

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA GENERADORA DE ENERGÍA GEOTÉRMICA

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Andres Gabriel Diaz Chalco

Código 20130417

Delia Estefany Rosalinda Vicente Vasquez

Código 20141452

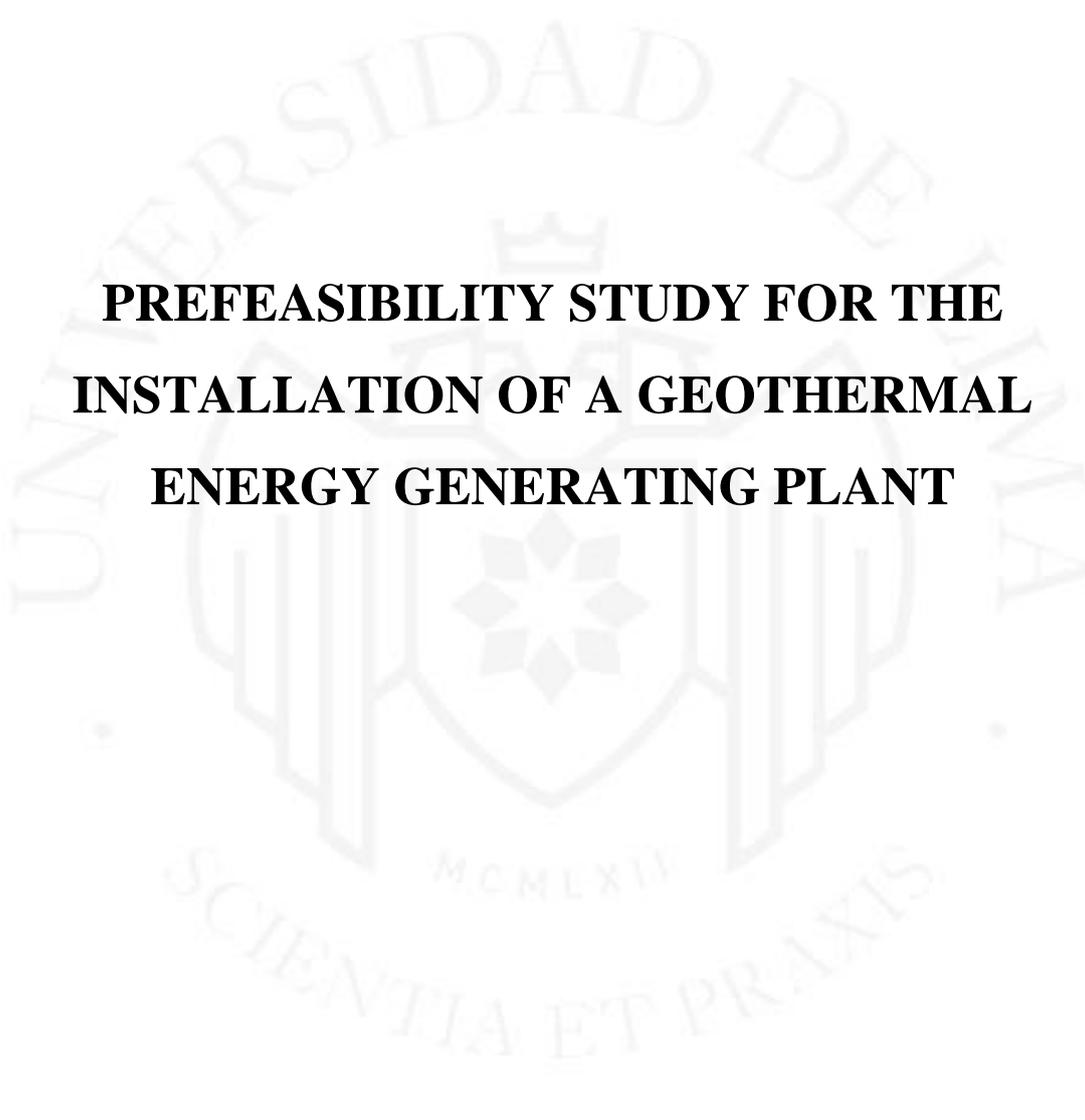
Asesor

María Teresa Málaga Ortiz

Lima – Perú

Setiembre de 2023





**PREFEASIBILITY STUDY FOR THE
INSTALLATION OF A GEOTHERMAL
ENERGY GENERATING PLANT**

TABLA DE CONTENIDO

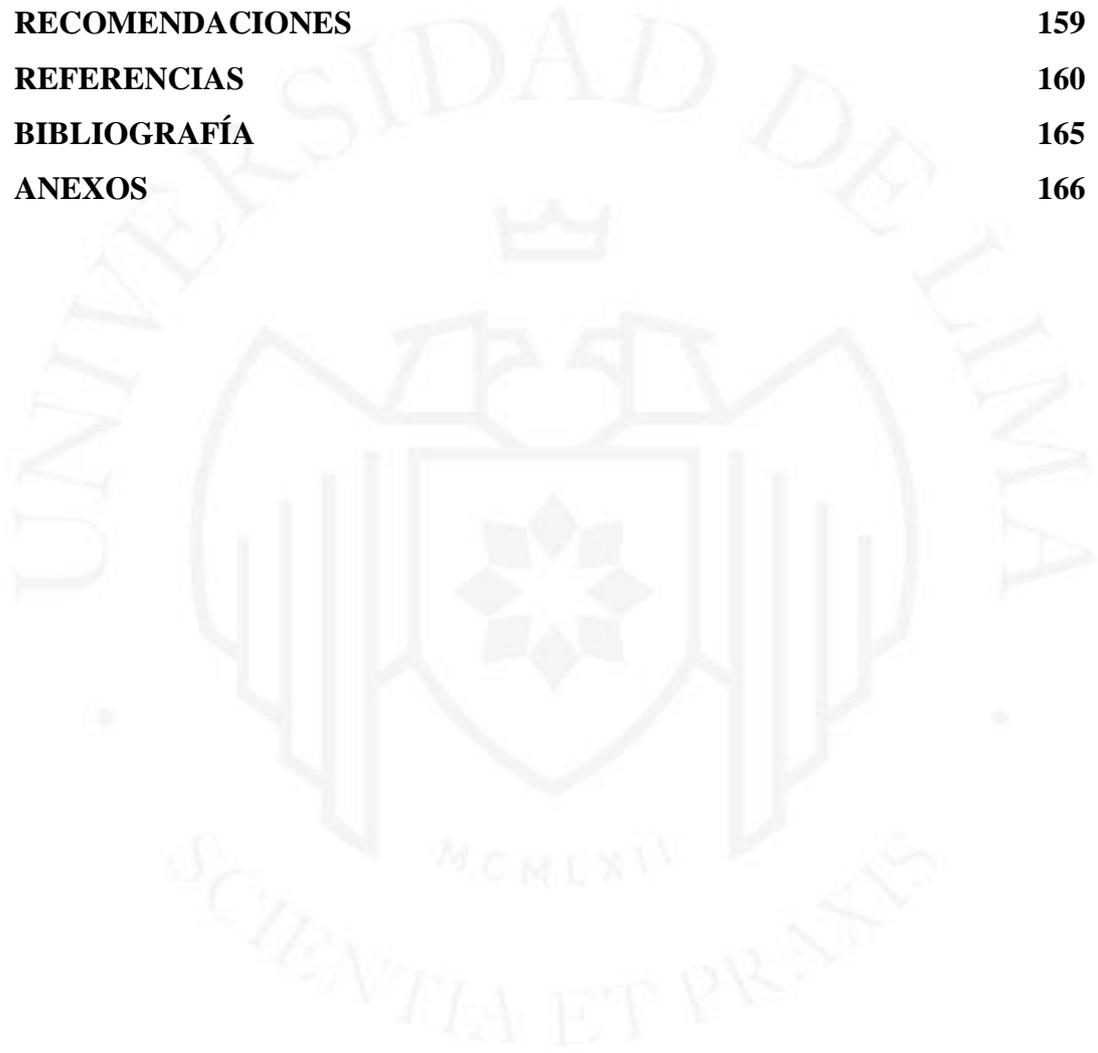
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	1
1.1 Problemática.....	1
1.2 Objetivos de la investigación	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Alcance de la investigación.....	4
1.3.1 Unidad de análisis	4
1.3.2 Población.....	4
1.3.3 Espacio	5
1.3.4 Tiempo	5
1.4 Justificación del tema.....	5
1.4.1 Justificación técnica	5
1.4.2 Justificación económica	5
1.4.3 Justificación social	7
1.4.4 Justificación ambiental.....	8
1.5 Hipótesis de trabajo.....	9
1.6 Marco referencial	9
1.7 Marco conceptual	11
1.7.1 Desarrollo del marco conceptual.....	11
1.7.2 Glosario de términos	17
CAPÍTULO II: ESTUDIO DE MERCADO	20
2.1 Aspectos generales del estudio de mercado	20
2.1.1 Definición comercial del producto.....	20
2.1.2 Usos del producto, bienes sustitutos y complementarios.....	20
2.1.3 Determinación del área geográfica que abarcará el estudio.....	21
2.1.4 Análisis del entorno	28

2.1.5	Modelo de negocios (Canvas).....	36
2.1.6	Metodología a emplear en la investigación de mercado	37
2.2	Demanda potencial.....	38
2.2.1	Data histórica del consumidor y sus patrones de consumo.....	38
2.2.2	Demanda mediante fuentes primarias	40
2.2.3	Demanda potencial.....	43
2.3	Análisis de la oferta.....	46
2.3.1	Análisis de la competencia.....	46
2.3.2	Participación de mercado de los competidores actuales	48
2.3.3	Competidores potenciales	49
2.3.4	Beneficios ofertados por los competidores directos	49
2.3.5	Análisis competitivo y comparativo (Matriz EFE).....	49
2.4	Determinación de la demanda del proyecto	50
2.4.1	Segmentación del mercado	50
2.4.2	Selección del mercado meta.....	57
2.4.3	Determinación de la participación de mercado para el proyecto	60
2.5	Definición de la estrategia de comercialización	58
2.5.1	Políticas por plaza	58
2.5.2	Publicidad y promoción	59
2.5.3	Análisis de precios	59
CAPÍTULO III: LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA		67
3.1	Identificación y análisis detallado de los factores de micro-localización .	67
3.1.1	Factores de micro-localización	67
3.2	Identificación y descripción de las alternativas de localización	71
3.3	Evaluación y selección de localización.....	72
CAPÍTULO IV: TAMAÑO DE PLANTA		66
4.1	Relación tamaño-mercado.....	66
4.2	Relación tamaño-recursos productivos	67
4.3	Relación tamaño-tecnología.....	68
4.4	Relación tamaño-punto de equilibrio.....	70
4.5	Selección del tamaño de planta.....	75
CAPÍTULO V: INGENIERÍA DEL PROYECTO		76
5.1	Definición técnica del producto	76

5.1.1	Especificaciones técnicas, composición y diseño del producto	76
5.1.2	Marco regulatorio para el producto	80
5.2	Tecnologías existentes y procesos de producción.....	81
5.2.1	Naturaleza de la tecnología requerida	81
5.2.2	Proceso de producción	88
5.3	Características de las instalaciones y equipos.....	105
5.3.1	Selección de la maquinaria y equipos	105
5.3.2	Especificaciones de la maquinaria	106
5.4	Capacidad instalada.....	111
5.4.1	Cálculo detallado del número de máquinas y operarios requeridos.....	111
5.4.2	Cálculo de la capacidad instalada	113
5.5	Resguardo de la calidad y/o inocuidad del producto	118
5.5.1	Calidad de la materia prima, de los insumos, del proceso y del producto	118
5.6	Estudio de impacto ambiental	120
5.7	Seguridad y salud ocupacional.....	122
5.8	Sistema de mantenimiento	106
5.8.1	Mantenimiento del pozo.....	106
5.8.2	Mantenimiento de la central.....	106
5.9	Diseño de la cadena de suministro	108
5.10	Programa de producción	109
5.11	Requerimiento de insumos, servicios y personal indirecto.....	110
5.11.1	Materia prima, insumos y otros materiales	110
5.11.2	Servicios: energía eléctrica, agua, vapor, combustible, etc.	111
5.11.3	Determinación del número de trabajadores indirectos.....	111
5.11.4	Servicios de terceros	112
5.12	Disposición de planta	113
5.12.1	Características físicas del proyecto	113
5.12.2	Determinación de las zonas físicas requeridas.....	113
5.12.3	Cálculo de áreas para cada zona	114
5.12.4	Dispositivos de seguridad industrial y señalización	116
5.12.5	Disposición de detalle de la zona productiva.....	117
5.12.6	Disposición general.....	118
5.12.7	Disposición general detallada	119

5.13	Cronograma de implementación del proyecto	120
CAPÍTULO VI: ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN		121
6.1	Formación de la organización empresarial	121
6.1.1	Misión	121
6.1.2	Visión	121
6.1.3	Valores	121
6.2	Requerimientos de personal directivo, administrativo y de servicios.....	122
6.3	Esquema de la estructura organizacional	124
CAPÍTULO VII: PRESUPUESTOS Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO		125
7.1	Inversiones	125
7.1.1	Estimación de las inversiones de largo plazo (tangibles e intangibles)	128
7.1.2	Estimación de las inversiones de corto plazo (Capital de trabajo)	132
7.2	Costos de producción	133
7.2.1	Costos de las materias primas	133
7.2.2	Costo de la mano de obra directa	133
7.2.3	Costo indirecto de fabricación	134
7.3	Presupuesto operativo	136
7.3.1	Presupuesto de ingreso por ventas	136
7.3.2	Presupuesto operativo de costos	138
7.3.3	Presupuesto operativo de gastos	139
7.4	Presupuestos Financieros	140
7.4.1	Presupuesto de Servicio de Deuda	140
7.4.2	Presupuesto de Estado Resultados	141
7.4.3	Presupuesto de Estado de Situación Financiera (apertura)	143
7.4.4	Flujo de fondos netos	145
7.5	Evaluación Económica y Financiera.....	149
7.5.1	Evaluación económica: VAN, TIR, B/C, PR.....	149
7.5.2	Evaluación financiera: VAN, TIR, B/C, PR	149
7.5.3	Análisis de ratios e indicadores económicos y financieros del proyecto ..	150
7.5.4	Análisis de sensibilidad del proyecto.....	151
CAPÍTULO VIII: EVALUACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO		152
8.1	Identificación de las zonas y comunidades de influencia del proyecto	152
8.2	Impacto en la zona de influencia.....	152

8.3	Impacto social del proyecto	152
8.3.1	Valor agregado	153
8.3.2	Relación producto/capital	155
8.3.3	Intensidad de capital.....	155
8.3.4	Densidad de capital	156
8.3.5	Productividad de la M.O	156
	CONCLUSIONES	157
	RECOMENDACIONES	159
	REFERENCIAS	160
	BIBLIOGRAFÍA	165
	ANEXOS	166



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Producción de electricidad 2005-2020	2
Tabla 1.2 Consumo de electricidad 2005-2020	2
Tabla 1.3 Déficit energético en la región sur del Perú, 2005 – 2020.....	3
Tabla 1.4 Indicadores económicos.....	6
Tabla 1.5 Valor presente neto	7
Tabla 1.6 Similitudes y diferencias referenciales R1	9
Tabla 1.7 Similitudes y diferencias referenciales R2	10
Tabla 1.8 Similitudes y diferencias referenciales R3	10
Tabla 1.9 Similitudes y diferencias referenciales R4	10
Tabla 1.10 Similitudes y diferencias referenciales R5	11
Tabla 1.11 Similitudes y diferencias referenciales R6	11
Tabla 1.12 Clasificación de los recursos geotérmicos en base a la temperatura	14
Tabla 2.1 PERÚ: Población Económicamente Activa Desocupada (PEAD)	25
Tabla 2.2 Índice Precio/Rendimiento para tecnologías de generación renovables.	33
Tabla 2.3 Modelo de Canvas	36
Tabla 2.4 Población histórica de la región sur del Perú.....	39
Tabla 2.5 Cálculo de la intención de compra.....	41
Tabla 2.6 Población en la región sur del Perú (habitantes)	44
Tabla 2.7 Consumo per cápita de las regiones de la zona sur del Perú (kWh/hab.)	44
Tabla 2.8 Demanda potencial	45
Tabla 2.9 Participaciones de las principales empresas comercializadoras	46
Tabla 2.10 Principales empresas generadoras	49
Tabla 2.11 Matriz EFE.....	50
Tabla 2.12 Producción de energía eléctrica en la región sur del país (GW.h).....	52
Tabla 2.13 Consumo de energía eléctrica en la región sur del Perú (detallada).....	53
Tabla 2.14 Cálculo del balance energético en la región sur del país (GW.h).....	54
Tabla 2.15 Cálculo de la demanda insatisfecha aparente Histórica (GW.h)	56
Tabla 2.16 Compilación de ecuaciones y coeficiente R2 por tipo de proyección ..	59
Tabla 2.17 Proyección de la DIA histórica (GWh)	60

Tabla 2.18 Precio medio de energía eléctrica por tipo de empresa y mercado.....	60
Tabla 2.19 Precio medio de electricidad por sector económico	61
Tabla 2.20 Precio medio de electricidad por sectores y actividad CIU.....	66
Tabla 2.21 Cálculo del promedio de precios de venta de energía para RER.....	66
Tabla 3.1 Índice de desarrollo humano departamental, provincial y distrital 2017	71
Tabla 3.2 Matriz de enfrentamiento.....	73
Tabla 4.1 Demanda estimada del proyecto. (2021 – 2035)	66
Tabla 4.2 Potencial de generación estimado en Área de Conservación regional ...	67
Tabla 4.3 Condición potencial cadena de conos volcánicos de la región Tacna	69
Tabla 4.4 Proveedores de turbinas menores a 5 MW	70
Tabla 4.5 Costos unitarios CAPEX para una Central Geotérmica de 5 MW	71
Tabla 4.6 Costos fijos estimados porcentaje de la inversión, según tecnología	71
Tabla 4.7 Cálculo de costos fijos estimados para Central Geotérmica de 5 MW...	72
Tabla 4.8 Cuadro resumen y selección del tamaño de planta	75
Tabla 5.1 Tipos de tecnologías en centrales geotérmicas	81
Tabla 5.2 Hidrocarburos utilizados en plantas ORC	86
Tabla 5.3 Matriz de enfrentamiento.....	87
Tabla 5.4 Ranking de factores	88
Tabla 5.5 Especificaciones técnicas de la turbina de vapor.....	106
Tabla 5.6 Especificaciones técnicas del generador.....	106
Tabla 5.7 Especificaciones técnicas del condensador	107
Tabla 5.8 Especificaciones técnicas de las redes de tuberías	107
Tabla 5.9 Especificaciones técnicas del sistema de extracción de gases.....	108
Tabla 5.10 Especificaciones técnicas del colector de vapor.....	108
Tabla 5.11 Especificaciones técnicas de torres de enfriamiento	109
Tabla 5.12 Especificaciones de válvula de pozo	109
Tabla 5.13 Especificaciones técnicas del silenciador	110
Tabla 5.14 Especificaciones técnicas del Separador ciclónico.....	110
Tabla 5.15 Clasificación y uso de energía geotérmica	119
Tabla 5.16 Matriz de aspecto e impacto ambiental	120
Tabla 5.17 Posibles fallas por equipos y acciones a tomar.....	107
Tabla 5.18 Regulación y supervisión de actividades del sector eléctrico en Perú	109
Tabla 5.19 Relación de puestos y salarios mensuales	112

Tabla 5.20	Análisis Guerchet para el área de productiva	115
Tabla 7.1	Costos de inversión para una central geotérmica de 10 MW	125
Tabla 7.2	Inversión en la etapa de inspección topográfica preliminar	126
Tabla 7.3	Inversión en la etapa de exploración	126
Tabla 7.4	Inversión en la etapa de perforación de prueba	127
Tabla 7.5	Inversión en la etapa de revisión y planificación del proyecto.....	127
Tabla 7.6	Inversión en la etapa de desarrollo de campo	127
Tabla 7.7	Inversión en la etapa de construcción	128
Tabla 7.8	Inversión en la etapa de arranque y puesta en servicio.....	128
Tabla 7.9	Inversiones tangibles	129
Tabla 7.10	Presupuesto de amortización de activos intangibles.....	131
Tabla 7.11	Costo mano de obra directa	133
Tabla 7.12	Costo de mano indirecta de fabricación.....	134
Tabla 7.13	Costo de servicio de agua potable	135
Tabla 7.14	Tarifario de energía.....	136
Tabla 7.15	Ingreso de ventas	137
Tabla 7.16	Presupuesto de costos	138
Tabla 7.17	Operativo de gastos.....	139
Tabla 7.18	Servicio de deuda.....	140
Tabla 7.19	Estados de resultados	141
Tabla 7.20	Situación financiera año 0	143
Tabla 7.21	Situación financiera año 1	144
Tabla 7.22	Fondos económicos	145
Tabla 7.23	Fondos financieros.....	147
Tabla 7.24	Resultados del flujo económico.....	149
Tabla 7.25	Resultados del flujo financiero	149
Tabla 7.26	Ratio de liquidez	150
Tabla 7.27	Ratios de solvencia	150
Tabla 7.28	Ratio de rentabilidad.....	150
Tabla 7.29	Análisis de sensibilidad por cambio de precio	151
Tabla 8.1	Valor agregado.....	154

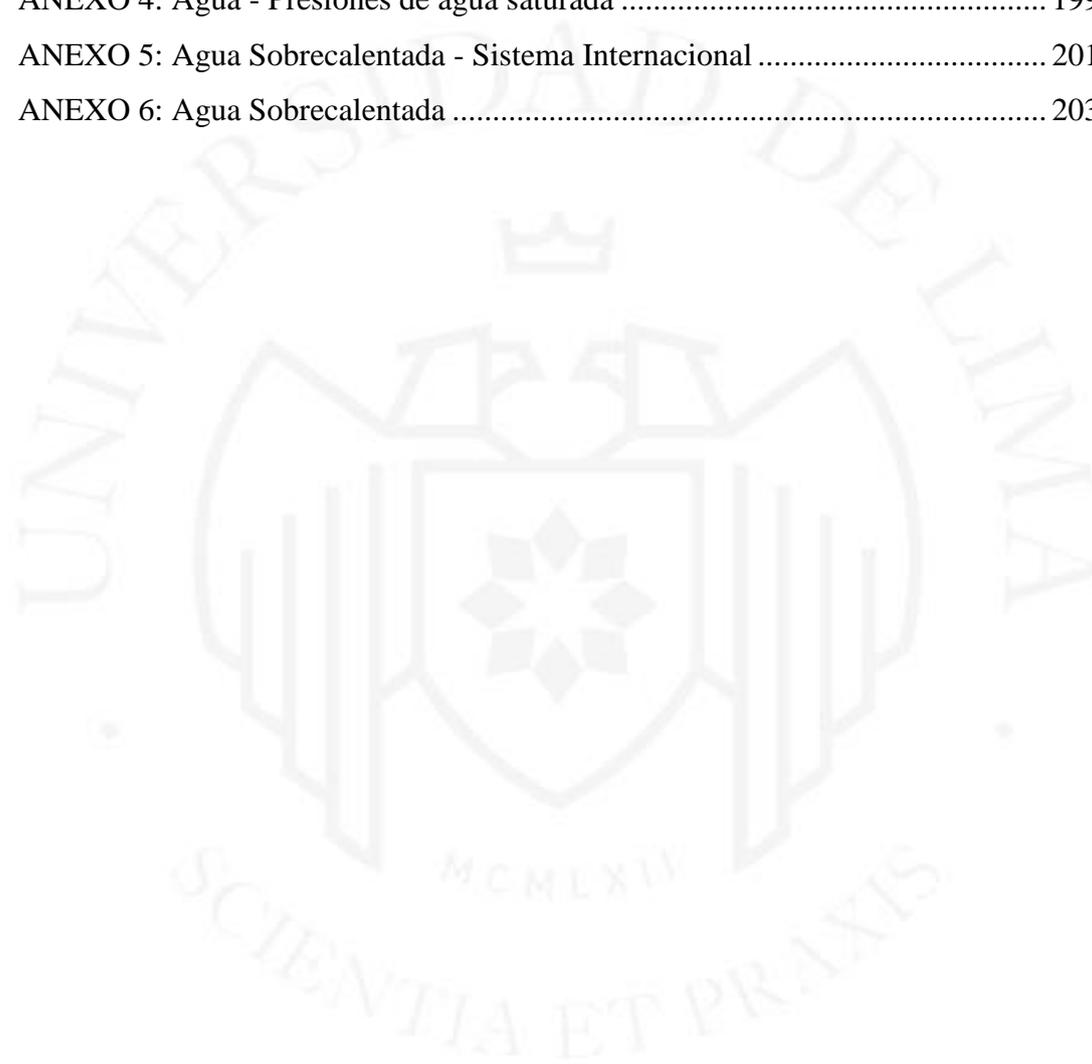
ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Corteza, manto y núcleo de la Tierra	12
Figura 1.2	Esquema de instalación de una planta geotérmica	15
Figura 1.3	Proceso de expansión súbita (single – flash).....	16
Figura 1.4	Diagrama de sistema geotérmico mejorado	16
Figura 2.1	Mapa geotérmico del Perú.....	23
Figura 2.2	Mapa geotérmico del sur del Perú	24
Figura 2.3	Mapa de población con acceso a red pública de agua.....	26
Figura 2.4	Mapa sísmico del Perú	27
Figura 2.5	Mapa de presencia volcánica y su influencia en un radio de 30 km	28
Figura 2.6	Porcentaje de la intención de compra.....	42
Figura 2.7	Cálculo de la intensidad de compra.....	42
Figura 2.8	Empresas del mercado eléctrico con mayor producción	47
Figura 2.9	Participaciones de las principales empresas generadoras.....	48
Figura 2.10	Proyección logarítmica.....	57
Figura 2.11	Proyección lineal	58
Figura 2.12	Proyección potencial	58
Figura 2.13	Proyección polinómica	59
Figura 2.14	Evolución del precio medio de energía eléctrica.....	60
Figura 2.15	Evolución del precio medio de energía por tipo de empresa	61
Figura 2.16	Precio medio de energía eléctrica por sectores económicos	65
Figura 3.1	Volcanes activos y potencialmente activos en la región sur del Perú ...	67
Figura 3.2	Líneas de transmisiones a nivel nacional	69
Figura 3.3	Red vial del sistema nacional de carreteras – SINAC.....	70
Figura 3.4	Manifestaciones geotermales en el departamento de Tacna.....	71
Figura 3.5	Provincias de Tacna.....	74
Figura 4.1	Mapa de zonas geotérmicas de la región Tacna	68
Figura 4.2	Determinación de precios firmes.....	73
Figura 4.3	Resultados de subastas: recursos energéticos renovables	73
Figura 4.4	Cálculo del promedio de precios venta de energía para RER en Perú ..	74

Figura 5.1 Mapa de ubicación de la zona geotermal de Calientes.....	78
Figura 5.2 Vista de una fuente termal de Calientes	79
Figura 5.3 Vista de una fuente de vapor de Calientes	79
Figura 5.4 Logo de la empresa a constituir “Geo Generation	80
Figura 5.5 Esquema conceptual del ciclo directo con condensación.....	82
Figura 5.6 Esquema conceptual de una planta de vapor simple flash	83
Figura 5.7 Esquema conceptual de una planta de vapor de doble flash	84
Figura 5.8 Esquema conceptual de una planta de ciclo binario.....	85
Figura 5.9 Esquema conceptual del ciclo orgánico de Rankine	86
Figura 5.10 Esquema conceptual de una planta de vapor simple flash	89
Figura 5.11 Diagrama de operaciones para la generación de energía eléctrica.....	90
Figura 5.12 Diagrama de bloques del proceso.....	104
Figura 5.13 Esquema simplificado de una central Single Flash	111
Figura 5.14 Principales componentes de una energía geotérmica	112
Figura 5.15 Diagrama de máquinas	113
Figura 5.16 Esquema de infraestructura eléctrica.....	108
Figura 5.17 Disposición de los dispositivos de seguridad industrial y señalética	116
Figura 5.18 Disposición general detallada de la zona productiva	117
Figura 5.19 Disposición general de planta generadora de energía geotérmica ...	118
Figura 5.20 Disposición general detallada de planta generadora de energía	119
Figura 5.21 Cronograma detallado de implementación del proyecto	120
Figura 6.1 Organigrama de la empresa.....	124

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Diseño y aplicación de entrevistas especializadas.....	167
ANEXO 2: Agua-Temperatura Saturada.....	195
ANEXO 3: Agua - Tabla de temperatura (Sistema Internacional).....	197
ANEXO 4: Agua - Presiones de agua saturada	199
ANEXO 5: Agua Sobrecalentada - Sistema Internacional	201
ANEXO 6: Agua Sobrecalentada	203



RESUMEN

En los últimos años, el crecimiento urbano descontrolado ha generado una serie de preocupaciones, una de ellas es la escasa generación sostenible de electricidad en el Perú para mantener dicho ritmo. Esta preocupación nos obliga a buscar nuevas alternativas de producción limpia para satisfacer la demanda creciente de energía eléctrica. El presente trabajo de investigación sustenta la geotermia como tecnología clave para lograr una transición energética confiable en el Perú.

El estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta generadora de energía geotérmica ubicada en la zona norte del departamento de Tacna permite evaluar la viabilidad técnica, económica, financiera, ambiental, social y de mercado para este medio de generación eléctrica alterna y renovable.

El proyecto nos muestra la problemática que posee la macro región sur del país, la cual cuenta con el mayor déficit energético, debido a que su consumo excede en creces a la producción eléctrica local. Gracias al estudio del mercado, se identifica el mercado objetivo para la planta geotérmica propuesta. Luego se identifican los principales factores para determinar la localización de la planta. Posteriormente se analizan los tipos de tamaño de planta y se determina la limitación correspondiente al tamaño tecnología con una capacidad de potencia instalada de 10 MW. Luego se definen los procesos de producción, la selección de maquinarias y equipos, las dimensiones de las instalaciones, la cantidad de personal y el sistema de mantenimiento. Además, se desarrolla la evaluación económica y financiera para determinar la viabilidad del proyecto de investigación cuya inversión requerida asciende a un monto de \$ 48 219 759,24 USD.

Palabras clave: geotermia, crecimiento poblacional, déficit energético, energía renovable, flujo térmico, entalpía, plantas flash.

ABSTRACT

In recent years, uncontrolled urban growth has generated a series of concerns, one of which is the scarcity of sustainable electricity generation in Peru to maintain this pace. This concern forces us to look for new clean production alternatives to meet the growing demand for electricity. This research work supports geothermal energy as a key technology to achieve a reliable energy transition in Peru.

The pre-feasibility study for the installation of a geothermal power plant located in the northern part of the department of Tacna allows us to evaluate the technical, economic, financial, environmental, social and market feasibility of this alternative and renewable means of electricity generation.

