		EQUIPO BI-FUEL	ALTRONIC GTI BIFUEL					100,000.00	
		OBRAS CIVILES						35,000.00	
	TOTAL							1,135,000.00	
	EQUIPO PROPIO	MOTOR - GENERADOR	CATERPILLAR	3512	1.000		30-60	PROPIO	95,092.40
	INVERSION	SISTEMA BI FUEL	ALTRONIC GTI BIFUEL					100,000.00	

Anexo 6

Propuesta de planta de tratamiento de gas PAD 480.



PROFORMA / COTIZACIÓN

N° 180718-01
REV.00

Cliente: PETROAMAZONAS EP	Fecha: 2/7/2017
Atención: ING. DIEGO GARCES POVEDA	Ref: Visita Técnica
E-mail: Diego_Garces@petroamazonas.ec	
Teléfono: (593) 299 3700 EXT. 32122	

De importación, tenemos el agrado de presentar nuestra siguiente oferta.

Item	Cent	Unid	MARCA	DESCRIPCION	P. Unit.	P. Total
1	1	UN	GE	Plataforma PAD 480 Planta de Tratamiento de Gas para sistemas de remoción con membranas de permeabilidad, con una eficiencia de 90%. Volumen de Gas mínimo: 1,2 MMCFD Eficiencia 90% Volumen de gas tratado: 0,960 MMCFD Resultados: 0,5 MMCFD con un Poder calorífico que aumentará a 950 BTU/ft3	\$ 1.200.000,00	\$ 1.200.000,00
SON: UN MILLÓN DOSCIENTOS MIL DÓLARES CON 00/100 DÓLARES AMERICANOS (NO INCLUYE IVA)					TOTAL	\$ 1.200.000,00

Este valor comprende todos impuestos, contribuciones y/o gastos directos e indirectos en que incurra la empresa KMC DEL ECUADOR, hasta el término del contrato.

CONDICIONES COMERCIALES:

Plazo de entrega: 120 días calendario
Validez de la Oferta: 90 días
Lugar de entrega: Instalación en Sitio / PAD 480 - PAM
Forma de pago: 50% a la firma del contrato y 50% contra entrega.
Garantía Técnica: 1 año contra defectos de fabricación

Atentamente,

Mauricio Chiriboga I.
PARTICIPANTE LEGAL

Anexo 7

Desglose del capital de trabajo contemplado en cada plataforma.

PAD 420

MANO DE OBRA DIRECTA

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Valor Mensual	Valor Total Anual
Operadores	Personas	1	1.200,00	14.400,00
	Personas			-
			Subtotal	14.400,00
			Imprevistos 2%	288,00
			Total	14.688,00

COMBUSTIBLE DIESEL

Descripción	Costo Diario	Costo Anual	Imprevistos (2%)	Valor Total Anual
Propuesta 1	0,00	0,00	0,00	-
Propuesta 2	0,00	0,00	0,00	-
Propuesta 3	0,00	0,00	0,00	-
Propuesta 4	1.346,00	484.560,00	9.691,20	494.251,20

MANO DE OBRA INDIRECTA

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Valor Mensual	Valor Total Anual
Personal de limpieza	Personas	1	650,00	7.800,00
			Subtotal	7.800,00
			Imprevistos 2%	156,00
			Total	7.956,00

MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

Descripción	Valor	Valor Total Anual
Propuesta 1	116.834,00	116.834,00
Propuesta 2	186.000,00	186.000,00
Propuesta 3	112.000,00	112.000,00
Propuesta 4	102.677,00	102.677,00

SEGUROS

Descripción	Valor	% de Prima	Valor Unitario	Valor Total Mensual	Valor Total Anual
Propuesta 1	1.134.343,00	2,00%	22.686,86	1.890,57	22.686,86
Propuesta 2	1.829.999,00	2,00%	36.599,98	3.050,00	36.599,98
Propuesta 3	2.350.000,00	2,00%	47.000,00	3.916,67	47.000,00
Propuesta 4	1.135.000,00	2,00%	22.700,00	1.891,67	22.700,00

PAD 470

MANO DE OBRA DIRECTA

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Valor Mensual	Valor Total Anual
Operadores	Personas	1	1.200,00	14.400,00
	Personas			-
			Subtotal	14.400,00
			Imprevistos 2%	288,00
			Total	14.688,00

COMBUSTIBLE DIESEL

Descripción	Costo Diario	Costo Anual	Imprevistos (2%)	Valor Total Anual
Propuesta 1	0,00	0,00	0,00	-

