

Selección de la Alternativa de Inversión para la Continuidad Operativa del Grupo de
Motogeneración de Energía de la Empresa ABC

Daniel Angel Alvernia Acevedo

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director

Héctor Orduz Prada

Magister En Economía

Codirector

Marcelino Triana Navarro

Magister Gestión de activos Industriales

Universidad Industrial de Santander

Facultad Ingenierías Físico-mecánicas

Escuela de ingeniería Mecánica

Especialización en gerencia de mantenimiento

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

Dedicado a José Daniel mi papá, que no tuvo el tiempo para ver este peldaño, a Nubia mi mamá, por siempre estar ahí.

Agradecimientos

Al ingeniero Fernando Mejía, Gerente Wood Hub Orinoquia, por permitir el tiempo de asistir a clases.

Al ingeniero William Pinto Hernández, Docente UIS, por su asesoría.

Al ingeniero Gustavo Soto de la empresa Gecolsa, por su colaboración con la cotización de referencia.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Objetivos	15
1.1 Objetivo General	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
2. Marco Teórico.....	16
2.1 Análisis de reemplazo	16
2.2 Equipos de generación	17
2.2.1 Descripción de los equipos antiguos.....	19
2.3 Métodos de análisis.....	23
2.3.1 Pronósticos.....	23
2.3.1.1 Regresión lineal	23
2.3.1.2 Promedio móvil simple.....	23
2.3.2 Revisión de alternativas	25
2.3.2.1 Costo presente equivalente	25
2.3.2.2 Valor futuro.....	26
2.3.2.3 Anualidad equivalente.	26
2.3.2.4 Costo promedio ponderado de capital.....	26
3. Recopilación de datos	27
3.1 Costos de mantenimiento equipos antiguos.....	29
3.2 Costos de equipos nuevos	35
3.3.1 Costo compra equipos nuevos	35

3.3.2 Costo instalación equipos nuevos	36
3.3.3 Costos de mantenimiento equipos nuevos	37
4. Análisis y resultados	38
4.1 Premisas	38
4.2 Proyección de costos de mantenimiento, quema de gas y perdidas de producción.....	40
4.2.1 Proyección de costos equipos antiguos.....	40
4.3 Estimación de la tasa de cálculo	48
4.4 Proyección de la comparación de los costos.....	49
4.4.1 proyección de costos en el tiempo	49
4.4.2 Aplicación del Costo presente equivalente	51
4.4.3 Aplicación del Costo futuro equivalente.....	54
4.4.4 Aplicación del Costo anual equivalente.....	56
4.5 Consideraciones finales	58
5. Conclusiones	60
6. Recomendaciones	61
Referencias Bibliográficas	62
Apéndices.....	65

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Especificaciones Moto-generadores MG-A, MG-B y MG-C</i>	22
Tabla 2 <i>Costos de mantenimiento Moto-generador MG-A</i>	29
Tabla 3 <i>Costos de mantenimiento Moto-generador MG-B</i>	31
Tabla 4 <i>Costos de mantenimiento Moto-generador MG-C</i>	33
Tabla 5 <i>Resumen de Costos Causados Moto-generadores antiguos</i>	34
Tabla 6 <i>Valor equipos nuevos cotizados</i>	35
Tabla 7 <i>Estimado de costos de ingeniería e instalaciones para los nuevos equipos</i>	36
Tabla 8 <i>Proyección de costos de mantenimiento de equipos nuevos cotizados</i>	37
Tabla 9 <i>Proyección de costos de mantenimiento de moto-generador MG-A</i>	41
Tabla 10 <i>Proyección de costos de mantenimiento de moto-generador MG-B</i>	42
Tabla 11 <i>Proyección de costos de mantenimiento de moto-generador MG-C</i>	43
Tabla 12 <i>Proyección de costos de quema de gas</i>	44
Tabla 13 <i>Proyección de costos por perdidas de producción</i>	45
Tabla 14 <i>Tasa de cálculo estimada</i>	48
Tabla 15 <i>Proyección de Costos de los equipos nuevos</i>	50
Tabla 16 <i>Proyección de Costos equipos antiguos</i>	51
Tabla 17 <i>Costo presente equivalente equipos nuevos</i>	52
Tabla 18 <i>Costo presente equivalente equipos antiguos</i>	53
Tabla 19 <i>Costo futuro equivalente equipos nuevos</i>	54
Tabla 20 <i>Costo futuro equivalente equipos antiguos</i>	55
Tabla 21 <i>Costo anual equivalente equipos nuevos</i>	57

Tabla 22 *Costo anual equivalente equipos antiguos* 57

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Flujo típico de un proyecto</i>	17
Figura 2 <i>Esquema típico de turbina a gas</i>	18
Figura 3 <i>Moto-generadores MG-A/B/C</i>	19
Figura 4 <i>Moto-generadores MG-A/B/C</i>	20
Figura 5 <i>Esquema del generador KATO</i>	21
Figura 6 <i>Ajuste y previsión típica de promedio móvil simple</i>	24
Figura 7 <i>Método de medias móviles</i>	24
Figura 8 <i>Esquema dimensiones de turbina a gas cotizada SGT-50 DLE</i>	28
Figura 9 <i>Corte de turbina SGT-50 DLE</i>	28
Figura 10 <i>Gráfico Resumen costos causados Moto-generadores antiguos</i>	34
Figura 11 <i>Históricos IPC Colombia</i>	38
Figura 12 <i>Pronósticos IPC del emisor</i>	39
Figura 13 <i>Gráfico Regresión lineal de Moto-generador antiguo</i>	39
Figura 14 <i>Grafico Proyección de costos de Moto-generador MG-A</i>	46
Figura 15 <i>Grafico Proyección de costos de Moto-generador MG-B</i>	46
Figura 16 <i>Grafico Proyección de costos de Moto-generador MG-C</i>	47
Figura 17 <i>Grafico Proyección de costos por quema de gas</i>	47
Figura 18 <i>Grafico Proyección de costos por perdidas de producción</i>	48
Figura 19 <i>Gráfico Proyección de tendencia</i>	59

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A. Cotización turbogenerador nuevo.....	65
Apéndice B. Cotización moto-generador nuevo.....	67
Apéndice C. Históricos de mantenimiento motogeneradores (2016-2021).....	72

Glosario

Black start: Arranque autónomo, es el reinicio del sistema de generación sin dependencia de la red eléctrica externa.

FMECA: (Failure Modes, Effects & Criticality Analysis) método para conocer los efectos de falla y tomar acciones hacia su eliminación basados en su criticidad.

Overhaul: mantenimiento que tiene por objeto la inspección y la reparación para devolver una máquina a su mejor condición operativa.

RCM: (Reliability Centered Maintenance) concepto de planificación de mantenimiento basado en la confiabilidad.

Skid: plataforma o patín sobre el que se instalan todos los componentes para el funcionamiento del equipo.

Tag: etiqueta o código dado a una máquina para facilitar su identificación.

Tea: sistemas usados para disponer de forma segura los gases de alivio o venteo de un proceso por medio de combustión.

Resumen

Título: Selección de la alternativa de inversión para la continuidad operativa del grupo de moto generación de energía de la empresa ABC. *

Autor: Daniel Angel Alvernia Acevedo**

Palabras Clave: Continuidad, mantenimiento, costos, alternativa.

Descripción: La presente monografía muestra la recopilación de datos para la toma de la decisión entre dos alternativas que surgen a partir de la necesidad de continuar con la operación, la empresa ABC cuenta con tres equipos de generación MG B, MG B y MG C a los cuales les realiza mantenimientos programados, los equipos han presentado paradas no programadas, lo cual se ha registrado durante una serie de años, su afectación a la producción representan costos y retrasos, por lo cual, la empresa se ha planteado la opción de comprar nuevas máquinas para reemplazar las antiguas o la opción de continuar con el mantenimiento de los equipos existentes.

La selección de la alternativa se basa en datos de costos de mantenimiento, de las especificaciones de los equipos actuales, de la cotización de un equipo que permita hacer la comparación y del riesgo de perder la continuidad de la operación; para procesar los datos existen metodologías que permiten analizar y generar conclusiones y recomendaciones, también se han tenido en cuenta el costo debido a las pérdidas de producción y se ha incluido el costo por la quema de gas debido a paradas y los costos adicionales por el mantenimiento los equipos antiguos.

*Trabajo de grado

**Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. Especialización en gerencia de mantenimiento. Director: Héctor Orduz Prada. Magister en economía. Codirector: Marcelino Triana Navarro. Magister gestión de activos industriales.

Abstract

Title: Selection of the investment alternative for the operational continuity from the power generation group of the ABC company. *

Author: Daniel Angel Alvernia Acevedo**

Key Words: Continuity, maintenance, costs, alternative.

Description: This monograph shows the data collection for the decision making between two alternatives that arise from the need to continue with the operation, the company ABC has three generation equipment MG B, MG B and MG C to which it performs scheduled maintenance, this equipment has presented unscheduled stops, which has been recorded for a number of years, its affectation on production represents costs and delays, for which the company has considered the option to buy new machines to replace the old ones or the option to continue with the maintenance of the equipment.

The selection of the alternative is based on maintenance cost data, the specifications of the current equipment, the price of a machine that allows comparison and the risks of losing the continuity of the operation; to process the data there are methodologies that allow analyzing and generating conclusions and recommendations, the cost due to production losses have been taken into account and the cost of flaring of gas due to stops and the additional costs of maintaining old equipment have been included.

*Degree work

**Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of mechanical engineering. Specialization in maintenance management. Director: Hector Orduz Prada. Máster in economics. Co-director: Marcelino Triana Navarro. Máster of industrial asset management.

Introducción

La empresa ABC tiene en operación desde el año 1988, 3 moto-generadores: MG-A/B/C de capacidad máxima de 1.2 MW cada uno, son accionados con gas para el abastecimiento de la energía requerida para el funcionamiento de sus procesos industriales de producción.

El registro de fallas y costos de mantenimientos de los equipos realizado por la empresa desde el año 2016 al año 2021, evidencio costos elevados que afectan la efectividad de la operación debido a:

- Altas tasas de fallas
- Baja confiabilidad
- Baja disponibilidad
- Pérdidas de producción
- Quema de gas
- Operaciones suspendidas
- Interrupciones.

Se requiere tomar una decisión para justificar económicamente el reemplazo de los equipos antiguos, basados en la evaluación de los datos de costos recopilados por la empresa para definir si se realiza el reemplazo por equipos nuevos de igual capacidad o continuar la operación realizándoles mantenimientos.

Los datos históricos presentan un panorama de la situación de los equipos antiguos durante un periodo de tiempo que muestra un comportamiento que puede ser o no constante, la cotización de un equipo presenta los costos de adquisición y los métodos, ya sea desde el punto de vista estadístico o financiero, ayudan a interpretar los valores y a analizarlos para que basándose en las

necesidades y las características conocidas se puede hacer una comparación para la proyección de escenarios que permitan tener una visión para planificar una propuesta de inversión.

Especificaciones generales de los equipos instalados:

TAG ACTUAL: MG-A/B/C

MOTOGENERADOR SUPERIOR (Dual: Gas y GLP).

- Potencia: 1650 HP.
- Voltaje: 2400/4160 V.
- Amperios: 208 A.
- Frecuencia: 60 Hz.
- Modelo: 12 GTL

GENERADOR KATO

- 1200 KW
- 1500 KVA
- 4160 VOLTS
- 3 FASES
- FACTOR DE POTENCIA 0.80
- Modelo: A246050000
- Tipo: 24605

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Seleccionar mediante un análisis de inversión la alternativa entre continuar el mantenimiento de los moto-generadores actuales o la compra de equipos generadores nuevos para reducir los costos de mantenimiento que aseguren la continuidad de la operación de la planta.

1.2 Objetivos Específicos

- Cuantificar el costo anual del mantenimiento de los moto-generadores MG A/B/C, para tener una base comparativa por medio de análisis de costos, con base en los datos disponibles entre los años 2016 y 2021.
- Estimar mediante un estudio comercial el valor actual de los equipos para compra, instalación y puesta en marcha de 3 turbogeneradores de 1,2 MW cada uno.
- Comparar los costos de mantenimiento de los equipos en operación usando métodos de valor presente equivalente, Costo futuro equivalente y Costo anual equivalente; teniendo en cuenta la vida útil de las alternativas en condiciones reales, para dar un concepto de viabilidad contra el costo actual de la puesta en operación de equipos nuevos.

2. Marco Teórico

2.1 Análisis de reemplazo

Los moto-generadores son equipos costosos cuya utilización es adecuada para aplicaciones industriales que requieran potencia, un funcionamiento continuo e independencia de fuentes de energía externas. Estos equipos convierten el combustible en energía eléctrica. A partir de la generación de energía se ponen en movimiento procesos que generan valor, cuando la generación de la energía cuesta más de lo que razonablemente se espera, impacta en los costos y pone en riesgo la continuidad del negocio.

El aprovechamiento de los recursos disponibles conlleva al uso de las tecnologías asociadas a ellos, en este caso el gas; desde hace más de 40 años los moto-generadores han tenido un uso continuado en la industria y en su momento fue la alternativa seleccionada para suplir los requerimientos energéticos de la empresa, aún siguen siendo una opción de uso generalizado, sin embargo, el paso del tiempo desgasta componentes, que sin importar cuanto mantenimiento reciban, terminan con su vida útil, muchas veces estos elementos son tan esenciales que terminan en la pérdida de la función del equipo, llegado a ese punto se debe tomar la decisión de reemplazar los equipos, ya sea por unos de similares especificaciones o por tecnologías que ofrezcan los mismos o mejores resultados, es entonces donde en lugar de solo comprar un equipo, se evalúa económicamente la alternativa más conveniente haciendo la comparación en condiciones reales del servicio, de la vida útil remanente y dentro de los límites de eficiencia de producción.

Para el estudio de adquisición de nuevos equipos se deben contemplar las consecuencias de aspectos como:

Reducción del rendimiento de los equipos

Cambios en las capacidades operativas

Costos asociados al mantenimiento por paradas no programadas

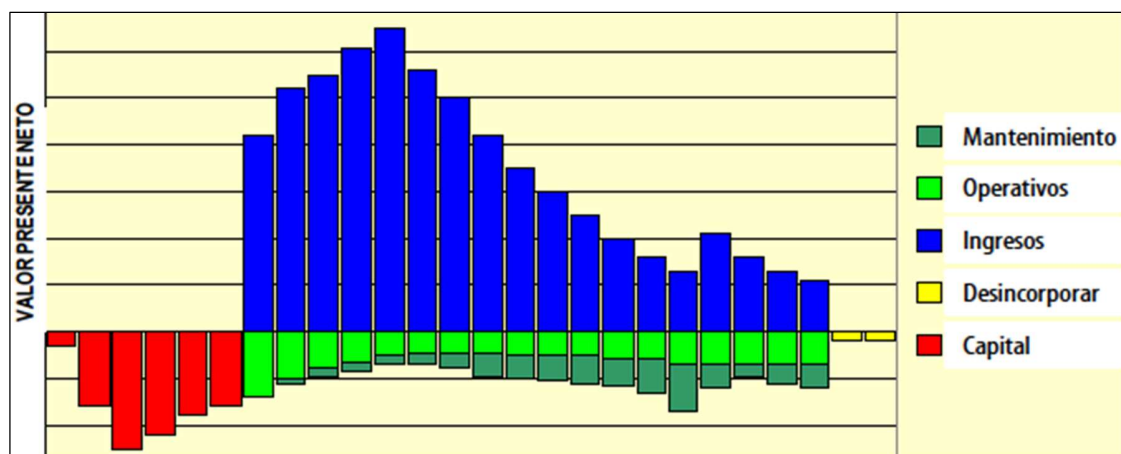
Los riesgos de no reemplazar los equipos

El costo de nuevas tecnologías

El reemplazo de un activo físico debe considerar características típicas en los flujos de costos de los equipos que permitan traducir los efectos proyectados de una opción “X” en términos comparables contra los costos de otra opción “Y”, usualmente dichos efectos pueden estar asociados a costos de capital por inversión, costos de operación, costos de mantenimiento y otros costos relacionados que impactan los objetivos de la empresa.

Figura 1

Flujo típico de un proyecto



Nota. Adaptado de predictiva21.com

2.2 Equipos de generación

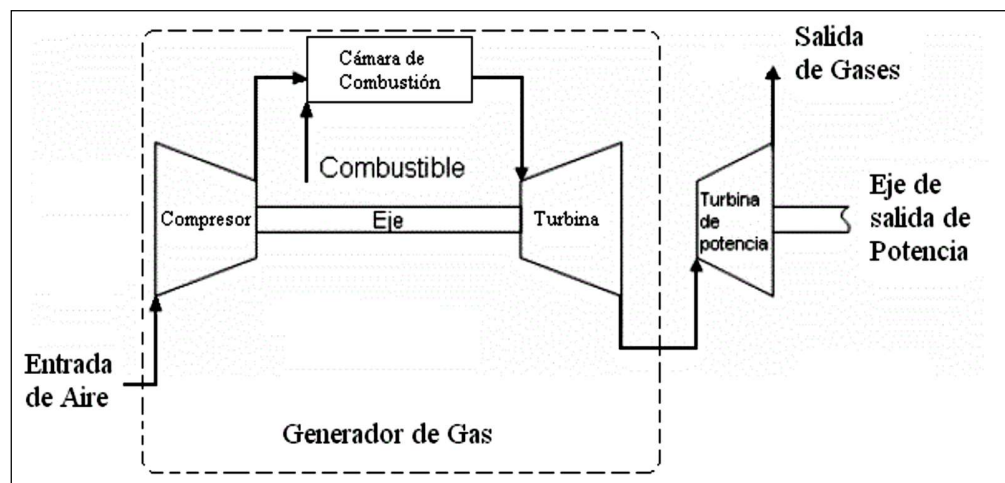
Se denomina generador de gas a un motor térmico que disponga de un turbocompresor para comprimir el gas, una cámara de combustión o un intercambiador de calor con el objeto de elevar

el nivel térmico y una turbina de expansión, donde se extrae energía de los gases expansionándolos.