The project shows us the problems in the southern macro region of the country, which has the largest energy deficit, because its consumption far exceeds local electricity production. Thanks to the market study, the target market for the proposed geothermal plant is identified. The main factors for determining the location of the plant are then identified. Subsequently, the types of plant size are analyzed, and the limitation corresponds to the technology size with an installed power capacity of 10 MW is determined. Then, the production processes, the selection of machinery and equipment, the dimensions of the facilities, the number of personnel and the maintenance system are defined. In addition, the economic and financial evaluation is developed to determine the feasibility of the research project whose required investment amounts to \$ 48 219 759.24 USD.

Keywords: geothermal energy, population growth, energy deficit, renewable energy, heat flow, enthalpy, flash plants.

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

En este primer capítulo, se analizará los aspectos generales que se tendrán en cuenta para el desarrollo de una planta de energía geotérmica. Se empezará explicando la problemática que se vive en el Perú, específicamente en la zona sur del país, motivo por el cual, es necesaria la búsqueda de nuevas alternativas de producción limpia y eficiente. Seguidamente, se establecerán los objetivos generales y específicos considerando los diferentes aspectos del proyecto. A partir de ello, se plantea una hipótesis la cual se validará con el apoyo de diferentes conceptos de ingeniería.

1.1 Problemática

La energía geotérmica es una de las alternativas inexploradas en el territorio peruano, la cual puede postularse como una solución para “satisfacer la demanda creciente de energía eléctrica” (Jiménez Bulnes, 2018, p.5), ante un déficit creciente identificado en la Tabla 1.3, la misma que muestra el balance energético en la región sur del Perú. La búsqueda de nuevas tecnologías es imperativa, sobre todo al tratarse de una energía limpia y aplicable en dicha zona del país, demostrado por el Organismo Japonés de Cooperación Internacional (JICA), quienes evaluaron 61 posibles yacimientos geotérmicos, estimando así el potencial geotérmico peruano, que oscila alrededor de los 3000 MW (OSINERGMIN, 2021). A continuación, se muestran los datos referenciados que demuestran la problemática:

Tabla 1.1*Producción de electricidad 2005-2020*

Zonas	2005	2010	2015	2020
Total (GWh)	23,8	23,6	45,8	52,71
Norte				
Producción (GWh)	1,6	2,2	2,7	3,4
Participación (%)	6,72	9,32	5,90	6,39
Centro				
Producción (GWh)	16,6	16,2	37,8	42,0
Participación (%)	69,75	68,64	82,53	79,73
Sur				
Producción (GWh)	4,0	4,1	4,5	6,8
Participación (%)	16,81	17,37	9,83	12,91
Oriente				
Producción (GWh)	1,6	1,1	0,8	0,5
Participación (%)	6,72	4,66	1,75	0,97

Nota. Adaptado de *La Industria de la Electricidad en el Perú: 25 años de aportes al Crecimiento económico del país*, por Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2021

(<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/607055/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25años.pdf?v=1587592976>)

Tabla 1.2*Consumo de electricidad 2005-2020*

Zonas	2005	2010	2015	2020
Total (GWh)	20,6	29,7	39,8	52,1
Norte				
Consumo (GWh)	2,2	3,9	5,6	6,8
Participación (%)	10,68	13,13	14,07	13,03
Centro				
Consumo (GWh)	13,2	18	23,3	27,4
Participación (%)	64,08	60,61	58,54	52,67
Sur				
Consumo (GWh)	4,9	7,3	10,2	16,5
Participación (%)	23,79	24,58	25,63	31,77
Oriente				
Consumo (GWh)	0,3	0,5	0,7	1,3
Participación (%)	1,46	1,68	1,76	2,53

Nota. Adaptado de *La Industria de la Electricidad en el Perú: 25 años de aportes al Crecimiento económico del país*, por Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2021

(<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/607055/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25años.pdf?v=1587592976>)

Tabla 1.3*Déficit energético en la región sur del Perú, 2005 – 2020*

Macrozona Sur	2005	2010	2015	2020
Producción (GWh)	4	4,1	4,5	6,8
Consumo (GWh)	4,9	7,3	10,2	16,5
Déficit (GWh)	0,90	3,20	5,70	9,73

Nota. Adaptado de *La Industria de la Electricidad en el Perú: 25 años de aportes al Crecimiento económico del país*, por Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2021 (<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/607055/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anos.pdf?v=1587592976>)

La promoción de esta tecnología en nuestro territorio es necesaria debido a “la gran dependencia energética del petróleo y otros combustibles fósiles derivados” (Jiménez Bulnes, 2018, p.3), que tenemos en la matriz energética actual, la cual debe necesariamente direccionarse a una transición energética hacia tecnologías de generación más limpias y sustentables en el tiempo.

Las personas responsables e interesadas en el desarrollo de esta tecnología, como los entes que estén a cargo de supervisarlas, deben estar comprometidos con representar un punto de quiebre en cuanto al fomento de centrales de generación a partir de recursos renovables, además, deben ser consecuentes con la gestión sostenible del “agua, recurso estratégico para el siglo XXI” (Aguedo, 2005), insumo esencial para el funcionamiento de una central geotérmica.

Es así, como se propone la inversión de un proyecto de generación eléctrica que cubra el continuo crecimiento de la demanda energética en la región sur del país, como también, uno que impacte positivamente en la reducción de efectos contaminantes que se generan globalmente a causa de la obtención de energía eléctrica bajo métodos convencionales.

Asimismo, la importancia como tema de investigación de ingeniería industrial se encuentra en el proceso de producción e ingeniería del proyecto, ya que, al ser una tecnología innovadora y sostenible a escala global, se desarrollan procesos y mejoras en los sistemas y equipos a instalarse en la planta, que busquen elevar la eficiencia de esta.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Determinar la viabilidad técnica, social, ambiental, económica y financiera para la instalación de una planta generadora de energía geotérmica en la región sur del país como un medio de generación alterna, limpia y renovable.

1.2.2 Objetivos específicos

En cuanto a los objetivos específicos del proyecto de investigación, se determinaron los siguientes:

- Evaluar la viabilidad holística del proyecto, afín de satisfacer parcialmente el déficit energético identificado en la región sur del Perú, estableciendo las disposiciones generales de acuerdo con la normativa aplicable y vigente.
- Identificar y analizar las centrales que actualmente generan y comercializan energía eléctrica a partir de la metodología geotérmica, ya sea en la región o en un marco global.
- Evaluar la viabilidad tecnológica del proyecto, de acuerdo con las maquinarias y estructuras sistematizadas para el correcto funcionamiento de la planta.
- Evaluar la viabilidad económica y financiera del proyecto.
- Evaluar la viabilidad social e impacto ambiental del proyecto.

1.3 Alcance de la investigación

1.3.1 Unidad de análisis

El objeto de estudio es la energía geotérmica de generación eléctrica de 10MW.

1.3.2 Población

Para el alcance de la investigación, se considera como población objetivo a todos los consumidores, libres y regulados, de la red energética conectada al Sistema Eléctrico Integrado Nacional (SEIN) de la zona sur del Perú.

1.3.3 Espacio

El espacio geográfico de la investigación será la región sur del Perú, la cual está conformada por los departamentos de Arequipa, Ica, Moquegua, Puno, Apurímac, Ayacucho, Cusco y Tacna; sin embargo, se limitará a los cuatro últimos, los cuales cuentan con una presencia significativa de recurso geotérmico.

1.3.4 Tiempo

El estudio del presente proyecto será en un periodo de cuatro años calendario, el cual inicia en agosto del 2019 hasta el cierre de julio del 2023. Por otro lado, se realizará una proyección de veinte años operativos siendo el 2021 el año referencial cero.

1.4 Justificación del tema

1.4.1 Justificación técnica

La tecnología requerida para este proyecto es conocida en el medio; sin embargo, podrían existir materiales y dispositivos de alta especialización que deberán ser importados de ser necesario.

No se encuentra dificultad alguna por la indisponibilidad de equipos sino más bien por la falta de recursos humanos capacitados para su desarrollo y operación. La estructura básica del sistema de geotermia se puede sintetizar en los siguientes elementos: bombas, intercambiadores de calor, turbinas, generadores eléctricos, condensadores, torres de enfriamiento, tuberías especializadas según las presiones y profundidades a manejar, torres y redes de transmisión que conecten la central con la estructura de distribución eléctrica. (Olazábal Reyes & Apaza Apaza, 2014)

1.4.2 Justificación económica

Dentro de las consideraciones para el establecimiento del precio base para la energía eléctrica generada mediante la geotermia, se toma en cuenta una tasa interna de retorno (TIR) no menor al 12%, tal y como está definido en el “Plan Maestro para el Desarrollo de la Energía Geotérmica en el Perú” (Ministerio de Energía y Minas, 2012), respaldado por el

artículo 79 de la Ley de Concesiones Eléctricas. Además, es necesaria la búsqueda de tecnologías no convencionales que permitan la expansión capacitiva de la matriz energética peruana ante una demanda eléctrica creciente.

Por otro lado, OSINERGMIN calcula el precio base según sea el tipo de tecnología de generación de recursos renovables (El estimado más económicamente viable fue el proyectado con un precio de venta estándar por lo regular entre USD 0,04 y 0,10 por cada kWh, lo que ofrece el potencial de un negocio de energía económicamente atractivo (Ministerio de Energía y Minas, 2012), el tiempo de recupero de la inversión es relativa a la dimensión del proyecto implementado, puesto que los campos geotérmicos estudiados a la fecha presentan distintos potenciales de generación energéticos, lo cual podría llevar a un desarrollo mayor o menor según sea el caso; sin embargo, el mismo documento antes mencionado, es recurrente en mencionar que una de las ventajas principales es su viabilidad económica a pesar de su alta inversión inicial, ya que el ahorro se encuentra en los mínimos costos operativos en el horizonte del proyecto, debido a que no se consumen hidrocarburos que eleven dicho costo. En consecuencia, el coste de la energía a largo plazo no es costoso y tampoco se ve afectado por la fluctuación del precio internacional del petróleo o el tipo de cambio.

Por ello, la viabilidad económica de una central geotérmica dependerá de diversos factores entre los cuales priorizará la magnitud y capacidad de planta del proyecto, por ejemplo, para una planta que opera con el Ciclo Rankine Orgánico de 4,5MW se estima que los indicadores económicos serán los siguientes:

Tabla 1.4

Indicadores económicos

Indicadores Económicos	Sistema Geotérmico
Tasa de Descuento	11 %
VAN Económico	S/ 60 694 413,06
TIR	12%

Nota. De Dimensionamiento y selección de una central geotérmica basada en el ciclo Rankine orgánico ubicada en el yacimiento geotérmico Jesús María – Moquegua, por J.A. Jiménez Bulnes, Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, p. 130 (<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2978/BC-SES-TMP-1796.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

“En donde la inversión inicial es de S/. 56 000 000 y los ingresos anuales por venta de energía son de S/ 17 416 020, lo que demuestra que es un proyecto económicamente factible, atractivo para la inversión y rentable” (Jiménez Bulnes, 2018, p. 7).

Reafirmando lo sustentado por Jiménez Bulnes, existe otra referencia en dónde se visualizan las diferencias en los indicadores económicos, dependientes de la capacidad a instalar de la central misma, en ésta se realizan las comparaciones tanto del Valor Neto Presente como del TIR proyectado para tres suposiciones de instalación con capacidades de 10, 20 y 50 MW. Basado en los tres escenarios, se estima que resultarían en los siguientes valores:

Tabla 1.5

Valor presente neto

Capacidades	10 MW	20 MW	50 MW
VPN (USD)	\$ 1 009 191	\$ 13 852 198	\$ 122 592 762
TIR	11,2 %	12,8 %	13 %

Nota. De Propuesta para la localización, selección de maquinaria, selección de proveedores y distribución de una planta para la producción de energía eléctrica mediante el uso del recurso geotérmico, por J.D. Munevar Ortiz, 2012, Ingeniería Industrial
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13657/MunevarOrtizJuanDavid2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

En la tabla 1.5, se presenta un cuadro comparativo en el que se evidencia que, a mayor producción de MW, más rentable es el proyecto. En el caso de la planta de 50 MW, el retorno de la inversión tiene una duración de 8 años y medio cuyo valor presente neto es alto. (Munevar Ortiz, 2012).

1.4.3 Justificación social

Desde la perspectiva social, la explotación de recursos geotérmicos para la generación de energía es sostenible, ya que, además de contribuir al desarrollo social de las comunidades locales permanentemente, entra en la categoría de tecnologías necesarias para mitigar el cambio climático mundial. El desarrollo de un proyecto geotérmico genera un gran número de puesto de trabajos que se generan en distintas fases (inicio, exploración, perforación, diseño de planta y construcción, fabricación, operación y mantenimiento), por lo cual será necesario el soporte de profesionales de diversos

perfiles, tal como ingenieros, geólogos, geofísicos, abogados, personal administrativo, técnicos, entre otros.

Se ha calculado que se requiere la participación de entre 697 a 862 trabajadores desde la etapa inicial del proyecto hasta la entrega de este con la puesta en marcha de la planta. En la etapa inicial, se busca estudiar el recurso geotérmico y obtener los permisos correspondientes en la región a ubicar la planta, por lo que se cuentan de 10 a 13 trabajadores. En la segunda etapa, la de exploración, una de las más importantes ya que se requiere la experiencia técnica de perforación en la exploración y datos físicos siendo necesarios de 11 a 22 personas. La tercera etapa es la perforación de los pozos de producción, dicho proceso es multifacético por lo que se requiere de 91 a 116 trabajadores. En la cuarta etapa llamada Diseño de Planta y construcción es cuando se construye la planta lo cual es necesario de 383 a 489 trabajadores. En la etapa de fabricación es complementar las partes de la central geotérmica solicitando 192 a 197 trabajadores.

Finalmente, la etapa de operación y mantenimiento es cuando empieza funcionamiento de la central geotérmica, asimismo, se debe de mantener en condiciones óptimas para evitar futuras fallas en la operación por lo que se deberá de contar de 10 a 25 operarios. (Córdova Z, L., 2012)

1.4.4 Justificación ambiental

Desde esta perspectiva, la energía geotérmica es amigable con el medio ambiente, puesto que la emisión de gases de efecto invernadero es nulo. Esto se debe a los intercambiadores de calor, ya que al estar ubicados en la tierra o en las propias cimentaciones de los edificios, el vapor de agua liberado es aprovechado por las plantas. Las mínimas incidencias ambientales lo han convertido como una fuente atractiva para las políticas medioambientales que maneja el Estado. La Política Energética Nacional en Perú es indicada por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), cuyas diferentes normas y directrices ambientales están alineados al desarrollo sostenible.

Como claro ejemplo de lo expresado en el párrafo anterior, Islandia genera en su totalidad electricidad a base de energía renovables (71 % hidroeléctrica y 29% geotérmica). En la actualidad, es un exportador de energía verde, ya que buscan proyectar

su desarrollo infraestructural y unir su red de transmisión eléctrica con los países de Alemania, Reino Unido, Holanda y Noruega. Esta unión sería por medio de un cable submarino cuya longitud es de 1 200 a 1 900 km., según sea el país de destino. Más de 1.6 millones de hogares británicos contarán con energía renovable, agregado, la posibilidad de contar con una planta de energía geotérmica comercial en Cornwall. (Martínez Muñoz & Vigo Navarro, 2018).

1.5 Hipótesis de trabajo

La instalación de una planta generadora de energía geotérmica es factible, pues existen recursos que sustentan su viabilidad técnica, económica, financiera, social y de mercado para su desarrollo en la región sur del Perú.

1.6 Marco referencial

Peralta Quilla y Mirando Rodríguez (2017), realizan un estudio sobre energía geotérmica de las aguas termales de Putina y el uso de isobutano para la generación de energía eléctrica para la localidad de Putina.

Tabla 1.6

Similitudes y diferencias referenciales R1

Similitudes	Diferencias
<ul style="list-style-type: none"> • La construcción de los sistemas que constituyen la buena alternativa para el confort térmico de las viviendas 	<ul style="list-style-type: none"> • La tecnología empleada es diferente, dado que nuestro proyecto implica en la generación de energías eléctricas de alta potencia.

Tapia Huacoto (2016), desarrolla una investigación sobre fuentes termales geo-energéticas en Pisanacollo, Acora, Ollachea, Cuyo Cuyo, Loricongo y Puente Bello.

Tabla 1.7*Similitudes y diferencias referenciales R2*

Similitudes	Diferencias
<ul style="list-style-type: none"> Nuestra investigación estará basada en la zona sur del país dado que existe un gran potencial geotérmico cuyos comportamientos y condiciones geológicas son las más adecuadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Se centra en las regiones de Puno donde emergen las fuentes termales como Ollachea y Cuyo Cuyo. Estos serán utilizados como yacimiento geotérmico debido a sus altas temperaturas y mayores cantidades de sílices disueltas en el agua, lo cual es factible realizar el aprovechamiento de recursos geo energéticos.

Mantovani Escalante y Postigo Toledo (2016), presentan un estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta generadora de energía eólica.

Tabla 1.8*Similitudes y diferencias referenciales R3*

Similitudes	Diferencias
<ul style="list-style-type: none"> Son energías renovables cuyo aprovechamiento no implica el consumo de energía de materia prima. 	<ul style="list-style-type: none"> Tiene como fuente de energía el viento lo cual es aprovechada para generar electricidad. La producción de energía es irregular ya que depende de la velocidad y duración del viento

Cruz (2017), publica un estudio sobre energía geotérmica y su potencial en regiones del Perú.

Tabla 1.9*Similitudes y diferencias referenciales R4*

Similitudes	Diferencias
<ul style="list-style-type: none"> Señala la región sur del país con mayor potencial energético para el desarrollo de la tecnología relacionada. 	<ul style="list-style-type: none"> Se centra en justificar las posibles localizaciones de instalación de una planta geotérmica

Coronado (2018) publica un artículo sobre geotermia y propone una solución para que el sur genere y consuma su propia energía.

Tabla 1.10

Similitudes y diferencias referenciales R5

Similitudes	Diferencias
<ul style="list-style-type: none">• Hace énfasis los beneficios de la energía geotérmica	<ul style="list-style-type: none">• Se realizará en el departamento de Arequipa, específicamente en el valle de Colca

Sebastián Tames (2009) elabora un estudio de electrificación con energía solar plaza pública distrito de Llauta-Lucanas-Ayacucho.

Tabla 1.11

Similitudes y diferencias referenciales R6

Similitudes	Diferencias
<ul style="list-style-type: none">• Son energías renovables cuyo aprovechamiento no implica el consumo de energía de materia prima.• Situado en la región sur del país	<ul style="list-style-type: none">• Se realizará en el departamento de Ayacucho.• Tiene como fuente de energía el sol lo cual es aprovechada para generar electricidad.

1.7 Marco conceptual

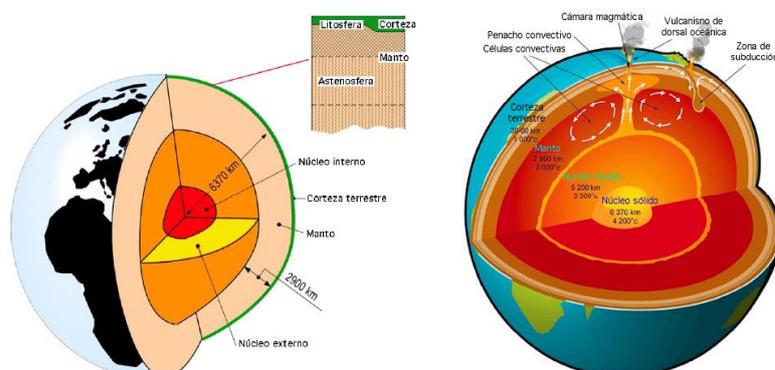
1.7.1 Desarrollo del marco conceptual

La energía geotérmica es una de las fuentes de energía renovable que se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre en forma de calor y ligada a volcanes, aguas termales, fumarolas y géiseres (Jiménez Bulnes, 2018).

De acuerdo con Díaz Herbas, “la energía geotérmica proviene del decaimiento de los isótopos radioactivos, principalmente de uranio, potasio y torio, presentes en el núcleo y manto de la Tierra. El decaimiento de estos átomos produce un flujo calórico que puede medirse en la superficie terrestre a razón de 82 [mW/m²], haciendo un balance en la superficie planetaria total se obtiene una liberación de energía equivalente a 42 000 [GW]” (Díaz Herbas, 2010, p. 10).

Figura 1.1

Corteza, manto y núcleo de la Tierra



Nota. De Energía Geotérmica, por P. Fernández Díez, 2002
(file:///C:/Users/rafay/Downloads/Formato_tesis_ulima_agosto2022.pdf)

La recuperación simultánea de toda esta energía no es factible, debido a numerosos obstáculos de explotación; sin embargo, una buena parte de esta, específicamente en zonas donde el flujo de calor es significativamente mayor, sí puede verse aprovechada, teniendo, en la mayoría de los casos, un gran impacto respecto a las necesidades energéticas del medio en donde se desarrolle.

La energía geotérmica es una fuente inagotable de energía, a diferencia de otros sistemas, en este no influyen las condiciones meteorológicas del momento (sol, viento, lluvia, etc.) por lo que podría operar los 365 días del año. (Martínez Muñoz & Vigo Navarro, 2018).

El funcionamiento de una central geotérmica se basa en la operación de un sistema que permita el flujo de materia y energía entre un campo geotérmico y la planta de generación misma. Para entender mejor lo anterior propuesto, se explican determinados conceptos relacionados a la tecnología geotérmica:

Sistemas o Campos Geotérmicos: Son estructuras mediante las cuales se puede utilizar energía geotérmica y constan de cuatro partes fundamentales:

- **Fuente de calor local:** Se trata de una zona en la que se encuentra un cuerpo de magma a muy alta temperatura (superior a 600°C) o intrusiones de roca fundida, relativamente cercanas a la superficie (en los bordes de placas tectónicas). Suele

encontrarse a menos de 10 km de profundidad, de tal modo que trasmite el calor a las rocas circundantes.

- **Zona de recarga de agua:** Es la zona donde ocurre la infiltración del agua, a través de las rocas permeables, para que pueda alcanzar la profundidad necesaria al ser calentada.
- **Reservorio o acuífero:** Es el volumen de rocas permeables ubicada a una superficie accesible, del cual se almacena el agua caliente o vapor, siendo estos los medios para la utilización del calor.
- **Cubierta impermeable o capa sello:** Es la capa que impiden la salida de los fluidos hacia el exterior del sistema. (Díaz Herbas, 2010, p. 12)

De acuerdo con la estructura geológica del sistema, se puede identificar cuatros tipos que serán expuestos a continuación.

- **Sistemas de agua caliente:** La temperatura del agua oscila entre 30 y 100°C y son utilizados en la industria agrícola y para calefacción.
- **Sistemas bifásicos de agua - vapor:** Denominados vapor húmedo de cual contiene agua a alta presión a temperaturas superiores a 100°C. Es el sistema geotérmico más común y utilizado en la actualidad, del cual logra alcanzar temperaturas de hasta 350°C.
- **Sistemas de vapor seco:** Dentro del reservorio se extrae el vapor sobrecalentado. Del cual es utilizado para la generación de energía renovable. Su temperatura puede variar entre 0 a 50°C y ubicados en Larderello y Monte Amiata (Italia), TheGeysers (California) y Matsukawa (Japón).
- **Sistemas de rocas secas calientes:** Son sistemas con rocas impermeables de tal modo que no hay circulación de fluidos que pueden transportar el calor. Se sigue haciendo estudios para extraer la energía de ambos sistemas. (Díaz Herbas, 2010, pp. 12-13).

Otro criterio para determinar la clasificación de un sistema o yacimiento geotérmico es la entalpía presente en estos, la cual está en relación directa con la temperatura medible en ellos.

Tabla 1.12*Clasificación de los recursos geotérmicos en base a la temperatura*

	Muffler y Cataldi 1978	Hochstein 1990	Benderitter y Cormy 1990	Rybach y Stegena 1988
Baja entalpía	< 90 °C	< 125 °C	< 100 °C	< 150 °C
Media entalpía	90 - 150 °C	125 - 225 °C	100 - 200 °C	-
Alta entalpía	> 150 °C	> 225 °C	> 200 °C	> 150 °C

Nota. De Utilización de la energía geotérmica - Documento Descriptivo, por Unidad de Planeación Minero-Energética, 2003

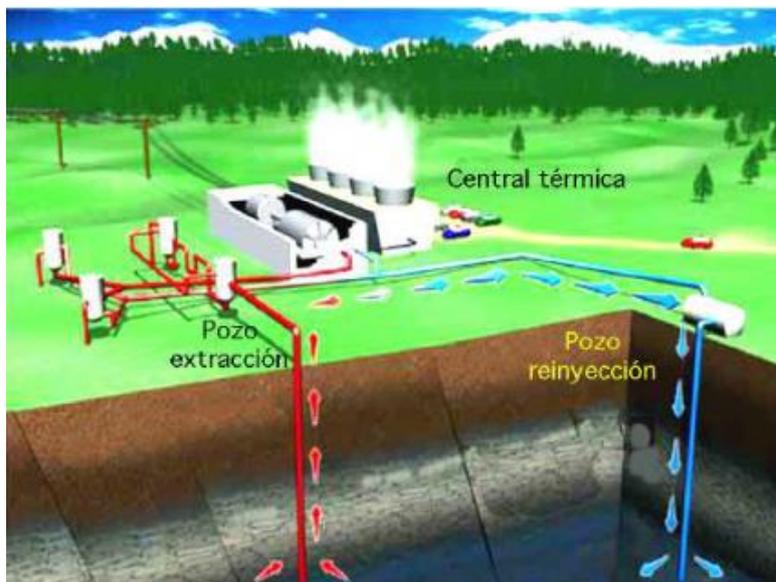
En relación con lo antes mencionado, es conveniente diferenciar las terminologías de grado y gradiente geotérmico, cuyo detalle conceptual se expresa a continuación:

- **Grado geotérmico:** Es el valor obtenido por la división del intervalo de profundidad bajo tierra y el intervalo de temperatura presente en dichas profundidades (Fernández Díez, 2002).
- **Gradiente geotérmico:** Es el número de grados centígrados que aumenta al profundizar 100 m en el interior de la corteza terrestre.

Según el autor Fernández, indica que “la temperatura podría variar por la conductividad térmica de las rocas, por el tipo de reacciones químicas que predominen en la zona, la presencia y concentración de elementos radiactivos que desprenden calor en su desintegración, y la proximidad de rocas eruptivas”. (Fernández Díez, 2002, p. 5).

Figura 1.2

Esquema de instalación de una planta geotérmica



Nota. De Energía Geotérmica, por P. Fernández Díez, 2002
(file:///C:/Users/rafay/Downloads/Formato_tesis_ulima_agosto2022.pdf)

Por ello, para la realización de un proyecto geotérmico es necesaria una etapa de estudio y exploración para validar efectivamente las zonas estratégicas y bajo qué metodologías de extracción y desarrollo se deberían contar para el momento de operación. Existen tres tipos de metodologías para implementar una planta geotérmica, que serán explicados a lo largo del proyecto, estos son la planta vapor seco, planta de vaporización flash, y planta de ciclo binario. (Díaz Herbas, 2010, p. 10).

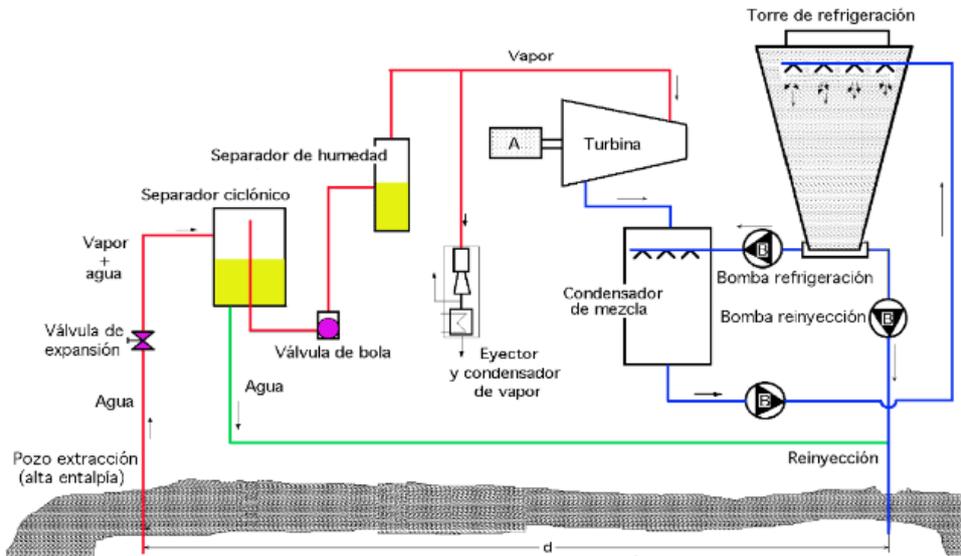
La propuesta de este proyecto radica en la utilización de una planta tipo single– flash, la cual extrae agua geotérmica a temperaturas incluso mayores a los 200°C que, de ser el caso, al extraerse y estar sometida a grandes cambios de presión, produce una expansión brusca de la misma, siendo esta la etapa representativa del proceso, llamada evaporación flash, posterior a ello, se separa la humedad gracias a un separador de vapor, llevando la parte gaseosa a la turbina y reinyectando lo restante en el acuífero inicial a través de un pozo de reinyección. Paralelamente, el vapor ingresado a la turbina acciona esta última que, al estar conectada a un generador eléctrico, produce este tipo de energía.

El líquido, aún caliente, proveniente de la turbina, pasa a un condensador de mezcla que bombea dicho fluido condensado a una torre de enfriamiento que a su vez alimenta parcialmente la ducha del condensador, generando un sub-ciclo del proceso. Finalmente,

parte del fluido proveniente de la torre de enfriamiento es reinyectado al acuífero, con el fin de mantener los parámetros de presión y temperatura de este (Fernández Díez, 2002).

Figura 1.3

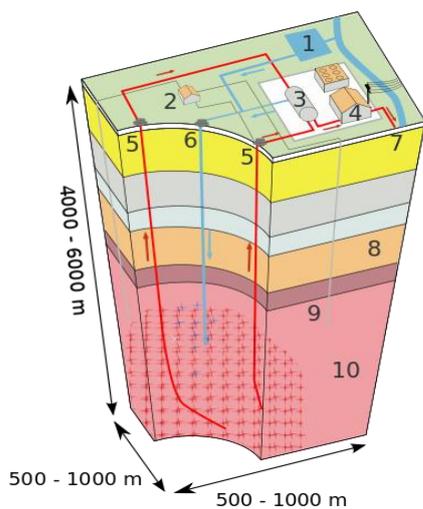
Proceso de expansión súbita (single – flash) con condensador de mezcla, y elementos auxiliares



Nota. De Energía Geotérmica, por P. Fernández Díez, 2002
[file:///C:/Users/rafay/Downloads/Formato tesis ulima agosto2022.pdf](file:///C:/Users/rafay/Downloads/Formato%20tesis%20ultima%20agosto2022.pdf)

Figura 1.4

Diagrama de sistema geotérmico mejorado



Legenda:

1. Depósito de agua.
2. Sala de bomba.
3. Intercambiador de calor
4. Sala de turbina
5. Pozo de producción
6. Pozo de inyección
7. Agua caliente para calefacción
8. Sedimentos porosos.
9. Pozo de observación.
10. Roca firme cristalina.