MANO DE OBRA INDIRECTA

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Valor Mensual	Valor Total Anual
Personal de limpieza	Personas	1	650,00	7.800,00
			Subtotal	7.800,00
			Imprevistos 2%	156,00
			Total	7.956,00

MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

Descripción	Valor	Valor Total Anual
Propuesta 1	237.610,00	237.610,00

SEGUROS

Descripción	Valor	% de Prima	Valor Unitario	Valor Total Mensual	Valor Total Anual
Propuesta 1	2.652.999,00	2,00%	53.059,98	4.421,67	53.059,98

PAD 480

**MANO DE OBRA
DIRECTA**

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Valor Mensual	Valor Total Anual
Operadores	Personas	1	1.200,00	14.400,00
	Personas			-
			Subtotal	14.400,00
			Imprevistos 2%	288,00
			Total	14.688,00

**COMBUSTIBLE
DIESEL**

Descripción	Costo Diario	Costo Anual	Imprevistos (2%)	Valor Total Anual
Propuesta 1	0,00	0,00	0,00	-
Propuesta 2	0,00	0,00	0,00	-
Propuesta 3	0,00	0,00	0,00	-
Propuesta 4	1.336,72	481.219,20	9.624,38	490.843,58
Propuesta 5	1.336,72	481.219,20	9.624,38	490.843,58

MANO DE OBRA INDIRECTA

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Valor Mensual	Valor Total Anual
Personal de limpieza	Personas	1	650,00	7.800,00
			Subtotal	7.800,00
			Imprevistos 2%	156,00
			Total	7.956,00

MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

Descripción	Valor	Valor Total Anual
Propuesta 1	144.383,00	144.383,00
Propuesta 2	186.000,00	186.000,00
Propuesta 3	168.000,00	168.000,00
Propuesta 4	102.677,00	102.677,00
Propuesta 5	95.092,40	95.092,40

SEGUROS

Descripción	Valor	% de Prima	Valor Unitario	Valor Total Mensual	Valor Total Anual
Propuesta 1	2.334.343,00	2,00%	46.686,86	3.890,57	46.686,86
Propuesta 2	1.829.999,00	2,00%	36.599,98	3.050,00	36.599,98
Propuesta 3	3.550.000,00	2,00%	71.000,00	5.916,67	71.000,00
Propuesta 4	1.135.000,00	2,00%	22.700,00	1.891,67	22.700,00
Propuesta 5	100.000,00	2,00%	2.000,00	166,67	2.000,00

Anexo 8

Cálculo del VAN y TIR para los PADs 420 470 y 480.

PAD 420

Propuesta 1

COSTOS DIRECTOS	COSTOS TOTALES									
	101,10%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Mano de Obra directa	14.688,00	14.849,57	15.012,91	15.178,06	15.345,01	15.513,81	15.684,46	15.856,99	16.031,42	16.207,78
Combustible Diesel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mano de Obra indirecta	7.926,00	8.043,52	8.131,99	8.221,45	8.311,88	8.403,31	8.495,75	8.589,20	8.683,69	8.779,20
Mantenimiento y Reparación	116.834,00	118.319,17	119.418,48	120.732,06	122.080,14	123.402,80	124.780,23	126.132,80	127.520,05	128.922,78
Seguros	22.686,86	22.913,73	23.165,78	23.420,50	23.678,23	23.938,69	24.202,02	24.468,24	24.737,39	25.009,53
Total costos operación	162.164,86	163.925,99	165.729,17	167.552,19	169.395,27	171.258,62	173.142,46	175.047,03	176.972,54	178.919,24
Gastos Financieros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	162.164,86	163.925,99	165.729,17	167.552,19	169.395,27	171.258,62	173.142,46	175.047,03	176.972,54	178.919,24

INGRESOS DEL PROYECTO

DETALLES	AÑOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ganancia del 30% en combustible	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costo Actual	1.061.967,50	1.073.649,14	1.085.459,28	1.097.399,34	1.109.470,73	1.121.674,91	1.134.013,33	1.146.487,48	1.159.098,84	1.171.848,93
Ingresos Netos Anuales	1.061.967,50	1.073.649,14	1.085.459,28	1.097.399,34	1.109.470,73	1.121.674,91	1.134.013,33	1.146.487,48	1.159.098,84	1.171.848,93

