

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	2 ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.2.1 Estructura societaria y actividad de transporte	2
1.2.2 Infraestructura	2
1.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.4 JUSTIFICACIÓN	5
1.4.1 Justificación técnica.....	5
1.4.2 Justificación económica.....	5
1.4.3 Justificación ambiental.....	5
1.5 OBJETIVOS	5
1.5.1 Objetivo general.....	6
1.5.2 Objetivos específicos.....	6
1.6 ALCANCE.....	6
1.6.1 Alcance geográfico	6
1.6.2 Alcance temporal.....	6
1.6.3 Alcance sustantivo	6
1.7 METODOLOGÍA	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE MÁQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA.....	9
2.1.1 Principio de funcionamiento de una máquina de CA	9
2.1.2 Voltaje inducido en un grupo de bobinas trifásico.....	11
2.1.3 Máquinas de corriente alterna (c.a.)	13
2.1.4 Generadores síncronos	14
2.1.5 Voltajes y frecuencias normalizadas	¡Error! Marcador no definido.5
2.2 GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN INSTALACIONES PETROLERAS.....	15
2.2.1 Grupo Electrónico.....	16
2.2.2 Motor de Combustión Interna.....	18
2.2.3 Motor a gas.....	19
2.2.4 Turbina a gas.....	20
2.2.5 Microturbinas	22
2.3 CONCEPTOS DE INGENIERÍA ECONÓMICA.....	24
2.3.1 Valor Presente	24
2.3.2 Anualidad.....	25
2.3.3 Perpetuidad.....	25
2.3.4 Valor Actual Neto (VAN).....	25
2.3.5 Tasa Interna de Retorno	26
2.3.6 Evaluación de opciones mutuamente excluyentes con vidas diferentes	27
CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL PROCESO	29
3.1 CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO.....	29
3.1.1 El sistema de gasoductos de exportación – GSCY.....	30

3.1.2	<i>La estación Caigua, antecedentes, desempeño actual, perspectivas</i>	33
3.1.3	<i>El Sistema eléctrico de la estación Caigua</i>	37
3.2	DIAGNÓSTICO DEL PROCESO.....	38
3.2.1	<i>El balance de energía eléctrica</i>	39
3.2.2	<i>El Suministro de Respaldo</i>	41
3.2.3	<i>La Tensión y la Frecuencia</i>	41
CAPÍTULO IV: OPCIONES Y ASPECTOS OPERATIVOS		42
4.1	INTRODUCCIÓN	42
4.2	LAS OPCIONES.....	42
4.2.1	<i>Opción 1: Continuar con el grupo electrógeno actual</i>	43
4.2.2	<i>Opción 2: Instalar un nuevo grupo electrógeno de menor capacidad</i>	43
4.2.3	<i>Opción 3: Instalar una nueva microturbina de menor capacidad</i>	43
4.3	CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CARGA DIARIA	44
4.4	BALANCE DE POTENCIA Y DE ENERGÍA.....	45
4.4.1	<i>Opción GE Actual</i>	45
4.4.2	<i>Opción GE Nuevo</i>	46
4.4.3	<i>Opción Microturbina</i>	48
4.5	CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.5.1	<i>Rendimiento térmico del motor</i>	48
4.5.2	<i>Poder calorífico del gas natural</i>	50
4.6	COMPRA DE ENERGÍA	52
4.7	MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE LOS EQUIPOS DE GENERACIÓN	52
4.8	CONCLUSIONES	53
CAPÍTULO V: EVALUACIÓN DE OPCIONES.....		55
5.1	INTRODUCCIÓN	55
5.2	CRITERIOS DE SELECCIÓN	55
5.2.1	<i>Criterio 1: Económico</i>	55
5.2.2	<i>Criterio 2: Fiabilidad</i>	55
5.2.3	<i>Criterio 3: Operativo</i>	56
5.2.4	<i>Criterio 4: Salud, seguridad y medio ambiente – SSMA</i>	56
5.3	EVALUACIÓN ECONÓMICA	56
5.3.1	<i>La vida útil de los equipos</i>	56
5.3.2	<i>El período de evaluación</i>	57
5.3.3	<i>Los flujos de efectivo</i>	58
5.3.4	<i>Metodologías de evaluación</i>	58
5.3.5	<i>Costos de inversión</i>	60
5.3.6	<i>Costos de Operación</i>	62
5.3.7	<i>Costos de mantenimiento</i>	63
5.3.8	<i>Flujo Operativo</i>	63
5.3.9	<i>Capital de trabajo neto</i>	64
5.3.10	<i>Flujo neto de efectivo</i>	65
5.3.11	<i>Tasa Mínima Atractiva de Retorno</i>	68
5.3.12	<i>Resultados</i>	69
5.3.13	<i>Análisis de sensibilidad</i>	70
5.4	ANÁLISIS DE OPCIONES	71