Nota. De Energía Geotérmica, por P. Fernández Díez, 2002
[file:///C:/Users/rafay/Downloads/Formato tesis ulima agosto2022.pdf](file:///C:/Users/rafay/Downloads/Formato%20tesis%20ultima%20agosto2022.pdf)

1.7.2 Glosario de términos

- **Balance energético geográfico:** Es la terminología que utilizamos para referirnos a la diferencia entre producción y consumo para un área geográfica determinada, durante un mismo período de tiempo.
- **Bifásico:** Está basado en dos tensiones eléctricas alternas desfasadas con una frecuencia 90° aplicado al sistema de producción y distribución de energía eléctrica. En un generador bifásico, el sistema está equilibrado y simétrico cuando la suma vectorial de las tensiones es nula (punto neutro).
- **COES:** Es un organismo de entidad privada que opera el sistema eléctrico peruano, su función principal es coordinar la operación de corto, mediano y largo plazo del SEIN (Generadores, Transmisores, Distribuidores y Usuarios Libres), al mínimo costo. Sus iniciales significan Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.
- **Déficit energético geográfico:** Refiere a la diferencia entre la producción y consumo cuando la última excede a la primera, para un área geográfica determinada
- **Doblete geotérmico:** Sistema de dos sondeos para explotación de recursos geotérmicos. Uno de ellos extrae el fluido y el otro lo reinyecta en el yacimiento geotérmico una vez extraído el calor.
- **Energía limpia:** Es aquella que, durante su producción, contamina mínimamente en comparación con otras, como la energía producida a partir de fuentes fósiles.
- **Entalpía:** Es una magnitud termodinámica, definida como “el flujo de energía térmica en los procesos químicos efectuados a presión constante cuando el único trabajo es de presión-volumen”, es decir, es el intercambio de energía en su entorno.
- **Flujo térmico:** Es la energía geotérmica que se evacúa en forma de calor hacia el exterior de la Tierra, lentamente, esto debido a la baja conductividad térmica de los materiales que componen la corteza terrestre.
- **Geotermia:** Para la geología, se define como el conjunto de fenómenos térmicos que tienen lugar en el interior de la Tierra, también es llamada así la ciencia que estudia estos fenómenos.

- **Gradiente geotérmico:** Es el incremento de temperatura desde la superficie hacia el interior de la Tierra, que origina un continuo flujo de calor desde el interior a la superficie.
- **Isótopos:** Son átomos cuyos núcleos atómicos tienen el mismo número de protones, pero diferente número de neutrones.
- **JICA:** Es la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, cuyas actividades, con una orientación hacia el trabajo de campo, promueven el desarrollo de la seguridad humana adoptando un enfoque de mayor eficacia, eficiencia y celeridad.
- **kW:** Es la unidad que se utiliza para medir la potencia eléctrica. Su unidad básica es el vatio (W), que equivale a un julio (J) por segundo. Un kW son 1000 W.
- **kWh:** Es la unidad que mide el consumo de energía en kilovatios hora, por lo tanto, 1kWh representa el consumo de 1 000 julios por segundo, durante una hora.
- **Matriz energética:** Es la representación cuantitativa de la totalidad de energía que utiliza un país y su procedencia según el tipo como nuclear, hidráulica, solar, eólica, biomasa, geotérmica o combustibles fósiles como el petróleo, gas o carbón.
- **MINEM:** Es el Ministerio de Energía y Minas de la República del Perú, ministerio del Poder Ejecutivo encargado del sector energético y minero del país.
- **MW:** El megavatio, es una unidad de potencia equivalente a un millón de vatios, los cuales, a su vez, suponen unidades producidas por una diferencia de potencia de un voltio y una corriente eléctrica de un amperio
- **OSINERGMIN:** Es el Organismo Superior de la Inversión en Energía y Minería, institución pública que representa al MINEM con el fin de supervisar que las empresas eléctricas, de combustibles y mineras cumplan las normas legales de las actividades que desarrollan.
- **Plantas Flash:** Es un tipo de planta que utiliza un sistema de tuberías para llegar a los depósitos subterráneos más profundos. El agua se encuentra en estado líquido a pesar de que su temperatura está por encima del punto de ebullición, esto se debe a la alta presión del depósito. Al subir a la superficie, la presión del agua disminuye y su temperatura se mantiene constante, lo que genera que el agua se evapore inmediatamente. A este proceso se le conoce como flash o flasheo.

- **Recurso geotérmico:** Es una zona del subsuelo terrestre cuyo calor puede ser aprovechado, cabe recalcar que, para esto, debe contar con la presencia de un fluido que la transporte y que, además, sea posible la perforación a una profundidad óptima en la que su explotación sea económicamente viable.
- **TIR:** La Tasa Interna de Retorno o TIR es la tasa porcentual que indica la rentabilidad promedio anual (o periódica, dependiendo de la periodicidad de los flujos) que genera el capital que permanece invertido en el proyecto, en caso se trate de una inversión. Para el caso contrario, que es de financiamiento, la TIR representa el costo promedio anual (o periódico) que se debe pagar por un determinado capital. (Arroyo & Vasquez, 2016, p. 74).
- **VAN:** El Valor Actual Neto o valor presente neto (VPN), es el valor actual de los beneficios netos que genera el proyecto hallado utilizando el COK, menos la inversión realizada en el periodo cero (Arroyo & Vasquez, 2016, p. 71).

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE MERCADO

2.1 Aspectos generales del estudio de mercado

2.1.1 Definición comercial del producto

El servicio por ofrecer en el mercado se posiciona como una oportunidad vigente de la sociedad actual, debido a que la energía geotérmica posee un valor de adquisición competitivo frente al resto de las tecnologías presentes en el mercado de recursos energéticos renovables y una significativa confiabilidad de operación. Esta propuesta a desarrollar por primera vez en el país expande las capacidades y rumbos de inserción de mayores y mejores proyectos de esta índole. Inicialmente se plantea definir el proyecto como uno de generación energética, más no sobre su transmisión y distribución, ya que se plantea contar con una conexión directa al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), conjunto de líneas de transmisión y subestaciones eléctricas conectadas entre sí que permiten la transferencia energética entre los diversos sistemas de generación eléctrica.

La normativa actual sobre el marco institucional del sector eléctrico en la República del Perú especifica que el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES) es quien se encarga de la planificación y coordinación de la operación del SEIN, mientras que el Ministerio de Energía y Minas (MEM), como ente rector del sector, es quien delegará las distintas acciones a organizaciones para el correcto desenvolvimiento de proyectos relacionados, tal como el otorgamiento de títulos habilitantes, la formulación y evaluación de políticas o la promoción de la inversión sostenible en el sector.

Debido a la naturaleza del proyecto en desarrollo, la empresa que hipotéticamente desarrollaría y operaría la planta geotérmica, “*Geo Generation*” se definiría como una empresa de generación extractiva industrial.

2.1.2 Usos del producto, bienes sustitutos y complementarios

El nivel de satisfacción que contempla los servicios generados por la energía geotérmica será continuo y sostenible en el tiempo. A continuación, se detallará el desagregado de beneficios.

A. Servicio principal

Es la energía eléctrica generada por la planta geotérmica, la cual cubrirá las principales demandas provenientes de las industrias aledañas, la iluminación pública y requerimientos oportunos. A continuación, se mencionan algunas ventajas principales respecto al uso de esta tecnología:

- La confiabilidad de operación, ya que su flujo de energía es constante e independiente de factores climáticos.
- Emite cero gases de efecto invernadero durante su horizonte de vida.
- No depende del costo de hidrocarburos.
- Utiliza una fuente renovable y mantiene una producción limpia, a comparación de las plantas de generación convencionales.

B. Servicio complementario

La eficiencia de generación energética bajo la metodología geotérmica es una de las más elevadas en el medio, siendo ésta la de mayor potencial renovable no aprovechado tanto en el país como en el mundo. Su transmisión y distribución final será bajo la estructura actual del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, su regulación y fiscalización supervisada por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, OSINERGMIN.

Las distintas ventajas diferenciales que ofrece esta tecnología van desde la confiabilidad de operación continua, los bajos costos por producción de kWh en el horizonte del proyecto, hasta la mínima emisión de CO₂ y contaminantes. Otros beneficios complementarios son:

- Contribuye al desarrollo de la zona, usualmente rural, en donde se plantea la edificación de sus plantas.
- Gracias a la tecnología disponible en la actualidad, se alcanzan mayores eficiencias de producción y menores impactos ambientales.

2.1.3 Determinación del área geográfica que abarcará el estudio

De acuerdo con la naturaleza de las zonas con potencial de desarrollo geotérmico, se postulan los siguientes factores como influyentes en la consideración de la ubicación de una

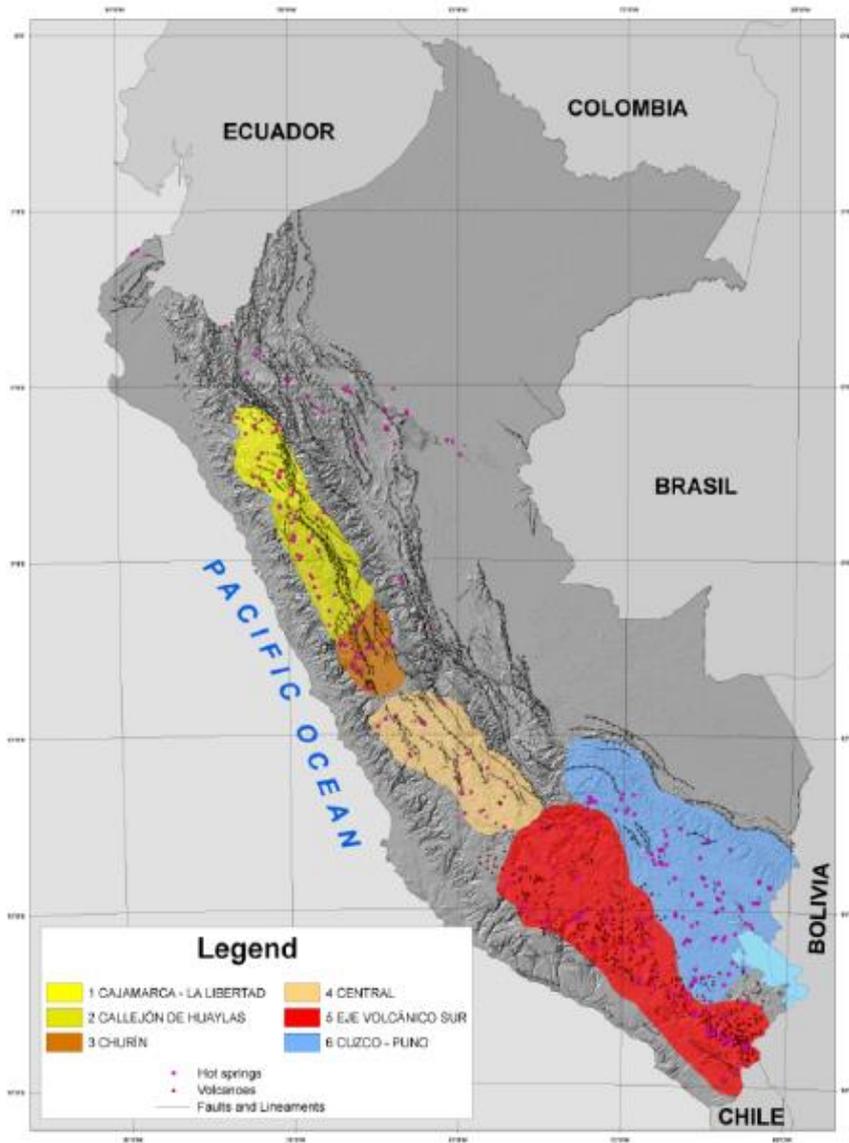
planta de este tipo; potencial de generación, disponibilidad de mano de obra, abastecimiento de agua, riesgo sísmico y presencia volcánica. A continuación, se expondrá a detalle la relevancia y vinculación de los factores antes mencionados.

A. Potencial de generación

Para este proyecto, la presencia de yacimientos geotérmicos en la zona geográfica a evaluar es el factor más importante, dado que los mismos se clasifican según su nivel de potencial térmico, concepto vinculado a la entalpía del recurso geotérmico, la misma que condiciona su capacidad de aprovechamiento. Estos pueden ser de baja, media y alta entalpía, de los cuales se pueden aprovechar instalaciones de sistemas geotérmicos como las plantas de vapor seco, plantas flash, plantas de ciclo binario y demás.

Figura 2.1

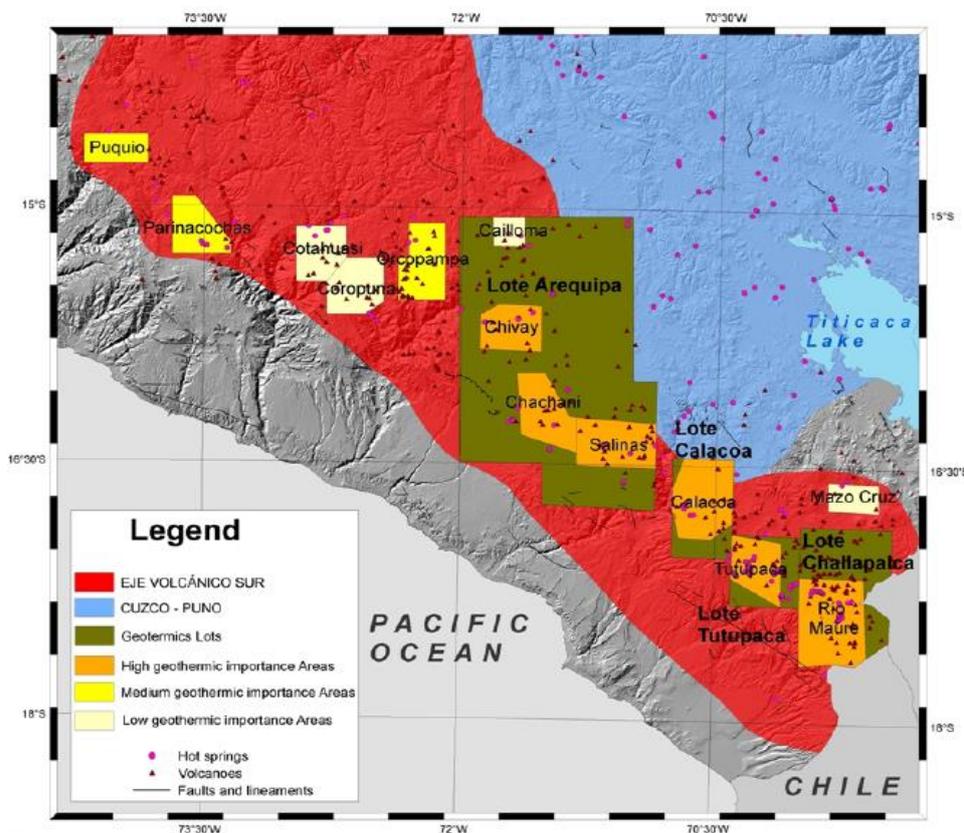
Mapa geotérmico del Perú



Nota. De *Geothermal Map of Perú*, por Victor Vargas & Vicentina Cruz, 2010 (https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2079/1/Vargas-Geothermal_map_of_Per%c3%ba.pdf)

Figura 2.2

Mapa geotérmico del sur del Perú



Nota. De *Geothermal Map of Perú*, por Victor Vargas & Vicentina Cruz, 2010 (https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2079/1/Vargas-Geothermal_map_of_Per%c3%ba.pdf)

De acuerdo con lo observado en las figuras 2.1 y 2.2 se concluye que las zonas con mayor potencial de desarrollo geotérmico están ubicadas en la macrozona sur del país, por lo que, al ser el factor de mayor relevancia o criticidad, se prevé que la decisión sobre la localización del proyecto residirá en el área mencionada.

B. Disponibilidad de mano de obra

Se busca identificar aquellas localidades que tengan una mayor oferta laboral disponible con el propósito de contratar personal calificado y tener un nivel óptimo de operatividad, para ello se evalúa la población económicamente activa desocupada. Se mostrará de manera detallada la evolución de los valores de este indicador para todos los departamentos del Perú.

Tabla 2.1*PERÚ: Población económicamente activa desocupada (PEAD), según ámbito geográfico 2008-2019*

Ámbito geográfico	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Total (Miles de personas)	697,2	688,9	645,5	641,4	600,3	643,6	599,5	579,1	706,6	704,8	686,3	697,4
Amazonas	3,7	2,8	2,2	2,4	3,8	3,9	3,7	3,2	3,3	3,8	2,8	2,5
Áncash	19,2	22,5	17,2	19,2	23,3	18,8	18,9	16,8	18,5	18,3	19,8	16,4
Apurímac	5,0	1,8	6,1	6,2	5,5	3,3	5,1	3,3	5,1	4,8	5,0	6,2
Arequipa	29,6	38,9	33,0	34,6	31,8	37,0	30,9	27,2	33,9	30,2	27,9	25,2
Ayacucho	7,9	8,6	13,4	8,3	12,8	12,2	11,1	10,1	12,7	11,7	8,0	8,7
Cajamarca	18,5	15,7	12,8	16,1	10,3	22,3	19,2	21,8	21,3	17,0	21,5	20,7
Prov. Constitucional Callao	36,1	27,3	26,6	35,2	33,9	22,0	31,7	26,0	33,5	36,8	40,1	30,1
Cusco	27,6	29,7	18,7	20,6	14,5	33,9	24,4	13,0	24,9	22,1	21,8	11,9
Huancavelica	2,6	3,8	2,4	6,8	4,9	5,0	3,5	1,3	3,1	6,6	7,8	8,4
Huánuco	12,0	11,1	13,8	11,9	13,7	13,4	8,7	10,2	10,4	14,3	9,0	11,1
Ica	18,1	21,3	17,5	16,3	21,3	13,7	13,1	11,2	9,8	12,0	8,9	10,7
Junín	28,0	25,7	32,1	24,4	16,8	16,8	22,0	21,5	30,0	15,2	18,1	14,0
La Libertad	29,3	38,6	35,3	32,2	36,7	45,5	42,7	33,9	32,3	29,2	35,7	52,6
Lambayeque	35,4	26,0	24,0	23,4	19,8	30,3	27,6	20,0	19,8	23,2	21,6	18,5
Lima	296,7	289,3	277,9	270,5	240,7	231,5	234,3	257,3	339,9	353,0	333,1	354,2
Provincia de Lima 1/	280,8	262,5	253,9	248,6	224,5	219,7	220,2	242,3	323,4	337,9	315,2	336,0
Región Lima 2/	15,9	26,8	24,0	22,0	16,2	11,9	14,1	15,0	16,5	15,1	17,9	18,2
Loreto	15,2	16,3	15,7	17,3	15,3	17,6	12,9	12,4	15,3	11,8	13,1	11,4
Madre de Dios	1,6	1,3	1,3	2,2	1,9	1,9	1,8	1,6	2,3	1,2	1,3	1,5
Moquegua	5,8	6,5	4,2	6,2	5,6	5,3	4,4	4,0	5,5	4,6	3,9	4,8
Pasco	6,5	4,9	5,1	6,0	6,6	7,5	5,9	7,7	6,8	6,9	6,3	7,4
Piura	45,9	45,3	41,4	32,3	30,4	48,2	30,5	25,6	28,6	25,7	28,7	28,7
Puno	21,6	13,3	13,4	17,9	18,4	22,4	21,7	26,1	25,0	24,3	26,5	29,0
San Martín	9,5	15,1	7,7	9,2	9,5	7,9	9,2	7,5	7,6	11,1	4,8	6,5
Tacna	7,6	11,2	9,3	8,3	9,6	7,6	4,8	7,0	7,0	7,8	5,4	6,2
Tumbes	6,0	5,5	7,1	6,5	6,1	7,1	5,2	4,6	4,6	5,8	7,1	5,2
(Ucayali	7,8	6,5	7,3	7,5	7,0	8,3	6,1	6,2	5,4	7,4	7,8	5,6

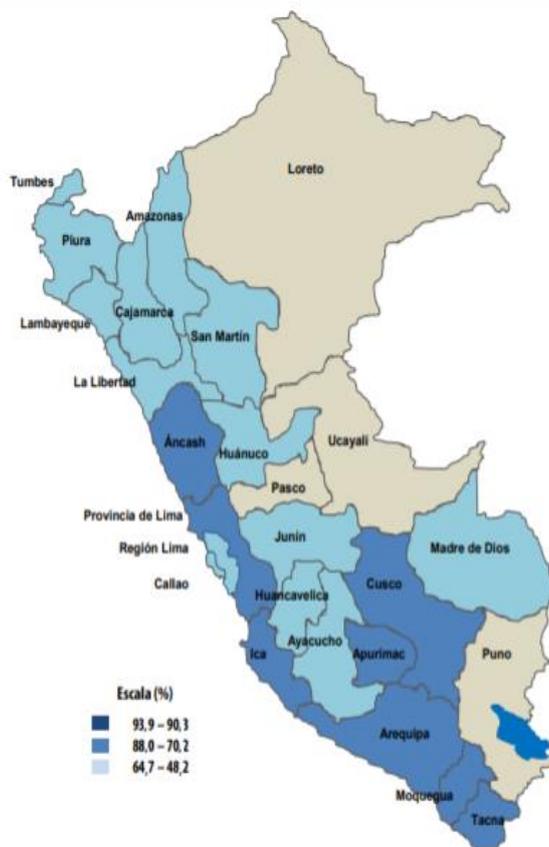
Nota. De Empleo, por Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022 (<https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/ocupacion-y-vivienda/>)

C. Abastecimiento de agua

Para la industria energética, el agua es un recurso esencial, ya que se requieren de grandes volúmenes del recurso hídrico, principalmente para la etapa de generación, teniendo en cuenta, además, que, debido a las características de la tecnología geotérmica, es imprescindible su utilización en el proceso productivo. Por tal motivo, la localidad donde se va a instalar la planta geotérmica debe contar con una red de agua potable con el fin de evitar tener problemas de abastecimiento.

Figura 2.3

Mapa de población con acceso a red pública de agua



Nota. De Perú: *Formas de acceso al agua y saneamiento básico INEI – 2016*, por Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2016

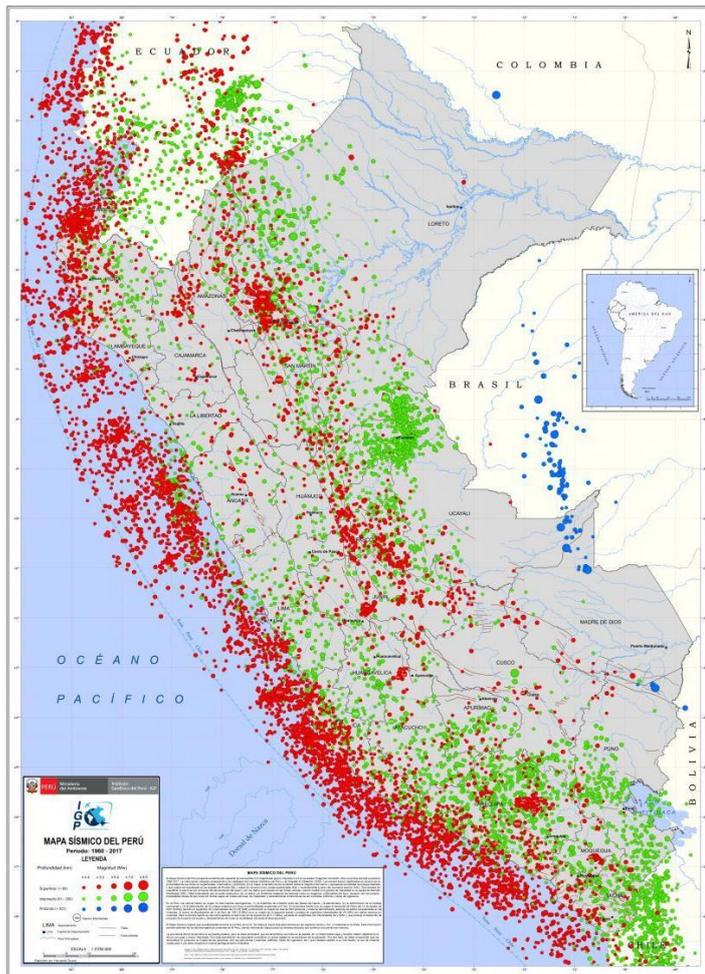
D. Riesgo sísmico

Es una estimación entre la vulnerabilidad de las construcciones y el peligro sísmico en algunas zonas de mayor riesgo. Se consideran dos factores vulnerables: el tipo de suelo

de la zona a evaluar y la infraestructura presente en la misma. A continuación, se presentará el mapa sísmico del Perú donde el color rojo representa zonas de alto riesgo, el verde zonas de bajo riesgo y el azul zonas de riesgo nulo.

Figura 2.4

Mapa sísmico del Perú



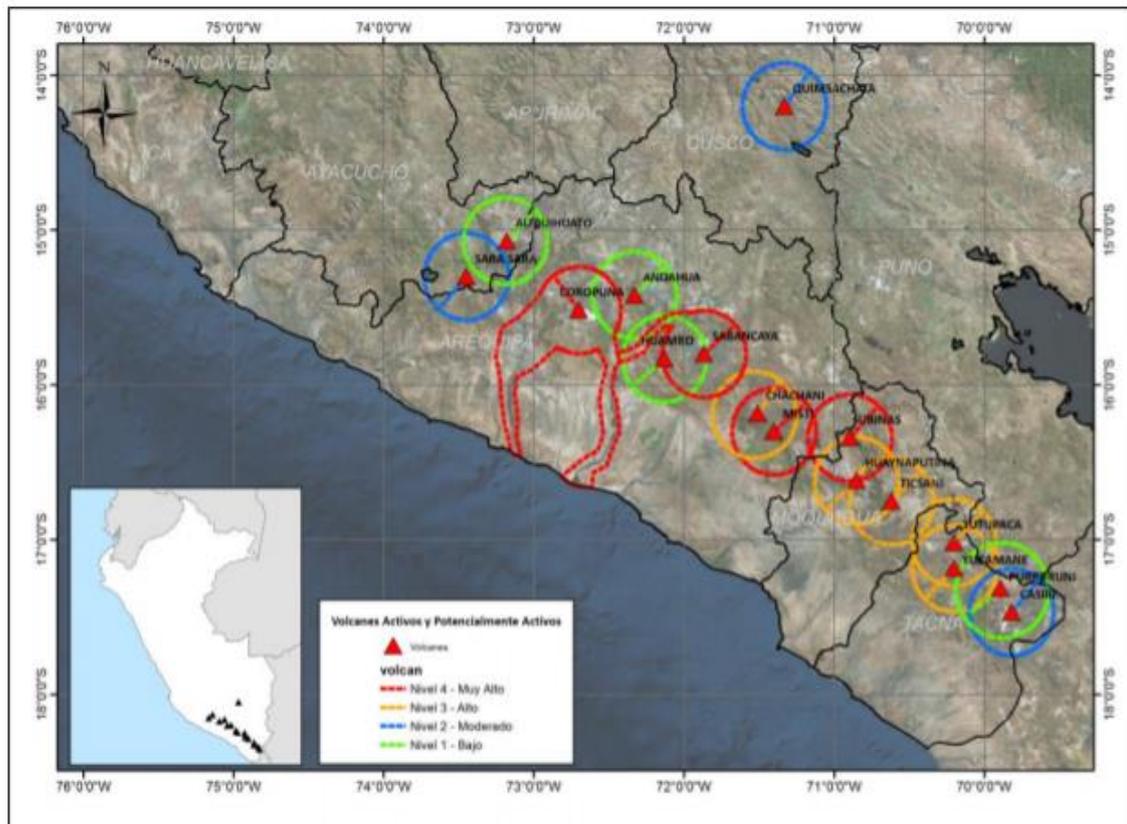
Nota. De Mapa Sísmico del Perú, por Instituto Geofísico del Perú, 2022

E. Presencia volcánica

La presencia volcánica está relacionada con un flujo de calor elevado, por lo que una alta presencia volcánica en la zona a evaluar indicaría una alta probabilidad de potencial geotérmico de alta entalpía. Según la figura 3.5, la zona sur del Perú es aquella que favorece el desarrollo y explotación de significativos sistemas hidrotermales y grandes manifestaciones superficiales en forma de fuentes termales, pozas de lodo y fumarolas.

Figura 2.5

Mapa de presencia volcánica y su influencia en un radio de 30 km



Nota. De Evaluación del riesgo volcánico en el sur del Perú: situación de la vigilancia actual y requerimientos de monitoreo en el futuro, por INGEMMET, 2016

Finalmente podemos concluir que el espacio geográfico de la investigación será la región sur del Perú, en el que se incluyen los territorios de Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cusco, Ica, Moquegua, Puno y Tacna, ya que dichos departamentos cuentan con un gran potencial geotérmico debido al eje volcánico, perteneciente al cinturón de fuego del Pacífico, presente en la misma región.

2.1.4 Análisis del entorno

A. Análisis del macroentorno (PESTEL)

Análisis político

La incertidumbre de la coyuntura política actual en el Perú, podría ser un factor determinante para el desarrollo de una tecnología geotérmica en el país.

Lo postulado se debe a las grandes diferencias situacionales que enrumbaría la nación posterior a la finalización de este gobierno de transición en el mes de julio del 2021, lo cual impactaría, en alguna medida, la voluntad de los inversionistas respecto al riesgo de trabajar su capital en nuestro territorio, como la consistencia del estado de promover el desarrollo de metodologías de extracción sobre un gran recurso como lo es el geotérmico.

Análisis económico

A lo largo de las últimas décadas, el Perú ha sido uno de los pocos países en la región que ha mantenido una tasa de crecimiento respecto a su producto bruto nacional en positivo; sin embargo, debido a la coyuntura global a causa de la emergencia sanitaria provocada por el COVID-19, se registró una contracción del 11,1% al cierre del año 2020.

Habiendo considerado la profundidad de la recesión en el 2020, se espera un rebote importante del 10.0% para el 2021, esto debido, principalmente a tres factores, consumo privado, inversión privada y un mayor gasto público por parte del gobierno (Banco Mundial en Perú, 2021). Esta proyección augura un mejor escenario para el sector energético respecto al último año, principalmente afectado por la dificultad añadida debido a la emergencia sanitaria en lo que respecta a la operatividad de sus instalaciones.

Análisis socio – cultural

La inestabilidad e incertidumbre política es tan sólo un síntoma de la gran polarización que se vive hace años en nuestra sociedad, esto producto de las grandes desigualdades generadas por un aparato estatal empobrecido y ausente en la amplitud de su territorio; sin embargo, estamos convencidos que el desarrollo de tecnologías como la relacionada a la generación geotérmica servirán de puente para unir las brechas ya existentes en la población.