BALANCE DE SITUACIÓN INICIAL				
ACTIVOS		PASIVOS		
Activo Corriente		Pasivos a Largo Plazo		
Caja/Bancos	162.164,86			0,00
Total Activo Corriente	162.164,86			
Activo Fijo		PATRIMONIO		
Propuesta ganadora	1.134.343,00			1.296.507,86
		1.134.343,00		
TOTAL ACTIVOS		1.296.507,86	TOTAL PAS. + PATRIM.	1.296.507,86

CÁLCULO DEL AHORRO ESTIMADO										
CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
COSTOS ACTUALES	1.061.967,50	1.073.649,14	1.085.459,28	1.097.399,34	1.109.470,73	1.121.674,91	1.134.013,33	1.146.487,48	1.159.098,84	1.171.848,93
COSTOS DE LA PROPUESTA	162.164,86	163.925,99	165.729,17	167.552,19	169.395,27	171.258,62	173.142,46	175.047,03	176.972,54	178.919,24
AHORRO ESTIMADO	899.802,64	909.723,16	919.730,11	929.847,14	940.075,46	950.416,29	960.870,87	971.440,45	982.126,29	992.929,69
GASTOS FIN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AHORRO ESTIMADO	899.802,64	909.723,16	919.730,11	929.847,14	940.075,46	950.416,29	960.870,87	971.440,45	982.126,29	992.929,69

PAD 470

Propuesta 1

COSTOS TOTALES										
COSTOS DIRECTOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Mano de Obra directa	14.688,00	14.849,57	15.012,91	15.178,06	15.345,01	15.513,81	15.684,46	15.856,99	16.031,42	16.207,76
Combustible Diesel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mano de Obra indirecta	7.956,00	8.043,52	8.131,99	8.221,45	8.311,88	8.403,31	8.495,75	8.589,20	8.683,68	8.779,20
Mantenimiento y Reparación	237.610,00	240.223,71	242.886,17	245.537,70	248.238,61	250.969,24	253.729,90	256.520,93	259.342,66	262.195,43
Seguros	53.059,98	53.590,58	54.180,08	54.776,08	55.378,59	55.987,76	56.603,62	57.226,26	57.855,75	58.492,17
Total costos operación	313.313,98	316.707,37	320.191,15	323.713,26	327.274,10	330.874,12	334.513,73	338.193,38	341.913,51	345.674,56
Gastos Financieros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	313.313,98	316.707,37	320.191,15	323.713,26	327.274,10	330.874,12	334.513,73	338.193,38	341.913,51	345.674,56

INGRESOS DEL PROYECTO

DETALLES	AÑOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ganancia del 30% en combust	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ahorro sobre la generación a	1.637.134,50	1.655.142,98	1.673.349,55	1.691.756,40	1.710.365,72	1.729.179,74	1.748.200,72	1.767.430,93	1.786.872,67	1.806.528,27
Ingresos Netos Anuales	1.637.134,50	1.655.142,98	1.673.349,55	1.691.756,40	1.710.365,72	1.729.179,74	1.748.200,72	1.767.430,93	1.786.872,67	1.806.528,27

BALANCE DE SITUACIÓN INICIAL				
ACTIVOS		PASIVOS		
Activo Corriente		Pasivos a Largo Plazo		
		Préstamo Largo Plazo		
Caja/Bancos	313.313,98	0,00		
Total Activo Corriente	313.313,98	0,00		
Activo Fije		PATRIMONIO		
Propuesta ganadora	2.652.999,00	Total Patrimonio		
	2.652.999,00	2.966.312,98		
TOTAL ACTIVOS	2.966.312,98	TOTAL PAS. + PATRIM.	2.966.312,98	

AHORRO ESTIMADO										
CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
COSTO ACTUAL	1.637.134,50	1.655.142,98	1.673.349,55	1.691.756,40	1.710.365,72	1.729.179,74	1.748.200,72	1.767.430,93	1.786.872,67	1.806.528,27
COSTO DE LA PROPUESTA	313.313,98	316.707,37	320.191,15	323.713,26	327.274,10	330.874,12	334.513,73	338.193,38	341.913,51	345.674,56
AHORRO ESTIMADO	1.323.820,52	1.338.435,61	1.353.158,40	1.368.043,14	1.383.091,61	1.398.305,62	1.413.686,98	1.429.237,54	1.444.959,15	1.460.853,70