(Huertos y Santana, 2011). P4

Figura 2

Esquema típico de turbina a gas



Nota. Adaptado de Huertos y Santana, 2011

Para solicitar la oferta comercial de un equipo de generación se deben observar algunos conceptos:

El combustible por utilizar, puede ser gas natural, algunos equipos o tecnologías tienen además la flexibilidad para usar diferentes combustibles como el diésel, lo que puede ser útil en caso de que haya falla en el suministro y sea posible contar con almacenamiento de combustibles de respaldo.

Un equipo de generación consta del motor, ya sea de accionamiento recíprocante o turbina, más el equipo generador de corriente y sus equipos auxiliares que hacen parte de un paquete montado sobre un skid y preferiblemente cubierto con una carcasa o protección exterior. Se debe considerar las dimensiones y los efectos del ruido.

La potencia nominal debe ser la potencia disponible en el acoplamiento después de restar cualquier tipo de pérdidas por el ambiente predominante en la locación, altura sobre el nivel del mar, tipo y calidad de combustible y potencia absorbida por el proceso.

2.2.1 Descripción de los equipos antiguos

En la Figura 3 se puede ver el equipo MG-A aislado para reparaciones y la tubería de escape del equipo MG-B desmontada, al momento de la toma de la fotografía solo estaba en operación el equipo MG-C. Ver Figura 4.

Figura 3

Moto-generadores MG-A/B/C



Los motores existentes son de marca Superior modelo 12 GTL de 12 cilindros, de cuatro tiempos, con capacidad para producir desde 0,9 MW hasta 1,2 MW. funciona a diferentes velocidades de acuerdo con el régimen requerido desde 650 rpm hasta 900 rpm, adaptando de esta manera la generación de potencia según los requerimientos del proceso, “estos motores

extremadamente robustos fueron diseñados para funcionar con gas natural e incluso con gas sucio. Los motores de gas Superior ofrecen una mezcla optimizada de combustible / aire e inyección de combustible cronometrada, lo que reduce los requisitos de consumo de combustible. Los pistones de baja compresión del motor reducen la tensión dinámica para un funcionamiento más estable y confiable”. Cooper machinery services (s.f).

Figura 4

Moto-generadores MG-A/B/C

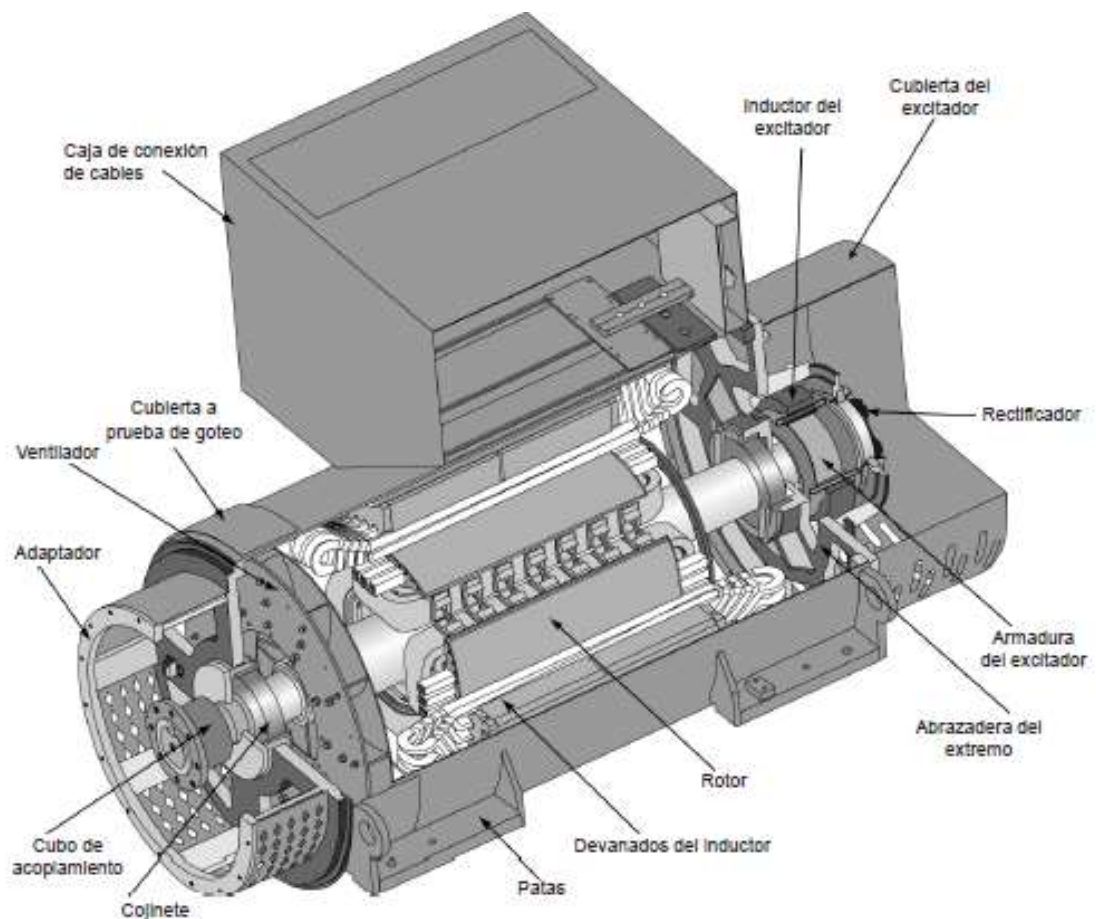


Los equipos cuentan con más de 30 años de operación, son equipos robustos, pero antiguos que presentan fallas, además generan variaciones de voltaje que pueden llegar a causar un “black start”, aun así, los equipos han cumplido su función, pero debe ser atentamente monitoreados y la operación se ve interrumpida debido a las fallas no previstas. Las fallas que han presentado los moto-generadores durante el periodo registrado se pueden ver en el Apéndice C.

Los generadores acoplados a los motores son de marca KATO, están compuestos por un sistema inductor-rotor para producir un campo giratorio que convierte la energía mecánica del motor en energía eléctrica, pueden funcionar en paralelo en un sistema 2 a 1 manteniendo uno o dos en operación continua y dejando uno en reserva. Ver Figura 5.

Figura 5

Esquema del generador KATO



Nota. Partes principales del generador. Adaptado de KATO Engineering manual.

A continuación se puede ver la información de los conjuntos motor-generator:

Tabla 1

Especificaciones Moto-generadores MG-A, MG-B y MG-C

MOTO-GENERADOR	
MOTOR	
MODELO:	12GTL
STROKE:	10 1/2
CILINDRADA (LITROS):	162
No. DE CILINDROS:	12 en V
NUMERO DE TIEMPOS:	4
AÑO:	1998
BORE:	10
ORDEN DE ENCENDIDO:	1-4-2-6-3-5
ASPIRACION:	TURBOCARGADOR
POTENCIA (HP):	1650
RPM MINIMAS:	600
RPM MAXIMAS:	900
RELACION DE COMPRESION:	10:1
COMBUSTIBLE:	Gas Natural
UNIT WEIGHT:	18 toneladas
GENERATOR	
SYNCHRONOUS AC GENERATOR:	BRUSHLE SS
KVA CONT.:	1200
PHASE	3
HZ:	60
KVA CONT.:	1500
PF:	0,8
RPM:	900
VOLTAJE:	2400/4160
AMPERIOS:	208
TEMP. RISE:	80 °C
DESIGN AMB:	40 °C
INSUL CLASS:	F
UNIT WEIGHT:	0.3 Toneladas.

2.3 Métodos de análisis

2.3.1 Pronósticos

Para poder realizar los análisis se requieren datos cuantificables, para este caso se han compilado costos históricos para un periodo delimitado de tiempo que en sí mismos pueden dar lugar a algunas observaciones, ahora bien, para poder proyectar datos interpretables se requiere el uso de metodologías que permitan dar una aproximación a la información necesaria para poder hacer las valoraciones.

Existe diversidad de técnicas para hacer los pronósticos, para este caso debido a la variación de los valores obtenidos durante el periodo en el que la empresa registro los datos y a la diferencia de los valores año a año, los cuales no muestran una tendencia, se plantea usar los siguientes métodos:

2.3.1.1 Regresión lineal. Mínimos cuadrados o regresión lineal se utiliza tanto para pronósticos de series de tiempo como para pronósticos de relaciones causales. En particular cuando la variable dependiente cambia como resultado del tiempo se trata de un análisis de serie temporal. (Gestión de operaciones, s.f.)

$$y = a + bx$$

y = Variable dependiente

x = Variable independiente

a = Intercepto con la ordenada

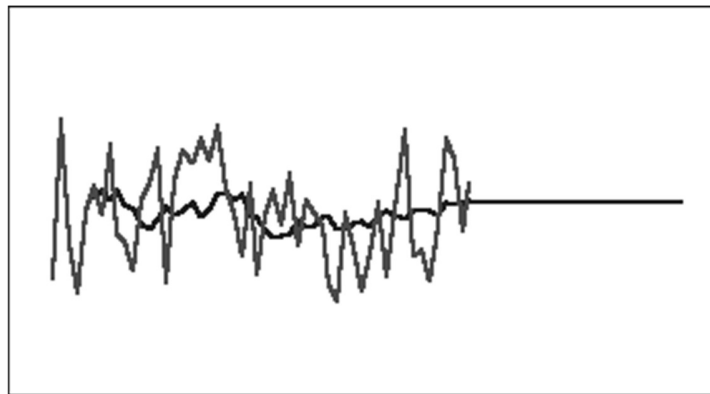
b = Determina la pendiente

2.3.1.2 Promedio móvil simple. Suaviza los datos históricos calculando el promedio de los últimos periodos y proyectando el último valor promedio hacia adelante.

Este método es el mejor para datos volátiles sin tendencia ni estacionalidad. Su resultado es una previsión plana, recta. (Oracle help center, s.f). Ver Figura 6 y Figura 7.

Figura 6

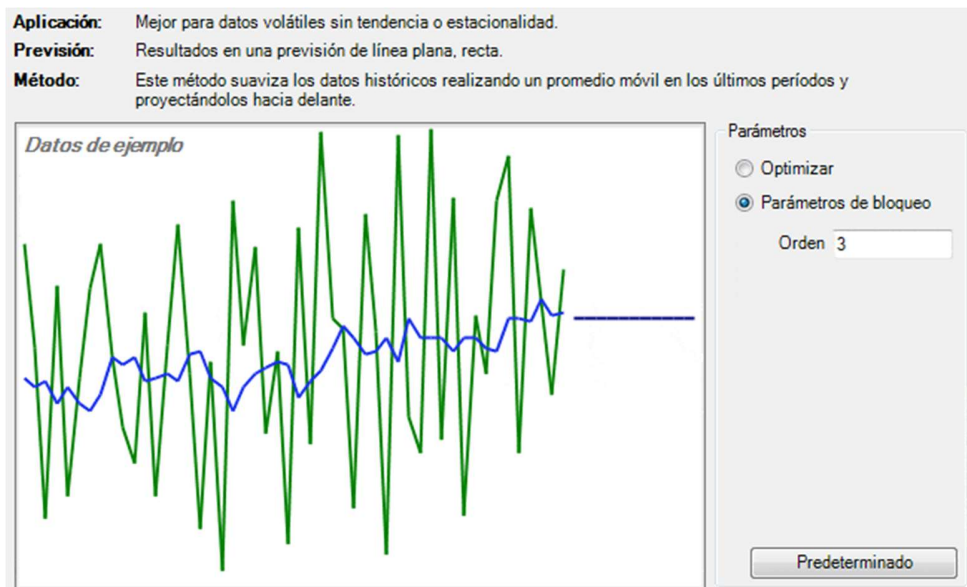
Ajuste y previsión típica de promedio móvil simple.



Nota. Adaptado de oracle.com

Figura 7

Método de medias móviles.



Nota. Adaptado de Gestiondeoperaciones.net

2.3.2 Revisión de alternativas

Una parte importante de la gestión del mantenimiento es la gestión económica, la evaluación de los costos y la toma de decisiones enfocadas a la continuidad y la mejora de la operación, cuando el mantenimiento de los equipos a cargo se vuelve insostenible económicamente, además de pensar en el reemplazo, podría llegar a ser ventajoso observar la posibilidad de la implementación de overhaul (reacondicionamiento).

Existe una variedad de recursos disponibles para la evaluación de alternativas de proyectos que producen el mismo servicio, la selección del método depende del objetivo propuesto, de la similitud de los servicios y de las características operativas.

Las herramientas financieras permiten tener criterios de valor que justifiquen la realización de una inversión, hacer comparaciones de valores conocidos en el tiempo y llevarlos a datos correlacionados que brinden una línea base desde la cual empezar a desarrollar conclusiones que permitan tomar decisiones.

2.3.2.1 Costo presente equivalente. CPE También conocido como VPN o valor actual equivalente es utilizado para tomar decisiones sobre la rentabilidad de un proyecto, para lo cual es necesario compararlo con el costo de oportunidad de los recursos invertidos en él. En otras palabras, el Valor Presente Neto permite analizar la factibilidad de un proyecto de inversión. (Actualícese.com, 5 de febrero de 2015)

$$VA = \frac{VF}{(1 + i)^n}$$

VA = Valor actual

VF = Valor Futuro

i = Tipo de interés

n = plazo de la inversión

2.3.2.2 Valor futuro. CFE El valor futuro (VF) es el valor que obtendrá a futuro cierto monto de dinero que disponen actualmente o que invertirán en un proyecto. El valor futuro permite considerar la mejor opción en qué gastar o invertir el dinero. (Stevens, 2022)

$$VF = VA(1 + i)^n$$

VA = Monto que pensamos invertir para lograr nuestros objetivos

VF = Valor Futuro

i = Interés que obtendremos por cada periodo que vamos a invertir nuestro dinero

n = Número de periodos que estará invertido nuestro dinero (mensual, anual...)

2.3.2.3 Anualidad equivalente. CAE Costo anual equivalente es una expresión uniforme del comportamiento de ingresos y gastos que ocurren de manera desigual o diversa durante un periodo determinado. Este criterio busca convertir dicho comportamiento en una anualidad equivalente uniforme, respetando el valor del dinero en el tiempo. (Sapag et al., 2014, P 262)

$$A = P \frac{i * (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

A = Valor de la anualidad

P = Valor presente

i = Tipo de interés

n = Plazo de la inversión

2.3.2.4 Costo promedio ponderado de capital. CPPC o WACC, de las siglas en ingles Weighted Average Costo of Capital (plandenegociosperu.com, 25 de marzo de 2020), Es la tasa que se utiliza para descontar los flujos de caja futuros a la hora de valorar un proyecto de inversión. El cálculo de esta tasa puede ser útil teniendo en cuenta dos enfoques distintos:

Costo desde el pasivo: el coste económico para la compañía de atraer capital al negocio, cuyo calculo se realiza con base en todas las obligaciones financieras de la compañía teniendo en cuenta el valor y la tasa de interés respectivas.

Costo como inversores: el mínimo retorno que los dueños esperan teniendo en cuenta la rentabilidad esperada del capital sin riesgo y considerando el riesgo de la inversión, del sector y del mercado donde opera. (Empresaaactual.com, 21 de octubre de 2019)

$$WACC = \frac{DF}{DF + CP} * i * (1 - t) + \frac{DF}{DF + CP} * COK$$

Nota. Adaptado de plandenegociosperu.com, 25 de marzo de 2020.

DF = Valor de la deuda de la empresa

CP = Valor del capital propio

I = Costo de la deuda financiera (tasa de interés)

T = Tasa de impuesto a la renta

COK = Costo de oportunidad de capital (de las aportaciones de los socios)

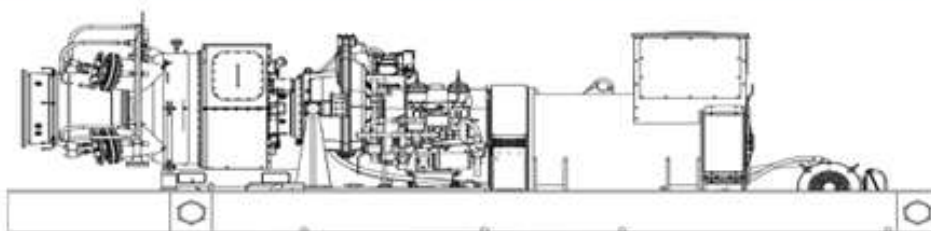
3. Recopilación de datos

Inicialmente, la empresa considero la opción de reemplazar los equipos antiguos por una tecnología de turbinas de gas. Ver Figura 8 y Figura 9, sin embargo, la cotización evidencio que el costo de dicho equipo en comparación casi duplicaba el valor de la cotización recibida para los equipos moto-generadores (Ver Apéndice A), en vista de lo anterior, se toma como opción para la evaluación a la tecnología de moto-generación que ya es conocida por la empresa y se hará la evaluación con los datos de referencia de la cotización recibida. (Ver Apéndice B)

Figura 8

Esquema dimensiones de turbina a gas cotizada SGT-50 DLE

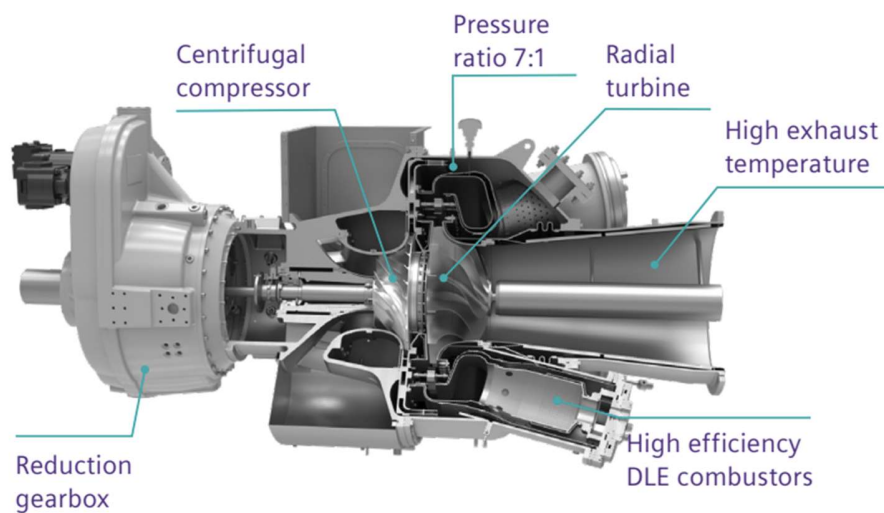
Package's details				
Type	Length [m]	Width [m]	Height [m]	Weight [kg]
On base frame	8.5	2.1	2.1	14 100
Fully packaged	8.5	2.1	3.4	21 000



Nota. Adaptado de Siemens-energy.