Expresamos la idea anterior debido la gran capacidad de impacto de un proyecto de esta naturaleza en su zona de ejecución y alrededores, beneficiando con empleo, desarrollo infraestructural, oportunidades de negocio nuevas, sostenibilidad ambiental y desarrollo comunitario, a partir de la búsqueda de alianzas con un mismo horizonte, entre

el beneficiario privado y las comunidades adyacentes a la zona de extracción del potencial geotérmico.

Análisis tecnológico

La velocidad con el que la mejora tecnológica global avanza en materia de optimizar los procesos y hacer más eficientes los sistemas y maquinarias, es un factor que en lo que respecta al sector energético renovable, será de gran utilidad en el horizonte de los proyectos de esta índole, ya que se puede planificar una reestructuración de las instalaciones, en contraste de una liquidación total del hipotético proyecto geotérmico en desarrollo, esto ya se da, en algunos casos, convirtiendo sistemas binarios o de “simple-flash” en sistemas híbridos, obteniendo mayores eficiencias de conversión energética.

Un factor que debe ser considerado desde la etapa de planificación de un proyecto geotérmico a darse en el país, es sin duda, el reclutamiento y selección de mano de obra capacitada, que esté asociada a la tecnología como a los procesos integrales de operación, dado que en la zona geográfica en la que potencialmente se ejecutarían estos proyectos, no se cuenta con este recurso a cabalidad, es por ello que se plantea se elaboren planes especializados de reclutamiento, selección, y capacitación de todo personal ingresante.

Análisis ecológico

Siendo estricto con el concepto de ecología, como campo de estudio de la biología que estudia las relaciones de los seres vivos entre sí y con el medio en el que viven, el impacto ecológico negativo de la instalación de una planta geotérmica pasa principalmente por el proceso constructivo en mayor orden, al alterar el hábitat de las especies (tanto flora y fauna) pertenecientes a la zona de influencia; y durante la operación de esta, en donde se altera la calidad visual del paisaje y aquellas especies que no tengan la capacidad de adaptación a las interacciones caloríficas que mantenga la planta con su entorno. Situándose en el Perú, el recurso energético renovable o RER es fomentado bajo el siguiente marco normativo.

- El Decreto Legislativo N° 1002, Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el Uso de Energías renovables, publicado en mayo de 2008.

- Decreto Supremo N° 012-2011-EM, Nuevo Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables, publicado en marzo de 2011.
- Ley No 26848, Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos, publicada en julio de 1997.
- Decreto Supremo No 019-2010-EM, Aprueban nuevo reglamento de la Ley N° 26848, Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos, publicado en abril de 2010.
- Decreto Supremo. N° 072-2006-EM, Protección al ambiente, en el que señala todo titular de un derecho geotérmico tiene la obligación de velar por la seguridad y salud de sus trabajadores y de facilitar las inspecciones ordenadas por el OSINERGMIN o por la autoridad correspondiente.

Análisis legal

El Decreto Supremo No 064-2010-EM aprueba la Política Energética Nacional del Perú 2010-2040, cuya visión es satisfacer la demanda de energía de manera continua y eficiente respetando las normas ambientales. A continuación, se detallarán los objetivos de dicha política.

- a) Contar con una matriz energética diversificada, con énfasis en las fuentes renovables y la eficiencia energética.
- b) Contar con un abastecimiento energético competitivo.
- c) Acceso universal al suministro energético.
- d) Contar con la mayor eficiencia en la cadena productiva y de uso de la energía.
- e) Lograr la autosuficiencia en la producción de energéticos.
- f) Desarrollar un sector energético con mínimo impacto ambiental y bajas emisiones de carbono en un marco de Desarrollo Sostenible.
- g) Desarrollar la industria del gas natural y su uso en actividades domiciliarias, transporte, comercio e industria, así como en la generación eléctrica eficiente.
- h) Fortalecer la institucionalidad del sector energético.
- i) Integrarse con los mercados energéticos de la región, que permitan el logro de la visión de largo plazo.

Uno de los objetivos más importante es el objetivo f) ya que garantizará que se reduzca las emisiones de carbono alineados con los demás objetivos trazados por las organizaciones internacionales.

B. Análisis del sector industrial

Previo al planteamiento de estrategias a desarrollar en el medio, es necesario el estudio de las diferentes fuerzas potenciales a afectar en el mercado, por lo que se toma la metodología de Michael Porter como modelo de análisis vigente y explicado a continuación

Amenazas de nuevos ingresantes

La amenaza de nuevos ingresantes al mercado es relativamente baja por varias razones. En primer lugar, el alto nivel de inversión requerido para una planta de estas características, ya que, debido a la necesidad de perforar pozos y construir plantas de energía de gran capacidad, es bastante alto.

En un proyecto geotérmico – eléctrico los mayores gastos de inversión son la construcción de la planta, los componentes y equipos de misma y la perforación de los pozos de producción. El primer y segundo componente oscilan entre un 40 a 50% del total, en el que se incluye a las turbinas, generadores, condensadores, subestaciones eléctricas, redes de conexión, lavadores de vapor, sistemas de reducción de contaminación y la edificación como tal. Con respecto al tercer componente, desde la etapa de exploración en las que se incluyen las perforaciones de prueba se tiene un gasto aprox. de 10 a 15% de la inversión inicial hasta encontrar el pozo de producción que representa un 20 a 35% de la inversión total (Vicente V, O. y Núñez F, I., 2012).

En segundo lugar, la política gubernamental es otra dificultad para los potenciales nuevos ingresantes, ya que, en la etapa inicial, en la que se requiere explorar el recurso geotérmico, es necesaria la obtención de los permisos o concesión correspondiente de la región de interés exploratorio.

Rivalidad entre competidores existentes:

Se considera una rivalidad entre los competidores de nivel medio, ya que en el Perú no existen empresas que produzcan y/o comercialicen en un 100% a base de energía renovable; sin embargo, en contraste a esto, existen generadoras eléctricas bajo metodologías convencionales, que, desde el aspecto económico, pueden ser más agradables, en el corto plazo, para los inversores. El total de generación eléctrica para la matriz energética nacional al 2020 es 52 710 GWh, la cual está compuesta por energía hidráulica en un 48.4%, la energía a base de gas natural e hidrocarburos representa un 46,4%, la eólica 2% y la solar con 3,2% respectivamente. Se espera que el precio de las energías renovables siga haciéndose más competitivo, gracias a las tecnologías incipientes e incentivos del estado que ajusten su tarifa a estándares de mercado.

Tabla 2.2

Índice comparativo Precio/Rendimiento para las tecnologías de generación renovables

Energías renovables	P/R (US\$/kWh)
Biomasa	0,610
Geotérmica	0,807
Hidroeléctrica	0,490
Eólica	0,402
Solar	0,183
Promedio	0,498

Nota. De Reporte anual, por REN21, 2018

De acuerdo con la tabla 2.1, el reporte anual de 2019 del REN21 muestra el costo de electricidad para los proyectos de energías renovables realizados en 2018. Estas tecnologías compiten junto a la energía generada mediante combustibles fósiles, con precios entre US\$ 0,05/ kWh y US\$ 0,14/kWh.

Para que nuestro producto sea atractivo al mercado consideramos tener un valor del precio/rendimiento similar al promedio, para dicho objetivo se pretende comercializar con un precio de US\$ 0.5 /kWh cumpliendo con el objetivo planteado.

Amenaza de productos sustitutos:

Todo producto sustituto, será referido como aquella energía generada para el consumo libre o regulado mediante metodologías de energía no renovable, ya que, si bien es cierto,

se trata de metodologías que quedarán desfasadas en el tiempo, generan un producto con las mismas características que el de proveniencia geotérmica.

Es debido a esto, que la amenaza de productos sustitutos es muy alta, ya que, desde la perspectiva del consumidor final de electricidad, de no considerar los beneficios que la generación geotérmica tiene como contraparte a las no renovables, ofrecen el mismo producto.

Poder de negociación de los proveedores:

El poder de negociación de los proveedores es alto, debido a las grandes sumas de dinero destinado a la compra de maquinarias para la instalación de la planta, las cuales pueden tener especificaciones técnicas especializadas que refuercen la capacidad de los proveedores para negociar contratos. Dichas maquinarias representan aproximadamente un 5% de la inversión inicial.

Poder de negociación de los clientes

El poder de negociación de los clientes es medio, ya que la electricidad geotérmica presenta características y beneficios particulares subyacentes al producto final, por lo que a la vista de los clientes, puede significar una oportunidad singular de consumir electricidad a partir de un proyecto diferencial; sin embargo, debido a la naturaleza de la estructura del mercado eléctrico peruano, el consumidor final, sólo valorará dichos beneficios si su nivel de concientización ante el impacto climático de las energías convencionales, es alto.

2.1.5 Modelo de negocios (Canvas)

Tabla 2.3

Modelo de Canvas

Aliados Clave	Actividades Clave	Propuesta de Valor	Relaciones con los Clientes	Segmentos de los Clientes
<ul style="list-style-type: none"> - Proveedores de tecnología (máquinas de perforaciones, bombas, condensadores, turbinas entre otros), - Empresas de soporte, transmisión, distribución, y mantenimiento - Municipalidades locales y gobiernos regionales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión de suministros - Selección de personal - Capacitaciones l personal. - Servicio al cliente - Relación directa con los proveedores. <p style="text-align: center;">Recursos Clave</p> <hr style="width: 50%; margin: auto;"/> <ul style="list-style-type: none"> - Físico: Maquinarias. - Económico: Capital de inversión. - Recurso Humano: Personal capacitado. 	<ul style="list-style-type: none"> - La planta de generación de energía geotérmica busca satisfacer el déficit energético eléctrico creciente en la región sur del Perú, a través de un proyecto sostenible y amigable con el medio ambiente permitiendo ahorrar las pérdidas generadas por la transmisión y distribución de largas distancias, haciendo más eficiente la red energética del eje sur del país. Además, al tratarse de una generación libre de GEI, puede sustentar económicamente su proceso de descarbonización. 	<ul style="list-style-type: none"> - La atención post venta personalizada, garantizando una asesoría de conexión a la red para nuevos usuarios, la oferta de proyectos de autogeneración y servicios de rechazo de carga. <p style="text-align: center;">Canales de Distribución / Comunicación</p> <hr style="width: 50%; margin: auto;"/> <ul style="list-style-type: none"> - Canal Directo a través del área comercial. - Canal Indirecto a través de las empresas distribuidoras que comuniquen la adquisición de su energía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Empresas consumidoras de energía de la región sur del país que buscan el costo de la energía. - Empresas del sector minero con cercanía geográfica y altas demandas energéticas para sus operaciones.
Estructura de Costos		Flujo de Ingresos		
<ul style="list-style-type: none"> • Costo de producción y desarrollo: Mano de Obra Directa, Costos Indirectos de Fabricación. • Gastos: Administrativos y de ventas, Financieros. 		<ul style="list-style-type: none"> - La venta de la energía eléctrica geotérmica al precio pactado según el PPA (Power Purchase Agreement) o contrato de compraventa de energía, en castellano. - Proyectos de autogeneración renovables paralelos que sean solicitados por industrias dentro del mercado libre. 		

2.1.6 Metodología por emplear en la investigación de mercado

A. Método

La investigación se caracteriza por ser de método deductivo, dado que a partir de una hipótesis planteada se utilizaron diferentes datos estadísticos que puedan corroborar los puntos generales del estudio. Además, se realizaron varias entrevistas para profundizar en el tema con respecto a los pensamientos e intenciones de compra del servicio.

B. Técnica

El principal enfoque que se llevará en esta investigación será la técnica cuantitativa, dado que se recolectó una serie de información con respecto al modo de consumo, consumo per cápita, análisis de datos y progresión con el fin de determinar el déficit energético de la región sur del país.

C. Instrumento

El instrumento por usar será el cuestionario, que constará de 13 preguntas que permitirán saber el perfil del consumidor y su interés de compra.

D. Recopilación de datos

El proyecto de nuestra investigación se necesitó de la búsqueda de fuentes primarias y secundarias con la finalidad de enriquecer los conocimientos adquiridos. Entre las fuentes primarias se recurrió a entrevistas con personas especializadas en el tema, con respecto a las fuentes secundarias se utilizaron tesis físicas, digitales de distintas universidades del Perú, fichas terciarias, los papers y cuadros estadísticos fueron obtenidos de OSINERGMIN. Se recurrió a los artículos de revistas haciendo el uso de referencia y/o citas.

2.2 Demanda potencial

2.2.1 Data histórica del consumidor y sus patrones de consumo

Patrones de consumo: incremento poblacional, estacionalidad, aspectos culturales

La energía eléctrica consumida por el mercado eléctrico peruano está directamente relacionada con el incremento poblacional de las zonas geográficas que se encuentren bajo estudio; sin embargo, en el año 2020, se visualiza un ligero incremento en la producción de las principales empresas generadoras, esto, presumiblemente debido a la coyuntura sanitaria global que forzó a gran parte de la población nacional a permanecer en sus hogares, incrementando el consumo promedio por hogar; sin embargo, este incremento identificado ha sido sopesado por la para que algunas industrias tuvieron que realizar durante el periodo en mención.

El patrón de estacionalidad se puede visualizar en el detalle de consumo de clientes regulados de baja tensión, es decir, hogares y zonas de distribución en los que los consumos estén estrechamente vinculados con las estaciones del año y los aspectos culturales relacionados con las mismas. Por ejemplo, durante la temporada de invierno, se puede presumir un aumento de electricidad consumida por las viviendas, debido al uso de calefacción, duchas calientes y demás aspectos; sin embargo, durante la temporada de verano, existen consumos que compensen esa diferencia estacional, debido al uso de aire acondicionado, ventiladores o congeladoras. Es por ello, que concluimos que el análisis de consumo en una escala macro, queda inafectada de la estacionalidad del año.

A continuación, se muestra el detalle de la evolución e incremento de la población en la región sur del Perú para los últimos nueve años.

Tabla 2.4*Población histórica de la región sur del Perú*

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total	6 107 782	6 142 118	6 186 103	6 245 155	6 326 999	6 428 028	6 536 648	6 641 284	6 730 355
Apurímac	425 396	423 432	422 017	421 546	422 534	424 717	427 323	429 587	430 736
Arequipa	1 259 686	1 279 463	1 301 668	1 327 106	1 357 444	1 392 144	1 428 708	1 464 638	1 497 438
Ayacucho	645 093	643 788	643 251	644 322	647 794	653 101	659 061	664 494	668 213
Cusco	1 237 327	1 244 174	1 252 924	1 264 393	1 280 145	1 299 643	1 320 530	1 340 457	1 357 075
Ica	794 286	810 074	827 591	847 268	870 166	896 000	923 175	950 100	975 182
Moquegua	171 378	172 841	174 570	176 719	179 508	182 836	186 371	189 781	192 740
Puno	1 259 842	1 249 014	1 239 621	1 233 379	1 231 778	1 233 676	1 236 836	1 239 022	1 237 997
Tacna	314 774	319 332	324 461	330 422	337 630	345 911	354 644	363 205	370 974

Nota. Adaptado de *Población histórica del Perú*, por Instituto Nacional de Estadística e Informática - Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales, 2020

2.2.2 Demanda mediante fuentes primarias

A. Diseño y aplicación de encuestas u otras técnicas

La técnica aplicada serán las entrevistas a especialistas o relacionados al campo de la aplicación del proyecto, debido a la naturaleza de nuestra investigación. A continuación, se presentan el diseño y los resultados de estas.

“Estimado Especialista,

Somos alumnos de la Universidad de Lima, quiénes como parte de su trabajo de investigación final buscamos una realimentación a través de este medio como contraste de la información referenciada previamente, relacionada a nuestro proyecto que busca demostrar la viabilidad de la instalación de una planta generadora de energía geotérmica.”

Tema de Investigación: Estudio de pre – factibilidad para la instalación de una planta generadora de energía geotérmica.

Presentación del servicio ofrecido: Comercialización de energía eléctrica generada bajo la operación de una central geotérmica conectada al Sistema Eléctrico Integrado Nacional, base desde la cual, el servicio, los costos y operaciones estarían bajo supervisión estatal. Entre sus principales beneficios destacan la eficiencia energética, el bajo costo operativo y mantenimiento, la reducción del impacto ambiental y la alta independencia de generación.

1. ¿Qué alternativas de generación energética renovable conoce?
2. ¿Cuál cree usted que sea la de mayor aplicación a nivel nacional?
3. ¿Qué ventajas y desventajas establece usted para este tipo de metodología?
4. ¿Cuál cree usted que sea la de razón por la que el desarrollo geotérmico ha sido escaso a la fecha?
5. ¿Cuáles son los principales desafíos del sector geotérmico en la región para los próximos años?

6. ¿Cree usted que el gobierno debería ser el ente impulsador sobre el desarrollo de esta tecnología?
7. Si fuera así, ¿bajo qué estrategias?
8. ¿De qué manera cree usted que se beneficiaría el consumidor bajo la premisa de un consumo energético geotermal?
9. Teniendo en cuenta el estudio de potenciales geotérmicos a lo largo del territorio nacional, ¿Dónde justifica usted la instalación de una central energética de estas características?
10. Existen tres tipos principales de aplicación geotérmica: ciclo binario, bombas de calor, “flasheo” simple y doble; ¿Cuál considera usted sea la metodología más aplicable para una fuente térmica de alta entalpía?
11. Según INGEMMET, el potencial geotérmico nacional ronda los 2863 MW, ¿Conoce usted cuántos de estos han sido licenciados para su exploración / explotación a la fecha?
12. Desde el punto de vista de un inversor, ¿Estaría dispuesto usted a invertir en un proyecto de este tipo?

B. Resultados de la encuesta: intención e intensidad de compra, frecuencia, cantidad comprada

• **Intención e intensidad de compra**

A todas las personas entrevistadas, se les preguntó si estarían dispuestos a consumir la energía eléctrica generada por la geotermia.

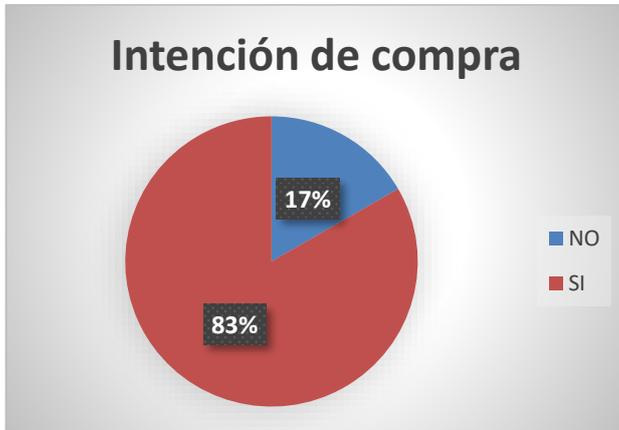
Tabla 2.5

Cálculo de la intención de compra

Respuesta	Cantidad	%
No	1	17%
Sí	5	83%
Total	6	100%

Figura 2.6

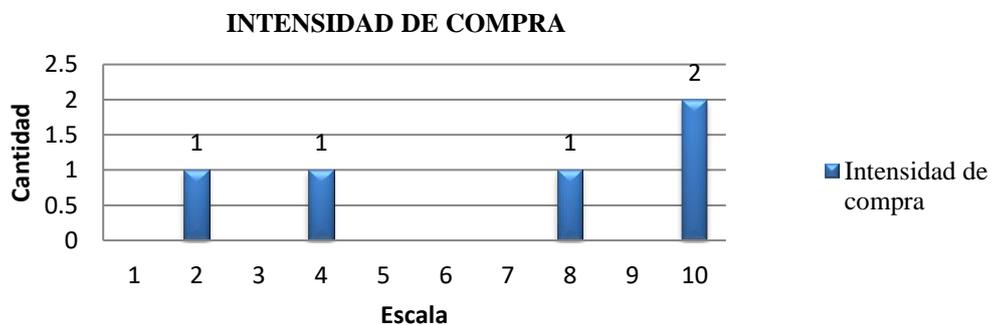
Porcentaje de la intención de compra



Los resultados mostrados por la serie de entrevistas realizadas nos indican que existe una fuerte intención de compra del servicio siendo un 83 %.

Figura 2.7

Cálculo de la intensidad de compra



Según el grafico, se observa que no solo existe una intensidad de compra promedio, sino también una intención de compra alta, la cual es medida en una escala del 1 al 10 siendo el 1 “probablemente lo compraría” y 10 “definitivamente lo compraría”. Es así, que encontramos un alto porcentaje en los valores de la escala (8 y 10). Posterior a ello, se realiza el promedio de las cantidades obtenidas, cuyo resultado es un promedio de 68% de intensidad de compra.

Según los entrevistados, afirmaron que sí estarían dispuestos a comprar la energía eléctrica geotérmica, debido a todos los beneficios de generación e impacto que tiene con el medio ambiente. La cantidad relativa por comprar o consumir sería todo el consumo eléctrico utilizado en sus hogares o industrias.

2.2.3 Demanda potencial

A. Determinación de la demanda potencial

Para el cálculo uniforme de la demanda potencial del proyecto, tomamos como datos iniciales la población total de los departamentos que conforman la región sur del Perú y el consumo per cápita por departamento, con lo que se estima la demanda potencial mostrada en la siguiente secuencia de tablas referentes a dichos datos.

Tabla 2.6*Población en la región sur del Perú (habitantes)*

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total	6 107 782	6 142 118	6 186 103	6 245 155	6 326 999	6 428 028	6 536 648	6 641 284	6 730 355
Apurímac	425 396	423 432	422 017	421 546	422 534	424 717	427 323	429 587	430 736
Arequipa	1 259 686	1 279 463	1 301 668	1 327 106	1 357 444	1 392 144	1 428 708	1 464 638	1 497 438
Ayacucho	645 093	643 788	643 251	644 322	647 794	653 101	659 061	664 494	668 213
Cusco	1 237 327	1 244 174	1 252 924	1 264 393	1 280 145	1 299 643	1 320 530	1 340 457	1 357 075
Ica	794 286	810 074	827 591	847 268	870 166	896 000	923 175	950 100	975 182
Moquegua	171 378	172.841	174 570	176 719	179.508	182 836	186 371	189 781	192 740
Puno	1 259 842	1 249 014	1 239 621	1.233 379	1 231 778	1 233 676	1 236 836	1 239 022	1 237 997
Tacna	314 774	319 332	324 461	330 422	337 630	345 911	354 644	363 205	370 974

Nota. Adaptado de *Población histórica del Perú*, por Instituto Nacional de Estadística e Informática - Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales, 2020

Tabla 2.7*Consumo per cápita de las regiones de la zona sur del Perú (kWh/hab.)*

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Promedio CPC (kWh/hab.)	2 181,35	2 289,48	2 273,84	2 463,24	2 864,12	2 960,16	3 075,30	3 271,45	3 354,57
Apurímac	268,18	288,11	215,10	442,30	2 560,33	3 004,25	2 808,86	3 033,06	2 977,53
Arequipa	2 054,61	2 076,77	2 185,10	2 040,40	3 908,17	3 983,26	4 114,31	3 670,72	3 773,79
Ayacucho	190,59	234,86	241,90	258,30	270,18	210,76	213,64	382,59	354,32
Cusco	818,75	1 036,30	1 061,80	1 650,10	1 597,22	1 683,70	1 791,35	1 849,69	1 946,76
Ica	2 780,07	3 119,23	3 027,30	3 116,80	3 059,91	3 261,11	3 465,00	3 273,58	3 476,13
Moquegua	10 367,28	10 493,58	10 361,30	11 076,70	10 357,98	10 321,05	10 975,66	12 612,40	12 921,24
Puno	312,37	336,77	346,20	357,30	367,61	386,35	392,43	518,63	531,04
Tacna	658,96	730,21	752,00	764,00	791,55	830,80	841,16	830,96	855,77

Nota. Adaptado de *Población histórica del Perú*, por Instituto Nacional de Estadística e Informática - Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales, 2020

Tabla 2.8*Demanda potencial*

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total, GWh	8 424 123	9 214 017	9 408 298	10 438 437	13 848 677	14 720 112	15 612 801	15 861 123	16 667 388
Apurímac	114 081	121 993	90 776	186 450	1 081 826	1 275 956	1 200 290	1 302 963	1 282 531
Arequipa	2 588 169	2 657 153	2 844 275	2 707 827	5 305 122	5 545 272	5 878 148	5 376 276	5 651 017
Ayacucho	122 947	151 202	155 602	166 428	175 021	137 648	140 802	254 229	236 761
Cusco	1 013 067	1 289 333	1 330 355	2 086 375	2 044 673	2 188 209	2 365 531	2 479 430	2 641 893
Ica	2 208 171	2 526 805	2 505 366	2 640 765	2 662 630	2 921 955	3 198 801	3 110 228	3 389 855
Moquegua	1 776 724	1 813 721	1 808 772	1 957 463	1 859 340	1 887 059	2 045 545	2 393 594	2 490 440
Puno	393 541	420 633	429 157	440 686	452 814	476 631	485 372	642 594	657 426
Tacna	207 423	233 178	243 995	252 442	267 251	287 383	298 312	301 809	317 467

2.3 Análisis de la oferta

2.3.1 Análisis de la competencia.

Los competidores generales de nuestro servicio ofertado son las empresas que generan y comercializan energía eléctrica para todo tipo de consumo, tanto para clientes libres o regulados; sin embargo, los competidores directos son las empresas generadoras de energía, cuya conversión energética se basa en la explotación de recursos energéticos renovables, RER (solar, eólica, biomasa entre otros), quienes de acuerdo con la naturaleza de su generación se asemejan al modelo de negocio de nuestra propuesta de planta de generación geotérmica. A continuación, se muestran las principales empresas generadoras que comercializan energía eléctrica en el mercado eléctrico peruano, algunas de estas son:

Tabla 2.9

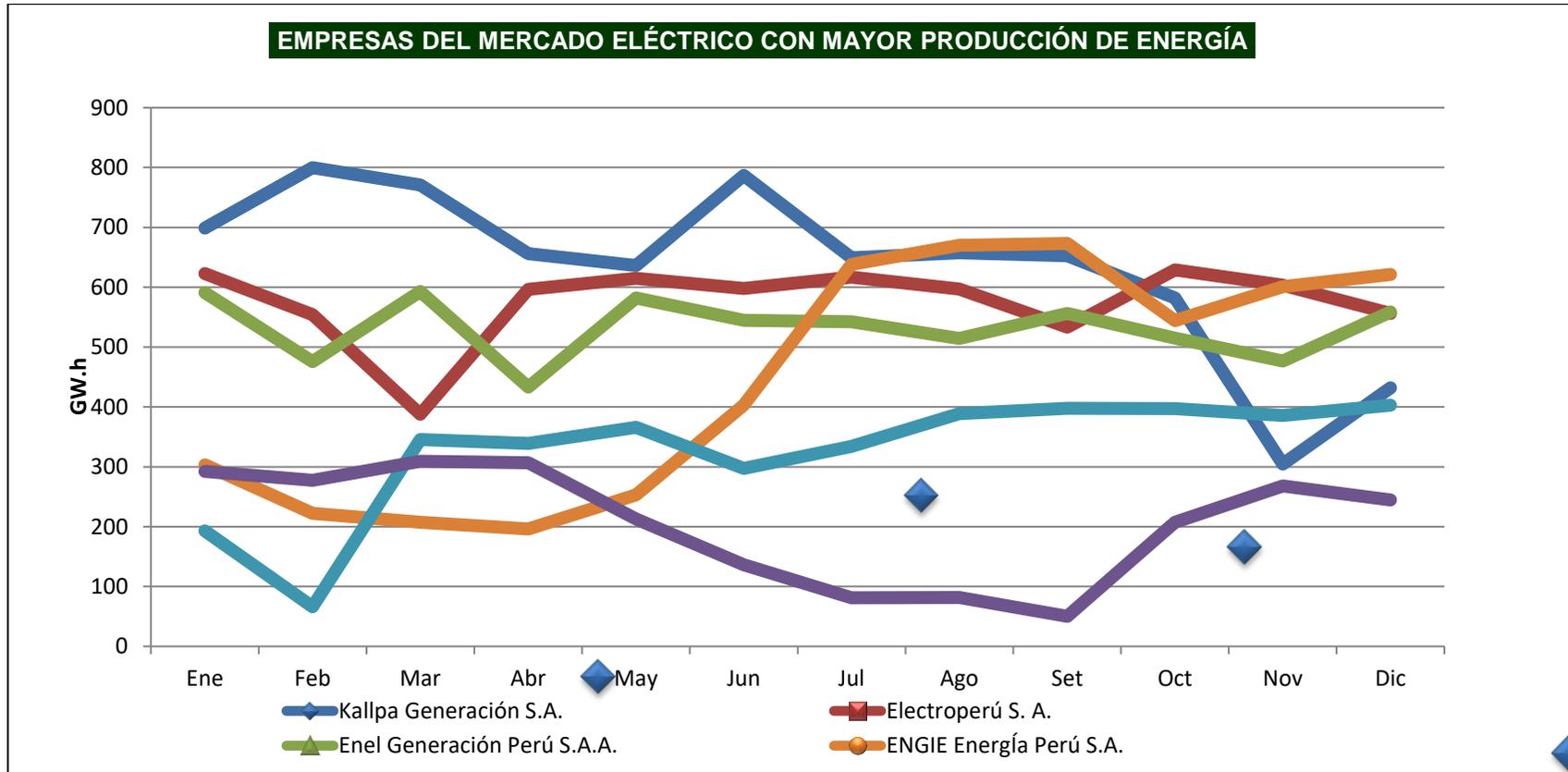
Participaciones de las principales empresas comercializadoras

Principales empresas generadoras	Producción (GWh)	Participación (%)
Total	52 317,01	100,00
Kallpa Generación S.A.	7 627,21	14,58
Electroperú S. A.	6 909,73	13,21
Enel Generación Perú S.A.A.	6 382,76	12,20
ENGIE Energía Perú S.A.	5 333,66	10,19
Fénix Power Perú S.A.	3 913,53	7,48
Empresa de Generación Huallaga S.A.	2 467,92	4,72
Statkraft Perú S.A.	2 391,53	4,57
OrazulEnergy Perú S.A.	2 098,96	4,01
Termochilca S.A.	1 791,70	3,42
Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A.	1 285,49	2,46
Chinango S.A.C	1 248,28	2,39
Compañía Eléctrica El Platanal S.A.	1 126,37	2,15
Emp. de Generación Eléctrica de Arequipa S. A.	1 041,58	1,99
ENEL Green Power Perú S.A.	896,92	1,71
Empresa de Generación Eléctrica San Gabán S. A.	804,32	1,54
Inland Energy S.A.C.	618,01	1,18
Enel Generación Piura S.A.	608,20	1,16
Parque Eolico Tres Hermanas S.A.C.	465,69	0,89
Energía Eólica S.A.	414,66	0,79
Empresa de Generación Huanza S.A.	392,63	0,75
Otras	4 497,87	8,60

Nota. Adaptado de *Principales empresas comercializadoras de energía*, por Ministerio de Energía y Minas, 2018

Figura 2.8

Empresas del mercado eléctrico con mayor producción



Nota. Adaptado de Principales empresas comercializadoras de energía, por Ministerio de Energía y Minas, 2018

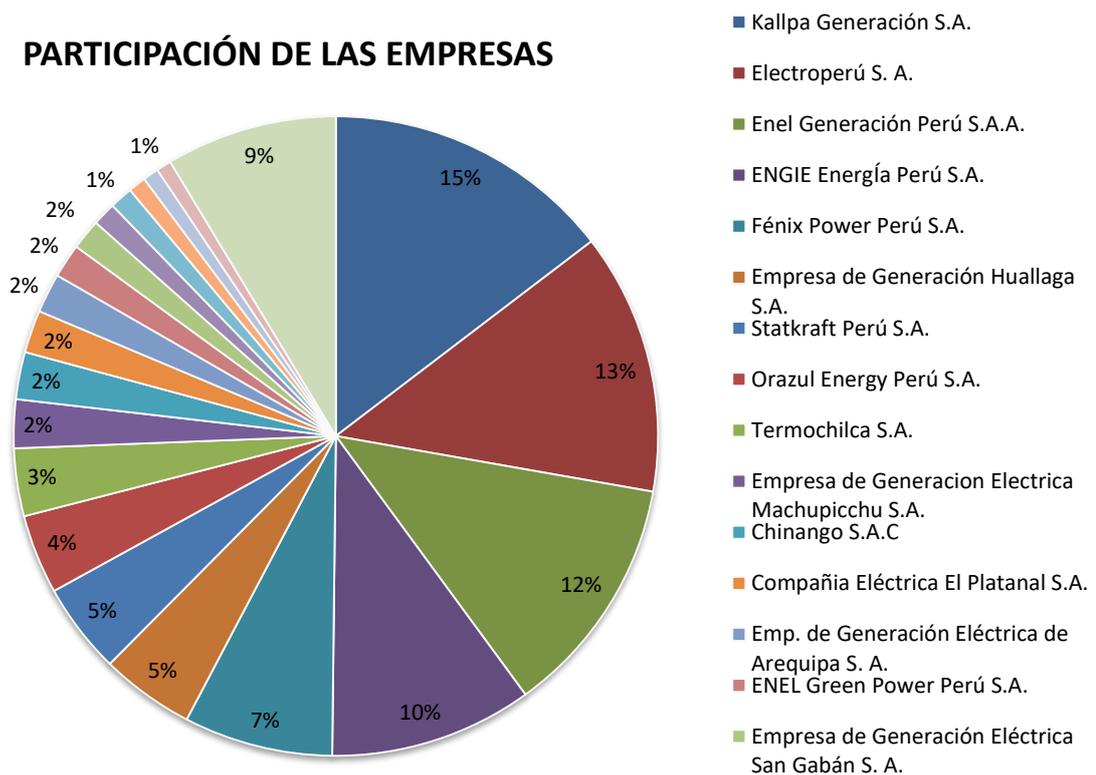
Como podemos visualizar en la figura 2.7, referente a las empresas del mercado eléctrico con mayores producciones de energía eléctrica en el 2018, se logra establecer un patrón inicial marcado por la relación entre las participaciones empresariales en el mercado y su nivel de producción energética; sin embargo, a fines del período anual se contrasta con el declive productivo de *Kallpa generación* y el aumento notorio en la más inusual de las curvas perteneciente a *ENGIE Energía Perú S.A.*

2.3.2 Participación de mercado de los competidores actuales

A continuación, se muestran las participaciones de las principales empresas generadoras de energía en el mercado eléctrico peruano al año 2018:

Figura 2.9

Participaciones de las principales empresas generadoras



Nota. Adaptado de *Principales empresas comercializadoras de energía*, por Ministerio de Energía y Minas, 2018

La empresa generadora con mayor participación en el mercado es Kallpa Generación SA, la cual ha liderado este mercado durante la última década. Por otro lado,

se tiene a ENGIE Energía Perú S.A como la empresa generadora que mayor crecimiento, respecto a su cobertura de mercado, ha tenido en los últimos años.