PAD 480
Propuesta 5

COSTOS TOTALES										
COSTOS DIRECTOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Mano de Obra directa	14.688,00	14.849,57	15.012,91	15.178,06	15.345,01	15.513,81	15.684,46	15.856,99	16.031,42	16.207,76
Combustible	490.843,58	496.242,86	501.701,53	507.220,25	512.799,67	518.440,47	524.143,32	529.908,89	535.737,89	541.631,01
Mano de Obra indirecta	7.956,00	8.043,52	8.131,99	8.221,45	8.311,88	8.403,31	8.495,75	8.589,20	8.683,68	8.779,20
Mantenimiento y Reparación	95.092,40	96.138,42	97.195,94	98.265,09	99.346,01	100.438,82	101.543,64	102.660,62	103.789,89	104.931,58
Seguros	2.000,00	2.020,00	2.042,22	2.064,68	2.087,40	2.110,36	2.133,57	2.157,04	2.180,77	2.204,76
Total costos operación	610.579,98	617.294,36	624.084,60	630.949,53	637.889,98	644.906,77	652.000,74	659.172,75	666.423,65	673.754,31
Gastos Financieros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	610.579,98	617.294,36	624.084,60	630.949,53	637.889,98	644.906,77	652.000,74	659.172,75	666.423,65	673.754,31

INGRESOS DEL PROYECTO


DETALLES	AÑOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorro del Proyecto prorrateado a 10 años	236.046,05	236.046,05	236.046,05	236.046,05	236.046,05	236.046,05	236.046,05	236.046,05	236.046,05	236.046,05
Ahorro Generación Actual	206.236,80	208.505,40	210.798,96	213.117,75	215.462,05	217.832,13	220.228,28	222.650,80	225.099,95	227.576,05
Ingresos Netos Anuales	442.282,85	444.551,45	446.845,01	449.163,80	451.508,10	453.878,18	456.274,33	458.696,84	461.146,00	463.622,10

BALANCE DE SITUACIÓN INICIAL				
ACTIVOS		PASIVOS		
Activo Corriente			Pasivos a Largo Plazo	
Caja/Bancos	610.579,98		Préstamo Largo Plazo	0,00
Total Activo Corriente	610.579,98		Total Pasivo Largo Plazo	0,00
Activo Fijo			PATRIMONIO	
Propuesta ganadora	100.000,00		Total Patrimonio	710.579,98
		100.000,00		
TOTAL ACTIVOS	710.579,98	TOTAL PAS. + PATRIM.		710.579,98

AHORRO ESTIMADO										
CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
COSTO ACTUAL	804.511,10	813.360,72	822.307,69	831.353,07	840.497,96	849.743,44	859.090,61	868.540,61	878.094,56	887.753,60
COSTO DE LA PROPUESTA	610.579,98	617.294,36	624.084,60	630.949,53	637.889,98	644.906,77	652.000,74	659.172,75	666.423,65	673.754,31
AHORRO ESTIMADO	193.931,12	196.066,36	198.223,09	200.403,54	202.607,98	204.836,67	207.089,87	209.367,86	211.670,91	213.999,29
AHORRO ADICIONAL	206.236,80	208.505,40	210.798,96	213.117,75	215.462,05	217.832,13	220.228,28	222.650,80	225.099,95	227.576,05
AHORRO NETO	400.167,92	404.571,76	409.022,05	413.521,30	418.070,03	422.668,80	427.318,16	432.018,66	436.770,86	441.575,34

Anexo 9

Cromatografía de gases de las plataformas 420, 470 y 480 realizado por el bloque 57 - Shushufindi.