Figura 9

Corte de turbina SGT-50 DLE



Nota. Adaptado de Siemens-energy.

Se analiza la compra de equipos nuevos contra continuar con el mantenimiento de los equipos antiguos, con base en la vida útil remanente y a los costos asociados de dicho mantenimiento frente al costo de compra e instalación de los nuevos equipos. El ciclo de vida de los equipos de generación se estima de acuerdo a la cantidad de horas de uso, para equipos en operación continua se toma un valor de 15 a 20 años, los equipos antiguos fueron instalados en el año 1988 y han estado en operación por 35 años y están totalmente depreciados y su ciclo de vida ya está agotado, sin embargo, para efectos del presente caso se toma una vida útil de 20 años para los equipos nuevos y se iguala a esta la vida de los equipos antiguos, castigando los costos con la proyección de mantenimientos mayores u overhaul.

La vida útil de un generador típico puede alcanzar hasta 30 años o algo más, dependiendo de muchos factores, como: no exceder las cargas de trabajo, ejecutar los mantenimientos programados y el uso de repuestos y procedimientos apropiados.

3.1 Costos de mantenimiento equipos antiguos

Los datos obtenidos de los costos de mantenimiento de los equipos corresponden a los años comprendidos entre 2016 y 2021 (para el caso del moto-generador MG-A se tiene un dato para el año 2010, el cual se considera como aleatorio y se omite para evitar influenciar la proyección debido a que es de una magnitud alta). (Ver Tabla 2 a Tabla 4).

Tabla 2

Costos de mantenimiento Moto-generador MG-A

Costes Tot. Reales	TAG	Año
\$ 373.429.869,00	MG-A	2010
\$ 1.789.566,00	MG-A	2016
\$ 52.362.219,00	MG-A	2016
\$ 3.389.447,00	MG-A	2017

Costes Tot. Reales	TAG	Año
\$ 2.077.184,00	MG-A	2017
\$ 151.580,00	MG-A	2017
\$ 227.066,00	MG-A	2017
\$ 307.198,00	MG-A	2017
\$ 614.396,00	MG-A	2017
\$ 1.768.382,00	MG-A	2017
\$ 4.289.015,00	MG-A	2017
\$ 3.104.085,00	MG-A	2017
\$ 1.893.255,00	MG-A	2017
\$ 607.434,00	MG-A	2017
\$ 202.478,00	MG-A	2017
\$ 119.272,00	MG-A	2017
\$ 158.320,00	MG-A	2017
\$ 1.376.040,00	MG-A	2017
\$ 15.617.855,00	MG-A	2017
\$ 1.262.556,00	MG-A	2017
\$ 34.545.524,00	MG-A	2017
\$ 2.735.997,00	MG-A	2017
\$ 7.876.464,00	MG-A	2017
\$ 545.838.762,00	MG-A	2017
\$ 874.458,00	MG-A	2017
\$ 9.973.262,00	MG-A	2017
\$ 20.225.055,00	MG-A	2017
\$ 81.075.844,00	MG-A	2017
\$ 61.546.646,00	MG-A	2018
\$ 14.566.836,00	MG-A	2018
\$ 1.454.732,00	MG-A	2018
\$ 226.718,00	MG-A	2018
\$ 1.005.043,00	MG-A	2018
\$ 1.419.321,00	MG-A	2018
\$ 1.074.731,00	MG-A	2018
\$ 1.660.947,00	MG-A	2018
\$ 6.776.880,00	MG-A	2018
\$ 373.038,00	MG-A	2018
\$ 126.051,00	MG-A	2018
\$ 369.886,00	MG-A	2018
\$ 391.644,00	MG-A	2018
\$ 304.612,00	MG-A	2018
\$ 208.733,00	MG-A	2018
\$ 179.390,00	MG-A	2018
\$ 713.502,00	MG-A	2018
\$ 99.591,00	MG-A	2019
\$ 809.170,00	MG-A	2019
\$ 411.848,00	MG-A	2019

Costes Tot. Reales	TAG	Año
\$ 453.880,00	MG-A	2019
\$ 3.925.663,00	MG-A	2019
\$ 441.288,00	MG-A	2019
\$ 5.288.743,00	MG-A	2019
\$ 4.036.601,00	MG-A	2020
\$ 9.924.403,00	MG-A	2020
\$ 8.230.462,00	MG-A	2020
\$ 396.656,00	MG-A	2021
\$ 176.293,00	MG-A	2021
\$ 2.860.083,00	MG-A	2021

Tabla 3

Costos de mantenimiento Moto-generador MG-B

Costes Tot. Reales	TAG	Año
\$ 293.719,00	MG-B	2016
\$ 7.608.147,00	MG-B	2016
\$ 9.753.165,00	MG-B	2017
\$ 7.372.583,00	MG-B	2017
\$ 1.096.732,00	MG-B	2017
\$ 1.173.596,00	MG-B	2017
\$ 10.285,00	MG-B	2017
\$ 2.393.845,00	MG-B	2017
\$ 1.112.876,00	MG-B	2017
\$ 76.800,00	MG-B	2017
\$ 272.762,00	MG-B	2017
\$ 430.286,00	MG-B	2017
\$ 1.406.522,00	MG-B	2017
\$ 4.089.797,00	MG-B	2017
\$ 404.956,00	MG-B	2017
\$ 536.724,00	MG-B	2017
\$ 284.975,00	MG-B	2017
\$ 4.014.487,00	MG-B	2017
\$ 1.795.564,00	MG-B	2017
\$ 1.094.586,00	MG-B	2017
\$ 1.654.872,00	MG-B	2017
\$ 33.545.283,00	MG-B	2017
\$ 987.205,00	MG-B	2017
\$ 42.696.350,00	MG-B	2017
\$ 14.032.804,00	MG-B	2017
\$ 551.612,00	MG-B	2017
\$ 1.914.444,00	MG-B	2017

Costes Tot. Reales	TAG	Año
\$ 528.760,00	MG-B	2017
\$ 317.256,00	MG-B	2017
\$ 1.700.445,00	MG-B	2017
\$ 17.647,00	MG-B	2017
\$ 17.647,00	MG-B	2017
\$ 17.647,00	MG-B	2017
\$ 8.205.886,00	MG-B	2017
\$ 156.777,00	MG-B	2017
\$ 304.043,00	MG-B	2017
\$ 291.486,00	MG-B	2017
\$ 344.140,00	MG-B	2017
\$ 6.520.530,00	MG-B	2017
\$ 151.387,00	MG-B	2017
\$ 35.366,00	MG-B	2017
\$ 1.218.633,00	MG-B	2017
\$ 476.052,00	MG-B	2017
\$ 198.373,00	MG-B	2018
\$ 121.384.825,00	MG-B	2018
\$ 8.770.462,00	MG-B	2018
\$ 1.906.371,00	MG-B	2018
\$ 1.084.742,00	MG-B	2018
\$ 523.542,00	MG-B	2018
\$ 85.228,00	MG-B	2018
\$ 1.805.835,00	MG-B	2019
\$ 270.744,00	MG-B	2019
\$ 870.626,00	MG-B	2019
\$ 24.665,00	MG-B	2019
\$ 2.518.968,00	MG-B	2019
\$ 3.802.105,00	MG-B	2019
\$ 3.724.728,00	MG-B	2019
\$ 3.205.415,00	MG-B	2020
\$ 3.899.785,00	MG-B	2020
\$ 7.969.375,00	MG-B	2020
\$ 5.381.958,00	MG-B	2020
\$ 1.088.508,00	MG-B	2020
\$ 746.181,00	MG-B	2020
\$ 248.368,00	MG-B	2020
\$ 536.055,00	MG-B	2020
\$ 8.570.972,00	MG-B	2020
\$ 5.695.320,00	MG-B	2020
\$ 74.962,00	MG-B	2021

Tabla 4*Costos de mantenimiento Moto-generador MG-C*

Costes Tot. Reales	TAG	Año
\$ 3.038.063,00	MG-C	2016
\$ 253.681,00	MG-C	2017
\$ 15.427,00	MG-C	2017
\$ 1.330.322,00	MG-C	2017
\$ 1.417.346,00	MG-C	2017
\$ 1.545.579,00	MG-C	2017
\$ 680.421,00	MG-C	2017
\$ 1.936.914,00	MG-C	2017
\$ 264.774,00	MG-C	2017
\$ 2.206.449,00	MG-C	2017
\$ 1.552.943,00	MG-C	2017
\$ 2.117.648,00	MG-C	2017
\$ 3.781.964,00	MG-C	2017
\$ 4.333.246,00	MG-C	2017
\$ 77.258.711,00	MG-C	2018
\$ 42.040.406,00	MG-C	2018
\$ 1.795.558,00	MG-C	2018
\$ 6.467.350,00	MG-C	2018
\$ 1.658.646,00	MG-C	2018
\$ 18.780.656,00	MG-C	2018
\$ 2.685.618,00	MG-C	2018
\$ 2.144.246,00	MG-C	2018
\$ 71.233.312,00	MG-C	2018
\$ 1.789.817,00	MG-C	2018
\$ 7.209.181,00	MG-C	2018
\$ 300.253,00	MG-C	2018
\$ 1.150.214,00	MG-C	2018
\$ 6.833.105,00	MG-C	2018
\$ 426.735,00	MG-C	2018
\$ 390.502,00	MG-C	2018
\$ 13.220.610,00	MG-C	2018
\$ 408.454,00	MG-C	2019
\$ 288.273,00	MG-C	2019
\$ 2.131.694,00	MG-C	2020
\$ 438.996,00	MG-C	2020
\$ 1.788.595,00	MG-C	2020
\$ 2.062.325,00	MG-C	2020
\$ 2.340.839,00	MG-C	2020
\$ 826.955,00	MG-C	2021
\$ 3.676.110,00	MG-C	2021

Costes Tot. Reales	TAG	Año
\$ 707.676,00	MG-C	2021
\$ 1.394.629,00	MG-C	2021
\$ 774.794,00	MG-C	2021
\$ 1.376.130,00	MG-C	2021

La Tabla 5. Muestra el resumen de los costos causados por cada año. para cada generador.

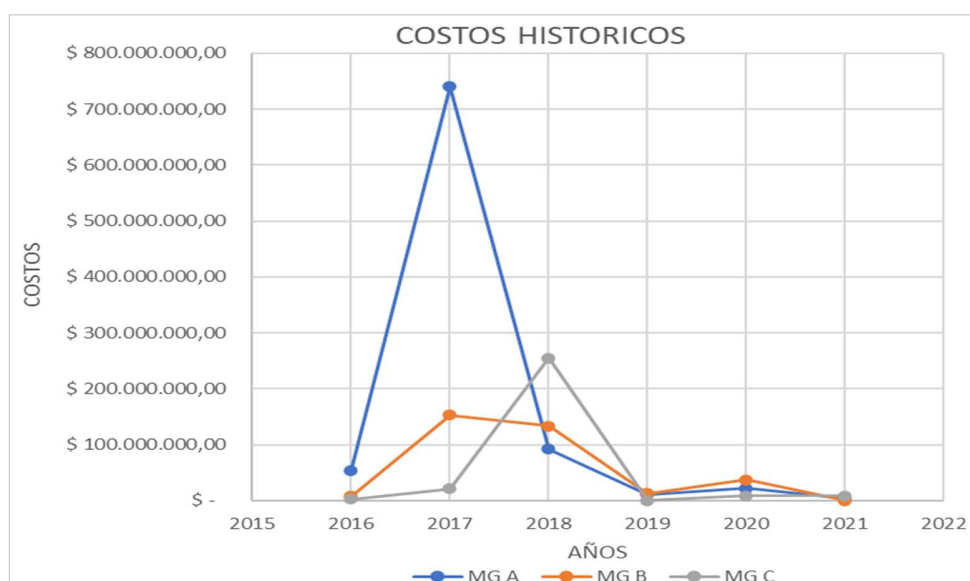
Tabla 5

Resumen de Costos Causados Moto-generadores antiguos

AÑO	MG-A	MG-B	MG-C	QUEMA DE GAS	PERDIDAS DE PRODUCCION
2010	\$ 373.429.869	-	-	-	-
2016	\$ 54.151.785	\$ 7.901.866	\$ 3.038.063	\$ 27.700.000	\$ 98.560.000
2017	\$ 740.310.929	\$ 153.006.813	\$ 21.436.714	\$ 32.740.000	\$ 116.670.000
2018	\$ 92.398.710	\$ 133.953.543	\$ 255.384.920	\$ 67.800.000	\$ 85.845.000
2019	\$ 11.430.183	\$ 13.017.671	\$ 696.727	\$ 101.090.000	\$ 87.756.000
2020	\$ 22.191.466	\$ 37.341.937	\$ 8.762.449	\$ 59.150.000	\$ 118.457.000
2021	\$ 3.433.032	\$ 74.962	\$ 8.756.294	\$ 75.660.000	\$ 108.100.000

Figura 10

Gráfico Resumen costos causados Moto-generadores antiguos



La Figura 10. Muestra la gráfica de la suma de los costos de mantenimientos por cada año, donde se aprecia que los mayores costos se presentaron durante los años 2107 y 2018. Particularmente el mayor costo se presentó en el año 2017 en el moto-generador MG-A.

3.2 Costos de equipos nuevos

3.3.1 Costo compra equipos nuevos

Para la opción del reemplazo por equipos nuevos se hizo la solicitud de cotización para equipos moto-generadores, el resumen se puede ver en la Tabla 6 y el detalle de los datos recibidos se ven en el Apéndice B.

La tasa de cambio utilizada para hacer la conversión de dólares a pesos colombianos a la fecha de la recepción de la cotización a mediados del mes de mayo de 2023 es en promedio de 4.527 COP.

Tabla 6

Valor equipos nuevos cotizados

Descripción	un	Cant.	valor unitario USD	IVA	valor unitario USD	valor unitario en pesos	valor total de compra en pesos (**)
Moto-generador	glb	1	\$ 815.557	0,19	\$ 970.513	\$ 4.393.511.581	\$ 13.180.534.744
Montaje (*)	glb	1	\$ 220.000	0,19	\$ 261.800	\$ 1.185.168.600	\$ 3.555.505.800
						\$ 1.232.313	\$ 5.578.680.181
							\$ 16.736.040.544

* Corresponde a instalación, puesta en marcha y verificación de desempeño del equipo, las bases civiles y conexiones son de alcance del cliente

** Valor de compra de 3 equipos

3.3.2 Costo instalación equipos nuevos

El costo de la ingeniería y la construcción de las instalaciones necesarias para la operación de los equipos no está incluido en el valor de compra, los costos asociados a las facilidades de combustible, las casetas, cubiertas, edificaciones, las cimentaciones, entre otros, son responsabilidad del comprador, estos costos adicionales pueden incluir, pero sin limitarse a: la ingeniería para los diseños, adquisición y adecuación de terrenos, las obras civiles, eléctricas y mecánicas correspondientes para cada sistema como: Tuberías de alimentación de combustibles, interconexiones eléctricas, sistemas de control, regulación y demás. Los costos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 7

Estimado de costos de ingeniería e instalaciones para los nuevos equipos

DESCRIPCION	Valor en pesos
INGENIERIA	
Estudios varios	\$ 4.662.241
Estudios seguridad - riesgos	\$ 19.182.486
Desarrollo de diseños e ingeniería	\$ 619.305.004
	\$ 643.149.732
CONSTRUCCION	
Total obras civiles	\$ 1.139.296.945
Total obras mecánicas	\$ 808.092.611
Total obras eléctricas	\$ 157.266.714
Total sistemas de control	\$ 150.770.442
Total costo directo	\$ 2.255.426.713
	\$ -
Administración (0,1908333333) calculado sobre costo directo	\$ 430.410.598
Imprevisto (0,01166666666667) calculado sobre costo directo	\$ 26.313.312
Utilidad (0,03583333333333) calculado sobre costo directo	\$ 80.819.457
Total con A.I.U. y sin IVA	\$ 537.543.367
Iva sobre utilidad	\$ 15.355.697
Total contrato	\$ 552.899.063
Otros (compras y servicios)	\$ 77.987.352
IVA sobre otros	\$ 14.817.597
	\$ 2.901.130.725
TOTAL GENERAL	\$ 3.544.280.456

3.3.3 Costos de mantenimiento equipos nuevos

El fabricante diseña y entrega un plan de mantenimiento periódico para cada modelo de máquina, usualmente estos mantenimientos son realizados por representantes de la misma marca y deben seguirse juiciosamente para mantener las garantías correspondientes, esta planificación representa costos adicionales no incluidos en el valor de compra de los equipos. Los costos son estimados con base en las horas de operación y el fabricante incluye los repuestos, los análisis y la mano de obra necesaria para intervalos de 8200 horas, como se ve en la siguiente tabla:

Tabla 8

Proyección de costos de mantenimiento de equipos nuevos cotizados

AÑO	horas de operación	Valor Repuestos USD\$ (antes IVA)	Valor Labor USD\$ (antes IVA)	Valor Miscelán USD\$ (antes IVA)	Valor Análisis Muestra Aceite +Refrigerant USD\$ (antes IVA)	Valor Total contrato USD\$ (antes IVA)	Total, pesos
2.024	8200	\$ 63.492	\$ 23.180	\$ 6.403	\$ 1.722	\$ 94.798	\$ 510.689.239
2.025	16400	\$ 66.259	\$ 19.955	\$ 6.758	\$ 1.808	\$ 94.779	\$ 510.589.250
2.026	24600	\$ 322.141	\$ 46.883	\$ 9.564	\$ 1.898	\$ 380.486	\$ 2.049.727.532
2.027	32800	\$ 70.294	\$ 22.000	\$ 7.450	\$ 1.993	\$ 101.738	\$ 548.075.713
2.028	41000	\$ 478.108	\$ 67.734	\$ 18.190	\$ 2.093	\$ 566.125	\$ 3.049.788.507
2.029	49200	\$ 76.185	\$ 24.255	\$ 8.172	\$ 2.198	\$ 110.810	\$ 596.949.218
2.030	57400	\$ 78.094	\$ 30.642	\$ 7.765	\$ 2.344	\$ 118.846	\$ 640.240.553
2.031	65600	\$ 370.713	\$ 59.836	\$ 12.206	\$ 2.423	\$ 445.177	\$ 2.398.228.260
2.032	73800	\$ 84.309	\$ 28.079	\$ 9.509	\$ 2.544	\$ 124.440	\$ 670.376.952
2.033	82000	\$ 172.297	\$ 34.218	\$ 16.471	\$ 2.671	\$ 225.658	\$ 1.215.647.610
2.034	90200	\$ 69.842	\$ 25.499	\$ 7.043	\$ 1.894	\$ 104.278	\$ 561.758.163
2.035	98400	\$ 72.885	\$ 21.950	\$ 7.433	\$ 1.989	\$ 104.257	\$ 561.648.175
2.036	106600	\$ 354.355	\$ 51.571	\$ 10.520	\$ 2.088	\$ 418.535	\$ 2.254.700.285
2.037	114800	\$ 77.324	\$ 24.200	\$ 8.195	\$ 2.193	\$ 111.912	\$ 602.883.284
2.038	123000	\$ 525.919	\$ 74.508	\$ 20.008	\$ 2.302	\$ 622.737	\$ 3.354.767.357
2.039	131200	\$ 83.804	\$ 26.681	\$ 8.989	\$ 2.418	\$ 121.891	\$ 656.644.140
2.040	139400	\$ 85.904	\$ 33.707	\$ 8.542	\$ 2.579	\$ 130.731	\$ 704.264.608
2.041	147600	\$ 407.784	\$ 65.819	\$ 13.426	\$ 2.665	\$ 489.695	\$ 2.638.051.086
2.042	155800	\$ 92.740	\$ 30.886	\$ 10.459	\$ 2.799	\$ 136.885	\$ 737.414.647
2.043	164000	\$ 189.526	\$ 37.640	\$ 18.118	\$ 2.938	\$ 248.224	\$ 1.337.212.371

4. Análisis y resultados

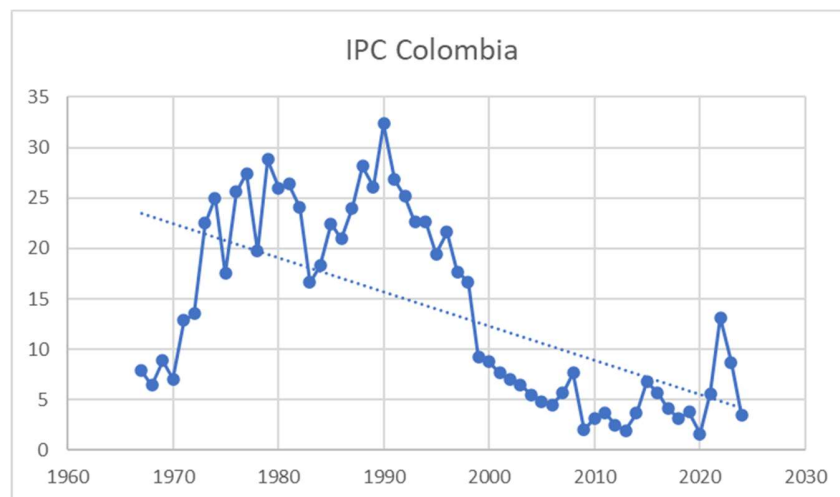
4.1 Premisas

Para estimar la tasa de cálculo para las proyecciones económicas se consideró usar los valores históricos del IPC para Colombia, como se observa en la Figura 11, esta opción presenta una variación e incertidumbre elevadas, además, de acuerdo con el banco central, las proyecciones para finales del año 2023 y 2024 son bajas, lo que no sería consistente con una estimación conservadora. (larepublica.co, 1 de febrero de 2023). Ver Figura 12.

Por lo anterior se descarta tomar el IPC como base para el cálculo de la tasa y se estimara con base en los costos y las tasas de interés ofrecidas por los bancos (Ver Tabla 14).

Figura 11

Históricos IPC Colombia

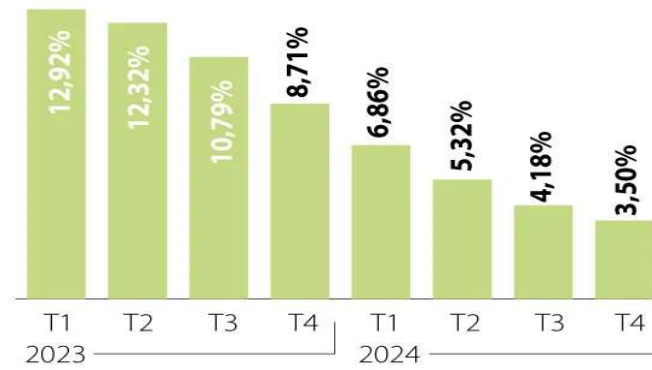


Nota. Adaptado de consultorcontable.com

En la siguiente figura se observa la proyección del IPC para el año presente 2023 y para el siguiente año 2024:

Figura 12

Pronósticos IPC del emisor

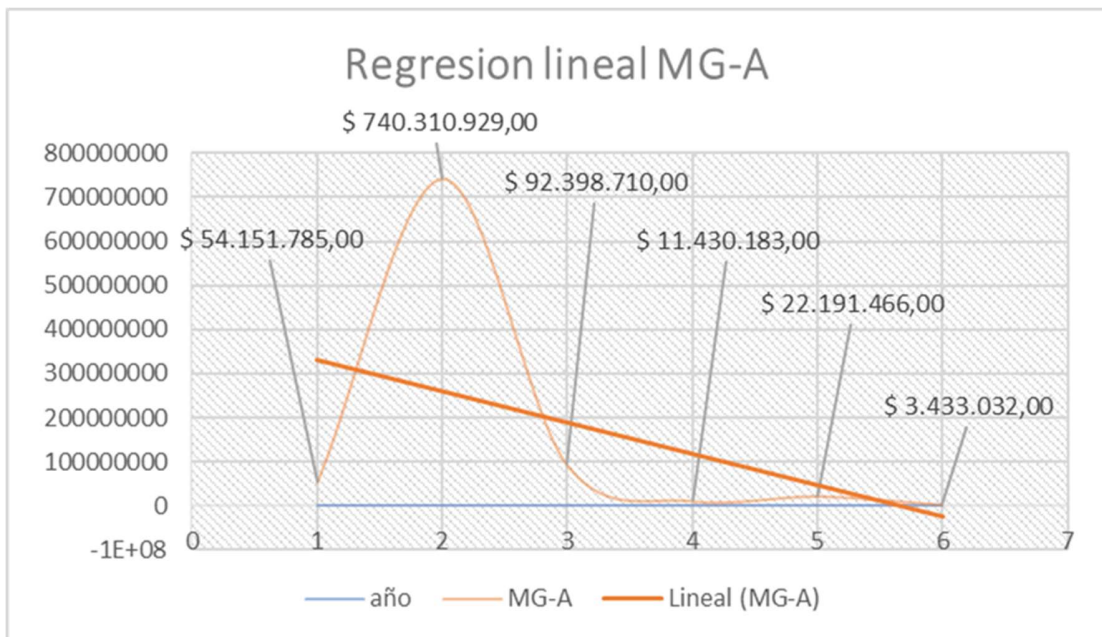


Nota. Tomado de *larepublica.co*, 1 de febrero de 2023

En un principio se selecciona el método de regresión lineal para obtener los valores futuros, ya que este método puede proyectar valores variables desconocidos en base a valores ya conocidos.

Figura 13

Gráfico Regresión lineal de Moto-generador antiguo



La Figura 13. Muestra la proyección realizada, la cual, debido a la variabilidad de los datos históricos recopilados, presenta una tendencia hacia una valoración negativa de los costos o lo que sería lo mismo que decir que a futuro no será necesario hacer mantenimientos a los equipos, lo que es un comportamiento que no es congruente, ya que se espera que los costos asociados a actividades de mantenimiento persistan en el tiempo.

4.2 Proyección de costos de mantenimiento, quema de gas y pérdidas de producción

Se reconsidera utilizar otro método que permita proyectar valores más conservadores y consistentes con el análisis, el método seleccionado es el promedio móvil simple. En las gráficas mostradas de la Figura 14 a la Figura 18 se puede observar el comportamiento típico para dicho método.

Los costos de quema de gas y pérdidas de producción se proyectan solo para los equipos antiguos, puesto que se asume que para los equipos nuevos no se deben presentar fallas imprevisibles, dado que el fabricante ha hecho una proyección de mantenimientos programados para garantizar la operación.

4.2.1 Proyección de costos equipos antiguos

En la Tabla 9. Se observa la proyección realizada a 20 años contados a partir del año 2023, tomando este como año 0 (cero) para cada alternativa, además, hay costos asociados a las paradas de los equipos que causan que el gas con el que se alimentan deba ser quemado en teas, ya que no se puede almacenar y se considera que para los equipos antiguos, además, se seguirán presentando cierta cantidad de paradas que llevan asociadas pérdidas de producción.

No se tienen datos para el año 2022, por lo que también se hace la proyección para este año.

El promedio simple consiste en obtener el promedio de los “n” años conocidos, para este caso se toma el promedio de los 5n años, ya que como se observa en la Figura 10, en el año quinto del registro correspondiente a 2020 se estabiliza la curva para los tres generadores, se obtiene el promedio desde el año 2016 hasta el 2020 para generar una proyección para el año 2021, luego se obtiene el promedio desde el año 2017 hasta el 2021 para generar una proyección para el año 2022 y así sucesivamente para cada año hasta 2043. A partir del año 2022 el “Dato” corresponde con la “Proyección” del mismo año. Ver Tabla 9 a Tabla 13.

Tabla 9

Proyección de costos de mantenimiento de moto-generador MG-A

		MG-A		
n	AÑO		Dato	Proyección
-	2016	\$	54.151.785	-
-	2017	\$	740.310.929	-
-	2018	\$	92.398.710	-
-	2019	\$	11.430.183	-
-	2020	\$	22.191.466	-
-	2021	\$	3.433.032	\$ 184.096.615
-	2022	-	-	\$ 173.952.864
0	2023	-	-	\$ 60.681.251
1	2024	-	-	\$ 54.337.759
2	2025	-	-	\$ 62.919.274
3	2026	-	-	\$ 71.064.836
4	2027	-	-	\$ 84.591.197
5	2028	-	-	\$ 66.718.864
6	2029	-	-	\$ 67.926.386
7	2030	-	-	\$ 70.644.111
8	2031	-	-	\$ 72.189.079
9	2032	-	-	\$ 72.413.927
10	2033	-	-	\$ 69.978.473

MG-A				
n	AÑO	Dato		Proyección
11	2034	-	\$	70.630.395
12	2035	-	\$	71.171.197
13	2036	-	\$	71.276.614
14	2037	-	\$	71.094.122
15	2038	-	\$	70.830.160
16	2039	-	\$	71.000.498
17	2040	-	\$	71.074.518
18	2041	-	\$	71.055.183
19	2042	-	\$	71.010.896
20	2043	-	\$	70.994.251

Tabla 10

Proyección de costos de mantenimiento de moto-generador MG-B

MG-B				
n	AÑO	Dato		Proyección
-	2016	\$	7.901.866	-
-	2017	\$	153.006.813	-
-	2018	\$	133.953.543	-
-	2019	\$	13.017.671	-
-	2020	\$	37.341.937	-
-	2021	\$	74.962	\$ 69.044.366
-	2022	-	-	\$ 67.478.985
0	2023	-	-	\$ 50.373.420
1	2024	-	-	\$ 33.657.395
2	2025	-	-	\$ 37.785.340
3	2026	-	-	\$ 37.874.020
4	2027	-	-	\$ 45.433.832
5	2028	-	-	\$ 41.024.801
6	2029	-	-	\$ 39.155.078
7	2030	-	-	\$ 40.254.614
8	2031	-	-	\$ 40.748.469
9	2032	-	-	\$ 41.323.359
10	2033	-	-	\$ 40.501.264
11	2034	-	-	\$ 40.396.557
12	2035	-	-	\$ 40.644.853
13	2036	-	-	\$ 40.722.900
14	2037	-	-	\$ 40.717.787
15	2038	-	-	\$ 40.596.672

MG-B			
n	AÑO	Dato	Proyección
16	2039	-	\$ 40.615.754
17	2040	-	\$ 40.659.593
18	2041	-	\$ 40.662.541
19	2042	-	\$ 40.650.469
20	2043	-	\$ 40.637.006

Tabla 11

Proyección de costos de mantenimiento de moto-generator MG-C

MG-C			
n	AÑO	Dato	Proyección
-	2016	\$ 3.038.063	-
-	2017	\$ 21.436.714	-
-	2018	\$ 255.384.920	-
-	2019	\$ 696.727	-
-	2020	\$ 8.762.449	-
-	2021	\$ 8.756.294	\$ 57.863.775
-	2022	-	\$ 59.007.421
0	2023	-	\$ 66.521.562
1	2024	-	\$ 28.748.891
2	2025	-	\$ 34.359.323
3	2026	-	\$ 39.478.698
4	2027	-	\$ 45.623.179
5	2028	-	\$ 42.946.331
6	2029	-	\$ 38.231.284
7	2030	-	\$ 40.127.763
8	2031	-	\$ 41.281.451
9	2032	-	\$ 41.642.002
10	2033	-	\$ 40.845.766
11	2034	-	\$ 40.425.653
12	2035	-	\$ 40.864.527
13	2036	-	\$ 41.011.880
14	2037	-	\$ 40.957.966
15	2038	-	\$ 40.821.158
16	2039	-	\$ 40.816.237
17	2040	-	\$ 40.894.354
18	2041	-	\$ 40.900.319
19	2042	-	\$ 40.878.007
20	2043	-	\$ 40.862.015

Tabla 12*Proyección de costos de quema de gas*

		Quema de gas		
n	AÑO		Dato	Proyección
-	2016	\$	27.700.000	-
-	2017	\$	32.740.000	-
-	2018	\$	67.800.000	-
-	2019	\$	101.090.000	-
-	2020	\$	59.150.000	-
-	2021	\$	75.660.000	\$ 57.696.000
-	2022		-	\$ 67.288.000
0	2023		-	\$ 74.197.600
1	2024		-	\$ 75.477.120
2	2025		-	\$ 70.354.544
3	2026		-	\$ 72.595.453
4	2027		-	\$ 71.982.543
5	2028		-	\$ 72.921.452
6	2029		-	\$ 72.666.222
7	2030		-	\$ 72.104.043
8	2031		-	\$ 72.453.943
9	2032		-	\$ 72.425.641
10	2033		-	\$ 72.514.260
11	2034		-	\$ 72.432.822
12	2035		-	\$ 72.386.142
13	2036		-	\$ 72.442.561
14	2037		-	\$ 72.440.285
15	2038		-	\$ 72.443.214
16	2039		-	\$ 72.429.005
17	2040		-	\$ 72.428.241
18	2041		-	\$ 72.436.661
19	2042		-	\$ 72.435.481
20	2043		-	\$ 72.434.521

Tabla 13*Proyección de costos por perdidas de producción*

Perdidas de producción			
n	AÑO	Dato	Proyección
-	2016	\$ 98.560.000	-
-	2017	\$ 116.670.000	-
-	2018	\$ 85.845.000	-
-	2019	\$ 87.756.000	-
-	2020	\$ 118.457.000	-
-	2021	\$ 108.100.000	\$ 101.457.600
-	2022	-	\$ 103.365.600
0	2023	-	\$ 100.704.720
1	2024	-	\$ 103.676.664
2	2025	-	\$ 106.860.797
3	2026	-	\$ 104.541.556
4	2027	-	\$ 103.829.867
5	2028	-	\$ 103.922.721
6	2029	-	\$ 104.566.321
7	2030	-	\$ 104.744.252
8	2031	-	\$ 104.320.944
9	2032	-	\$ 104.276.821
10	2033	-	\$ 104.366.212
11	2034	-	\$ 104.454.910
12	2035	-	\$ 104.432.628
13	2036	-	\$ 104.370.303
14	2037	-	\$ 104.380.175
15	2038	-	\$ 104.400.845
16	2039	-	\$ 104.407.772
17	2040	-	\$ 104.398.345
18	2041	-	\$ 104.391.488
19	2042	-	\$ 104.395.725
20	2043	-	\$ 104.398.835

Graficando los datos de las tablas anteriores se puede observar que los valores históricos de costos no reflejan una tendencia, porque esta es absorbida por el promedio aplicado, lo que genera la forma aplanada de la curva, las gráficas permiten evidenciar que durante los años 2017 y 2018 se presentaron los costos más altos de mantenimiento. Ver de la Figura 14 a la Figura 18.