2.3.3 Competidores potenciales

Los principales competidores de nuestro servicio son las empresas generadoras y comercializadoras de energía eléctrica; cuyas tecnologías de generación radiquen en el uso de recursos energéticos renovables, RER (solar, eólica, biomasa entre otros), ya que satisfacen las mismas necesidades y brindan beneficios semejantes al de una planta geotérmica. Un potencial competidor incipiente es la posibilidad de adaptación de generadores termoeléctricos al consumo de hidrógeno verde como combustible, posibilidad que cada vez toma más fuerza en los mercados eléctricos globales.

2.3.4 Beneficios ofertados por los competidores directos

Entre sus principales competidores son aquellas empresas generadoras no convencionales cuyo acceso al mercado tiene a su alcance.

Tabla 2.10

Principales empresas generadoras

Principales empresas generadoras	Producción (GWh)
Kallpa Generación S.A.	7 627,21
Electroperú S. A.	6 909,73
Enel Generación Perú S.A.A.	6 382,76
ENGIE Energía Perú S.A.	5 333,66

Nota. De *Reporte Estadístico*, por Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2018

2.3.5 Análisis competitivo y comparativo (Matriz EFE)

A continuación, se realizará el siguiente análisis comparativo.

Tabla 2.11*Matriz EFE*

	Peso	Calificación	Puntaje
Oportunidades			
Total	-	-	1,670
<ul style="list-style-type: none"> • La energía geotérmica es una fuente renovable, donde el núcleo de la tierra constantemente genera calor debido a la descomposición radioactiva. 	0,167	3	0,501
<ul style="list-style-type: none"> • Generar un flujo constante de producción de energía a lo largo del año. 	0,167	3	0,501
<ul style="list-style-type: none"> • Las centrales geotérmicas poseen un factor de disponibilidad mayor frente a otras centrales. 	0,167	4	0,668
Amenazas			
Total	-	-	1,163
<ul style="list-style-type: none"> • El recurso no está presente en todos los lugares del mundo, solo en zonas donde existe actividad volcánica. 	0,167	2	0,334
<ul style="list-style-type: none"> • Las centrales geotérmicas presentan inversiones elevadas y largo ciclo de desarrollo del proyecto 	0,167	2	0,334
<ul style="list-style-type: none"> • Las centrales geotérmicas necesitan un correcto mantenimiento de las instalaciones, ya que si no son aprovechados de la forma adecuada pueden agotarse en pocos años. 	0,165	3	0,495

2.4 Determinación de la demanda del proyecto

2.4.1 Segmentación del mercado

Para el cálculo de la Demanda Interna Aparente, referida desde ahora como DIA, se recurrió a los datos registrados en los anuarios estadísticos del MEM (Ministerio de Energía y Minas).

Considerando que en el mercado eléctrico peruano no se han realizado exportaciones ni importaciones eléctricas considerables en el período del 2012 al 2020, para efectos del cálculo de la DIA, se tomaran como despreciables, por lo que la producción de energía eléctrica en la región sur del país para ese período será considerada como el valor final de dicha demanda.

A continuación, el desarrollo de las tablas de producción y consumo eléctrico, seguida del balance energético por departamento y la conclusión de la Demanda Insatisfecha Aparente, originada a partir del déficit de la problemática original de la investigación, la cual proyectaremos para adecuar el ajuste de la demanda final del proyecto.

Tabla 2.12*Producción de energía eléctrica en la región sur del país (GW.h). Demanda Interna Aparente*

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total	3 974,96	4 641,34	3 725,68	4 469,61	6 468,34	7 072,65	6 507,18	6 877,96	7 083,73
Por departamento (Región Sur)									
Apurímac	37,98	40,31	39,07	42,66	33,35	45,26	46,55	44,70	46,04
Arequipa	1 199,19	1 305,22	953,21	928,36	1 112,54	1 731,05	1 171,88	1 199,69	1 235,58
Ayacucho	13,87	16,31	19,47	19,01	17,26	21,39	14,69	9,46	9,74
Cusco	777,52	759,65	729,97	1 268,12	1 924,04	1 921,93	2 022,58	2 085,41	2 147,80
Ica	430,87	505,29	772,65	817,53	1 277,11	1 492,24	1 503,34	1 659,88	1 709,54
Moquegua	664,81	1 050,77	256,47	442,58	1 214,64	934,99	677,35	708,83	730,04
Puno	731,47	803,85	796,21	820,23	736,36	771,25	911,34	1 017,47	1 047,91
Tacna	119,25	159,94	158,64	131,12	153,04	154,54	159,45	152,52	157,08

Nota. De Anuarios Estadísticos de Electricidad 2012-2020, por Ministerio de Energía y Minas, 2020

Tabla 2.13*Consumo de energía eléctrica en la región sur del Perú (detallada)*

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Consumo total (GWh)	8 447,08	9 224,37	9 384,22	10 399,53	13 689,28	14 387,75	15 045,45	15 861,12	16 539,21
Promedio CPC (kWh/hab.)	2 181,35	2 289,48	2 273,84	2 463,24	2 864,12	2 960,16	3 075,30	3 271,45	3 354,57
Apurímac									
Consumo GWh	121,18	130,89	98,23	202,92	1 179,97	1 390,34	1 304,95	1 302,96	1 365,45
Consumo kWh/hab.	268,18	288,11	215,1	442,3	2 560,33	3 004,25	2 808,86	3 033,06	2 977,53
Arequipa									
Consumo GWh	2 558,51	2 614,99	2 782,08	2 626,47	5 085,69	5 240,09	5 471,22	5 376,28	5 569,045
Consumo kWh/hab.	2 054,61	2 076,77	2 185,1	2 040,4	3 908,17	3 983,26	4 114,31	3 670,72	3 773,79
Ayacucho									
Consumo GWh	126,94	158,21	164,77	177,89	188,08	148,3	151,91	254,23	236,145
Consumo kWh/hab.	190,59	234,86	241,9	258,3	270,18	210,76	213,64	382,59	354,32
Cusco									
Consumo GWh	1 057,97	1 347,82	1 389,73	2 172,69	2 115,32	2 242,28	2 398,44	2 479,43	2 620,99
Consumo kWh/hab.	818,75	1 036,30	1 061,8	1 650,1	1 597,22	1 683,7	1 791,35	1 849,69	1 946,755
Ica									
Consumo GWh	2 122,75	2 406,51	2 359,42	2 453,48	2 432,38	2 617,4	2 807,39	3 110,23	3 297,735
Consumo kWh/hab.	2 780,07	3 119,23	3 027,3	3 116,8	3 059,91	3 261,11	3 465,00	3 273,58	3 476,125
Moquegua									
Consumo GWh	1 812,81	1 854,59	1 850,65	1 999,09	1 888,6	1 901	2 041,87	2 393,59	2 470,225
Consumo kWh/hab.	10 367,28	10 493,58	10 361,3	11 076,7	10 357,98	10 321,05	10 975,66	12 612,4	12 921,24
Puno									
Consumo GWh	430,18	468,01	485,48	505,83	525,35	557,47	571,77	642,59	665,8
Consumo kWh/hab.	312,37	336,77	346,2	357,3	367,61	386,35	392,43	518,63	531,04
Tacna									
Consumo GWh	216,74	243,36	253,86	261,16	273,89	290,87	297,90	301,81	313,815
Consumo kWh/hab.	658,96	730,21	752	764	791,55	830,8	841,16	830,96	855,765

Nota. De Anuarios Estadísticos de Electricidad 2012-2020, por Ministerio de Energía y Minas, 2020

Tabla 2.14*Cálculo del balance energético por departamento en la región sur del país (GW.h)*

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Producción Total	3 974,96	4 641,34	3 725,68	4 469,61	6 468,34	7 072,65	6 507,18	6 877,96	7 083,73
Pérdidas por Distribución	7,60%	7,34%	7,43%	8,14%	8,14%	8,31%	8,36%	8,61%	8,79%
Consumo Total	6 634,27	7 369,78	7 533,57	8 400,44	11 800,68	12 486,75	13 003,58	13 467,53	14 068,98
Balance Total	- 2 961,40	- 3 069,11	- 4 084,71	- 4 294,58	- 5 858,76	- 6 002,07	- 7 040,59	- 7 181,73	- 7 607,63
Por departamento									
Apurímac									
Producción	37,98	40,31	39,07	42,66	33,35	45,26	46,55	44,70	46,04
Consumo	121,18	130,89	98,23	202,92	1 179,97	1 390,34	1 304,95	1 302,96	1 365,45
Balance energético	- 83,20	- 90,58	- 59,16	- 160,26	- 1 146,62	- 1 345,08	- 1 258,40	- 1 258,26	- 1 319,41
Arequipa									
Producción	1 199,19	1 305,22	953,21	928,36	1 112,54	1 731,05	1 171,88	1 199,69	1 235,58
Consumo	2 558,51	2 614,99	2 782,08	2 626,47	5 085,69	5 240,09	5 471,22	5 376,28	5 569,05
Balance energético	- 1 359,32	- 1 309,77	- 1 828,87	- 1 698,11	- 3 973,15	- 3 509,04	- 4 299,34	- 4 176,59	- 4 333,46
Ayacucho									
Producción	13,87	16,31	19,47	19,01	17,26	21,39	14,69	9,46	9,74
Consumo	126,94	158,21	164,77	177,89	188,08	148,30	151,91	254,23	236,15
Balance energético	- 113,07	- 141,90	- 145,30	- 158,88	- 170,82	- 126,91	- 137,22	- 244,77	- 226,40
Cusco									
Producción	777,52	759,65	729,97	1 268,12	1 924,04	1 921,93	2 022,58	2 085,41	2 147,80
Consumo	1 057,97	1 347,82	1 389,73	2 172,69	2 115,32	2 242,28	2 398,44	2 479,43	2 620,99
Balance energético	- 280,46	- 588,17	- 659,76	- 904,57	- 191,28	- 320,35	- 375,86	- 394,02	- 473,19
Ica									
Producción	430,87	505,29	772,65	817,53	1 277,11	1 492,24	1 503,34	1 659,88	1 709,54
Consumo	2 122,75	2 406,51	2 359,42	2 453,48	2 432,38	2 617,40	2 807,39	3 110,23	3 297,74
Balance energético	- 1 691,88	- 1 901,22	- 1 586,77	- 1 635,95	- 1 155,27	- 1 125,16	- 1 304,05	- 1 450,35	- 1 588,20

(Continúa)

(Continuación)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Moquegua									
Producción	664,81	1 050,77	256,47	442,58	1 214,64	934,99	677,35	708,83	730,04
Consumo	1 812,81	1 854,59	1 850,65	1 999,09	1 888,60	1 901,00	2 041,87	2 393,59	2 470,23
Balance energético	- 1 148,01	- 803,83	- 1 594,18	- 1 556,51	- 673,96	- 966,01	- 1 364,52	- 1 684,76	- 1 740,19
Producción	731,47	803,85	796,21	820,23	736,36	771,25	911,34	1 017,47	1 047,91
Consumo	430,18	468,01	485,48	505,83	525,35	557,47	571,77	642,59	665,80
Balance energético	301,29	335,85	310,73	314,40	211,01	213,78	339,57	374,88	382,11
Tacna									
Producción	119,25	159,94	158,64	131,12	153,04	154,54	159,45	152,52	157,08
Consumo	216,74	243,36	253,86	261,16	273,89	290,87	297,90	301,81	313,82
Balance energético	- 97,49	- 83,42	- 95,22	- 130,04	- 120,85	- 136,33	- 138,45	- 149,29	- 156,73

Nota. De Anuarios Estadísticos de Electricidad 2012-2020, por Ministerio de Energía y Minas, 2020

Tabla 2.15*Cálculo de la demanda insatisfecha aparente histórica (GW.h)*

Año	Producción	Pérdidas (%)	Pérdidas GWh	Producción Neta	Consumo	DIA Histórica
2012	3 974,96	7,60%	302,10	3 672,86	6 634,27	2 961,40
2013	4 641,34	7,34%	340,67	4 300,67	7 369,78	3 069,11
2014	3 725,68	7,43%	276,82	3 448,86	7 533,57	4 084,71
2015	4 469,61	8,14%	363,75	4 105,86	8 400,44	4 294,58
2016	6 468,34	8,14%	526,42	5 941,92	11 800,68	5 858,76
2017	7 072,65	8,31%	587,96	6 484,68	12 486,75	6 002,07
2018	6 507,18	8,36%	544,19	5 962,99	13 003,58	7 040,59
2019	6 877,96	8,61%	592,16	6 285,80	13 467,53	7 181,73
2020	7 083,73	8,79%	622,38	6 461,35	14 068,98	7 607,63

2.4.2 Selección del mercado meta

El tipo de proyección a utilizar será determinado de acuerdo con la comparación del coeficiente de determinación (R^2), calculado gracias a la técnica de regresión lineal, utilizado para la proyección de data estadística. Este coeficiente de relación indica la proporción de la varianza total de la variable explicada por la regresión (López, 2016). Los resultados de las regresiones a seleccionar fueron los siguientes:

Figura 2.10

Proyección Logarítmica

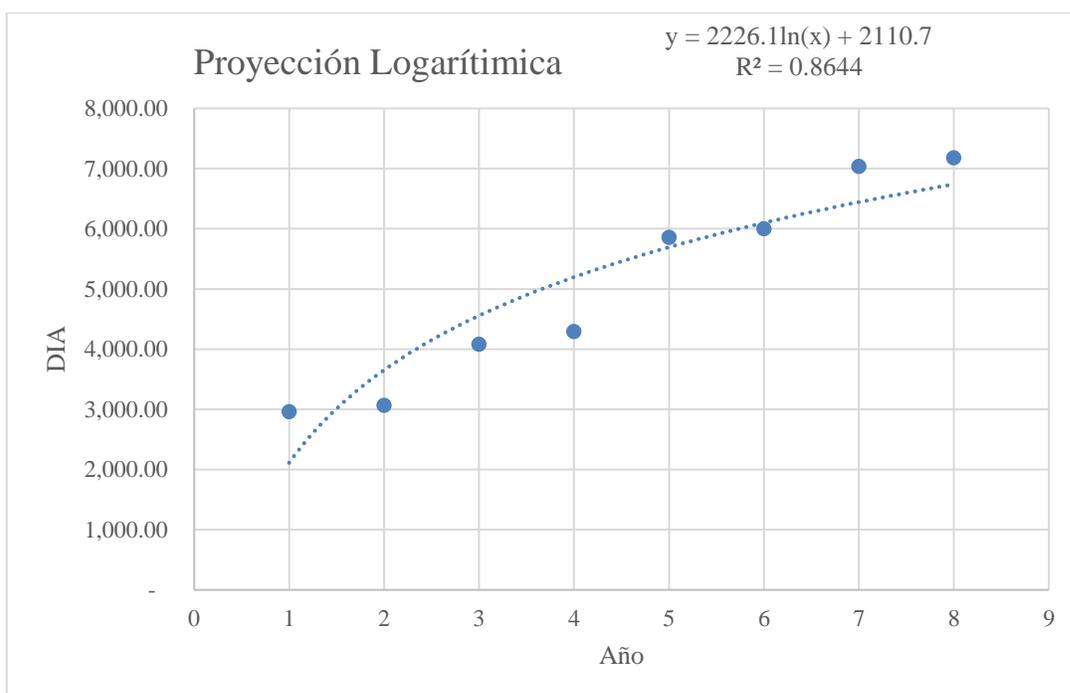


Figura 2.11

Proyección Lineal

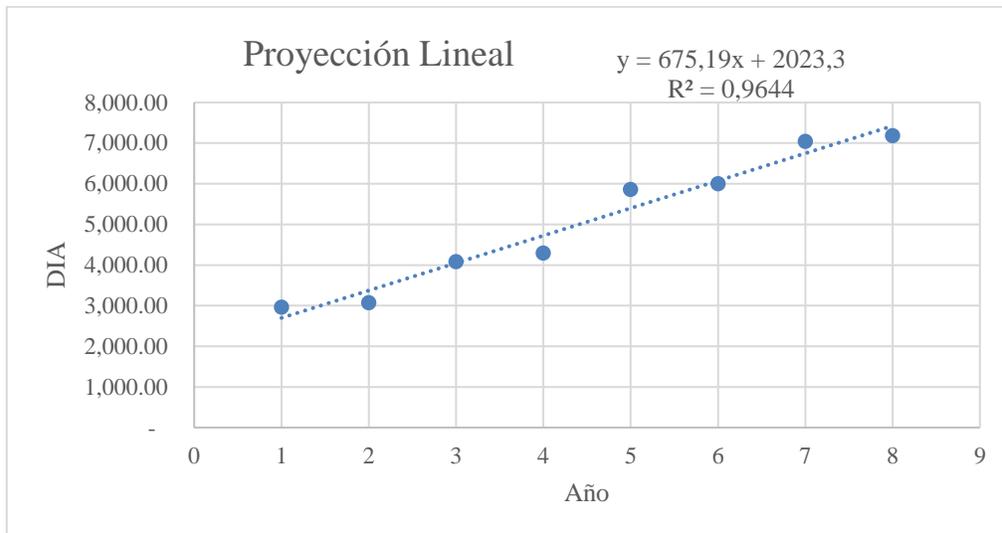


Figura 2.12

Proyección Potencial

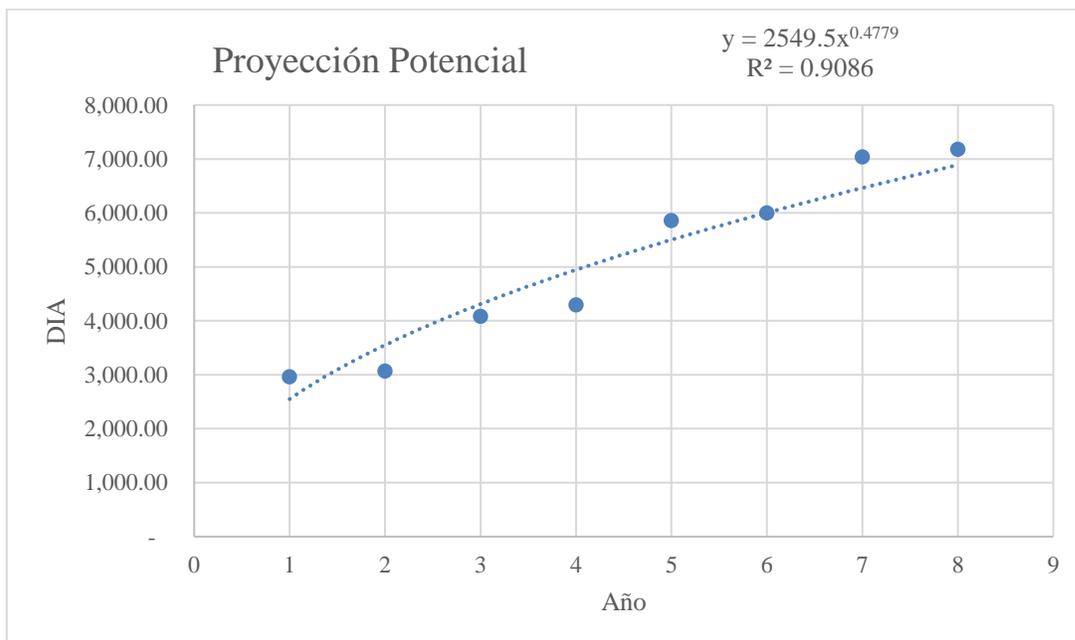


Figura 2.13

Proyección Polinómica

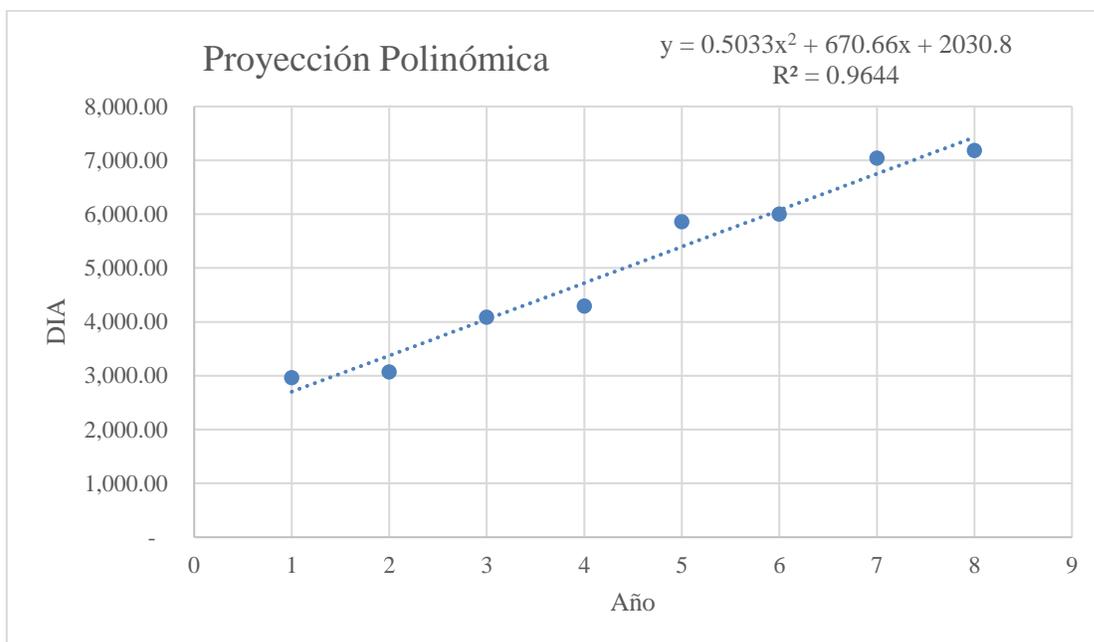


Tabla 2.16

Compilación de ecuaciones y coeficiente R2 por tipo de proyección

Tipo de proyección	Ecuación	Coefficiente de Correlación
Logarítmica	$y = 2226,1 \ln(x) + 2110,7$	$R^2 = 0,8644$
Lineal	$y = 675,19x + 2023,3$	$R^2 = 0,9630$
Potencial	$y = 2945,5x^{0,4779}$	$R^2 = 0,9356$
Polinómica	$y = 0,5033x^2 + 670,66x + 2030,8$	$R^2 = 0,9644$

La selección del tipo de proyección a utilizar se basará en el contraste del coeficiente de determinación, por lo que se demuestra que la proyección más adecuada es la polinómica al mantener su coeficiente R2 como el más alto. Al saber bajo qué metodología se aplicará la proyección de la DIA, se procede a la aplicación de su ecuación para cada año proyectado.

Tabla 2.17*Proyección de la DIA histórica (GWh)*

Año	Producción	Pérdidas (%)	Pérdidas GWh	Consumo	DIA
2012	3 974,96	7,60%	302,10	6 634,27	2 961,40
2013	4 641,34	7,34%	340,67	7 369,78	3 069,11
2014	3 725,68	7,43%	276,82	7 533,57	4 084,71
2015	4 469,61	8,14%	363,75	8 400,44	4 294,58
2016	6 468,34	8,14%	526,42	11 800,68	5 858,76
2017	7 072,65	8,31%	587,96	12 486,75	6 002,07
2018	6 507,18	8,36%	544,19	13 003,58	7 040,59
2019	6 877,96	8,61%	592,16	13 467,53	7 181,73
2020	7 083,73	8,79%	622,38	14 068,98	7 607,63
2021					8 787,73
2022					9 468,96
2023					10 151,20
2024					10 834,44
2025					11 518,69
2026					12 203,94
2027					12 890,20
2028					13 577,47
2029					14 265,75
2030					14 955,03
2031					15 645,32
2032					16 336,62
2033					17 028,92
2034					17 722,23
2035					18 416,54

2.4.3 Determinación de la participación de mercado para el proyecto

Para la definición de nuestro mercado objetivo se utilizaron tres tipos de segmentación: por el tipo de sistema, por origen de la tecnología y geográfica. El tipo de sistema hace referencia a si la energía eléctrica producida será transmitida vía el Sistema Eléctrico Integrado Nacional (SEIN) o si será a través de Sistemas Aislados (SS.AA.); dado que nuestra propuesta de planta de generación geotérmica apunta a disminuir el déficit energético de la región sur del Perú, creemos que no debe limitarse a una transmisión cerrada o aislada del SEIN. A continuación, el porcentaje de producción histórica por tipo de sistema.

Tabla 2.12*Porcentaje de producción histórica de energía detallada por tipo de sistema*

AÑO	SEIN	SS.AA.
2012	93,05%	6,95%
2013	93,43%	6,57%
2014	93,58%	6,42%
2015	94,24%	5,76%
2016	95,27%	4,73%
2017	95,42%	4,58%
2018	95,44%	4,56%
2019	95,60%	4,40%

Nota. Adaptado de Anuarios Estadísticos de Electricidad 2012 – 2019 (MEM).

Por otro lado, el tipo de origen de la tecnología refiere a la naturaleza de explotación del recurso necesario para la producción eléctrica, y debido a que, uno de los objetivos del proyecto es avanzar hacia una transición limpia de nuestra matriz energética nacional, se busca suplantar la demanda que las centrales térmicas o de gas natural puedan abarcar en la actualidad, es por ello por lo que otro factor de segmentación supondrá la participación de las mismas en el mercado eléctrico peruano.

Tabla 2.13*Porcentaje de producción histórica de energía detallada por origen*

Año	Hidráulica	Térmica	Solar	Eólica
2012	53,74%	46,12%	0,14%	0,00%
2013	51,51%	48,03%	0,45%	0,00%
2014	48,76%	50,24%	0,44%	0,57%
2015	49,15%	49,14%	0,48%	1,23%
2016	46,75%	50,72%	0,47%	2,06%
2017	55,17%	42,25%	0,54%	2,04%
2018	56,00%	39,91%	1,36%	2,74%
2019	55,23%	40,53%	1,34%	2,91%

Nota. Adaptado de Anuarios Estadísticos de Electricidad 2012 – 2019 (MEM).

La segmentación geográfica se explica porque se eligieron a los cuatro departamentos con los déficits energéticos más bajos de la región sur del Perú, y que, además, presentaran las características necesarias para la implementación de nuestro proyecto, tal como la alta presencia de actividad geotermal o cercanía al eje volcánico sur del país. Es debido a esto, que se procedió a evaluar históricamente el porcentaje de participación de estos departamentos en la región sur del país. A continuación, los valores históricos de dicha participación.