5.5	CONCLUSIONES	71
CAPÍTULO VI: DESARROLLO DE LOS ASPECTOS TÉCNICOS		73
6.1	INTRODUCCIÓN	73
6.2	EQUIPOS DE GENERACIÓN	74
6.2.1	<i>Selección de las microturbinas</i>	74
6.2.2	<i>Localización del Grupo Generador</i>	75
6.2.3	<i>Obras civiles</i>	76
6.2.4	<i>Sistema Gas Combustible Microturbinas</i>	76
6.3	INSTALACIONES PARA CONEXIÓN A LA RED PÚBLICA	77
6.3.1	<i>Características del puesto de transformación</i>	77
6.3.2	<i>Definición del alcance para los trabajos que debe realizar la empresa contratista</i>	78
6.4	ADAPTACIÓN DE LAS INSTALACIONES ACTUALES AL SISTEMA DE FRECUENCIAS Y TENSIONES DE LA RED PÚBLICA	79
6.4.1	<i>Análisis y adecuación de Sistema Eléctrico Actual</i>	79
6.4.2	<i>MCC y Sistema de Barras Principal</i>	80
6.4.3	<i>Motores 1 y 2 del enfriador de aceite para Turbocompresores A y C</i>	80
6.4.4	<i>Motores 1A, 1C para admisión de aire a turbocompresores A y C</i>	81
6.4.5	<i>Motores extractores de aire de la sala de turbocompresores</i>	82
6.4.6	<i>Circuito de mando de los motores Eléctricos</i>	82
6.4.7	<i>Circuitos de Iluminación de planta, zonas Oeste y Este</i>	82
6.4.8	<i>Circuito de Control Tablero de Distribución TD-02- TRAFO TR-2</i>	83
6.4.9	<i>Área Campamento y Viviendas</i>	86
6.4.10	<i>Iluminación Perimetral, Sala de Generadores y Taller</i>	86
6.5	ESPECIFICACIONES PARA LA INGENIERÍA DE DETALLE Y LA INSTALACIÓN	86
6.5.1	<i>Provisión de TRANSREDES</i>	86
6.5.2	<i>Alcance</i>	87
6.5.3	<i>Normas y guías de referencia</i>	88
6.5.4	<i>Cronograma del proyecto</i>	88
6.6	CONCLUSIONES	89
CAPÍTULO VII: ASPECTOS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE		91
7.1	INTRODUCCIÓN	91
7.2	IMPACTO DEL PROYECTO EN TÉRMINOS DE SEGURIDAD Y MEDIOAMBIENTE	91
7.3	EMISIONES DE RUIDO	92
7.4	RIESGOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO	93
7.5	TÉRMINOS Y CONDICIONES DE SALUD, SEGURIDAD, MEDIO AMBIENTE Y DE CALIDAD CON LAS EMPRESAS EJECUTORAS DEL PROYECTO	94
7.6	CONCLUSIONES	98
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		99
CONCLUSIONES		99
RECOMENDACIONES		101
<i>Relativas al presente proyecto:</i>		101
<i>Relativas a otros proyectos similares:</i>		101