Figura 14

Grafico Proyección de costos de Moto-generator MG-A

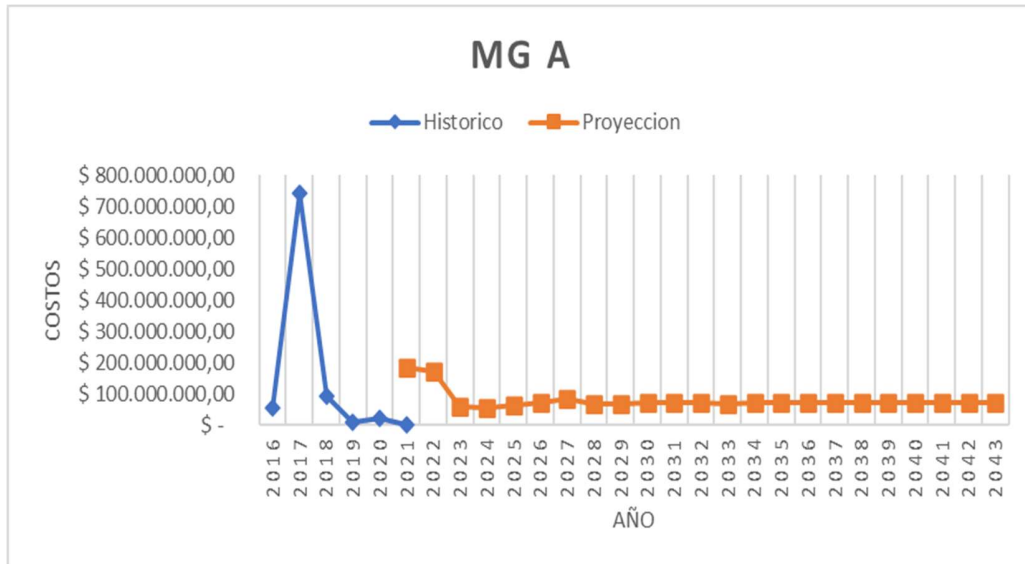


Figura 15

Grafico Proyección de costos de Moto-generator MG-B

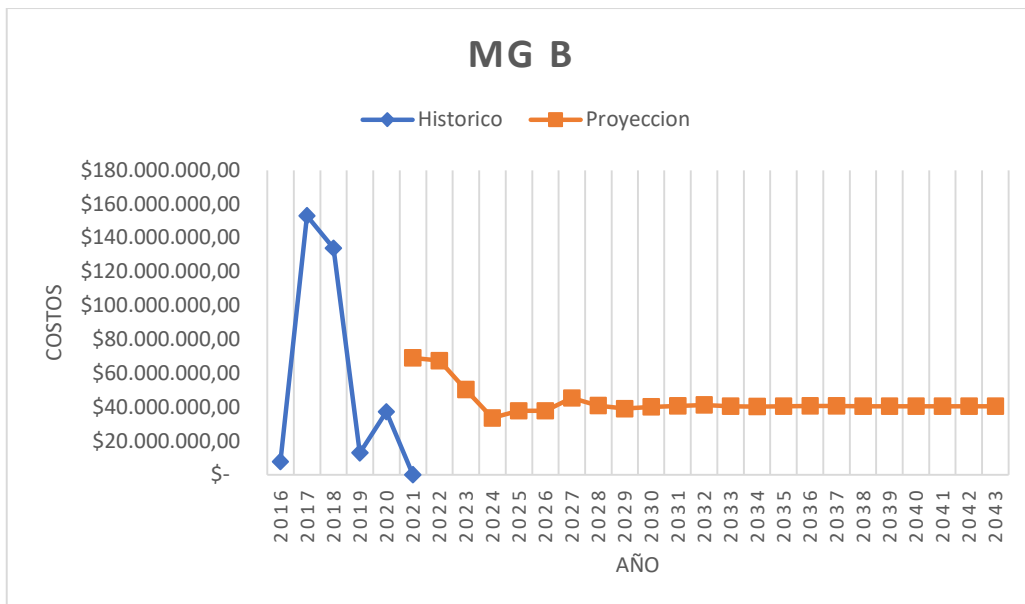


Figura 16

Grafico Proyección de costos de Moto-generador MG-C

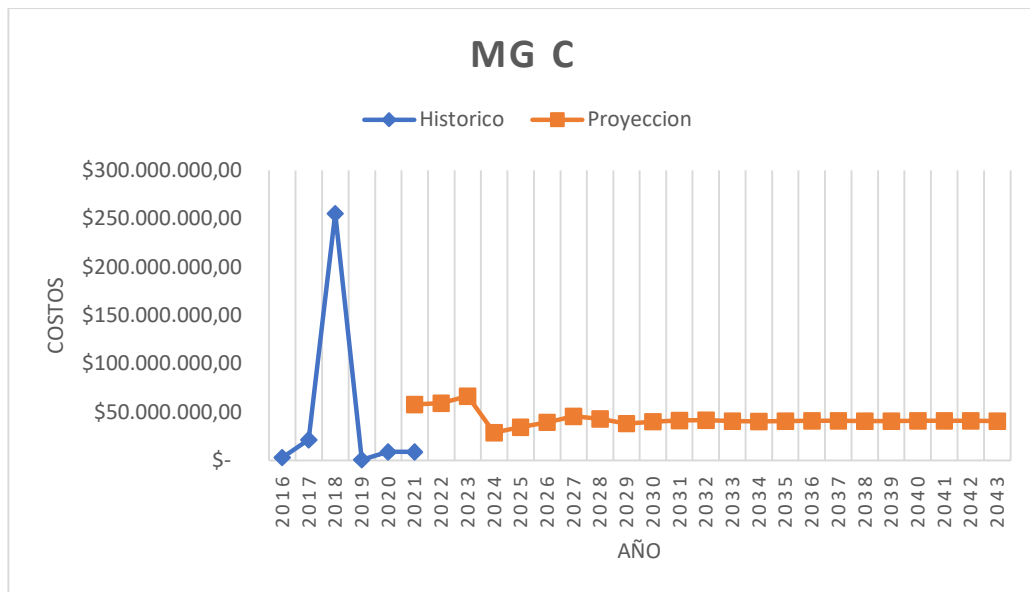


Figura 17

Grafico Proyección de costos por quema de gas

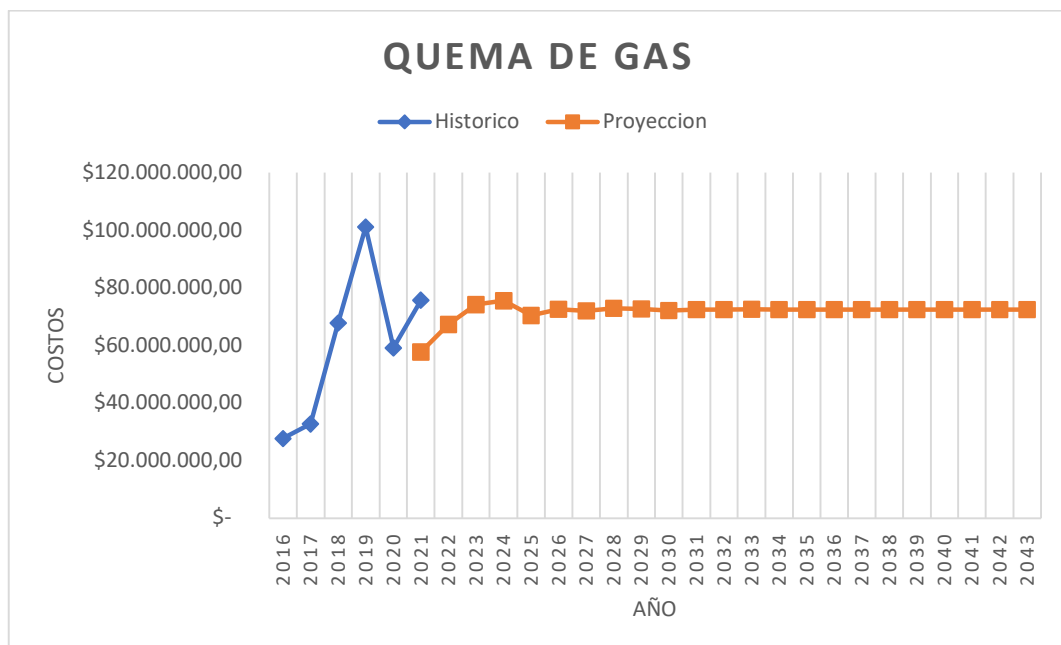
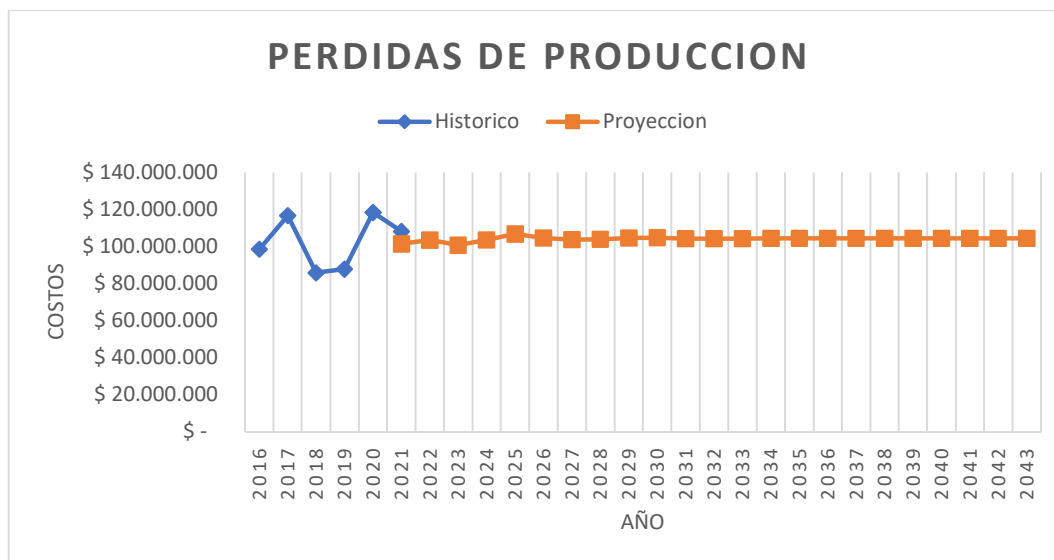


Figura 18

Grafico Proyección de costos por perdidas de producción



4.3 Estimación de la tasa de cálculo

No se tuvo acceso a los estados financieros, por ser información sensible para la empresa, por lo que, para estimar la tasa, se toma el valor de compra e instalación de los equipos nuevos y tomando en cuenta las tasas de interés, se proyectan las fuentes para la obtención del dinero de la inversión entre tres entidades, debido a la cuantía se elige tomar la opción de préstamos y el valor restante para completar la inversión inicial será asumido por los socios.

Tabla 14

Tasa de cálculo estimada

	Valor Aportado	Ponderación	Costo promedio Tasa interés EA	Costo promedio ponderado
Banco 1	\$ 4.056.064.200,13	20,00%	17,00%	$0,20 * 0,17 = 3,40\%$
Banco 2	\$ 5.070.080.250,16	25,00%	13,00%	$0,25 * 0,13 = 3,25\%$
Banco 3	\$ 6.760.107.000,21	33,33%	15,00%	$0,33 * 0,15 = 5,00\%$
Socios	\$ 4.394.069.550,50	21,67%	10,00%	$0,22 * 0,10 = 2,17\%$
Total	\$ 20.280.321.001,00	100,00%	13,75%	13,82%

Nota: Teniendo en cuenta la variación de la tasa en el tiempo, se estima un 10% por encima de la tasa calculada, obteniendo así una tasa $i = 13,82 + 1,382 = 15,20\%$

4.4 Proyección de la comparación de los costos

Para efectos de la comparación se asume que los tres equipos tienen gastos de operación similares. Los costos se proyectan a una vida útil de 20 años para los equipos nuevos y para los equipos antiguos se iguala la vida también a 20 años, adicionando a estos últimos el costo de los overhauls se asume que estos permitirán la continuidad de su operación.

4.4.1 proyección de costos en el tiempo

Se desconoce las variaciones debidas a aspectos como inflación y variaciones de la economía, por lo que se utiliza la misma tasa a lo largo de la proyección de la vida de los equipos.

Para los equipos nuevos se introduce el valor de compra y el costo de los mantenimientos programados por el proveedor, en este caso se considera que por ser equipos nuevos y asumiendo que estén bien mantenidos no presentaran costos adicionales.

Se infiere que los tres equipos nuevos están en igualdad de condiciones y para determinar el valor de compra en el año cero se multiplica por tres su valor unitario (Ver Tabla 6), a este se le suma el valor de instalación considerándolos como un conjunto (Ver Tabla 7):

$$\text{Valor año cero equipos nuevos} = \$ 16.736.040.544 + \$3.544.280.456 = \$ 20.280.321.001$$

Los valores de los siguientes años corresponden al valor total de los costos de mantenimiento como se aprecia en la Tabla 8.

A continuación, se observan las proyecciones para los equipos nuevos:

Tabla 15

Proyección de Costos de los equipos nuevos

n	Año	Nuevos
0	2023	\$ 20.280.321.001
1	2024	\$ 510.689.239
2	2025	\$ 510.589.250
3	2026	\$ 2.049.727.532
4	2027	\$ 548.075.713
5	2028	\$ 3.049.788.507
6	2029	\$ 596.949.218
7	2030	\$ 640.240.553
8	2031	\$ 2.398.228.260
9	2032	\$ 670.376.952
10	2033	\$ 1.215.647.610
11	2034	\$ 561.758.163
12	2035	\$ 561.648.175
13	2036	\$ 2.254.700.285
14	2037	\$ 602.883.284
15	2038	\$ 3.354.767.357
16	2039	\$ 656.644.140
17	2040	\$ 704.264.608
18	2041	\$ 2.638.051.086
19	2042	\$ 737.414.647
20	2043	\$ 1.337.212.371

Para los equipos antiguos, además de los costos de mantenimiento, se incluyen los costos causados por quemas de gas, por pérdidas de producción y adicionalmente, con el fin de tener un escenario de su continuidad operativa, se agregan los costos por overhauls (Se estiman intervalos de 3 años para la realización de overhaul). Los valores se toman de la Tabla 9 a la Tabla 13 a partir del año cero.

El valor del overhaul se calcula a partir del promedio de los valores suministrados por el fabricante para los equipos nuevos en el año $n: 0$. Ver Tabla 8. Y se proyecta ese valor a futuro en los años correspondientes a $n: 3, 6, 9, 12, 15$ y 18 .

Tabla 16

Proyección de Costos equipos antiguos

n	Año	Antiguo MG-A	Antiguo MG-B	Antiguo MG-C	Quema de gas	Perdidas de producción	Overhaul
0	2023	60.681.251	50.373.420	66.521.562	74.197.600	100.704.720	1.279.982.848
1	2024	54.337.759	33.657.395	28.748.891	75.477.120	103.676.664	-
2	2025	62.919.274	37.785.340	34.359.323	70.354.544	106.860.797	-
3	2026	2.027.848.155	1.994.657.339	1.996.262.017	72.595.453	104.541.556	1.956.783.319
4	2027	84.591.197	45.433.832	45.623.179	71.982.543	103.829.867	-
5	2028	66.718.864	41.024.801	42.946.331	72.921.452	103.922.721	-
6	2029	3.059.373.470	3.030.602.162	3.029.678.368	72.666.222	104.566.321	2.991.447.084
7	2030	70.644.111	40.254.614	40.127.763	72.104.043	104.744.252	-
8	2031	72.189.079	40.748.469	41.281.451	72.453.943	104.320.944	-
9	2032	4.645.610.955	4.656.162.388	4.614.839.029	72.425.641	104.276.821	4.573.197.027
10	2033	69.978.473	40.501.264	40.845.766	72.514.260	104.366.212	-
11	2034	70.630.395	40.396.557	40.425.653	72.432.822	104.454.910	-
12	2035	7.062.480.240	7.031.953.896	7.032.173.570	72.386.142	104.432.628	6.991.309.043
13	2036	71.276.614	40.722.900	41.011.880	72.442.561	104.370.303	-
14	2037	71.094.122	40.717.787	40.957.966	72.440.285	104.380.175	-
15	2038	10.758.845.971	10.728.612.483	10.728.836.969	72.443.214	104.400.845	10.688.015.811
16	2039	71.000.498	40.615.754	40.816.237	72.429.005	104.407.772	-
17	2040	71.074.518	40.659.593	40.894.354	72.428.241	104.398.345	-
18	2041	16.410.439.019	16.380.046.378	16.380.284.156	72.436.661	104.391.488	16.339.383.837
19	2042	71.010.896	40.650.469	40.878.007	72.435.481	104.395.725	-
20	2043	70.994.251	40.637.006	40.862.015	72.434.521	104.398.835	-

4.4.2 Aplicación del Costo presente equivalente

El primer método de evaluación consiste en llevar los costos proyectados al tiempo presente o año 0, como se están analizando costos, la alternativa que presente el menor valor será la alternativa a seleccionar, Utilizando la tasa estimada se calcula los valores presentes llevando los valores futuros proyectados por los métodos al año cero:

Se aplica la fórmula para cada año a partir del año 1, así:

$$CPE_0 = \$ 20.280.321.001$$

$$CPE_1 = \frac{\$ 510.689.239}{(1 + 15,2\%)^1} = \$ 443.313.045$$

$$CPE_2 = \frac{\$ 510.589.250}{(1 + 15,2\%)^2} = \$ 384.750.573$$

... Y así sucesivamente hasta el año n : 20, la suma de los valores de la siguiente tabla desde el año cero al año 20 corresponde al CPE para los equipos nuevos 27.545.253.992. Ver Tabla 17.

Tabla 17

Costo presente equivalente equipos nuevos

n	AÑO	CPE Nuevos
0	2023	\$ 20.280.321.001
1	2024	\$ 443.313.045
2	2025	\$ 384.750.573
3	2026	\$ 1.340.780.074
4	2027	\$ 311.211.598
5	2028	\$ 1.503.276.070
6	2029	\$ 255.423.124
7	2030	\$ 237.804.357
8	2031	\$ 773.251.818
9	2032	\$ 187.630.446
10	2033	\$ 295.355.962
11	2034	\$ 118.478.961
12	2035	\$ 102.827.672
13	2036	\$ 358.334.211
14	2037	\$ 83.173.792
15	2038	\$ 401.762.568
16	2039	\$ 68.263.875

17	2040	\$	63.555.119
18	2041	\$	206.657.740
19	2042	\$	50.145.739
20	2043	\$	78.936.246
CPE		\$	27.545.253.992

De la misma manera se aplica para cada columna de los equipos antiguos la suma de los totales de cada columna de la siguiente tabla representa el valor total del CPE para los equipos antiguos \$ 29.247.600.335. Ver Tabla 18.