Tabla 2.14*Participación sobre la Demanda Insatisfecha para los departamentos seleccionados por naturaleza geográfica.*

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total	3974,96	4641,34	3725,68	4469,61	6468,34	7072,65	6507,18	6877,96	6877,96
Porcentaje de participación	14,45%	19,48%	25,75%	30,29%	25,19%	27,27%	29,35%	29,75%	31,63%
Apurímac									
Déficit Energético	83,20	90,58	59,16	160,26	1.146,62	1.345,08	1.258,40	1.258,26	1.319,41
% de la región	2,09%	1,95%	1,59%	3,59%	17,73%	19,02%	19,34%	18,29%	19,18%
Ayacucho									
Déficit Energético	113,07	141,90	145,30	158,88	170,82	126,91	137,22	244,77	226,40
% de la región	2,84%	3,06%	3,90%	3,55%	2,64%	1,79%	2,11%	3,56%	3,29%
Cusco									
Déficit Energético	280,46	588,17	659,76	904,57	191,28	320,35	375,86	394,02	473,19
% de la región	7,06%	12,67%	17,71%	20,24%	2,96%	4,53%	5,78%	5,73%	6,88%
Tacna									
Déficit Energético	97,49	83,42	95,22	130,04	120,85	136,33	138,45	149,29	156,73
% de la región	2,45%	1,80%	2,56%	2,91%	1,87%	1,93%	2,13%	2,17%	2,28%

Nota. Se toma en cuenta sólo la producción destinada al Mercado Eléctrico Nacional. Fuente: Anuarios Estadísticos de Electricidad 2012 – 2020 (MEM).

Es así, que se puede proceder al cálculo estimado del mercado objetivo o meta del proyecto, siendo la variable geográfica, la principal segmentación o ajuste observado. A continuación, se muestra el cálculo:

Tabla 2.1

Cálculo del mercado objetivo o meta del proyecto

AÑO	DIA	x Tipo de Sistema	x Origen	Geográfica	Demanda Objetivo (GWh)
2021	8787,73				1077,01
2022	9468,96				1160,50
2023	10 151,20				1244,12
2024	10 834,44				1327,86
2025	11 518,69				1411,72
2026	12 203,94				1495,70
2027	12 890,20				1579,81
2028	13 577,47	95,60%	40,53%	31,63%	1664,04
2029	14 265,75				1748,39
2030	14 955,03				1832,87
2031	15 645,32				1917,47
2032	16 336,62				2002,20
2033	17 028,92				2087,04
2034	17 722,23				2172,02
2035	18 416,54				2257,11

Una vez hallada la demanda objetivo o meta del proyecto, podemos calcular la demanda final del mismo, gracias a las estimaciones de intención e intensidad de compra de energía eléctrica geotérmica.

Tabla 2.16*Cálculo de la demanda final del proyecto*

AÑO	DEMANDA OBJETIVO (GWH)	INTENCIÓN	INTENSIDAD	DEMANDA DEL PROYECTO (GWH)
2021	1077,01			607,87
2022	1160,50			654,99
2023	1244,12			702,18
2024	1327,86			749,44
2025	1411,72			796,77
2026	1495,70			844,17
2027	1579,81			891,64
2028	1664,04	83%	68%	939,18
2029	1748,39			986,79
2030	1832,87			1034,47
2031	1917,47			1082,22
2032	2002,20			1130,04
2033	2087,04			1177,93
2034	2172,02			1225,89
2035	2257,11			1273,91

2.5 Definición de la estrategia de comercialización

2.5.1 Políticas por plaza

Existen tres tipos principales de transacciones en la venta de generación de energía eléctrica: las ventas de energía a clientes regulados, las ventas por potencia entre generadoras y finalmente la venta de energía a empresas de distinción o grandes clientes libres.

Nuestra propuesta apunta a las ventas de clientes libres y regulados, destacando que las tarifas de transmisión y distribución son igualmente reguladas por

OSINERGMIN, por lo que dichos peajes se trasladarán al precio final de la venta energética. Es así como nuestra capacidad de venta total estará dirigida a abastecer el déficit del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, el cual llega a cada una de las subestaciones de los principales poblados a la redonda de la zona de influencia del proyecto, abasteciendo a todos aquellos usuarios que se encuentren conectados a la red pública.

2.5.2 Publicidad y promoción

El proyecto contempla un área comercial que se encargará de la publicidad y marketing, la cual estará abocada a la difusión sobre la naturaleza de la tecnología, así como la búsqueda de nuevas oportunidades de negocio. Además, contará con personal especializado en la venta de energía eléctrica y desarrollo de negocio, el cual abocará sus esfuerzos en destacar los beneficios ofrecidos por la tecnología geotérmica, esto con el objetivo de expandir la venta a potenciales usuarios, tal como las distribuidoras privadas o clientes industriales como operaciones mineras cercanas.

2.5.3 Análisis de precios

A. Tendencia histórica de los precios

Para evaluar la tendencia histórica de precios, es necesario mencionar que el sector eléctrico se ha distribuido en dos subsectores debido a las diferencias de precios, estos son los mercados regulados, supervisados en la actualidad por OSINERGMIN, y el libre que maneja precios establecidos por las empresas generadoras y distribuidoras en el mercado privado. A continuación, se muestra el cuadro con los precios por tipo de mercado y por tipo de empresa.

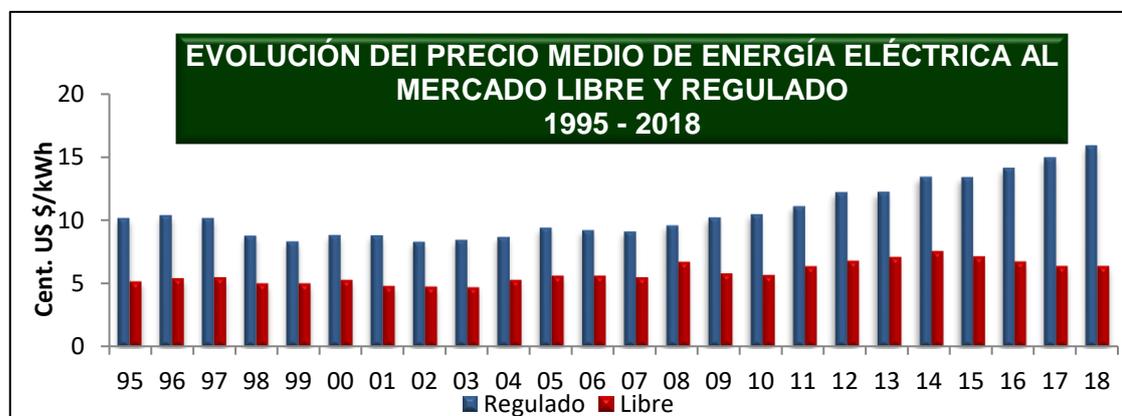
Tabla 2.18*Precio medio de energía eléctrica por tipo de empresa y mercado (cent. US\$ / kWh)*

Año	Tipo de Mercado			Distribuidoras			Generadoras		
	Total	Regulado	Libre	Total	Regulado	Libre	Total	Regulado	Libre
1995	8,4	10,1	5,1	9,0	10,1	5,5	4,2		4,2
1996	8,6	10,4	5,3	9,4	10,4	6,0	4,5		4,5
1997	8,2	10,1	5,4	9,2	10,1	5,7	5,2		5,2
1998	7,1	8,8	4,9	8,0	8,8	5,0	4,9		4,9
1999	6,8	8,3	4,9	7,6	8,3	5,1	4,9		4,9
2000	7,2	8,8	5,2	8,0	8,8	5,3	5,2		5,2
2001	6,9	8,8	4,7	8,2	8,8	5,4	4,5		4,5
2002	6,6	8,3	4,7	7,8	8,3	5,2	4,5		4,5
2003	6,6	8,4	4,6	8,0	8,4	5,3	4,5		4,5
2004	7,0	8,7	5,2	8,2	8,7	5,4	5,2		5,2
2005	7,6	9,4	5,6	8,9	9,4	5,7	5,5		5,5
2006	7,5	9,2	5,6	8,7	9,2	5,4	5,6		5,6
2007	7,4	9,1	5,4	8,7	9,1	5,4	5,4		5,4
2008	8,2	9,6	6,6	9,2	9,6	6,2	6,7		6,7
2009	8,3	10,2	5,7	9,8	10,2	6,6	5,7		5,7
2010	8,3	10,5	5,6	10,1	10,5	6,9	5,4		5,4
2011	9,0	11,1	6,3	10,8	11,1	7,8	6,0		6,0
2012	9,8	12,2	6,7	11,8	12,2	8,1	6,5		6,5
2013	9,9	12,2	7,0	11,9	12,2	9,0	6,7		6,7
2014	10,8	13,4	7,5	13,1	13,4	9,2	7,2		7,2
2015	10,5	13,4	7,1	13,0	13,4	8,7	6,9		6,9
2016	10,3	14,1	6,7	13,6	14,1	7,9	6,6		6,6
2017	10,1	15,0	6,3	14,0	15,0	7,5	6,2		6,2
2018	10,3	15,9	6,3	14,8	15,9	7,3	6,2		6,2

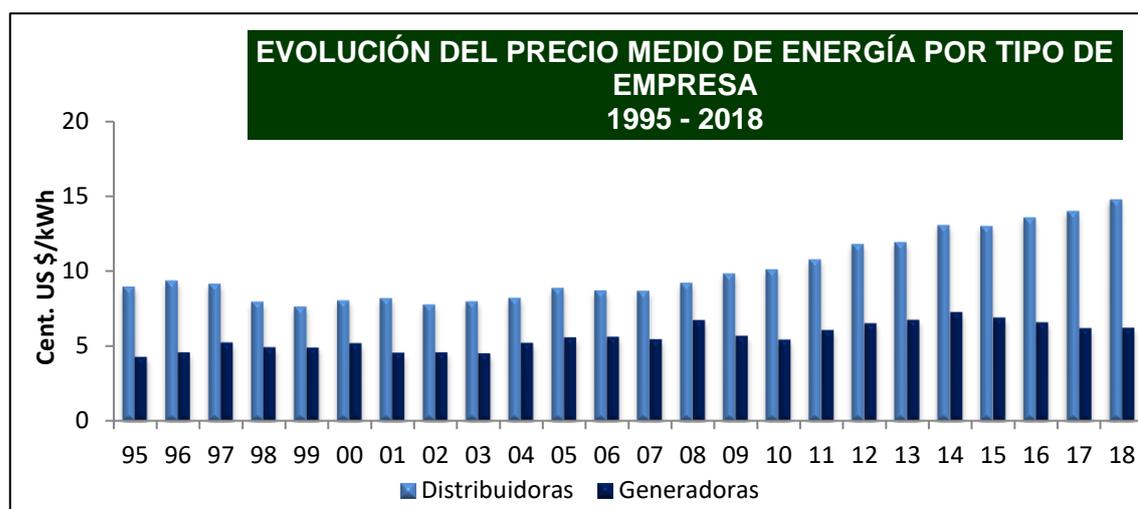
Nota. Adaptado de *Anuario Estadísticos de Electricidad 2012.2018*, por Ministerio de Energía y Minas, 2019

Figura 2.14

Evolución del precio medio de energía eléctrica al mercado libre y regulado 1995 - 2018



Nota. Adaptado de *Anuario Estadísticos de Electricidad 2012.2018*, por Ministerio de Energía y Minas, 2019

Figura 2.15*Evolución del precio medio de energía por tipo de empresa 1995 -2018*

Nota. Adaptado de *Anuario Estadísticos de Electricidad 2012.2018*, por Ministerio de Energía y Minas, 2019

Además de este criterio general, se puede diferenciar, dentro de la evolución histórica de los precios, distintos sectores económicos, a nivel nacional. A continuación, se muestran:

Tabla 2.19*Precio medio de electricidad por sector económico (cent. US\$ / kWh)*

AÑO	INDUSTRIAL	COMERCIAL	RESIDENCIAL	ALUMBRADO PÚBLICO	PRECIO MEDIO
1995	5,78	8,93	11,28	8,48	8,39
1996	6,00	9,07	11,70	10,02	8,65
1997	5,87	8,92	11,58	9,61	8,19
1998	5,42	7,43	9,97	8,38	7,05
1999	5,34	7,03	9,49	8,13	6,80
2000	5,62	7,32	10,08	8,92	7,16
2001	5,17	7,33	10,04	9,39	6,85
2002	5,10	7,43	8,98	7,92	6,57
2003	5,05	7,14	9,67	7,77	6,62
2004	5,38	7,77	9,96	9,67	7,04
2005	5,77	8,47	10,84	10,29	7,63
2006	5,73	8,20	10,76	10,83	7,55
2007	5,60	8,26	10,69	10,29	7,40
2008	6,66	8,89	11,27	10,67	8,22
2009	6,09	9,44	11,93	11,53	8,26

(Continúa)

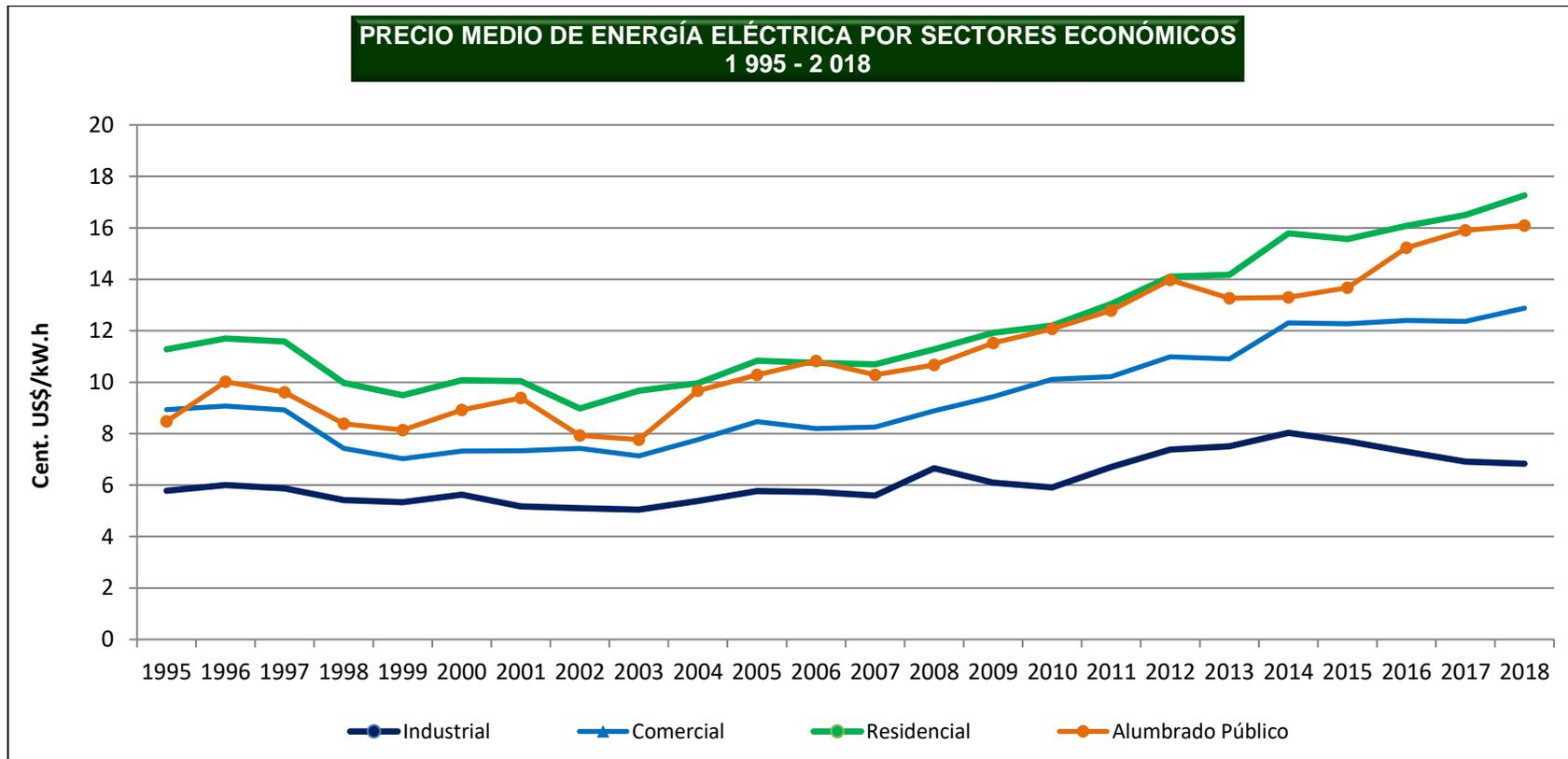
(Continuación)

	INDUSTRIAL	COMERCIAL	RESIDENCIAL	ALUMBRADO PÚBLICO	PRECIO MEDIO
2010	5,91	10,11	12,21	12,07	8,32
2011	6,71	10,21	13,04	12,79	8,99
2012	7,38	10,98	14,10	13,98	9,80
2013	7,50	10,91	14,17	13,26	9,93
2014	8,03	12,30	15,78	13,30	10,78
2015	7,70	12,27	15,57	13,67	10,49
2016	7,30	12,40	16,08	15,23	10,26
2017	6,91	12,36	16,50	15,90	10,13
2018	6,83	12,88	17,26	16,09	10,32

Nota. Adaptado de *Anuario Estadísticos de Electricidad 2012.2018*, por Ministerio de Energía y Minas, 2019

Figura 2.16

Precio medio de energía eléctrica por sectores económicos 1995 – 2018



Nota. Adaptado de *Anuario Estadísticos de Electricidad 2012.2018*, por Ministerio de Energía y Minas, 2019

B. Estrategia de precios

Para el año 2018, los precios medios de electricidad por sectores y actividad económica, clasificados según Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) y por departamento seleccionado de la región sur del Perú, fueron los siguientes:

Tabla 2.20

Precio medio de electricidad por sectores y actividad CIIU (Cent. US\$/ kWh)

	Comercial y Servicios	Industrial	Residencial	Precio Medio Total
Precio Medio Sector	15,26	7,16	20,21	10,67
Departamento				
Apurímac	18,74	5,33	21,85	6,30
Ayacucho	18,93	9,58	21,88	19,12
Cusco	14,94	6,99	20,62	9,15
Tacna	12,96	7,40	19,11	13,61

Nota. Adaptado de *Anuario Estadísticos de Electricidad 2012.2018*, por Ministerio de Energía y Minas, 2019

Debido a que el negocio eléctrico, en el Perú, es un negocio regulado por entidades designadas por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), tal como el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), no se desarrollan estrategias de precio más que la diferenciación tarifaria para la distribución del servicio en zonas rural o urbana a lo largo del territorio nacional. Es por esto último que se estableció un precio de venta promedio de acuerdo con la evolución de los precios asignados por la venta energética proveniente de recursos energéticos renovables en el Perú. A continuación, se detalla el cálculo dando como resultado un precio inicial de 85,05 US\$/MWh que es lo mismo que 0,08505 US\$/KWh o 8,5 cents US\$/kWh, con un ajuste incremental de 3,45% cada cinco años.

Tabla 2.21

Cálculo del promedio de precios de venta de energía para RER en el Perú (US\$/MWh)

	2009	2011	2016	Promedio por Origen
Solar	221,1	119,9	48,1	129,70
Eólica	80,4	69	37,7	62,37
Hidráulica	60	53,6	43,8	52,47
Biomasa	110	100	77	95,67
Promedio Monómico Inicial				85,05 US\$/MWh

Nota. Adaptado de *Precios promedios de venta de energía para RER en el Perú*, por Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2016

CAPÍTULO III: LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

3.1 Identificación y análisis detallado de los factores de micro-localización

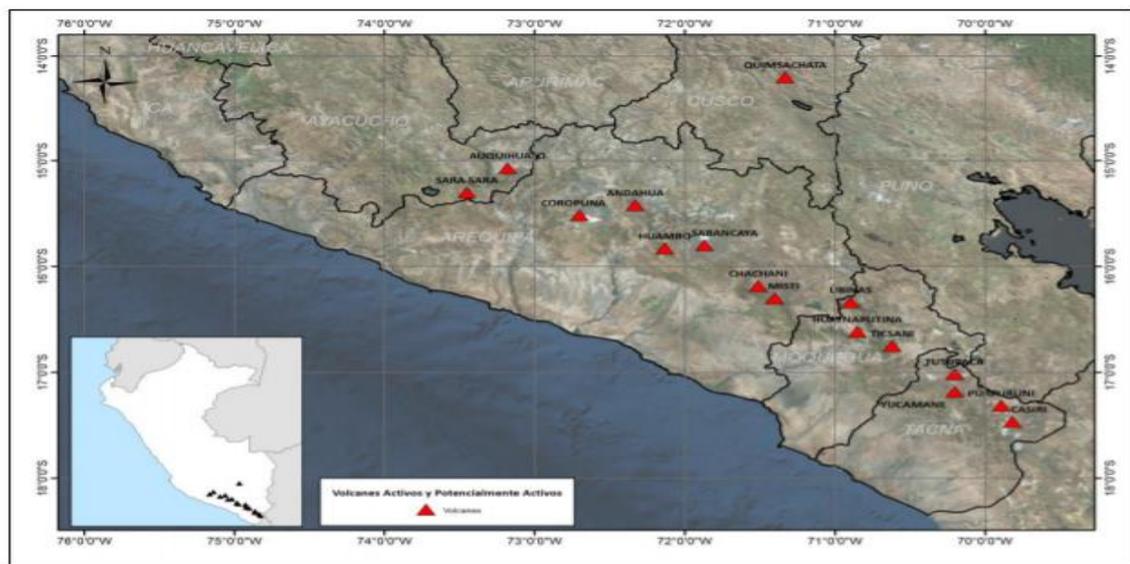
3.1.1 Factores de micro-localización

A. Área de importancia geotérmica

La energía geotérmica es una fuente de energía que se ha logrado identificar, gracias a sus manifestaciones superficiales como los volcanes, géiseres, aguas termales y demás, por lo que, una evaluación de la proximidad a estas, por departamento, es posible gracias a mapas desarrollados por el JICA, como por instituciones geofísicas nacionales.

Figura 3.1

Volcanes activos y potencialmente activos en la región sur del Perú



Nota. De Evaluación del riesgo volcánico en el sur del Perú, por INGEMMET, 2016

B. Cercanía al SEIN

Fines de los años sesenta, el sector eléctrico peruano estaba conformado por ocho sistemas eléctricos regionales aislados, en los años ochenta, la electricidad peruana se distribuía por medio de los sistemas interconectados Centro Norte (SICN), Sureste (SISE) y Suroeste (SISO), además de los sistemas eléctricos aislados.

Posteriormente, surgió el Sistema Interconectado del Sur (Sisur), producto de la interconexión del SISO y SISE mediante la línea Tintaya-Socabaya en 1997; sin embargo, debido al crecimiento económico, la demanda de una población cada vez mayor y una expansión del sector minero, se hizo necesario la interconexión del SICN y el Sisur, configurando una sola red nacional.

Por ello, en octubre del año 2000, se puso en operación comercial la línea Mantaro – Socabaya de 220 kV, y a partir de esa fecha se conformó el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, estableciéndose peajes de utilización de este y posteriormente un comité de operación denominado COES.

La planta geotérmica por instalar debe ubicarse idealmente cercana a una red eléctrica de transmisión conectada al SEIN, y así aminorar los costos por infraestructura e ingeniería necesarios para la implementación de una línea de transmisión adicional que supla la posible cercanía de la planta.

Figura 3.2

Líneas de transmisiones a nivel nacional



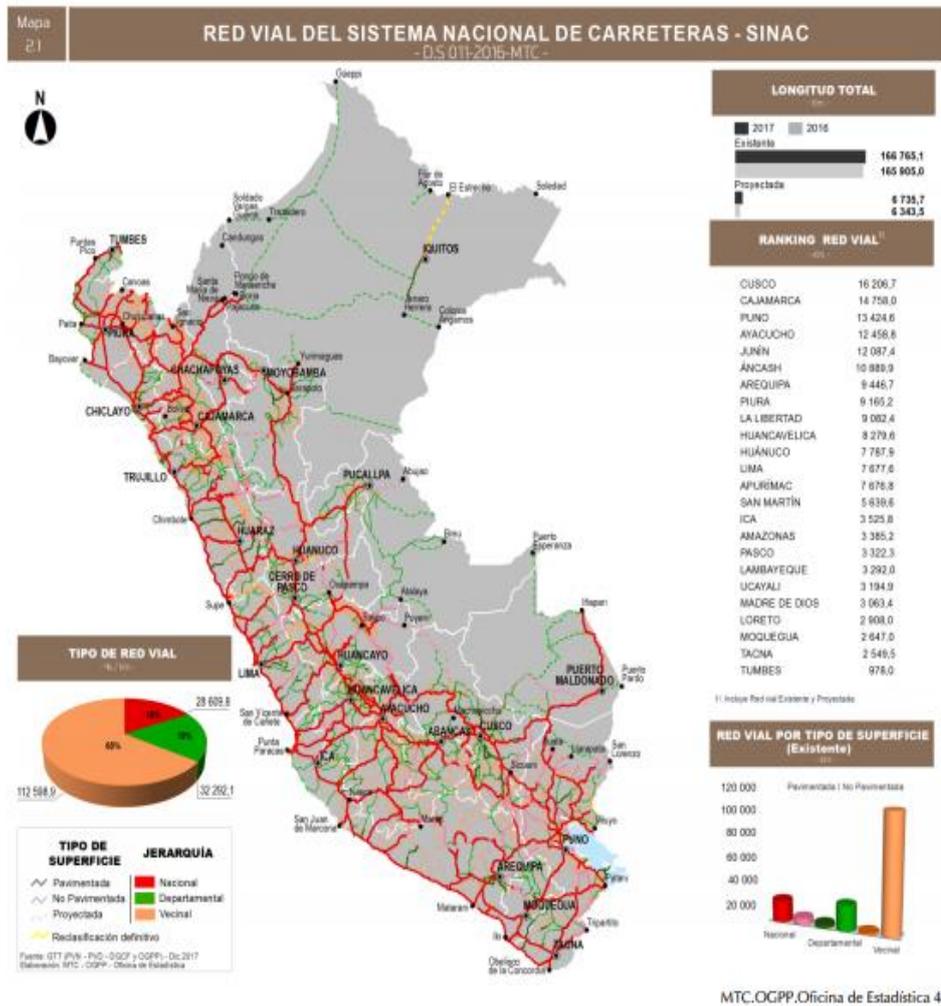
Nota. De Líneas de transmisiones a nivel nacional, por COES, 2016

C. Acceso y transporte

Las carreteras son un factor vital ya que facilitará el transporte de la construcción e implementación de la planta, traslado de grandes maquinarias, como el suministro de insumos necesarios y acceso de los empleados.

Figura 3.3

Red vial del sistema nacional de carreteras – SINAC



Nota. De Red Vial del Sistema Nacional de Carreteras-SINAC, por Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2017

D. Índice de desarrollo humano

Es un indicador del desarrollo humano del cual es elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Mide los logros obtenidos fundamentales del desarrollo humano con el propósito de saber si posee tener una vida larga y saludable, estos pueden ser la salud que evalúa según la esperanza de vida al nacer, y la de la educación se mide por los años promedio de escolaridad de los adultos de 25 años o más y por los años esperados de escolaridad de los niños en edad escolar.

Tabla 3.1

Índice de desarrollo humano departamental, provincial y distrital 2017

UBIGEO 2017	DEPARTAMENTO PROVINCIA DISTRITO	POBLACIÓN		Índice de Desarrollo Humano	
		Habitantes	Ranking	IDH	Ranking
PERÚ		30 135 875		0,5058	
230000	Tacna	328 915	20	0,553	5
230100	Tacna	302 852	15	0,5722	12
230200	Candarave	8435	190	0,3528	91
230300	Jorge Basadre	9641	188	0,6315	4
230400	Tarata	7987	193	0,3318	107

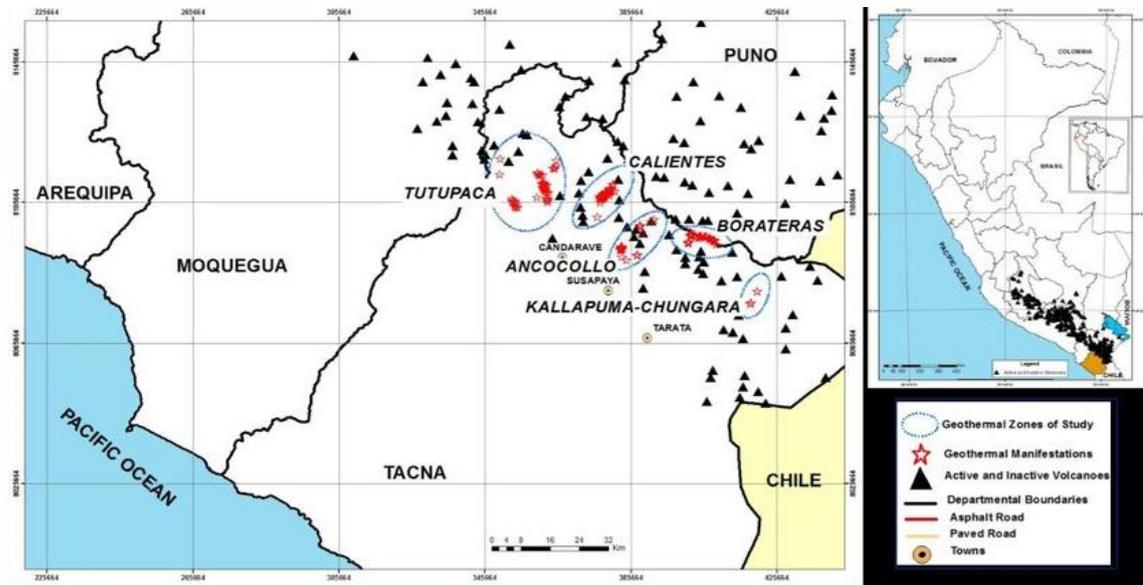
Nota. Adaptado de *Re- Calculado según la nueva metodología*, por PNUD, 2016

E. Presencia de yacimiento geotérmico

Hace referencia al calor que puede encontrarse en los horizontes más superficiales del suelo, hasta el almacenado en rocas situadas a profundidades que sólo pueden alcanzarse mediante técnicas de perforación petrolífera.

Figura 3.4

Manifestaciones geotermales en el departamento de Tacna



Nota. De *Evaluación del riesgo volcánico en el sur del Perú*, por INGEMMET, 2016

3.2 Identificación y descripción de las alternativas de localización

A continuación, se presentará las regiones potenciales del departamento de Tacna con la mayor cantidad de presencia geotermal.

- **Tacna:** Es la provincia más extensa, cuenta con diez distritos y un total de 316 964 habitantes. El 99,46% de la población se encuentra ubicado a menos de 30 minutos de un establecimiento de salud. De acuerdo con el Instituto peruano de economía tiene una incidencia de pobreza de 0-30%, esto se debe a que se encuentran las principales actividades económicas como la minería y el comercio.
- **Tarata:** Su geografía está conformado por los valles interandinos, la puna y la cordillera del Barroso de origen volcánico. La principal actividad económica es la agricultura y ganadería. Cuenta con ocho distritos y un total de 7 745 habitantes. El 85,54% de la población se encuentra ubicado a menos de 30 minutos de un establecimiento de salud y según el Instituto Peruano de Economía indicó que la incidencia de pobreza es del 50%.
- **Jorge Basadre:** Posee tres distritos, un total de 9 034 habitantes, el 61,34% de la población se encuentra ubicado a menos de 30 minutos de un establecimiento de salud. De acuerdo con el Instituto peruano de economía tiene una incidencia de pobreza de 0-30%, esto se debe a que se encuentran las principales actividades económicas como la minería y el comercio.
- **Candarave:** Es la provincia más pequeña, cuenta con seis distritos y un total de 8 095 habitantes. Las principales actividades económicas son la ganadería y la agricultura. Posee un clima frío, árido y con amplitud térmica moderada. El 96,30% de la población se encuentra ubicado a menos de 30 minutos de un establecimiento de salud. De acuerdo con el Instituto Peruano de Economía indicó que la incidencia de pobreza es de 30%.