		LABORATORIO DE TRATAMIENTO QUÍMICO BLOQUE 57 SHS																																					
ANÁLISIS CROMATOGRAFÍA DE GAS																																							
<table border="1"> <tr> <td>SAMPLE FROM</td> <td>SACHA PLATAFORMA 420 M1</td> </tr> <tr> <td>PRESSURE (psi)</td> <td>43</td> </tr> <tr> <td>TEMPERATURE (°F)</td> <td>123</td> </tr> <tr> <td>DATE</td> <td>12-Jan-17</td> </tr> <tr> <td>PRODUCER SAND:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>PARAMETER</td> <td>FRACTION (% molar)</td> </tr> <tr> <td>NITROGEN</td> <td>7.45</td> </tr> <tr> <td>METHANE</td> <td>47.59</td> </tr> <tr> <td>CARBON DIOXIDE</td> <td>7.41</td> </tr> <tr> <td>ETHANE</td> <td>8.53</td> </tr> <tr> <td>WATER</td> <td>1.98</td> </tr> <tr> <td>PROPANE</td> <td>13.63</td> </tr> <tr> <td>I-BUTANE</td> <td>2.72</td> </tr> <tr> <td>n-BUTANE</td> <td>6.20</td> </tr> <tr> <td>I-PENTANE</td> <td>1.93</td> </tr> <tr> <td>n-PENTANE+</td> <td>1.63</td> </tr> <tr> <td>n-HEXANE +</td> <td>0.82</td> </tr> <tr> <td>n-HEPTANE+</td> <td>0.11</td> </tr> </table>		SAMPLE FROM	SACHA PLATAFORMA 420 M1	PRESSURE (psi)	43	TEMPERATURE (°F)	123	DATE	12-Jan-17	PRODUCER SAND:	0	PARAMETER	FRACTION (% molar)	NITROGEN	7.45	METHANE	47.59	CARBON DIOXIDE	7.41	ETHANE	8.53	WATER	1.98	PROPANE	13.63	I-BUTANE	2.72	n-BUTANE	6.20	I-PENTANE	1.93	n-PENTANE+	1.63	n-HEXANE +	0.82	n-HEPTANE+	0.11		
SAMPLE FROM	SACHA PLATAFORMA 420 M1																																						
PRESSURE (psi)	43																																						
TEMPERATURE (°F)	123																																						
DATE	12-Jan-17																																						
PRODUCER SAND:	0																																						
PARAMETER	FRACTION (% molar)																																						
NITROGEN	7.45																																						
METHANE	47.59																																						
CARBON DIOXIDE	7.41																																						
ETHANE	8.53																																						
WATER	1.98																																						
PROPANE	13.63																																						
I-BUTANE	2.72																																						
n-BUTANE	6.20																																						
I-PENTANE	1.93																																						
n-PENTANE+	1.63																																						
n-HEXANE +	0.82																																						
n-HEPTANE+	0.11																																						
GAS PROPERTIES @ 14.7 psig & 60° F																																							
Gross Heating Value	1,482.4	BTU / ft ³																																					
Net Heating Value	1,355.1	BTU / ft ³																																					
Molecular Weight	30.7	lb/lb-mol																																					
Compressibility Factor	0.9945																																						
Density	0.0814	lb / ft ³																																					
S.G.	1.0668																																						
Density	1.3056	Kg / m ³																																					
GAS PROPERTIES @ 43 psig & 123 °F																																							
Compressibility Factor	0.9945																																						
Density	0.2851	lb / ft ³																																					
S.G.	1.0669																																						
Density	4.5709	Kg / m ³																																					



LABORATORIO DE TRATAMIENTO QUÍMICO
BLOQUE 57 SHS

ANÁLISIS CROMATOGRFÍA DE GAS

SAMPLE FROM	SACHA PLATAFORMA 470
PRESSURE (psi)	31
TEMPERATURE (°F)	62
DATE	11-Jan-17
PRODUCER SAND:	0
PARAMETER	FRACTION (% molar)
NITROGEN	54.75
METHANE	25.76
CARBON DIOXIDE	10.38
ETHANE	4.31
WATER	1.88
PROPANE	1.80
I-BUTANE	0.22
n-BUTANE	0.51
I-PENTANE	0.12
n-PENTANE+	0.15
n-HEXANE +	0.10
n-HEPTANE+	0.01

GAS PROPERTIES @ 14.7 psig & 60° F		
Gross Heating Value	430.2	BTU / ft ³
Net Heating Value	390.3	BTU / ft ³
Molecular Weight	27.4	lb/lb-mol
Compressibility Factor	0.9945	
Density	0.0725	lb / ft ³
S.G.	0.9498	
Density	1.1624	Kg / m ³

GAS PROPERTIES @ 31 psig & 62° F		
Compressibility Factor	0.9945	
Density	0.2245	lb / ft ³
S.G.	0.9498	
Density	3.5998	Kg / m ³



LABORATORIO DE TRATAMIENTO QUÍMICO
BLOQUE 57 SHS

ANÁLISIS CROMATOGRAFÍA DE GAS

SAMPLE FROM	SACHA PLATAFORMA 480
PRESSURE (psi)	30
TEMPERATURE (°F)	91
DATE	11-Jan-17
PRODUCER SAND:	0
PARAMETER	FRACTION (% molar)
NITROGEN	46.08
METHANE	31.78
CARBON DIOXIDE	12.21
ETHANE	5.02
WATER	1.62
PROPANE	2.05
i-BUTANE	0.26
n-BUTANE	0.59
i-PENTANE	0.16
n-PENTANE+	0.15
n-HEXANE +	0.07
n-HEPTANE+	0.02