Tabla 18

Costo presente equivalente equipos antiguos

n	AÑO	CPE MG-A	CPE MG-B	CPE MG-C	CPE quema de gas	CPE Perdidas de producción
0	2023	1.340.664.099	1.330.356.267	1.346.504.410	74.197.600	100.704.720
1	2024	47.168.876	29.216.911	24.955.995	65.519.281	89.998.406
2	2025	47.412.332	28.472.850	25.891.202	53.015.121	80.524.125
3	2026	1.326.468.205	1.304.757.229	1.305.806.890	47.486.573	68.383.350
4	2027	48.033.075	25.798.508	25.906.024	40.873.554	58.957.290
5	2028	32.886.500	20.221.600	21.168.744	35.943.828	51.224.712
6	2029	1.309.047.246	1.296.736.554	1.296.341.281	31.092.483	44.741.924
7	2030	26.239.321	14.951.759	14.904.643	26.781.583	38.905.126
8	2031	23.275.656	13.138.377	13.310.225	23.361.055	33.635.814
9	2032	1.300.250.635	1.303.203.854	1.291.637.943	20.271.066	29.185.828
10	2033	17.002.098	9.840.261	9.923.962	17.618.197	25.357.005
11	2034	14.896.474	8.519.933	8.526.070	15.276.619	22.030.315
12	2035	1.293.013.013	1.287.424.188	1.287.464.407	13.252.600	19.119.734
13	2036	11.327.825	6.471.995	6.517.922	11.513.126	16.587.327
14	2037	9.808.147	5.617.427	5.650.562	9.993.863	14.400.291
15	2038	1.288.465.375	1.284.844.652	1.284.871.536	8.675.705	12.502.909
16	2039	7.381.120	4.222.361	4.243.203	7.529.626	10.854.097
17	2040	6.413.995	3.669.253	3.690.439	6.536.159	9.421.245
18	2041	1.285.549.117	1.283.168.240	1.283.186.867	5.674.491	8.177.745
19	2042	4.828.890	2.764.317	2.779.790	4.925.764	7.099.128
20	2043	4.190.822	2.398.821	2.412.103	4.275.842	6.162.710
CPE		9.444.322.819	9.265.795.359	9.265.694.217	523.814.138	747.973.803
CPE		29.247.600.335				

Como resultado, se obtiene que el valor presente de los equipos nuevos \$ 27.545.253.992 es menor al valor presente de los equipos antiguos \$ 29.247.600.335, por lo que los equipos nuevos son la alternativa preferible.

4.4.3 Aplicación del Costo futuro equivalente

El segundo método de evaluación consiste en llevar los costos proyectados al tiempo futuro o año 20, como se están analizando costos, la alternativa que presente el menor valor será la alternativa a seleccionar:

$$CFE_0 = \$ 20.280.321.001 (1 + 15,2\%)^{20} = \$ 343.556.952.516$$

$$CFE_1 = \$ 443.313.045 (1 + 15,2\%)^{20} = \$ 7.509.904.731$$

Aplicando la ecuación al valor CPE \$ 27.545.253.992 se obtiene el valor futuro para todo el periodo considerado o lo que es lo mismo que sumar el valor futuro obtenido para cada año en la tabla CPE en el año 20 y luego sumarlos. \$ 466.627.895.948. Ver Tabla 19

Tabla 19

Costo futuro equivalente equipos nuevos

n	AÑO	CFE Nuevos
0	2023	\$ 343.556.952.516
1	2024	\$ 7.509.904.731
2	2025	\$ 6.517.832.453
3	2026	\$ 22.713.364.163
4	2027	\$ 5.272.052.071
5	2028	\$ 25.466.112.958
6	2029	\$ 4.326.972.445
7	2030	\$ 4.028.503.311

8	2031	\$ 13.099.202.815
9	2032	\$ 3.178.536.690
10	2033	\$ 5.003.451.092
11	2034	\$ 2.007.082.177
12	2035	\$ 1.741.942.916
13	2036	\$ 6.070.328.456
14	2037	\$ 1.408.998.133
15	2038	\$ 6.806.022.615
16	2039	\$ 1.156.418.035
17	2040	\$ 1.076.649.769
18	2041	\$ 3.500.866.848
19	2042	\$ 849.489.383
20	2043	\$ 1.337.212.371
CFE		\$ 466.627.895.948

De la misma manera se aplica para cada columna de los equipos antiguos, la suma del total de cada columna representa el valor total \$ 495.466.340.958. Ver Tabla 20.

Tabla 20

Costo futuro equivalente equipos antiguos

n	AÑO	CFE MG-A	CFE MG-B	CFE MG-C	CFE Quema de gas	CFE Perdidas de producción
0	2023	22.711.399.490	22.536.780.601	22.810.336.756	1.256.937.764	1.705.979.245
1	2024	799.060.101	494.946.458	422.764.791	1.109.923.487	1.524.609.900
2	2025	803.184.338	482.341.752	438.607.574	898.097.894	1.364.111.698
3	2026	22.470.915.227	22.103.122.399	22.120.904.095	804.442.020	1.158.441.987
4	2027	813.699.977	437.037.297	438.858.664	692.414.766	998.760.672
5	2028	557.110.800	342.562.188	358.607.197	608.903.185	867.767.631
6	2029	22.175.797.040	21.967.248.884	21.960.552.790	526.719.414	757.946.532
7	2030	444.504.859	253.288.933	252.490.764	453.690.998	659.068.792
8	2031	394.299.158	222.569.499	225.480.664	395.745.854	569.804.476
9	2032	22.026.778.847	22.076.807.592	21.880.876.315	343.400.165	494.419.894
10	2033	288.022.505	166.698.057	168.115.983	298.459.481	429.558.066
11	2034	252.352.377	144.331.163	144.435.121	258.792.191	373.202.567
12	2035	21.904.170.560	21.809.493.586	21.810.174.903	224.504.471	323.896.140
13	2036	191.897.994	109.638.244	110.416.264	195.037.072	280.996.114
14	2037	166.154.026	95.161.513	95.722.835	169.300.143	243.946.839
15	2038	21.827.131.717	21.765.795.182	21.766.250.611	146.969.998	211.804.408
16	2039	125.039.197	71.528.530	71.881.601	127.554.945	183.872.852

n	AÑO	CFE MG-A	CFE MG-B	CFE MG-C	CFE Quema de gas	CFE Perdidas de producción
17	2040	108.655.700	62.158.656	62.517.548	110.725.214	159.599.747
18	2041	21.777.729.108	21.737.396.079	21.737.711.626	96.128.201	138.534.353
19	2042	81.803.369	46.828.663	47.090.782	83.444.467	120.262.135
20	2043	70.994.251	40.637.006	40.862.015	72.434.521	104.398.835
	CFE	159.990.700.641	156.966.372.281	156.964.658.898	8.873.626.252	12.670.982.885
	CFE	495.466.340.958				

Como resultado, se obtiene que el valor futuro de los equipos nuevos al final de la vida útil considerada es \$ 466.627.895.948, lo que es menor al valor futuro de los equipos antiguos \$495.466.340.958, por lo que los equipos nuevos son la alternativa preferible.

4.4.4 Aplicación del Costo anual equivalente

El tercer método de evaluación consiste en llevar los costos proyectados a una anualidad, de la misma manera, como se están analizando costos, la alternativa que presente el menor valor será la alternativa a seleccionar:

$$CAE_0 = \$ 20.280.321.001 * \frac{15,2\% * (1 + 15,2\%)^{20}}{(1 + 15,2\%)^{20} - 1} = \$ 3.275.632.864$$

$$CAE_1 = \$ 443.313.045 * \frac{15,2\% * (1 + 15,2\%)^{20}}{(1 + 15,2\%)^{20} - 1} = \$ 71.602.948$$

Aplicando la ecuación al valor CPE \$ 27.545.253.992 o lo que es lo mismo que obtener el valor anual para cada año de los CPE en el año 20 y luego sumarlos, se obtiene \$ 4.449.048.869.

Ver Tabla 21.

Tabla 21*Costo anual equivalente equipos nuevos*

n	AÑO	CAE Nuevos
0	2023	\$ 3.275.632.864
1	2024	\$ 71.602.948
2	2025	\$ 62.144.067
3	2026	\$ 216.559.850
4	2027	\$ 50.266.213
5	2028	\$ 242.805.846
6	2029	\$ 41.255.381
7	2030	\$ 38.409.637
8	2031	\$ 124.893.934
9	2032	\$ 30.305.657
10	2033	\$ 47.705.246
11	2034	\$ 19.136.461
12	2035	\$ 16.608.499
13	2036	\$ 57.877.354
14	2037	\$ 13.434.048
15	2038	\$ 64.891.807
16	2039	\$ 11.025.831
17	2040	\$ 10.265.283
18	2041	\$ 33.378.904
19	2042	\$ 8.099.430
20	2043	\$ 12.749.609
	CAE	\$ 4.449.048.869

De la misma manera se aplica para cada columna de los equipos antiguos la suma del total de cada columna representa el valor de la anualidad \$ 4.724.008.108. Ver Tabla 22.

Tabla 22*Costo anual equivalente equipos antiguos*

AÑO	CAE MG-A	CAE MG-B	CAE MG-C	CAE Quema de gas	CAE Perdidas de producción
0 2023	216.541.118	214.876.220	217.484.432	11.984.233	16.265.605
1 2024	7.618.613	4.719.051	4.030.837	10.582.530	14.536.345
2 2025	7.657.936	4.598.872	4.181.890	8.562.886	13.006.080

AÑO	CAE MG-A	CAE MG-B	CAE MG-C	CAE Quema de gas	CAE Perdidas de producción
3 2026	214.248.228	210.741.519	210.911.058	7.669.927	11.045.128
4 2027	7.758.197	4.166.918	4.184.284	6.601.807	9.522.652
5 2028	5.311.755	3.266.148	3.419.129	5.805.568	8.273.703
6 2029	211.434.433	209.446.038	209.382.194	5.021.990	7.226.617
7 2030	4.238.117	2.414.975	2.407.365	4.325.702	6.283.870
8 2031	3.759.433	2.122.082	2.149.838	3.773.226	5.432.783
9 2032	210.013.624	210.490.622	208.622.521	3.274.138	4.714.031
10 2033	2.746.141	1.589.377	1.602.897	2.845.652	4.095.608
11 2034	2.406.046	1.376.121	1.377.112	2.467.446	3.558.288
12 2035	208.844.619	207.941.925	207.948.421	2.140.531	3.088.177
13 2036	1.829.645	1.045.342	1.052.760	1.859.575	2.679.149
14 2037	1.584.190	907.314	912.666	1.614.187	2.325.903
15 2038	208.110.095	207.525.284	207.529.626	1.401.281	2.019.442
16 2039	1.192.182	681.987	685.353	1.216.169	1.753.130
17 2040	1.035.974	592.650	596.072	1.055.706	1.521.699
18 2041	207.639.067	207.254.513	207.257.522	916.531	1.320.851
19 2042	779.952	446.486	448.986	795.599	1.146.636
20 2043	676.892	387.452	389.598	690.625	995.387
CAE	1.525.426.259	1.496.590.897	1.496.574.560	84.605.308	120.811.084
CAE	4.724.008.108				

Se obtiene como resultado que la anualidad para los equipos nuevos es de \$4.449.048.869, lo que es menor a la anualidad correspondiente a los equipos antiguos \$4.724.008.108, por lo que los equipos nuevos son la alternativa preferible.

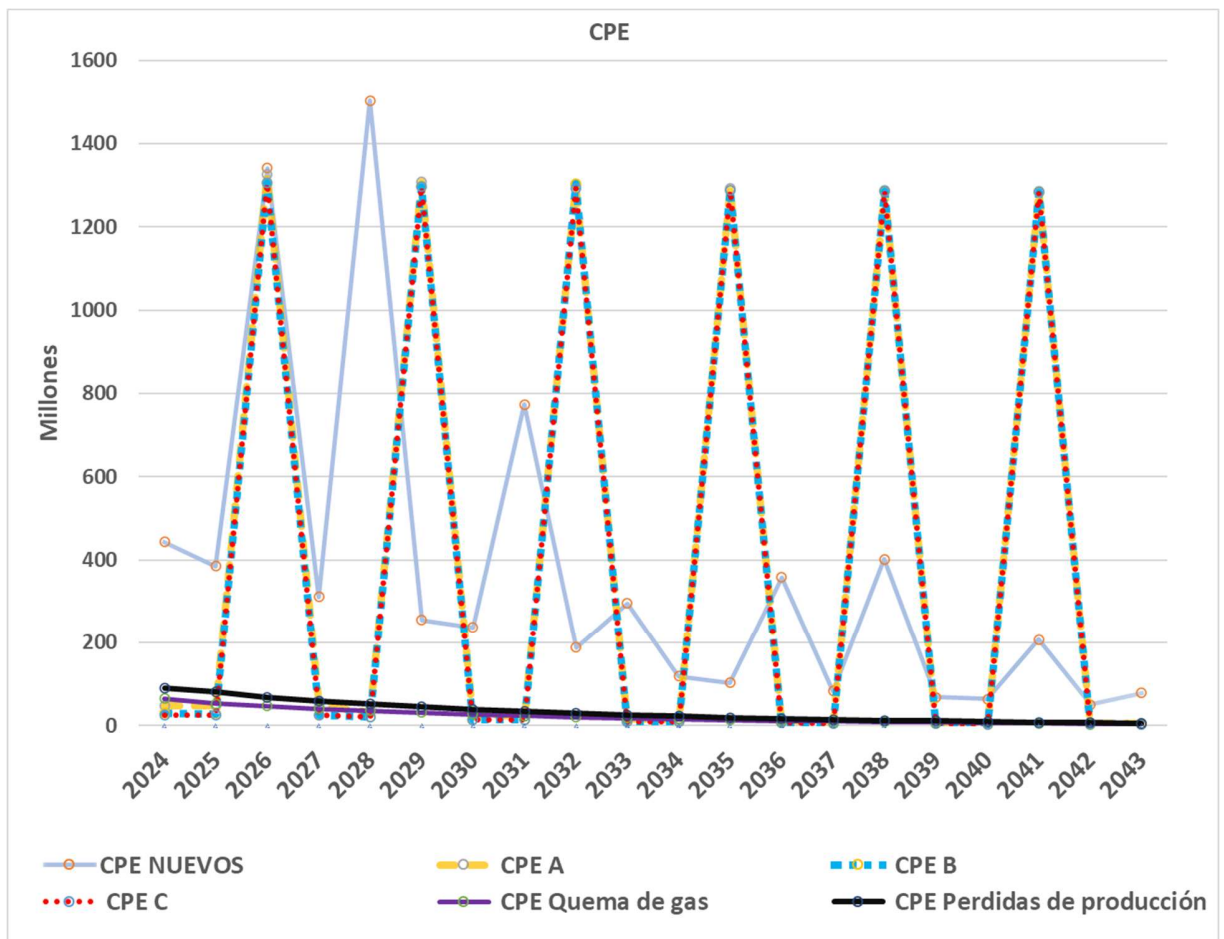
4.5 Consideraciones finales

A modo de resumen se puede observar en la siguiente gráfica que la tendencia del costo presente equivalente para los equipos antiguos (Ver Tabla 18) es relativamente constante debido a que se está proyectando el promedio (Las curvas para CPE de MG-A/B/C de colores amarillo, azul y rojo están superpuestas), mientras que, para los equipos nuevos, dentro del rango de la vida útil, muestra una tendencia a bajar (Curva de color gris). (En la gráfica se excluye el año 0, ya que este es un valor alto que corresponde con la inversión inicial y alteraría la gráfica visiblemente).

Se puede apreciar en paralelismo un patrón de valores a la baja en las quemaduras de gas (curva de color morado) y en las pérdidas de producción (curva de color negro), inherente a la disminución de las fallas por la mejora de los equipos antiguos o a la mejor operación de los equipos nuevos.

Figura 19

Gráfico Proyección de tendencia



5. Conclusiones

De acuerdo con los datos recolectados y al empleo de las herramientas de proyección, la opción de compra e instalación de nuevos equipos es la que presenta mejor viabilidad, por lo cual es la alternativa seleccionada, en este caso la alternativa que presenta los valores de menor inversión:

Método	Equipos Nuevos (Millones de pesos)	Equipos Antiguos (Millones de pesos)
CPE	\$ 27.545.253.992	\$ 29.247.600.335
CFE	\$ 466.627.895.948	\$ 495.466.340.958
CAE	\$ 4.449.048.869	\$ 4.724.008.108

La adquisición de nuevos equipos representa un desembolso alto de dinero, a simple vista la opción de mantenimiento no representa costos de inversión iniciales, aunque se debe prever que los equipos seguirán presentando fallas, y se evidencia que dichas fallas tienen un gran impacto en los costos asociados a producción, y eventualmente, si no se toman medidas como overhaul o mejoras en los planes de mantenimientos, se puede presentar la falla total del suministro de energía, lo cual presenta el riesgo de la parada de la producción durante un periodo en el cual no se pueda planear el reemplazo, aunque la inversión inicial es alta, la proyección en el tiempo muestra que la compra de nuevos equipos es la opción más favorable.

Inversión inicial equipos nuevos (Millones de pesos)	
Compra	\$ 16.736.040.544
Instalación	\$ 3.544.280.456
Total	\$ 20.280.321.000

La variación de la economía está influenciada por muchos factores como la inflación, las transiciones cambiarias o el mercado, que a su vez se ven afectadas por otros aspectos como ocurrió recientemente con el COVID, que tiene afectaciones impredecibles, cambios de gobierno o desastres naturales, entre otros, por lo que el análisis realizado corresponde a una visión actual y a futuro podría presentar cambios que causen que deba ser revisado y actualizado.

Cuanta más información se tenga para hacer análisis, mayor es la aproximación de los valores estimados, sin embargo, los pronósticos, aunque presentan un panorama más claro, son susceptibles de ajuste.

6. Recomendaciones

Dado que los equipos antiguos evidencian fallas, aunque se haya tomado acciones correctivas, son la causa de los altos costos adicionales, por lo tanto, si la empresa por motivos económicos en la inversión inicial debe continuar con la alternativa del mantenimiento, se recomienda considerar la mejora del plan de mantenimiento preventivo de los equipos actuales, lo cual se puede hacer utilizando metodologías como RCM-FMECA.

Para estudios posteriores es preciso contar con mayor información financiera y contable que permita conocer con detalle toda la estructura financiera y de capital de la Compañía, en donde se relacionen los costos de cada uno de los pasivos, así como poder modelar el costo de los activos de capital de los socios, sus expectativas de costos de oportunidad que valore los riesgos del proyecto y del mercado, de tal manera que finalmente se permita calcular el verdadero costo promedio ponderado de capital de la organización que sirva como tasa de descuento en el flujo de caja libre.