3.3 Evaluación y selección de localización

Tacna cuenta con 4 provincias de los cuales se estudiarán Tacna, Tarata, Jorge Basadre y Candarave para la ubicación de la planta.

Micro – Localización

Factores:

F1 = Áreas de importancia geotérmica

F2 = Cercanía al SEIN

F3 = Acceso y transporte

F4 = Índice de desarrollo humano

F5 = Presencia de yacimientos geotérmicos

Tabla 3.2

Matriz de enfrentamiento

FACTORES	F1	F2	F3	F4	F5	f	hi
F1		1	1	1	0	3	0,27
F2	0		0	1	0	1	0,09
F3	0	1		1	0	2	0,18
F4	0	0	1		0	1	0,09
F5	1	1	1	1		4	0,36
						11	1

Luego de realizar la tabla de enfrentamiento de factores, usando las ponderaciones, se procederá a realizar la tabla de ranking de factores, tomando en cuenta la siguiente calificación: (6) Bueno, (4) Regular y (2) Malo.

Tabla 3.3

Ranking de factores

Pond.	Tacna		Tarata		Jorge Basadre		Candarave	
	Calificación	Ptje.	Calificación	Ptje.	Calificación	Ptje.	Calificación	Ptje.
0.27	2	0,55	6	1,64	2	0,55	6	1,64
0.09	6	0,55	4	0,36	4	0,36	6	0,55
0.18	6	1,09	4	0,73	6	1,09	4	0,73
0.09	4	0,36	4	0,36	6	0,55	2	0,18
0.36	2	0,73	4	1,45	2	0,73	6	2,18
		3,27		4,55		3,27		5,27

Conforme a la tabla 3.7, **Candarave fue la provincia que tuvo un mayor puntaje con 5,27 de ponderación** respecto a las otras alternativas; por lo tanto, a nivel

de micro localización esta será la provincia tacneña en donde residirá la planta geotérmica single-flash.

Figura 3.5

Provincias de Tacna



Nota. De *Caracterización y Evaluación del Potencial Geotérmico de la Región de Tacna*, por V. Cruz Paucara; V. Vargas Rodríguez & L. Cacya Dueñas, 2013

De acuerdo con las necesidades específicas del proyecto geotérmico, tal como instalar una central de dichas características cerca al yacimiento geotérmico de explotación, se ha elegido la zona adyacente al complejo geotermal de Calientes, en la provincia de Candarave, en el departamento de Tacna como la disposición final de la planta energética geotérmica single - flash a instalar.

CAPÍTULO IV: TAMAÑO DE PLANTA

Este capítulo busca definir los posibles tamaños de planta del proyecto, con la finalidad de ser evaluados y contrastados unos con otros para identificar aquel que limite la potencialidad máxima del proyecto.

4.1 Relación tamaño-mercado

Para conceptualizar el tamaño de la planta delimitado por el mercado, es necesario definir el mercado objetivo del proyecto, que no es más que aquella demanda insatisfecha o consumo no abastecido por el balance entre la generación y consumo eléctrico en la región sur del país. Es decir, su déficit energético ya antes expuesto en el cual, al proyectarse, nos brinda información sobre la potencia instalada requerida por las plantas de generación que busquen cubrir dicha demanda.

Tabla 4.1

Demanda estimada del proyecto. (2021 – 2035)

Año	Demanda Objetivo (GWh)	Intención	Intensidad	Demanda del Proyecto (GWh)
2021	1077,01			607,87
2022	1160,50			654,99
2023	1244,12			702,18
2024	1327,86			749,44
2025	1411,72			796,77
2026	1495,70			844,17
2027	1579,81			891,64
2028	1664,04	83%	68%	939,18
2029	1748,39			986,79
2030	1832,87			1034,47
2031	1917,47			1082,22
2032	2002,20			1130,04
2033	2087,04			1177,93
2034	2172,02			1225,89
2035	2257,11			1273,91

Nota. De *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*, por Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2021 (<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/607055/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25años.pdf?v=1587592976>)

Dicha demanda insatisfecha ajustada para el año 2035, es de 1 273,91 GWh, por lo que al ser convertidos a MWh y ser dividido entre las horas disponibles que la central generadora estará operando (8 760 horas al año), obtenemos la relación tamaño – mercado, indicando una potencia instalada necesaria de 145,42 MW.

4.2 Relación tamaño-recursos productivos

La disponibilidad del recurso productivo, debido a la naturaleza de nuestro proyecto, será el potencial del campo geotérmico de la zona norte de Tacna, lugar en el que nuestro proyecto se localizaría, específicamente en la zona geotermal de Calientes, provincia de Candarave, Tacna. Esto se debe a que nuestro proceso de producción se resume en la conversión de la energía calorífica, proveniente de dicho campo geotermal, a energía eléctrica, esto a su vez, es posible gracias a la presencia de fenómenos geológicos importantes, como la cordillera de los Andes y volcanismo activo de tipo cuaternario, que forman parte del extremo norte de la denominada Zona Volcánica de los Andes Centrales (Paucara Cruz, 2016, p. 3).

A continuación, se muestra el estudio expuesto por el XVIII Congreso Peruano de Geología que, de acuerdo con las temperaturas presentes en los yacimientos geotérmicos de la zona de Vilacota Maure, postula las respectivas capacidades de generación para las mismas.

Tabla 4.2

Potencial de generación estimado en el Área de Conservación Regional “Vilacota Maure”

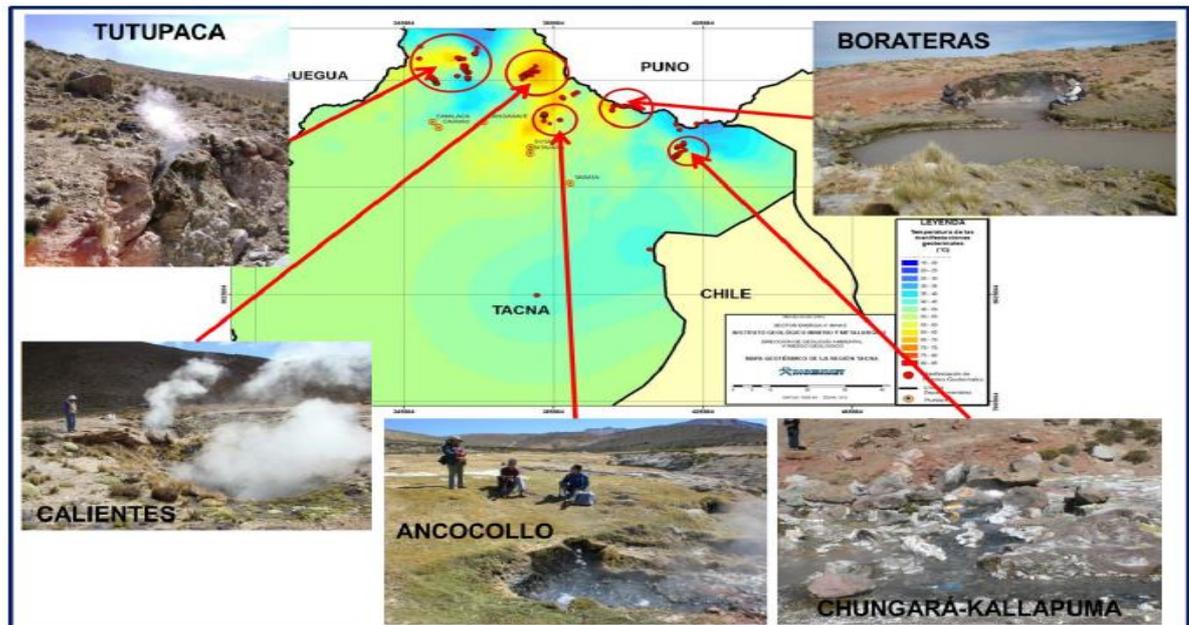
Provincia	Área de Conservación	Zona Geotermal	Potencial de Recurso en Nivel de Confianza del 80% (MW)	Capacidad estimada de la planta (MW)
Candarave	ACRVM	Calientes	100	100
Tarata	ACRVM	Borateras	50	50
Tarata	ACRVM	Chungará - Kallapuma	84	75
Tarata	ACRVM	Ancollo	98,2	90
Candarave	Fuera del área de conservación	Tutupaca	103,8	105
TOTAL			436	420

Nota. De Recursos Geotérmicos promisorios en área de conservación regional: Caso Vilacota Maure, Region Tacna, V. Paucara Cruz, 2016

https://repositorio.ingenmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2642/1/Cruz-Recursos_geotermicos_promisorios_ACRVM-Tacna.pdf

Figura 4.1

Mapa de zonas geotérmicas de la región Tacna



Nota. De Recursos Geotérmicos promisorios en área de conservación regional: Caso Vilacota Maure, Region Tacna, V. Paucara Cruz, 2016

https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2642/1/Cruz-Recursos_geotermicos_promisorios_ACRVM-Tacna.pdf

De acuerdo con lo anterior expuesto, se estima que el aprovechamiento de una planta de generación energética en la zona del Campo Geotermal de Calientes, en la provincia de Candarave, es de 100 MW de capacidad máxima instalada.

4.3 Relación tamaño-tecnología

La relación de tamaño - tecnología es de suma importancia dado que indica el punto máximo de producción de las turbinas, el cual, al ser la operación clave de conversión energética, será el limitante del proceso. La tecnología utilizada será de una planta de simple flasheo a condensación, debido a la presencia del líquido dominante. Uno de sus beneficios, es que presentará una mayor eficiencia energética y utilización.

En este modelo, el vapor se expande a través de la turbina hasta una presión muy baja. Después de abandonar la turbina, el vapor se encuentra con pulverizadores de agua refrigerante en un condensador de contacto directo. El calor acumulado por el agua de

refrigeración en el proceso de condensación normalmente se libera a la atmósfera en una torre de enfriamiento.

Los gases contenidos en el vapor que no se condensa se eliminan con un sistema de extracción de gas de chorro de vapor de dos etapas y se liberan a la atmósfera

La zona geotérmica Calientes, lugar geográfico donde se instalará la central geotérmica, cuenta con un reservorio cuyas temperaturas oscilan los 180°C – 220°C. Por tal razón es necesario utilizar las turbinas de condensación, estas requieren de un volumen aprox. de 3 kg/s/MW a una temperatura de 180°C. La característica principal de los yacimientos de alta o media entalpía es el fluido que llega a la superficie, cuyo estado es una combinación de vapor-líquido dependiendo la presión del pozo y la temperatura correspondiente al estado de saturación. Por otro lado, la cabeza del pozo contiene agua con una presión absoluta entre los 5 y 10 bar.

Tabla 4.3

Condición potencial de la cadena de conos volcánicos de la región Tacna

Zonas geotermicas	Temp. de reservorio (°C)	Potencial (MW)
I. Borateras (Lote Challapalca)	204 - 240	5 - 10
II. Calacoa (Lote Calacoa)	180 - 190	No estimado
III. Calientes (Lote Tutupaca)	180 - 240	5
IV. Callazas (Lote Tutupaca)	180 - 240	No estimado
V. Chivay (Lote Arequipa)	170 - 190	2 - 4

Nota. De *Generación de electricidad a partir de energía geotérmica*, por C. Robiliard Chiozza, 2009 (https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/630/611)

La tecnología de condensación es la más desarrollada, es por ello por lo que la planta de vapor a condensación tomando los datos técnicos de los equipos y yacimiento, se realizará como base la generación de una potencia de 10 MW. La potencia para instalar puede disminuirse hasta a 1 MW de los cuales es necesario recuperar la inversión a los diez años de duración del proyecto.

A continuación, se presentará las principales empresas que ofrecen soluciones con tecnologías de plantas a condensaciones y potencias menores a 5MW.

Tabla 4.4*Proveedores de Turbinas menores a 5 MW*

Proveedor	Tecnología	Lugar de instalación	Potencia por planta
Fuji Electric	Condensación	Japón Suginoi Hotel	1,9 MW
Fuji Electric	Condensación	Japón Hachijo-jima	3,3 MW
Fuji Electric	Condensación	Indonesia Ulumno	2,5 MW
Fuji Electric	Condensación	Kenya, Ebumu	2,4 MW
Fuji Electric	Condensación	Kenya, Lake Naivasha	2,0 MW
Fuji Electric	Condensación	Ethiopia AiutoLangano	4,0 MW
Fuji Electric	Condensación	Kenya Olkaria	5 MW y 6,4 MW

Nota. De Evaluación de factibilidad Técnico - Financiera del desarrollo inicial de un campo geotérmico con Planta a Bocapozo, por Aguilera Bustos, J. P y Herrera Román, C. P, 2017, p.24
<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15979/1/Evaluaci%C3%B3n%20de%20factibilidad%20t%C3%A9cnico-financiero%20del%20desarrollo%20inicial%20de%20un%20campo%20geot%C3%A9rmico%20con%20planta%20a%20bocapozo.pdf>

Se emplearán los equipos de separación de estados, válvulas de cabeza de pozo, silenciador, redes de tuberías, colector de vapor, turbina de vapor, generador, condensador, sistema de extracción de gases, bombas, sistema de reinyección y sistema de control, con todo ello, se espera que la planta tenga un óptimo desempeño de generación eléctrica.

Asimismo, se tendrá en cuenta que los equipos importados deban contar con garantía para realizar una instalación confiable en la central.

4.4 Relación tamaño-punto de equilibrio

Para analizar la metodología del punto de equilibrio es necesario fijar la tarifa sobre la energía producida. Asimismo, es necesario ponderar los costos variables y fijos asociados a la producción energética.

Es importante mencionar que las plantas geotérmicas requieren, al inicio del proyecto, grandes inversiones de capital. Sin embargo, los costos de operación y mantenimiento son mínimos, rentabilizando su operación.

La Comisión Nacional de Energía de Chile (CNE) elaboró un Informe de costos de inversión según por el tipo de tecnología en su territorio, en el mismo se menciona que los costos unitarios asociados a la inversión de los proyectos de naturaleza geotérmica obtienen valores de entre 6 000 U\$/kW y 7 600 U\$/kW, por lo que se determinó la fijación

de un costo monómico de inversión de 6 500 U\$/kW. A continuación, se muestra la estimación de la inversión para nuestra central de generación de 5MW.

Tabla 4.5

Costos unitarios CAPEX para una Central Geotérmica de 5 MW

Estimación de Costos de Inversión	Cantidad	Unidad
Proyectos Geotérmicos	6500	U\$ / kW
Central Geotérmica "Geo Generation"	5	MW
Inversión Estimada	32 500 000	US\$

Nota. De Estudio de factibilidad para la instalación de una central geotérmica en Chile, por Lagos Erices, 2017

(<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/105653/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

Asimismo, los costos fijos de operación y mantenimiento corresponden a los costos fundamentales para mantener la planta o central generadora de energía geotérmica en operación. Dichos costos no están asociados al nivel de generación energética, están comprendidos en salarios, contratos de mantenimiento, servicios, entre otros.

El Informe de Costos de Tecnologías de Generación de Chile del año 2019, establece de forma referencial la representación de los costos fijos a base de un porcentaje de la inversión según por el tipo de la central. Presentamos la tabla referida a continuación:

Tabla 4.6

Costos fijos estimados como porcentaje de la inversión, según el tipo de tecnología

COSTOS FIJOS DE CADA TIPO DE CENTRAL	
Tecnología	Costos Fijos (% Valor De Inversión)
Térmica a Carbón	1% - 2%
Térmica a Gas Natural Ciclo Abierto	1% - 2%
Térmica a Gas Natural Ciclo Combinado	1%
Térmica diésel - Turbina a Gas Dual	1% - 2%
Térmica diésel - Grupos Motor - Generador	1% - 2%
Eólica	3% - 4%
Solar fotovoltaica	1% - 2%
Solar Térmica (Concentración)	1% - 2%
Hidráulica de Pasada (> 20 MW)	1%
Mini - Hidráulica (< 20MW)	1%
Hidráulica de Embalse	1%
Térmica a Biomasa	3% - 4%
Térmica a Biogás	3% - 4%
GEOTÉRMICA	4% - 5%

Nota. De Informe de Costos de Tecnologías de Generación, por Comisión Nacional de Energía de Chile, 2019

Es así, como podemos estimar los costos fijos de nuestra central a través del siguiente cálculo:

Tabla 4.7

Cálculo de costos fijos estimados para una central geotérmica de 5 MW

ESTIMACIÓN DE COSTOS FIJOS		
Proyectos Geotérmicos	4.5%	de la inversión
Inversión estimada para Central Geotérmica "Geo Generation"	32 500 000	US\$
COSTOS FIJOS ESTIMADOS	1 462 500	US\$

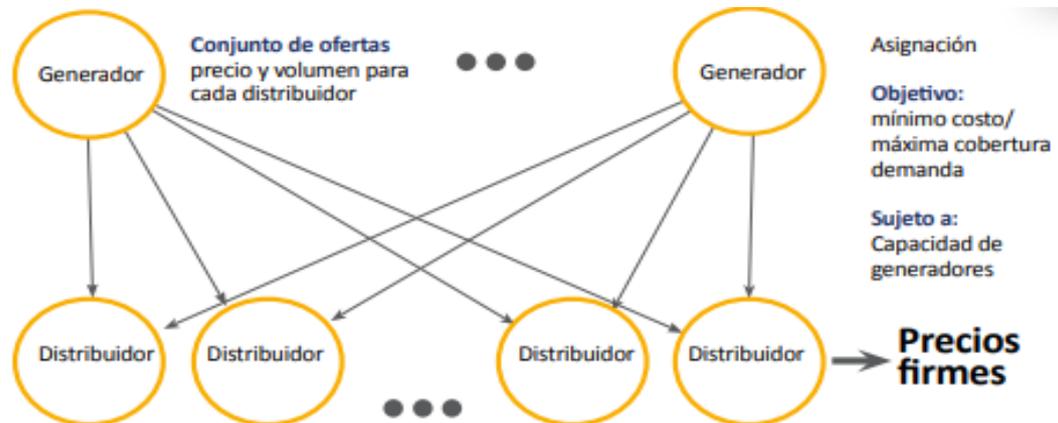
Nota. De Informe de Costos de Tecnologías de Generación, por Comisión Nacional de Energía de Chile, 2019

En cuanto a la tarifa de venta de la energía, es necesario recordar que nuestra empresa de generación estará abocada a satisfacer la carga energética requerida por la población de Tacna, mercado regulado por Osinergmin, ente encargado de regular las tarifas del sector eléctrico peruano. Para ello, se tiene que considerar la Ley N° 28832, “Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica”, la cual estableció una metodología para llevar a cabo licitaciones de contratos entre las empresas de generación y distribución eléctrica; esto último debido a que, en el Perú, la industria eléctrica está constituida por cuatro tipos de actividades: generación, transmisión, distribución y comercialización energética, cada una con una estructura diferente (OSINERGMIN, 2021).

El informe de Osinergmin por sus 25 años relata cómo en el mercado físico competitivo, es decir, el de las empresas generadoras, estas entregan al sistema una oferta en función a su costo variable de generación, asimismo, la demanda de usuarios libres y regulados se entrega al operador del mercado, quien realiza el balance entre la demanda estimada y la oferta, ordenando las subastas de acuerdo con los precios establecidos por tipo de generación a detalle (OSINERGMIN, 2021). Es así como el precio ofertado por el último generador con una subasta válida se convierte en el precio firme del sistema, al cual todos los generadores y distribuidores realizan sus transacciones (Mercado Spot).

Figura 4.2

Determinación de precios firmes

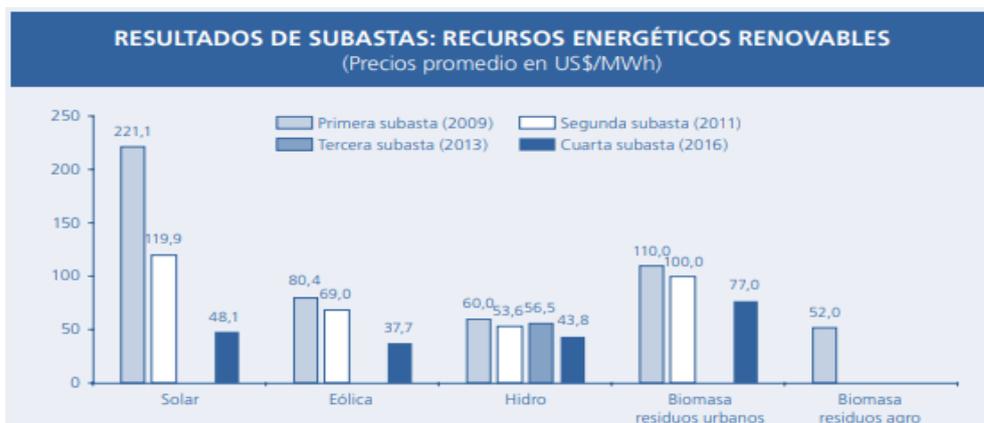


Nota. De *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*, por Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2021 (<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/607055/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25años.pdf?v=1587592976>)

En el informe de inflación de junio 2019 del Banco Central de Reserva del Perú, se mostraron los precios promedio de recursos energéticos renovables en el mercado eléctrico peruano, de los cuales se tomará un promedio para practicidad del cálculo del punto de equilibrio.

Figura 4.3

Resultados de subastas: Recursos Energéticos Renovables (Precios promedio en US\$/MWh)



Nota. De *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*, por Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2021 (<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/607055/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25años.pdf?v=1587592976>)

Tabla 4.8

Cálculo del promedio de precios de venta de energía para RER en el Perú

CÁLCULO DEL PRECIO PROMEDIO DE RER PERUANO (US\$/MWH)				
	2009	2011	2016	PROMEDIO
SOLAR	221,1	119,9	48,1	129,70
EÓLICA	80,4	69	37,7	62,37
HIDRO	60	53,6	43,8	52,47
BIOMASA	110	100	77	95,67
PROMEDIO FINAL				85,05 US\$/MWH

Nota. De *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*, por Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2021
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/607055/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25años.pdf?v=1587592976>

Como resultado del promedio, se obtendría que el precio de la energía a pagar por la empresa distribuidora, por la práctica de venta de energía sería de 85,05 US\$/MWh.

Finalmente, para el cálculo de los costos variables de una central geotérmica se recurrió al informe anual de la *Geothermal Energy Association (2016)* que estableció los mismos en valores entre 0,01 – 0,03 US\$/kWh, es por ello por lo que lo definiremos en 0,02 US\$/kWh. Con la recopilación de estos datos, podemos proceder al cálculo del punto de equilibrio:

$$PQE(\text{unidades}) = \frac{\text{Costos Fijos (CF)}}{PV - CVU}$$

En donde:

CF	=	Costos Fijos anuales	=	1 462 500 US\$
PV	=	Precio de Venta unitario	=	0,08505 US\$/kWh
CVU	=	Costos Variables unitarios	=	0,02 US\$/kWh

Resultando:

$$PQE(\text{unidades}) = 22\,482\,705,61 \text{ kWh / anual}$$

$$PQE(\text{unidades}) = 22\,482 \text{ MWh / anual}$$

Cantidad que, al dividirse entre las horas disponibles al año de la central, que son las 8 760 horas del año, resulta la capacidad mínima requerida de la planta a su máxima generación, siendo esta de 2,57 MW.

4.5 Selección del tamaño de planta

Después de analizar cada uno de los factores limitante, a continuación, se determinará el tamaño óptimo de planta que será determinado por los recursos con una capacidad de 100 MW producida al año.

Tabla 4.9

Cuadro resumen y selección del tamaño de planta

RELACIÓN	TAMAÑO ANUAL (MW/AÑO)
Tamaño – Mercado	23,22 MW
Tamaño recursos productivos	100 MW
Tamaño Tecnología	10 MW
Punto de equilibrio	2,57 MW

Es importante mencionar que el límite del tamaño superior o máximo está dado por la relación de recursos productivos, mientras que el tamaño inferior o mínimo es el punto de equilibrio. Se observa de las siguientes relaciones el factor limitante sería el de tecnología. Por ende, se concluye que el tamaño óptimo de la planta estará determinado por el tamaño de tecnología con 10 MW.

CAPÍTULO V: INGENIERÍA DEL PROYECTO

En el presente capítulo se detalla a profundidad el servicio brindado teniendo en cuenta el marco regulatorio. Asimismo, nos presenta una serie de tecnologías existentes en relación con el proceso de producción en el cual se evaluará, de acuerdo con las condiciones presentadas, el óptimo a utilizar. A partir de ello, se describirá el proceso de producción, las cantidades de maquinarias y operarios que conlleva a calcular la capacidad instalada. Por otro lado, se evalúa el impacto ambiental y sus posibles efectos que podría generar en su ejecución, la seguridad y salud ocupacional en relación con todos los posibles incidentes y accidentes del trabajo en situaciones impredecibles que podría evitarse, los sistemas de mantenimiento bajo los enfoques preventivo y correctivo, la cadena de suministro desde la salida del fluido geotérmico del pozo hasta la llegada del cliente, disposición de la planta y el cronograma de las actividades.

5.1 Definición técnica del producto

5.1.1 Especificaciones técnicas, composición y diseño del producto

La energía geotérmica es aquel calor contenido en el interior de la Tierra que genera fenómenos geológicos a escala planetaria (Córdova Zapata, 2005, p. 10). Una definición más cercana es la del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET, 2012), el cual la define como la energía derivada del calor almacenado en el interior de la Tierra que se produce de forma continua y puede ser aprovechada por el hombre. Esta energía es renovable, limpia y se manifiesta en la superficie en forma de calor, a través de los volcanes, aguas termales, fumarola y geiseres.

Según estudios científicos, el calor interno de la Tierra se mantiene estabilizado principalmente al decaimiento de elementos radioactivos al interior de esta, tales como potasio, uranio y torio; como también al calor residual remanente de la formación de la Tierra y a los impactos de meteoritos (Córdova Zapata, 2005).

En el año 2011 la JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA), desarrollo y emitió un informe con el plan nacional de desarrollo de energía geotérmica (Plan Maestro), este tenía como fin promover el desarrollo de la energía

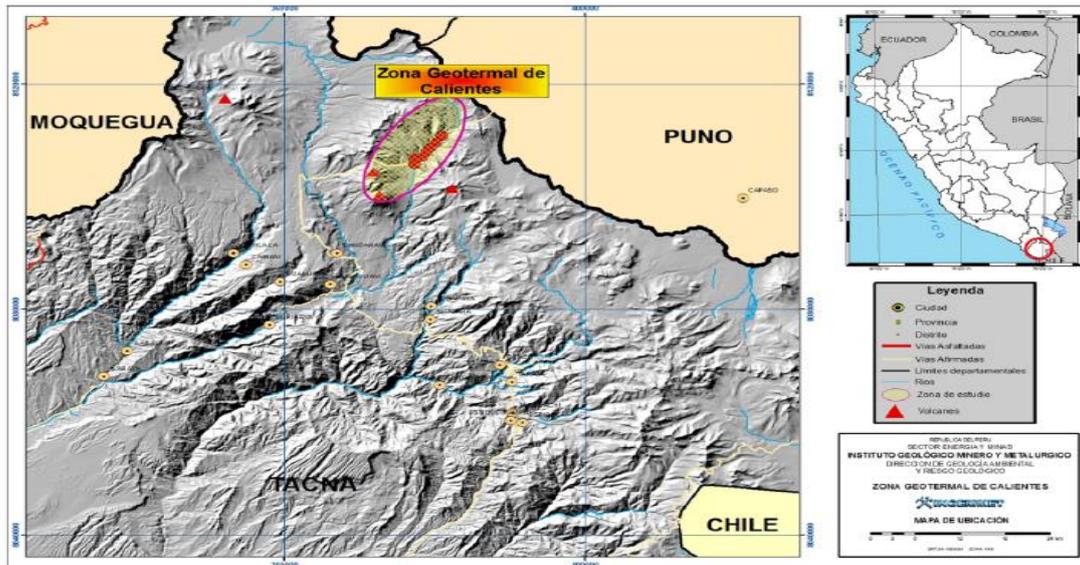
geotérmica y programas de explotación en el Perú (Apaza Apaza & Olazábal Reyes, 2014, p. 25). Asimismo, concluye que la mayoría de los yacimientos geotérmicos tabulados del Perú, sesenta y uno (61), se encuentran en el cinturón de fuego, más precisamente en la cordillera de los Andes, entre la parte sur del Perú y norte de Chile, estos representan el 75% del potencial geotérmico peruano, el cual se estimó en 2,860 MW.

Nuestra central generadora de energía geotérmica se localizará en el Campo Geotermal de Calientes en Candarave, Tacna, por lo que a continuación se mostrarán algunas características del yacimiento como del campo geotérmico disponible en la zona:

Ubicación: La zona geotermal de Calientes está ubicada en la cordillera occidental del sur del Perú, en el distrito y provincia de Candarave, departamento de Tacna. Calientes está situada en un valle con el mismo nombre, el mismo que está circundado por una cadena de centros volcánicos, con una altitud promedio de 4500 msnm. El área de estudio tiene una extensión total de 224 km², donde la zona principal de estudio se ubica en la parte central de la cuenca del río Calientes, el cual es afluente al del río Locumba. La zona de estudio es accesible por la carretera afirmada Tacna -Tarata - Candarave, desde Moquegua por la carretera Binacional, y por la carretera afirmada desde el poblado de Locumba (Cruz Paucara, Vargas Rodriguez, & Cacya Dueñas, 2013)

Figura 5.1

Mapa de ubicación de la zona geotermal de Calientes



Nota. De *Caracterización y Evaluación del Potencial Geotérmico de la Región de Tacna*, por C. P. Vargas Rodríguez & Cacya Dueñas, 2013

Aspectos vulcanológicos: El campo geotérmico Calientes está ubicado en la zona sureña de la cordillera volcánica del Perú. Esta región comprende actividades volcánicas terciarias y cuaternarias. Un gran número de conos de cenizas, domos y estrato de volcanes que están superpuestos a lo largo del eje NO-SE. Hay algunos volcanes activos cerca del campo geotérmico Calientes tales como el Tutupaca, Yucamane y el nevado Casiris, Las erupciones recientes ocurrieron en 1902 DC, 1787 DC y en el Holoceno respectivamente (Cruz Paucara, Vargas Rodriguez, & Cacya Dueñas, 2013).