GAS PROPERTIES @ 14.7 psig & 60° F		
Gross Heating Value	514.1	BTU / ft ³
Net Heating Value	466.3	BTU / ft ³
Molecular Weight	27.0	lb/lb-mol
Compressibility Factor	0.9945	
Density	0.0716	lb / ft ³
S.G.	0.9380	
Density	1.1479	Kg / m ³

GAS PROPERTIES @ 30 psig & 91 °F		
Compressibility Factor	0.9945	
Density	0.2055	lb / ft ³
S.G.	0.9380	
Density	3.2942	Kg / m ³

Anexo 10

Autorización de operaciones rio napo para ejecución de tesis.

Autor:	Diego Garces
Departamento Autor:	Supervisión Mecánica
Información del flujo	
Usuario Actual:	Diego Garces
Actividad Actual:	Funcionario
Responsable(s) Actividad:	Diego Garces Edgar Gallardo
Comentarios/Sumillas	
<p>Andres Jativa - 02/08/2016 17:17:11 Diego. Para tu conocimiento, canalizar por medio de la Superintendencia de Mantenimiento la información requerida de los otros Departamentos. =====</p> <p>Andres Jativa - 02/08/2016 17:14:51 Ok Ing. se procedera de acuerdo a lo indicado. =====</p> <p>Roque Rivadeneira - 02/08/2016 05:30:54 Estimado Ing. Jativa, favor coordinar con todas las áreas involucradas para que le den facilidades al Ing. Diego Garces. =====</p> <p>Andres Jativa - 31/07/2016 15:01:17 Estimado Ing. Rivadeneira, Favor su aprobación =====</p> <p>Andres Jativa - 31/07/2016 15:00:47 Estimado Diego, Aprobado =====</p> <p>Diego Garces - 31/07/2016 14:51:40 Estimado Andres, Favor tu aprobación del tema de tesis para solicitar la autorización de la Gerencia de Campo. =====</p>	

Memorando No. 0218-ORNCEM-GCS-MTO-2016

PARA: ROQUE RIVADENEIRA

DE: SUPERVISIÓN MÉCANICA

CC: DIEGO RIVERA
BYRON ANANGONO

ASUNTO: TESIS DE GRADO DE MAESTRÍA - EFICIENCIA ENERGÉTICA

FECHA: 01 de Agosto de 2016

Por medio del presente pongo en conocimiento que como estudiante de la Escuela Politécnica Nacional – Maestría en Eficiencia Energética, he propuesto realizar como plan de titulación el tema “ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN COMBUSTIBLES PARA SISTEMAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA AISLADA EN LAS PLATAFORMAS DE POZOS DE PRODUCCIÓN DE CRUDO 420, 470 Y 480 EN EL CAMPO SACHA – BLOQUE 60. ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO”

Por lo que solicito a través de su digno intermedio se de las facilidades para el acceso a la información en las áreas en las cuales se requieran de los parámetros técnicos y estadísticos para el desarrollo del tema de investigación.

La información será utilizada con fines netamente académicos y los resultados estarán a disposición de la empresa.

Diego Garcés P

Anexo 11

Autorización de Petroamazonas EP para ejecución de tesis.



Oficio Nro. PAM-RH-2016-0422-OFI

Quito, D.M., 30 de diciembre de 2016

Asunto: AUTORIZACION PARA ESTUDIO Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACION TESIS MAESTRIA EFICIENCIA ENERGETICA

Señor
Diego Sebastián Garcés Poveda
CIUDADANO
En su Despacho

De mi consideración:

En respuesta al Documento No. 001-DG-2016, enviado con fecha 19 de agosto 2016, de acuerdo a la normativa interna de la Empresa de Petroamazonas EP, se concede la autorización respectiva para que realice el trabajo de investigación, con el tema ANALISIS DE EFICIENCIA ENERGETICA EN COMBUSTIBLES PARA SISTEMAS DE GENERACION ELECTRICA AISLADA EN LAS PLATAFORMAS DE POZOS DE PRODUCCIÓN DE CRUDO 420 Y 480 EN EL CAMPO SACHA _ BLOQUE 60. ANALISIS TECNICO _ ECONÓMICO.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

Dr. Jaime Guillermo Chamorro Hidalgo
GERENTE DE RECURSOS HUMANOS, ENCARGADO

Referencias:
- PAM-SG-2016-3393-EXT

de/DSO