Referencias Bibliográficas

Actualícese.com (5 de febrero de 2015). Valor Presente Neto como herramienta de análisis en los Proyectos de Inversión.

<https://actualicese.com/valor-presente-neto-como-herramienta-de-analisis-en-los-proyectos-de-inversion/>

Consultorcontable.com (s.f). IPC histórico.

https://www.consultorcontable.com/datos-hist%C3%B3ricos/ipc-historico/#google_vignette

COOPER ENGINE (11 de octubre de 1988). Engine model 12 GTL instruction manual, serial number 313489.

Cooper machinery services (s.f).

<https://www.cooperservices.com/es/engines-and-compressors/brands/superior-engines-compressors/>

Empresaactual.com (21 de octubre de 2019). Qué es el WACC y para qué sirve.

<https://www.empresaactual.com/el-wacc/#:~:text=El%20WACC%2C%20de%20las%20siglas,valorar%20un%20proyecto%20de%20inversi%C3%B3n.>

Fuenmayor, H. (s.f), Análisis de reemplazo de un Activo Físico: Caso de estudio basado en métodos y normas vigentes. Predictiva21.com.

<https://predictiva21.com/analisis-de-rwebeemplazo-de-un-activo-fisico/>

Gestión de operaciones, (s.f.) Cómo utilizar una Regresión Lineal para realizar un Pronóstico de Demanda, blog.

<https://www.gestiondeoperaciones.net/proyeccion-de-demanda/como-utilizar-una-regresion-lineal-para-realizar-un-pronostico-de-demanda/>

Gestión de operaciones, (s.f.) Cómo utilizar el Módulo Predictor en Crystal Ball para Promedio Móvil Simple, blog.

<https://www.gestiondeoperaciones.net/proyeccion-de-demanda/como-utilizar-el-modulo-predictor-en-crystal-ball-para-promedio-movil-simple-y-suavizado-exponencial-simple/>

Huertos, Daniel; Santana, Domingo (2011), Mantenimiento Predictivo De Turbinas De Gas. (proyecto fin de carrera). Universidad Carlos III De Madrid. España.

KATO (22 de julio de 1988), Engineering reliance electric instruction manual, serial number 95895.

Oracle help center (s.f), Trabajar con Planificación predictiva en Smart View

https://docs.oracle.com/cloud/help/es/pbcs_common/CSPPU/single_moving_average_sma.htm

Plan de negocios Perú (25 de marzo de 2020), Cómo calcular el WACC.

<https://plandenegociosperu.com/como-calculiar-el-wacc/>

Salazar, Carolina (1 de febrero de 2023) Inflación llegaría a meta hasta 2025 y se mantendría en dos dígitos en casi todo 2023. Diario La República.

[https://www.larepublica.co/economia/inflacion-llegaria-a-meta-hasta-2025-y-se-mantendria-en-dos-digito-en-casi-todo-2023-](https://www.larepublica.co/economia/inflacion-llegaria-a-meta-hasta-2025-y-se-mantendria-en-dos-digito-en-casi-todo-2023-3534628#:~:text=El%20documento%20del%20Banco%20Central,%2C8%20%25%2C%20respectivamente%E2%80%9D.)

[3534628#:~:text=El%20documento%20del%20Banco%20Central,%2C8%20%25%2C%20respectivamente%E2%80%9D.](https://www.larepublica.co/economia/inflacion-llegaria-a-meta-hasta-2025-y-se-mantendria-en-dos-digito-en-casi-todo-2023-3534628#:~:text=El%20documento%20del%20Banco%20Central,%2C8%20%25%2C%20respectivamente%E2%80%9D.)

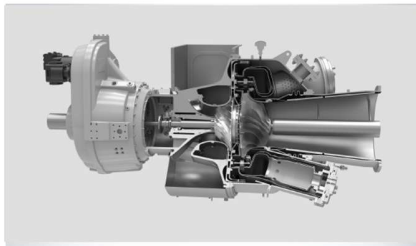
Sapag, Nassir. (2014). Preparación Y Evaluación De Proyectos. Editorial MagrawHill

Stevens, Ronal. (04 de octubre de 2022). ¿Qué es el Valor presente y Valor futuro?: Fórmulas, Ejemplos. Rankia, <https://www.rankia.co/blog/mejores-cdts/3632678-que-valor-presente-futuro-formulas-ejemplos>

Apéndices

Apéndice A. Cotización turbogenerador nuevo

SGT-50 W-DLE Combustors



Power output: 2MW
 Frequency: 50/60 Hz
 Gross efficiency: 26%
 Output shaft speed: 1,500/1,800 rpm
 Pressure ration: 7:1
 Exhaust mass flow: 9.5kg/s
 Nox emissions: <15 vppm at 15% O2 (with DLE)

Features

- Four (4) DLE Combustors
- All Radial
- Single shaft design with excellent block-load capability
- <15ppm NOx with DLE Combustors on Natural Gas
- Control system for remote control and monitoring

Benefits

- Robust design
- Reliable
- Stand By - full power in 60 Seconds
- Only one annual inspection and 40,000 operating hours between major overhauls

SGT-50 DLE Gas Turbine

10 Years Maintenance Schedule, Scope and Price for Core Engine

	OP Hours ('000)	Years	Type of Services	Work Scope	Location	Time in shifts (typical)	Price ⁽¹⁾ FSR (EUR)	Price Spare Parts (EUR)
1st Major Interval	4	0,5	1 st Inspection	Visual	On Site	1	1,512	3,090
	8	1	Minor inspection	Inspection	On Site	2	3,115	5,618
	16	2	Major Inspection	Inspection	On Site	5	8,020	22,298
	24	3	Minor inspection	Inspection	On Site	2	3,304	5,960
	32	4	Major Inspection	Inspection	On Site	5	8,509	23,656
	40	5	1st Major Overhaul	Disass./ Assembly	On Site	2 / 2	7,011	-
		Engine Overhaul ⁽³⁾		Off Site	20	32,500 ⁽²⁾	296,353	
2nd Major Interval	48	6	Minor inspection	Inspection	On Site	2	3,611	6,513
	56	7	Major Inspection	Inspection	On Site	5	9,298	25,850
	64	8	Minor inspection	Inspection	On Site	2	3,831	6,910
	72	9	Major Inspection	Inspection	On Site	5	9,864	27,424
	80	10	2nd Major Overhaul	Disass./ Assembly	On Site	2 / 2	8,128	-
				Engine Overhaul ⁽³⁾	Off Site	20	38,900 ⁽²⁾	570,798
							137,603	994,470
total:							1,132,073 €	

Siemens –Energy SGT 50 Indicative Proposal

Estimated referential CAPEX SGT Gas Turbine Equipment investment :

Total CAPEX One (1) SGT 50 Gas Turbine Equipment : USD 1.800.000

Indicative Delivery Time ExW including conversion to 60 Hz, 11 month from PO.

Apéndice B. Cotización moto-generador nuevo**Producto:****Equipo(s) de motores de gas****1 x CG170-12:**

Configuration Code:

R

Potencia eléctrica total:

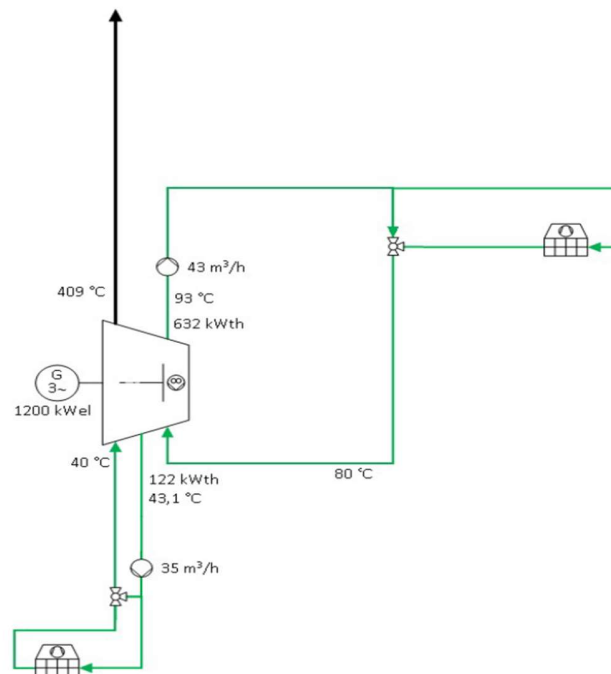
1200 kW

Combustible:

Gas natural



Figura similar

Diagrama de tuberías e instrumentación

Motor industrial para aplicación fija.

Motor de gasolina Otto de cuatro tiempos con sobrealimentación de mezcla pobre, cilindro en disposición vertical con refrigeración de agua para cilindro y mezcla.

Sentido de giro según DIN 6265, en sentido contrario a las agujas del reloj (visto desde el lado del volante de inercia).

Condiciones de diseño		
Temperatura de aspiración/humedad del aire	°C/%	30 / 78
Altura de instalación	m	300
Emisión de NO _x	mg/Nm ³ @5 % O ₂	500
Datos de gas de combustión(*)		
Gas de combustión	Gas natural	
Número de metano		70
Valor de calentamiento inferior	kWh/Nm ³	10.96
Densidad del gas	kg/Nm ³	0.83
Equipo		
Motor	CG170-12	
Configuration Code	R	
Generador	Generador - Marelli - MJH 500 MA4 o similar (**)	
Tensión /rango de tensión	V /%	4160 er hoja de datos
Frecuencia	Hz	60
Modo de operación		Funcionamiento en paralelo con la red y funcionamiento en isla
Balance energético		
Potencia eléctrica de salida con $\cos \phi = 1$ /	kW	1200
Calor de agua refrigerante (± 8 %)	kW	632
Calor de refrigerante de mezcla NT (± 8 %)	kW	122
Uso de combustible (+ 5 %)	kW	2788
Rendimiento eléctrico	%	43

*La presión de gas del cliente debe corresponder a la presión de entrada permitida de la(s) línea(s) de control de gas de nuestro alcance del suministro. Véase descripción técnica sistema de combustible.

**CES se reserva el derecho de cambiar el proveedor y el tipo de alternador durante el período de oferta. Por tanto, los datos del grupo electrógeno pueden cambiar ligeramente. La potencia de salida no cambiará. CES confirmará el tipo de alternador, la marca y la hoja de datos del alternador con la confirmación del pedido.

Tipo: Marelli MJH 500 MA4 o similar (*)
Tensión: 4160 V
Frecuencia: 60 Hz

Generador sincrónico trifásico, motor de polos salientes, sin escobillas, autoexcitado, con jaula amortiguadora, punto neutro desmontable, con aislamiento protector para condiciones tropicales y húmedas (máx. 90 % de humedad ambiental), para una altitud de emplazamiento máxima de 1.000 m y una temperatura ambiental máxima de 40 °C.

Bastidor base

Construcción de acero rígida a la flexión y la torsión para la recepción del motor y el generador. Elementos de muelle de acero elásticos suministrados sueltos para su montaje por debajo del bastidor base de la instalación.

Depósito comunicante de aceite lubricante integrado en el bastidor base para prolongar la vida útil del aceite lubricante.

Acoplamiento

Acoplamiento abridado elástico a la torsión de encaje axial para una unión elástica a la torsión del motor y del generador. El elemento de goma puede desmontarse radialmente.

Regulación del nivel de aceite

Relleno automático de aceite lubricante, regulación mediante sonda de inmersión para la supervisión de nivel de aceite (mín./máx.) y el control de las válvulas magnéticas y la bomba de aceite limpio.

Bomba de prelubricación

Bomba de prelubricación eléctrica del equipo; si se cambia una válvula de paso de tres vías, puede vaciarse el motor y el depósito de aceite lubricante externo para el cambio de aceite.

Transmisión

Engranaje helicoidal de una etapa con lubricación a presión en circuito cerrado. La refrigeración de aceite lubricante se realiza mediante un intercambiador de calor integrado en el circuito de mezcla.

Pintura

La pintura del grupo montado según el estándar industrial consta de:

- Imprimación, grosor de capa seca 40^{+30} μm
- Revestimiento final en color Cat EATY008 grosor de capa seca 90^{+40} μm
- 1 bote de pintura de reparación, suelto del color del barniz.

Señalización y rotulación

Idioma de la señalización y rotulación del grupo: Inglés

Recepción del grupo sin participación del cliente

Para la recepción del grupo, el grupo completo (motor y generador juntos montados en su bastidor base) se ensaya en un banco de pruebas y se protocolizan los valores. Todos los dispositivos del banco de pruebas para la recopilación de los valores de medición están calibrados. Para ello se utiliza un control propio del banco de pruebas. No es posible una recepción con el control del cliente.

Los datos de medición protocolizados se incorporan a un protocolo de recepción de la documentación.

Tras los controles de calidad y el montaje en el banco de pruebas se realizan las mediciones al 100 % de potencia ISO. Las condiciones son: funcionamiento en paralelo con la red, (casi) estacionario, sin funcionamiento en isla, sin variaciones de carga (50/60 Hz).

Se facilitan los siguientes valores de medición:

Potencia, revoluciones, presión del aceite lubricante, consumo de gas con número de metano 80, rendimiento, temperatura de aspiración, temperatura de los gases de escape tras la turbina, presión del receptor, O₂ seco, emisión de gases de escape NO_x (referencia: 5 % de O₂ en los gases de escape secos), frecuencia, tensión, factor de eficacia.

Embalaje de grupo estándar con lámina

Embalaje adecuado para el transporte en camión. Piezas sueltas en cajas de transporte.

El plazo de entrega del proyecto tiene un aproximado de 40 semanas, incluye transporte e instalación.

Precios de entrega

La mercadería será entregada en las instalaciones del cliente DDP según Incoterms® 2020.

Documentación estándar

La documentación (1 unidad/es) se entrega en un soporte de datos (p. ej., CD, DVD o memoria USB) en el idioma acordado. La documentación cumplirá como mínimo los requerimientos legales aplicables como, por ejemplo, la Directiva CE relativa a las máquinas.

Se suministra de forma estándar:

- Información de mantenimiento
- Normativas de seguridad
- Instrucciones de funcionamiento del grupo de gas
- Instrucciones de funcionamiento del sistema TEM/ sistema TPEM
- Directrices de montaje
- Diagramas de bornes eléctricos
- Diagrama de tuberías e instrumentación
- Dibujo de grupos
- Protocolo del banco de pruebas del motor

En función del volumen de suministro, se añadirá otra documentación necesaria para el operario. La documentación completa se encuentra en el soporte de datos. Se puede acceder a los archivos por medio de un índice. La documentación en formato de papel incluye extractos de la documentación completa como impresiones en papel reglamentarias y, p. ej., esquemas de conexiones y dibujos.

El precio de la oferta para el volumen de suministro y de prestaciones descrito asciende a:

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	VALOR	VALOR SUBTOTAL
				UNITARIO USD	USD
				(antes de IVA)	(antes de IVA)
1	Motogenerador CG170-12 según descripción del presente documento.	glb	1	815.557	815.557
3	Montaje, instalación, Puesta En Marcha Y Verificación De Desempeño.	glb	1	220.000	220.000
Total, (antes IVA)					1.035.557

- No se incluye obra civiles.
- El gas debe llegar al tren de gas del motogenerador.
- La acometida eléctrica debe llegar al al tablero del interruptor donde se realizará la sincronización.
- El precio del equipo se pagará en Pesos Colombianos y se liquidará a la TRM del día de Facturación realizando la conversión de Dolares a pesos colombianos.
- Incluye 3 metros de ducto de escape.