BIBLIOGRAFÍA.....	103
ANEXOS	104

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1: Metodología.....	8
Cuadro 2.1: Voltajes y frecuencias según norma IEC 60038.....	15
Cuadro 3.1: Resumen de potencia instalada de la estación Caigua.....	39
Cuadro 3.2: Costos preliminares de diversas opciones de generación.....	40
Cuadro 4.1: Carga diaria de potencia de la Estación Caigua.....	45
Cuadro 4.2: Balance de potencia y energía diaria de la Opción GE Actual.....	46
Cuadro 4.3: Balance de Energía Anual – Opción GE Actual.....	46
Cuadro 4.4: Balance de potencia y energía diaria de la Opción GE Nuevo.....	47
Cuadro 4.5: Balance de Energía Anual – Opción GE Nuevo.....	47
Cuadro 4.6: Balance de Potencia y energía diaria de la opción Microturbina.....	48
Cuadro 4.7: Consumo de gas natural combustible de cada opción.....	51
Cuadro 4.8: Consumo de aceite.....	52
Cuadro 4.9: Compra de energía de la red pública de SETAR.....	52
Cuadro 5.1: Costos de Inversión, en US\$.....	61
Cuadro 5.2: Depreciación y Valor Residual.....	62
Cuadro 5.3: Flujo Operativo.....	64
Cuadro 5.4: Capital de Trabajo Neto.....	65
Cuadro 5.5: Flujo Neto de efectivo.....	65
Cuadro 5.6: Valor del equipo reemplazado	66
Cuadro 5.7: Indicadores de Evaluación.....	69
Cuadro 5.8: Evaluación comparativa de las opciones.....	71
Cuadro 6.1: Planificación de la ejecución del proyecto.....	73
Cuadro 6.2: Modificaciones en la Estación contempladas en el proyecto	90

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Sistemas de transporte de gas y de líquidos de Transredes.....	3
Figura 2.1: Movimiento de una espira.....	9
Figura 2.2: Campo Magnético de la espira.....	10
Figura 2.3: Voltaje vs. Tiempo.....	11
Figura 2.4: Voltaje inducido en una máquina trifásica.....	12
Figura 2.5: Conexiones Estrella – Triángulo.....	13
Figura 2.6: Grupo Electrónico.....	16
Figura 2.7: Los Cuatro Tiempos del Motor de Combustión.....	19
Figura 2.8: Motor a Gas Waukesha.....	20
Figura 2.9: Turbina a Gas de Ciclo Abierto.....	21
Figura 2.10: Ciclo Brayton de la Turbina a Gas.....	21
Figura 2.11: Esquema de funcionamiento de una microturbina.....	23
Figura 2.12: Vista de una microturbina	24
Figura 3.1: Gasoducto GSCY.....	31
Figura 3.2: Volúmenes históricos y proyectados del GSCY.....	32
Figura 3.3: Proceso de Compresión de la Estación Caigua.....	33
Figura 3.4: Distribución Física de la Estación Caigua.....	34
Figura 3.5: Principales Instalaciones de la Estación Caigua.....	35
Figura 3.6: Diagrama de recorrido de gas de la Estación Caigua.....	36
Figura 3.7: Líneas de Succión y Descarga y Turbocompresor.....	36
Figura 3.8: Grupos electrógenos de la estación Caigua.....	37
Figura 3.9: Esquema del sistema eléctrico de la Estación Caigua.....	38
Figura 4.1: Registro de medición de la carga total de la estación Caigua.....	44
Figura 4.2: Rendimiento térmico del motor Waukesha L5790 – Opción GE Actual.....	49
Figura 4.3: Rendimiento térmico del motor Caterpillar 3406. – Opción GE Nuevo.....	49
Figura 4.4: Rendimiento térmico de la microturbina Capstone C65	50
Tabla 5.1: Análisis de las metodologías aplicables para la evaluación económica.....	59
Figura 5.1 Costos de Operación de las tres opciones.....	62
Figura 5.2: Costos de Mantenimiento.....	63
Figura 5.3: Flujos de Efectivo	67
Figura 5.4: Sensibilidad del proyecto a los costos de inversión y mantenimiento.....	70
Figura 6.1: Espacio disponible para las microturbinas.....	66
Figura 6.2: Línea de servicio público próxima a la estación.....	67
Figura 6.3: MCC y sistema principal de barras.....	80
Figura 6.4: Ubicación de los motores 1 y 2 del enfriador de aceite.....	81
Figura 6.5: Luminarias de planta.....	83
Figura 6.6: Tablero de distribución TD-02 y Transformador TR-02.....	83
Figura 6.7: Unidad UPS-1.....	85
Figura 6.8: Transformador de 300 kVA a ser retirado.....	86
Figura 7.1: Niveles de ruido medidos en la estación Caigua y proximidades.....	93