Apéndice C. Históricos de mantenimiento motogeneradores (2016-2021)

Costes Tot. Reales	Descripción	TAG	Año	Denominación técnica
293.719	POLEA MOTOR ENFRIADOR AE	MG-B	2016	enfriador de agua motor mg-b
373.429.869	CAMBIAR CIGÜEÑAL MOTOR	MG-A	2010	motor del generador #1 -
1.789.566	NDT CIGÜEÑALES MOTOR SUPERIOR 12 GTL	MG-A	2016	motor del generador #1 -
3.389.447	ENSAMBLAR MOTOR SUPERIOR 12GTL	MG-A	2017	motor del generador #1 -
52.362.219	REPARACIÓN MOTOR SUPERIOR 12GTL	MG-A	2016	motor del generador #1 -
0	REEMPLAZAR MODULO CTRL CPU95 GEN	MG-B	2016	sistema de protecciones gpu
2.077.184	FABRICAR 12 ESPARRAGOS MOTOR	MG-A	2017	motor del generador #1 -
9.753.165	REPARAR ACTUADOR WOODWARD AX01B	MG-B	2017	motor del generador #2 -
253.681	CAMBIO V/V LENOIDE & TUBING 1/4" AFR	MG-C	2017	alimentación tarjetas gas-aire
15.427	CORREGIR FUGAS ACEITE VALV TERMOS	MG-C	2017	motor del generador #3 -
7.372.583	REPARAR ACTUADOR WOODWARD	MG-B	2017	motor del generador #2 -
1.096.732	CORREGIR FALLA CARGA AXG -	MG-B	2017	trasmisor de velocidad
1.173.596	REEMPLZAR PICK-UP SEÑAL FLEX I/O	MG-B	2017	trasmisor de velocidad
10.285	ARRANCAR MOTOR AMG-B DESPUÉS DE FALLA	MG-B	2017	motor superior 12gtl
151.580	CORREGIR FALLAS SEÑLAES PROTEC	MG-A	2017	motor a gas mod 12 sgt
2.393.845	CAMBIAR DIODOS, PRUEBAS INTERRUP.	MG-B	2017	motor del generador #2 -
7.608.147	REV. Y CORRECCION DE FUGAS EQ.	MG-B	2016	motor del generador #2 -
227.066	FABRICAR GANCHOS CIERRE FILTROS	MG-A	2017	motor del generador #1 -
307.198	CAMBIAR TERMOCUPLA C3	MG-A	2017	termocupla
614.396	CAMBIO DE MODULO FLEXI/O SERV. INDUST	MG-A	2017	tablero de control de mg-a
1.112.876	CORREGIR FALLA CPU95	MG-B	2017	tablero control, arranque y protección
1.768.382	EXTRAER PARTE DE TERMOCUPLA TURBO	MG-A	2017	termocupla
76.800	CORREG FUGA TUBING SEÑAL DE PRESION AGUA	MG-B	2017	generador corriente alterna -
4.289.015	REEMPLAZAR TC CIL 5L	MG-A	2017	culata motor superior
272.762	REPARAR VALVULA METERING	MG-B	2017	generador corriente alterna -
430.286	REVISAR TC CIL7 Y 8 TEMP X	MG-B	2017	motor superior 12gtl
3.104.085	CAMBIAR GOBERNADOR, AJUSTE VARILLA	MG-A	2017	motor del generador #1 -
1.406.522	REV-CORREG FALLA CTRL ARRANQUE	MG-B	2017	interruptor de nivel
1.330.322	CORRECCION FUGA GAS MANIFOLD C6R	MG-C	2017	motor del generador #3 -
1.893.255	REV-CORREG FALLA SISTEM ARRANQ	MG-A	2017	motor eléctrico inducción
1.417.346	VERIFICAR ESTADO ENFRIADOR DE AGUA	MG-C	2017	motor del generador #3 -
607.434	LIMPIEZA EXTERNA AEROENFRIADOR	MG-A	2017	motor del generador #1 -
202.478	CAMBIAR BUJIA CILINDRO 8R MOTOR	MG-A	2017	motor del generador #1 -
0	APOYO MONTAJ TURBOS ELLIOT	MG-A	2017	
4.089.797	SUAVIZAR VÁLVULA METERING MOTOR	MG-B	2017	motor del generador #2 -
404.956	LIMPIEZA EXTERNA AERO ENFRIADOR AE	MG-B	2017	enfriador de agua motor
536.724	CORREG FALLA SISTEMA ARRANQUE MOTOR	MG-B	2017	motor superior 12gtl
119.272	REMP TC CILINDRO 3L ABIERTA X	MG-A	2017	motor a gas mod 12 sgt
284.975	CORREGIR FUGA GAS VÁLVULA CONTROL X	MG-B	2017	regulador de gas
158.320	CORREG FALL VALVULA METERING Y ACCES GOV	MG-A	2017	gobernador
1.376.040	CAMBIAR REPARAR MOTOR DE ARRANQUE MG-A	MG-A	2017	motor del generador #1 -
1.545.579	CAMBIAR BUJIAS CILINDROS 1L,6R,4R AMG-A	MG-C	2017	motor del generador #3 -
4.014.487	CAMBIAR CULATAS CIL 5R Y 6R COMP	MG-B	2017	motor del generador #2 -
1.795.564	CAMBIAR FILTROS DE ACEITE	MG-B	2017	motor del generador #2 -
15.617.855	GENERADOR SE APAGA POR SOBREVOLOCIDAD	MG-A	2017	generador #1 corriente alterna
1.262.556	CAMBIO BUJIAS D14N	MG-A	2017	motor neumático arranque
61.546.646	C. CAMBIAR CABLES Y BUJIAS MOTOR	MG-A	2018	motor del generador #1 -
1.094.586	CAMBIAR TERMOCUPLA CILINDRO 6R	MG-B	2017	motor del generador #2 -

Costes Tot. Reales	Descripción	TAG	Año	Denominación técnica
1.654.872	APOYAR ARRANQUE GENERADOR	MG-B	2017	motor del generador #2 -
14.566.836	C. FABRICAR CABLES Y BUJIAS MOTOR	MG-A	2018	motor del generador #1 -
680.421	CORREAS ROTAS DE AEROENFRIADOR X--	MG-C	2017	enfriador de agua motor
34.545.524	DESARME GENERAL MOTOR EVAL DAÑO	MG-A	2017	generador #1 corriente alterna
33.545.283	CBM: REVISIÓN BANCADAS Y CILINDROS MOTRI	MG-B	2017	motor del generador #2 -
0	C. KIT POTENCIA SUPERIOR 12GT	MG-B	2018	motor del generador #2 -
987.205	T. FABRICAR HETA EXTRACCIÓN CASQUETE	MG-B	2017	motor del generador #2 -
2.735.997	DESMONT INSTRUMNETACION PARA OH-MEC	MG-A	2017	generador #1 corriente alterna
42.696.350	C. CAMBIO KIT DE POTENCIA CIL1R,6L	MG-B	2017	motor del generador #2 -
14.032.804	C. CAMBIO KIT DE POTENCIA CIL1R,6L	MG-B	2017	motor del generador #2 -
1.936.914	CORREGIR TEMPERATURA CIL 4L & 6R	MG-C	2017	motor del generador #3 -
264.774	CAMBIO DE PICK UP CONTEO DE DIENTES	MG-C	2017	generador #3 corriente alterna
551.612	REV FALLA PROTECCIONES IC	MG-B	2017	motor del generador #2 -
7.876.464	LIMPIEZA BLOQUE MOTOR	MG-A	2017	motor a gas mod 12 sgt
1.914.444	CAMBIAR TE CILINDRO 6L & 2R	MG-B	2017	motor del generador #2 -
2.206.449	DESMONTAR INSTRUMENTACIÓN MOTOR	MG-C	2017	motor del generador #3 -
1.552.943	DESENSAMBLAR PARTE DELANTERA	MG-C	2017	motor del generador #3 -
528.760	DATOS CONGELADOS	MG-B	2017	tablero de control de mg-b
317.256	CORREGIR FUGA POR TUBING DE AGUA MOTOR	MG-B	2017	motor del generador #2 -
1.700.445	CBM-M: CALIBRAR VVLA + COMPRESION	MG-B	2017	motor del generador #2 -
2.117.648	DESARME GENERAL DEL MOTOR	MG-C	2017	motor del generador #3 -
17.647	CBM-M: CAMBIAR BUJIA Y CABLE 6L	MG-B	2017	motor del generador #2 -
17.647	CAMBIO CABLE CIL 2L	MG-B	2017	motor del generador #2 -
17.647	CAMBIO EMPAQUE CODO EXHAUST CIL 6R	MG-B	2017	termocupla j
3.781.964	SE REQUIERE CONTINUAR CON LAS LABORES DE	MG-C	2017	motor del generador #3 -
545.838.762	C. REPARACIÓN GRAL MOTOR POR DAÑO	MG-A	2017	motor del generador #1 -
8.205.886	MIGRAR SEÑALES PLC PIROMETROS	MG-B	2017	
156.777	CAMBIAR CABLE ALTA VERIF BUJIA C6L	MG-B	2017	motor superior 12gtl
304.043	CAMBIO TERMOCUPLA CILINDRO 5R	MG-B	2017	culata motor superior
291.486	GENERADOR MG-B CON ESCAPE POR JUNTA	MG-B	2017	motor superior 12gtl
344.140	CBM-M: REV-CAMB INDICADOR DE PSID	MG-B	2017	motor del generador #2 -
874.458	CAMBIO POLEA MOTOR VENTILADOR	MG-A	2017	motor eléctrico inducción
9.973.262	NIVELAR BET PLATE Y AJUSTAR CIGÜEÑAL MOT	MG-A	2017	motor del generador #1 -
4.333.246	S. MEDICIONES BED PLATE MOTOR	MG-C	2017	motor a gas mod 12 sgt
6.520.530	CBM-M: CAMBIO DE ACITE & FILTROS	MG-B	2017	motor del generador #2 -
151.387	CAMBIO SWITCH PRESIÓN ACEITE	MG-B	2017	interruptor de presión
35.366	CBM-M: CAMBIO CABLE CIL 2R	MG-B	2017	motor del generador #2 -
20.225.055	T- NIVELAR BET PLATE Y AJUSTAR CIGUEÑAL	MG-A	2017	motor del generador #1 -
1.218.633	CBM-M REV SENSOR TEMP AGUA MOTOR	MG-B	2017	motor del generador #2 -
81.075.844	SUBORDEN PARA COMPRA DE MATERIALES Y CAR	MG-A	2017	motor del generador #1 -
1.454.732	REV CTRL VELOCIDAD Y SEÑAL CPU95	MG-A	2018	trasmisor de velocidad
198.373	REV-VERIFICAR PI RELACIÓN GAS – AIRE	MG-B	2018	interruptor de presión
77.258.711	C. REPUESTOS SUPERIOR CUSIANA REPARACIÓN	MG-C	2018	motor del generador #3 -
42.040.406	COMISIONAMIENTO MOTOR SUPERIOR	MG-C	2018	motor del generador #3 -
1.795.558	COMPRA CAMISA DE CILINDRO	MG-C	2018	motor del generador #3 -
6.467.350	COMPRA DAMPER CIGUEÑAL MOTOR	MG-C	2018	motor del generador #3 -
0	C. CAMBIAR CAMISAS CILINDROS MOTOR	MG-C	2018	motor del generador #3 -
1.658.646	COMPRA ANILLOS POR INTERCENTRO	MG-C	2018	motor del generador #3 -
18.780.656	COMISIONAMIENTO INSTRUMENTACIÓN	MG-C	2018	motor del generador #3 -
2.685.618	C. CAMBIO DE BUJIAS & CABLE MOTOR	MG-C	2018	motor a gas mod 12 sgt
2.144.246	C. CAMBIO BEDIX MOTOR DE ARRANQUE	MG-C	2018	motor neumático arranque
71.233.312	T. REPARACION TALLERES EXTERNOS	MG-C	2018	motor del generador #3 -

Costes Tot. Reales	Descripción	TAG	Año	Denominación técnica
121.384.825	C. CAMBIO CIGUEÑAL DAÑO MUÑON 2	MG-B	2018	motor superior 12gtl
226.718	CAMBIAR ORING TAPA DE 3 FILTROS	MG-A	2018	motor del generador #1 -
8.770.462	S. END CIGUEÑAL	MG-B	2018	motor superior 12gtl
1.005.043	REV VALVULA AMOT EN FALLA	MG-A	2018	generador #1 corriente alterna
1.419.321	CAMBIO ASPAS & RODAMIENTOS E	MG-A	2018	enfriador de agua motor
1.074.731	CAMBIAR CULATA CILINDRO 6L	MG-A	2018	culata motor superior
1.789.817	C. CAMBIO RODAMIENTOS E	MG-C	2018	ventilador axial
1.906.371	C. CAMBIO RODAMIENTOS E	MG-B	2018	ventilador axial
1.660.947	CAMBIO ASPAS & RODAMIENTOS E-MG-C AL A	MG-A	2018	ventilador axial
7.209.181	T. MECANIZADOS TALLERES EXTERNOS	MG-C	2018	motor del generador #3 -
6.776.880	REPOSICION ACEITE SERVICIOS	MG-A	2018	motor a gas mod 12 sgt
300.253	C. CAMBIO OBTURADORES CHUMACERA	MG-C	2018	ventilador axial
1.150.214	ARMADO VENTILADOR AXIAL	MG-C	2018	ventilador axial
6.833.105	HACER PRUEBAS Y ENSAYOS CIGUEÑAL MOTOR P	MG-C	2018	motor del generador #3 -
373.038	RECEPCION Y ARRANQUE	MG-A	2018	motor del generador #1 -
126.051	CAMBIAR ORING TAPA DE FILTRO ACEITE	MG-A	2018	motor del generador #1 -
1.084.742	T. FABRICACION JUNTA FLEXIBLE 4X150	MG-B	2018	motor superior 12gtl
426.735	ALISTAMIENTO TURBO ELLIOT STAND BY	MG-C	2018	turbocargador
369.886	CORREGIR FALLA SEÑAL ARRANQUES MOTOR	MG-A	2018	tablero de control de mg-a
391.644	REVISION SEÑALES TRANSMISOR AXG 91A	MG-A	2018	transmisor de presion
304.612	REPARAR REGULADOR AGUA CON FUGA	MG-A	2018	motor a gas mod 12 sgt
208.733	CBM-M: CALIBRAR VALVULAS	MG-A	2018	motor del generador #1 -
390.502	T. FABRICACION JUNTA FLEXIBLE	MG-C	2018	motor a gas mod 12 sgt
179.390	CAMBIAR CABLE ALTA CIL 4L MOTOR	MG-A	2018	motor a gas mod 12 sgt
523.542	MONTAJE CONJUNTO VENTILADOR AXIAL E	MG-B	2018	enfriador de agua motor
713.502	REV PICKUP RPM Y TEM CIL 10-4L	MG-A	2018	motor del generador #1 -
13.220.610	T. REPARACION ASPAS EJE VENTILADOR	MG-C	2018	ventilador axial
85.228	ARRANQUE & PRUEBAS	MG-B	2018	ventilador axial
1.805.835	MODIFICACIÓN TUBERIA DE GAS	MG-B	2019	motor del generador #2 -
476.052	T. FABRICACION POLEA E	MG-B	2017	ventilador axial
270.744	T. FABRICACIÓN PUERTA TABLERO CONTROL MO	MG-B	2019	tablero de control de mg-b
99.591	REV FALLA CONTROL VELOCID Y CARGA	MG-A	2019	motor del generador #1 -
809.170	LAVADO EXTERNO AERO ENFRIADOR MOTOR	MG-A	2019	motor a gas mod 12 sgt
3.038.063	MOMTAJE COMPONENTES E INSTRUMENTOS	MG-C	2016	motor del generador #3 -
870.626	FALLA COMM ALTRONIC MG-B	MG-B	2019	tablero control, arranque y protección
411.848	HABILIT CABLE SENS VIBRAC AE919A	MG-A	2019	
0	T. REPARACION METERING VALVE	MG-A	2019	motor a gas mod 12 sgt
453.880	CORREGIR ALTA TEMPERATURA MOTOR	MG-A	2019	motor a gas mod 12 sgt
3.925.663	CORREGIR FALLA	MG-A	2019	trasmisor de velocidad
4.036.601	CBM-M: CAMBIO POLEA VENTILADOR AE	MG-A	2020	ventilador axial
441.288	REVISIÓN ESTADO DE TERMOSTATOS	MG-A	2019	motor del generador #1 -
408.454	CORREA DEFECTUOSA AEROENFRIADOR E	MG-C	2019	generador #3 corriente alterna
24.665	CBM-M: TENSION CORREAS E	MG-B	2019	enfriador de agua motor
2.518.968	CBM-M: CAMBIAR CAJA BNC AE	MG-B	2019	ventilador axial
3.802.105	C. CAMBIO PICK UP TURBO ELLIOT	MG-B	2019	motor del generador #2 -
5.288.743	DESARME BLOQUE MOTOR	MG-A	2019	motor del generador #1 -
3.205.415	REVISAR FALLA SISTEMA IGNICIÓN	MG-B	2020	trasmisor de velocidad
3.724.728	CBM-M: REPARAR & CAMBIO BBA AGUA PPAL MO	MG-B	2019	motor del generador #2 -
288.273	CAMBIO CORREA VENTILADOR E	MG-C	2019	ventilador axial
3.899.785	REVISAR ECP250 Y CPU95 MOTOR	MG-B	2020	trasmisor de velocidad
7.969.375	ARRANCAR Y HACER PRUEBAS MOTOR	MG-B	2020	motor del generador #2 -

Costes Tot. Reales	Descripción	TAG	Año	Denominación técnica
5.381.958	REV DIAGNOSTICO AGV5 MOTOR	MG-B	2020	trasmisor de velocidad
1.088.508	REPARAR DESBALANCE RESISTIVO AP- (TE)	MG-B	2020	motor eléctrico inducción
746.181	CAMBIAR JUNTA BITAULICA SUCCIÓN BOMBA	MG-B	2020	bomba centrifuga agua chaqueta
2.131.694	ARRANQUE DE AXG--MG-C POR FALLAS	MG-C	2020	motor del generador #3 -
248.368	REVISAR CONTROL CARGA MG-B (VARIACION	MG-B	2020	generador corriente alterna -
536.055	CAMBIAR RODAMIENT M/E AP-MG-B (COSTEO TE)	MG-B	2020	motor eléctrico inducción
438.996	CBM-M-CAMBIO CORREAS AE	MG-C	2020	ventilador axial
1.788.595	CAMBIAR RODAMIENTOS VENTILADOR AE	MG-C	2020	motor del generador #3 -
8.570.972	INSPECCIONES ANALISIS DE FALLA CIL 4L	MG-B	2020	motor del generador #2 -
0	CAMBIO CHUMASERAS EJE VENTILADOR E	MG-C	2020	enfriador de agua motor
5.695.320	VERIFICACIONES RCA MOTOR SUPERIOR	MG-B	2020	motor superior 12gtl
2.062.325	REVISAR CONTROL NIVEL ACEITE X-MG-C Y CA	MG-C	2020	transmisor de presión
2.340.839	CP INTERRUPTOR TEMPERATURA 602 A	MG-C	2020	motor del generador #3 -
9.924.403	FUGA DE AGUA POR FALLA EN INSERTOS	MG-A	2020	motor del generador #1 -
8.230.462	MATERIALES REENSAMBLE MOTOR A	MG-A	2020	motor del generador #1 -
826.955	RESERVORIO DE AGUA CON FUGA POR CUERPO	MG-C	2021	enfriador de agua motor
74.962	CAMBIAR RESISTENCIA MG-B (TE)	MG-B	2021	resistencia neutral a tierra
3.676.110	RETIRO DE ACEITE PEGASUS 710 PARA MANTEN	MG-C	2021	motor a gas mod 12 sgt
707.676	CAMBIAR RESISTENCIAS GENERADR AG-MG-C(SE)	MG-C	2021	resistencia neutral a tierra
396.656	CAMBIO MANGUERA VIDRIO NIVEL TAMBOR ACEI	MG-A	2021	motor a gas mod 12 sgt
1.394.629	BOMBA DE DIAFRAGMA EN MAL ESTADO	MG-C	2021	motor del generador #3 -
774.794	LIMPIAR LAVAR PANEL RADIADOR AE-	MG-C	2021	intercambiador tubo aleteado
176.293	LD. FUGA DE ACEITE EN LÍNEA PRINCIPAL 2"	MG-A	2021	motor a gas mod 12 sgt
2.860.083	CBM-CAMBIO DE CULATA 3L	MG-A	2021	motor del generador #1 -
1.376.130	FUGA DE ACEITE POR TAPAS LATERALES	MG-C	2021	generador #3 corriente alterna