Manifestaciones geotermales: En la zona geotermal de Calientes de interés geotérmico cuenta con un área de 14 km², del cual se ha registrado 110 manifestaciones geotermales, entre fuentes de agua y de vapor. Las surgencias de las manifestaciones pueden tener diferentes tamaños, como fracturas de 5 cm de longitud hasta pozas con diámetros superiores a los 5 m. (Cruz Paucara, Vargas Rodriguez, & Cacya Dueñas, 2013)

Figura 5.2

Vista de una fuente termal de Calientes



Nota. De Caracterización y Evaluación del Potencial Geotérmico de la Región de Tacna, por C. P. Vargas Rodríguez & Cacya Dueñas, 2013

Figura 5.3

Vista de una fuente de vapor de Calientes



Nota. De Caracterización y Evaluación del Potencial Geotérmico de la Región de Tacna, por C. P. Vargas Rodríguez & Cacya Dueñas, 2013

Características hidro químicas: Los resultados físico – químicos muestran que las aguas de las fuentes geotermales asociadas a la zona geotermal de Calientes registran temperaturas entre 50 y 90 °C, pH entre 6 y 8, con excepción del agua del rio Calientes, que en la parte alta presenta un pH ácido de 3,5. Así mismo, las seis (06) fuentes geotermales asociadas a la zona geotermal de Clientes presentan concentraciones altas de sodio y potasio entre rangos de 774 mg/L a 1 900 mg/L respectivamente.

Planteamos la generación de esta energía a través de la constitución de una empresa privada nombrada “Geo Generation S.A.C.”, cuyo objetivo principal es el desarrollo, ejecución y operación del presente proyecto. A continuación, se muestra el logo de la empresa en mención.

Figura 5.4

Logo de la empresa a constituir “Geo Generation



5.1.2 Marco regulatorio para el producto

La política energética nacional en la República del Perú es liderada por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), cuya visión principal es satisfacer la demanda energética de manera confiable, regular, continua y eficiente, tal como lo establecen las distintas normas ambientales, alineadas a la promoción del desarrollo sostenible (Martínez Muñoz & Vigo Navarro, 2018, p. 44).

Dentro de la legislatura relacionada al sector electricidad se tienen las siguientes normativas:

- Decreto Ley N° 25844 – Ley de Concesiones Eléctricas (p. 19/11/1992).
- Decreto Supremo N° 009-93-EM – Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas (p. 25/02/1993).
- Decreto Supremo N° 020-97-EM – Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (p. 11/10/1997).

- Decreto Legislativo N° 1041 – Decreto que modifica diversas normas del marco normativo eléctrico (p. 26/06/2008).
- Ley N° 26848 – Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos (p. 29/07/1997).
- Decreto Supremo N° 019-2010-EM – Reglamento de la Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos (p. 08/04/2010).
- Decreto Legislativo N° 1002 – Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables (p. 02/05/2008).
- Decreto Supremo N° 012-2011-EM – Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables (p. 23/03/2011).

5.2 Tecnologías existentes y procesos de producción

5.2.1 Naturaleza de la tecnología requerida

A. Descripción de las tecnologías existentes

Dependiendo de las características del yacimiento geotérmico, la generación de electricidad, bajo esta tecnología, se realiza principalmente a través de tres sistemas principales de aprovechamiento:

Tabla 5.1

Tipos de tecnologías en centrales geotérmicas

Tipo de tecnología	Característica
Plantas de vapor seco	Ciclo directo sin condensación
	Ciclo directo con condensación
	Ciclo directo con condensación y recuperación de aguas mineralizadas
Plantas de vapor flash	Simple Flash
	Doble Flash
Plantas binarias	ORC
	Kalina

Nota. De *Estudio de factibilidad para la instalación de una central geotérmica en Chile*, por S. A. Lagos Erices, 2017

(<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/105653/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

a) Plantas de vapor seco

Son también llamadas plantas de conversión directa, se trata de la metodología más simple, ya que el yacimiento geotérmico produce vapor seco a una alta temperatura, usualmente entre los 180 – 350°C y a presiones que varían entre los

0.8 – 1MPa (Lagos Erices, 2017). Estas condiciones son las que permiten hacer eficiente a esta tecnología, debido a que el vapor seco se aprovecha de forma directa, sin necesidad de un separador.

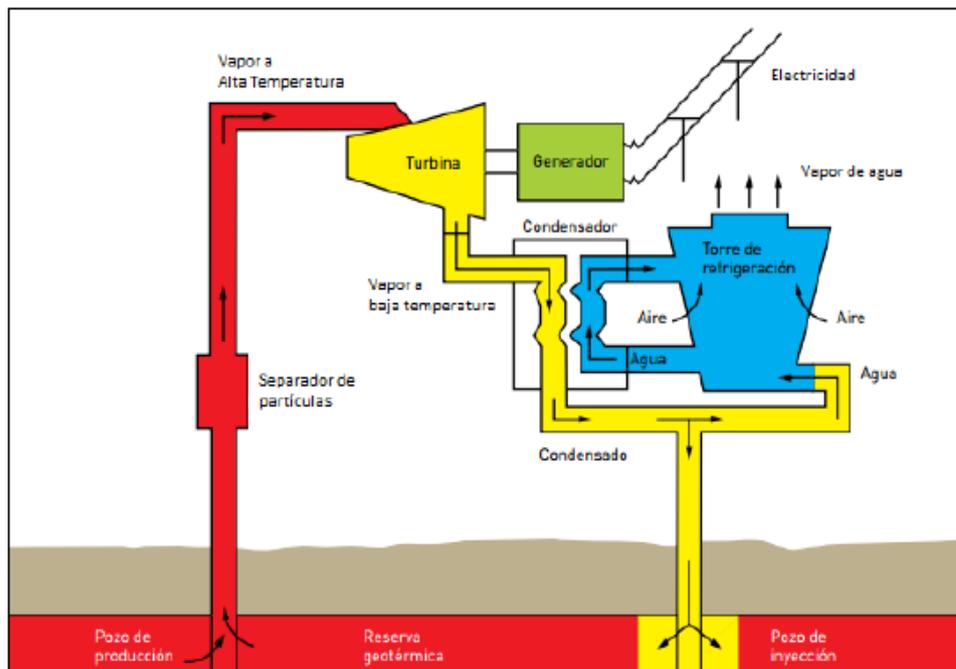
- **Ciclo directo sin condensación**

La principal diferenciación de este tipo de ciclo es que el vapor luego de ser ocupado se libera a la atmósfera con un porcentaje entre 2 – 10% de gases no condensables (GNC), tal como el CO₂ o el H₂S (Lagos Erices, 2017).

- **Ciclo directo con condensación**

La diferencia con la tecnología de ciclo anterior es que el vapor después de su paso por la turbina es condensado, separándose los GNC. El agua puede ser redistribuida en la central o disponerse para su reinyección. Este tipo de ciclo es el más común para plantas de vapor seco (Lagos Erices, 2017).

Figura 5.5



Esquema conceptual del ciclo directo con condensación de una planta de vapor seco

Nota. De Estudio de factibilidad para la instalación de una central geotérmica en Chile, por S. A. Lagos Erices, 2017

(<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/105653/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

b) Plantas de vapor flash

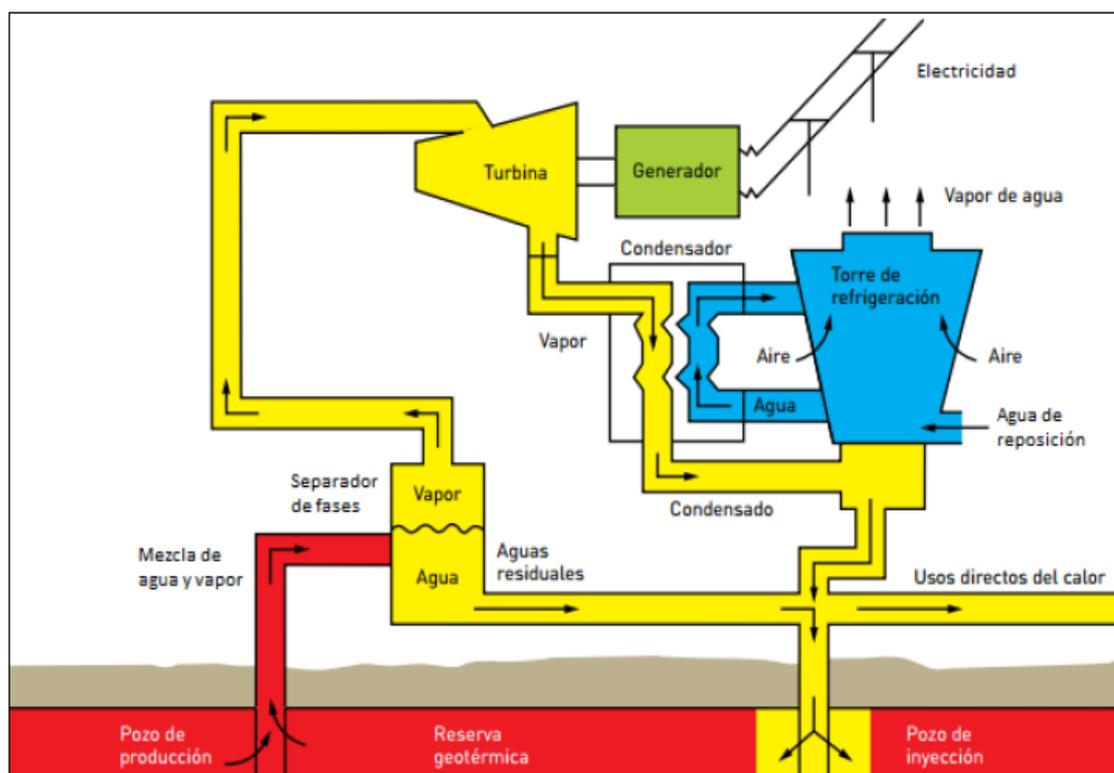
Son también conocidas como plantas de chorro de vapor. Hoy en día, la mayoría de los yacimientos geotérmicos que utilizan estas tecnologías de ciclo, entregan un fluido geotérmico de alta presión, alrededor de 1MPa (Lagos Erices, 2017), en donde se presenta una mezcla de vapor y salmuera líquida, por lo que es conveniente separar las fases para el aprovechamiento independiente de cada una de ellas.

- **Sistemas de expansión de una etapa o simple flash**

Los sistemas de expansión súbita o de una etapa se caracterizan por utilizar solo un separador de fases y una turbina de vapor para la generación de electricidad. Este sistema de aprovechamiento funciona a temperaturas de 155 – 165°C y presiones más bajas a 0,5 – 0,6 MPa comparado del vapor seco. (Lagos Erices, 2017).

Figura 5.6

Esquema conceptual de una planta de vapor simple flash



Nota. De Estudio de factibilidad para la instalación de una central geotérmica en Chile, por S. A. Lagos Erices, 2017

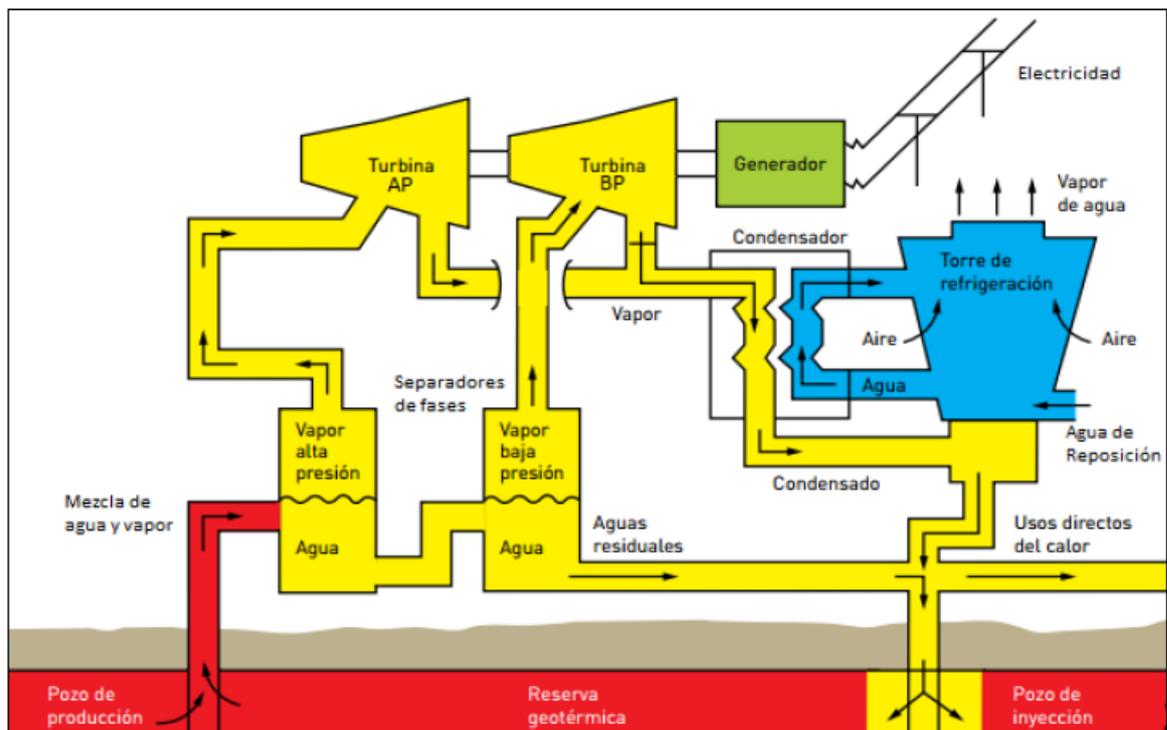
(<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/105653/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

- **Sistemas de expansión de dos etapas o doble flash**

Los sistemas de expansión súbita de dos etapas, generalmente, se utilizan en yacimientos donde predomina el agua líquida con bajos contenidos de impurezas, se emplean para mejorar el rendimiento de los sistemas de una etapa y también, para evitar las inversiones que necesitaría una planta complementaria de ciclo binario. Estas plantas presentan dos etapas de expansión o aprovechamiento, la primera, de alta presión, en dónde el primer par de separador – turbina aprovecha el vapor saturado proveniente del pozo de extracción, mientras la segunda etapa, de baja presión, otro par separador – turbina reingresa el flujo del primer separador para ser aprovechado en el proceso de conversión energética, además, permiten aumentar la producción de electricidad en un 20 – 25%, con un aumento del 5% sobre el coste de una planta de una sola etapa (Lagos Erices, 2017).

Figura 5.7

Esquema conceptual de una planta de vapor de doble flash



Nota. De Estudio de factibilidad para la instalación de una central geotérmica en Chile, por S. A. Lagos Erices, 2017

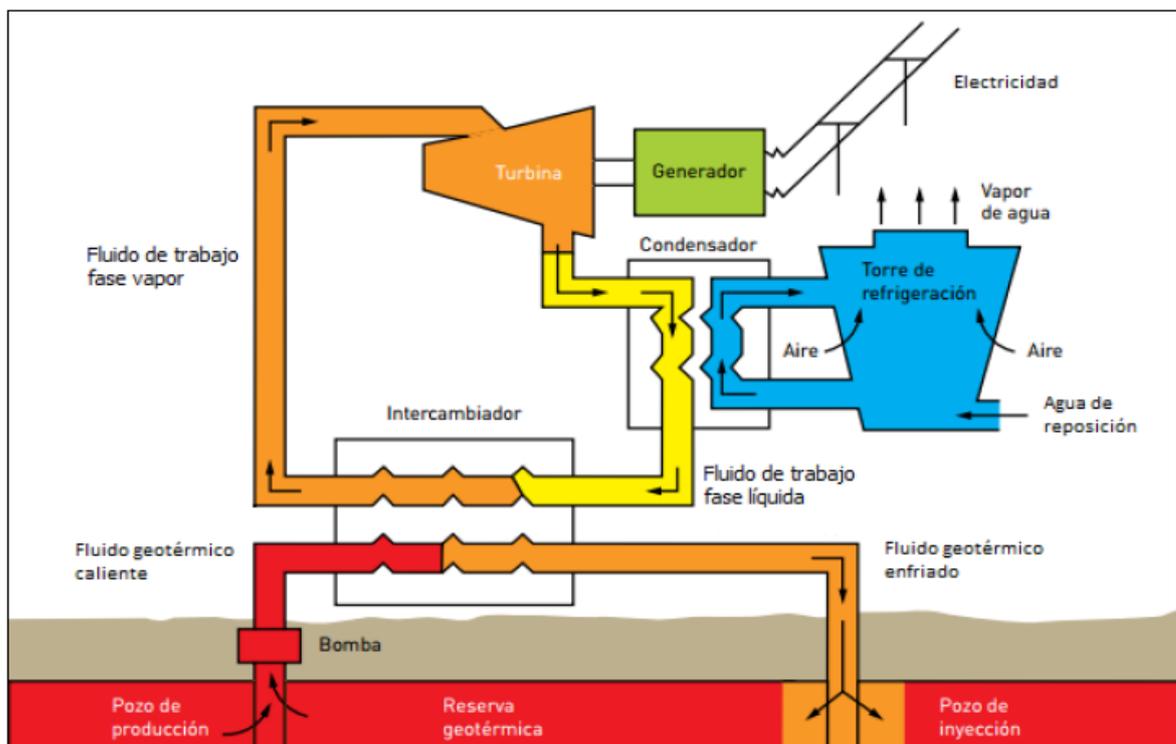
(<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/105653/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

c) Plantas binarias

En el caso de las plantas binarias, la temperatura del fluido a utilizarse es menor, comparada con los casos anteriores, normalmente entre 100 – 200°C. Usualmente, los acuíferos o yacimientos de explotación presentan un mayor porcentaje de impurezas, tales como gases, minerales u otros contaminantes. La principal diferenciación de su tecnología de ciclo es la utilización de dos fluidos en el sistema, uno el fluido geotérmico explotado, y el segundo, un fluido industrial de sensible evaporación, que aprovechará el calor del primero a través de un intercambiador de calor y accionará la turbina para la generación de electricidad.

Figura 5.8

Esquema conceptual de una planta de ciclo binario



Nota. De *Estudio de factibilidad para la instalación de una central geotérmica en Chile*, por S. A. Lagos Erics, 2017

(<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/105653/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

- **Ciclo Orgánico de Rankine (ORC)**

El sistema de generación eléctrica está en un sistema completamente cerrado, basado en un solo proceso de evaporación. Las temperaturas de operación del ciclo, normalmente se realizan con temperaturas superiores a los 120°C; sin embargo, también es posible hacerlo con temperaturas más bajas. El sistema

ORC, se caracteriza por utilizar un fluido orgánico como fluido de trabajo, el mismo que debe presentar un punto de ebullición más bajo que el agua para poder accionar la turbina eficientemente. Los principales hidrocarburos utilizados en plantas ORC son:

Tabla 5.2

Hidrocarburos utilizados en plantas ORC

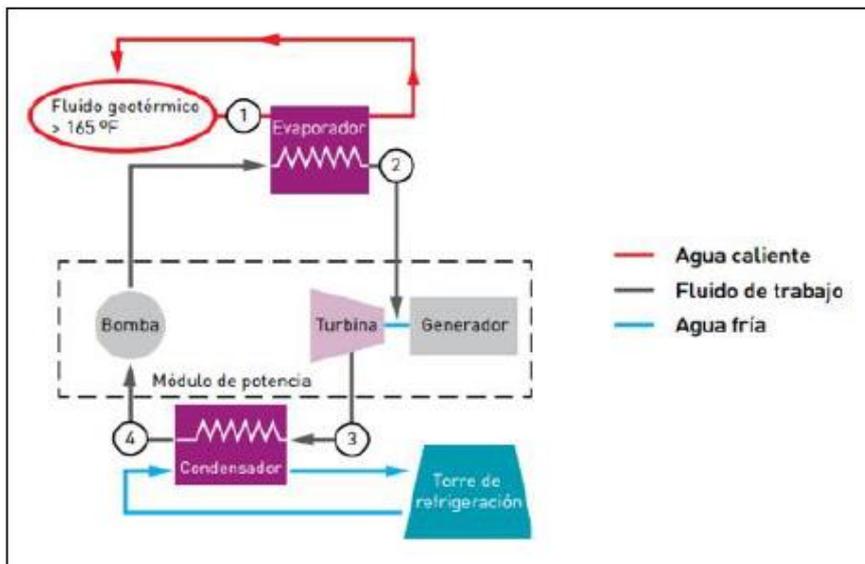
Hidrocarburo	Punto de ebullición [°C]	Densidad [kg/m ³]
Butano	0	2,52
Isopentano	27,9	616
Pentano	36,1	621
Isooctano	99	690
Tolueno	111	887

Datos en condiciones estándar (25°C y 1 atm)

Nota. De Estudio de factibilidad para la instalación de una central geotérmica en Chile, por S. A. Lagos Erices, 2017
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/105653/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Figura 5.9

Esquema conceptual del ciclo orgánico de Rankine



Nota. De Estudio de factibilidad para la instalación de una central geotérmica en Chile, por S. A. Lagos Erices, 2017
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/105653/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- **Kalina**

Las plantas de ciclo Kalina, fueron desarrolladas en el año 1990 y se caracterizan por presentar una mayor eficiencia que los ORC; sin embargo, sus costos son mayores y es d diseño complejo. El cambio principal, es el del fluido de trabajo, en donde se utiliza, al menos, dos componentes químicos (normalmente amoníaco y agua) para permitir un cambio de fase regulado a determinadas condiciones de presión y temperatura (Lagos Erices, 2017).

B. Selección de la tecnología

Con el fin de seleccionar el tipo de tecnología, se realizará una matriz de enfrentamiento considerando los siguientes factores.

F1 = Naturaleza del recurso o yacimiento geotérmico

F2 = Temperatura del reservorio o yacimiento geotérmico

F3 = Potencial de generación del recurso

F4 = Costos de implementación del sistema

Tabla 5.3

Matriz de enfrentamiento

FACTORES	F1	F2	F3	F4	f	hi
F1		0	1	1	2	0,29
F2	1		1	1	3	0,43
F3	0	0		1	1	0,14
F4	0	0	1		1	0,14
					7	1,00

De acuerdo con los resultados, se determinó que la temperatura del reservorio es crucial para determinar qué tipo de planta. En el proyecto de estudio, la temperatura del reservorio de la zona del campo geotermal de Calientes se encuentra entre los 200°C y 240°C, a una profundidad de alrededor 2 km.

Luego de realizar la tabla de enfrentamiento de factores, usando las ponderaciones, se procederá a realizar la tabla de ranking de factores, teniendo en cuenta la siguiente calificación: (6) bueno, (4) regular y (2) malo.

Tabla 5.4*Ranking de factores*

Ponderación	Planta de vapor seco		Planta de vapor flash		Planta Binaria	
	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
0,29	2	0,57	6	1,71	2	0,57
0,43	2	0,86	6	2,57	4	1,71
0,14	4	0,57	4	0,57	4	0,57
0,14	2	0,29	4	0,57	2	0,29
		2,29		5,43		3,14

Se concluye que la tecnología más adecuada es la del sistema de vapor flash. De acuerdo a las características presentadas del reservorio al no presenta grandes porcentajes de impurezas se optó por implementar el sistema de simple flash, debido a sus ventajas de eficiencia e impacto ambiental.

5.2.2 Proceso de producción

A. Descripción de los procesos

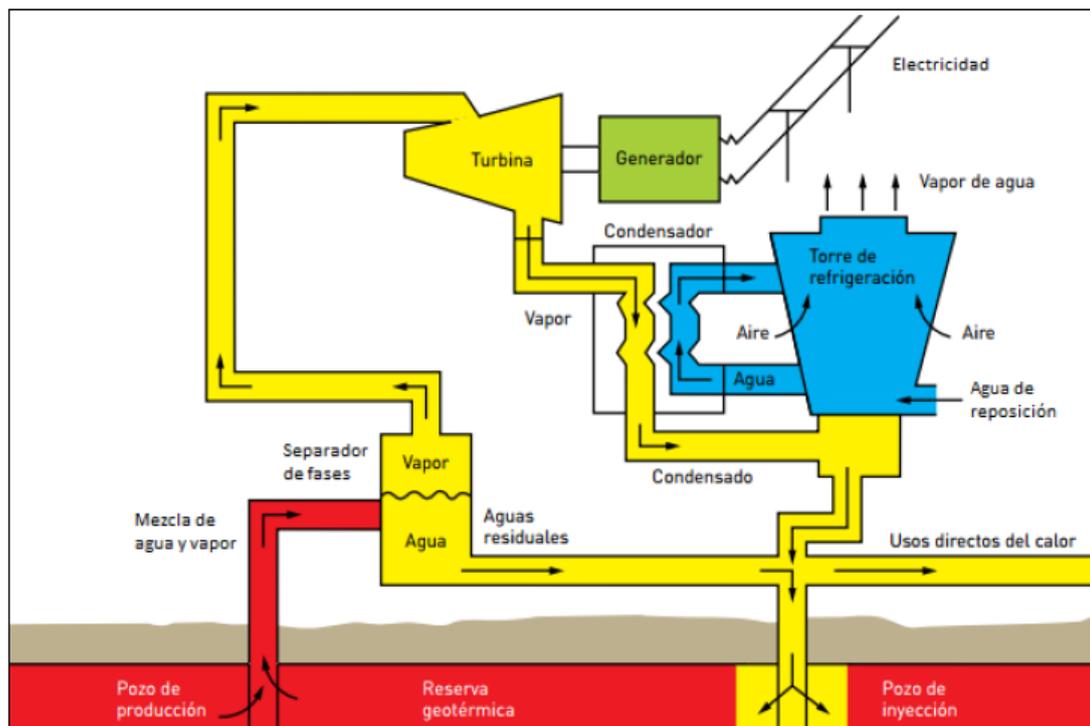
El proceso inicia con la salida del fluido geotérmico del pozo, debido a la alta presión de salida, es necesario minimizar el ruido generado, para esto se hace uso del silenciador, el cual se encuentra ubicado a la salida del pozo, y es el encargado de mitigar el ruido generado, posteriormente el fluido en dos fases proveniente del pozo se mueve en el separador ciclónico, de forma que el líquido tiende a fluir circularmente por las paredes, mientras que el vapor sube y es recogido en un tubo vertical; el líquido es llevado a un condensador para su posterior reinyección al acuífero, el vapor es conducido a un removedor de humedad, el cual separa el vapor húmedo para expulsarlo a la atmósfera y el vapor seco lo conduce a la turbina.

El vapor es conducido a la turbina mediante la tubería con una presión y flujo regulado y controlado por parte de un sistema de control, una vez ingresa a la turbina, la presión con la cual entra el vapor genera que las aspas de este roten a varias revoluciones por segundo, este movimiento es transmitido a un generador, el cual transforma esta energía mecánica en energía eléctrica para su posterior venta y conexión a las redes.

El vapor que entra a la turbina continua su flujo llegando a un condensador que a su vez hace uso de una torre de enfriamiento para refrigerar y disminuir la temperatura del fluido, es decir, el vapor ingresa al condensador, este disminuye su temperatura convirtiéndolo en una parte líquida y otra parte permanece como gases incondensables, los cuales son expulsados a la atmosfera haciendo uso de un eyector.

Figura 5.10

Esquema conceptual de una planta de vapor simple flash



Nota. De Estudio de factibilidad para la instalación de una central geotérmica en Chile, por S. A. Lagos Erices, 2017

(<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/105653/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

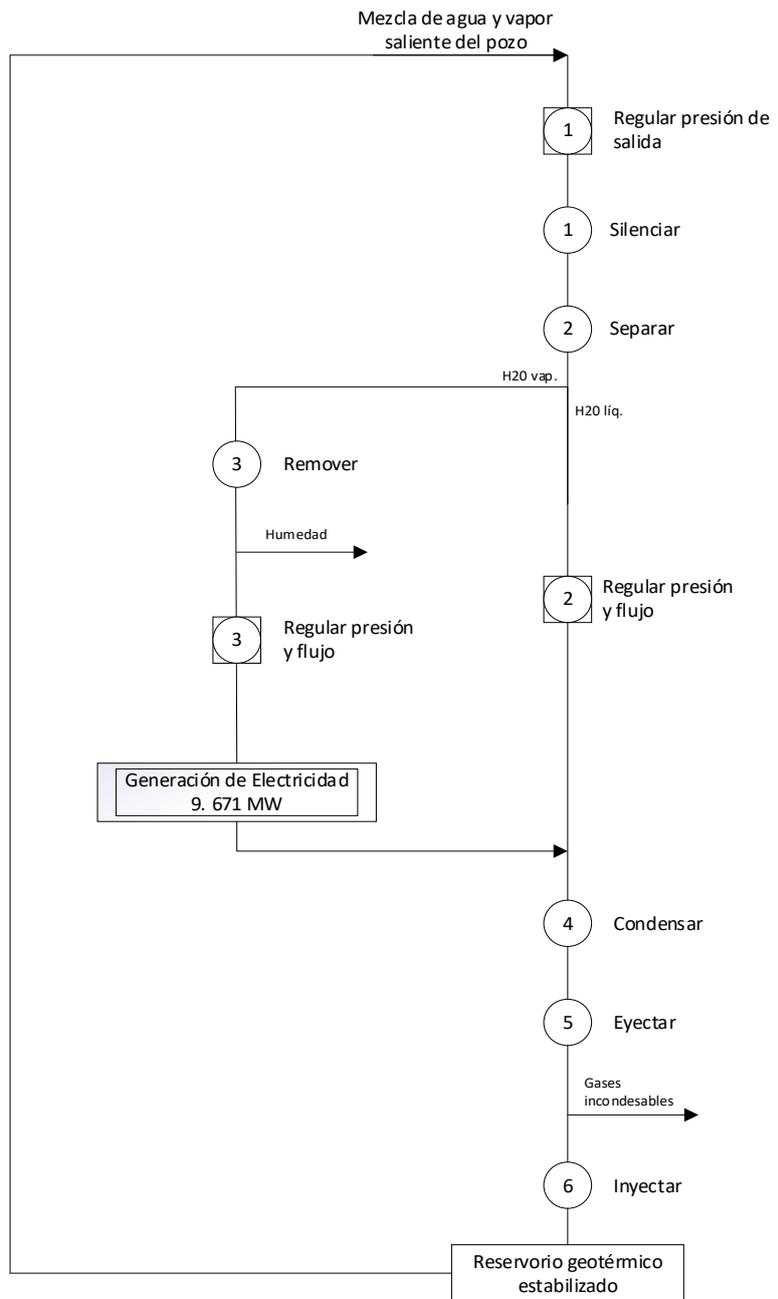
“La parte líquida resultante del condensador es conducida mediante tuberías al pozo de reinyección, en donde básicamente lo que se realiza es reinyectar el líquido al reservorio o pozo geotérmico, dando lugar al recalentamiento del fluido para su posterior extracción. De este modo el funcionamiento de la planta geotérmica se convierte en un proceso productivo cíclico, en donde el fluido geotérmico (mezcla agua y vapor), es el responsable del correcto funcionamiento de la central” (Munevar Ortiz, 2012).

El aprovechamiento de esta energía tiene varias ventajas, como el uso reducido de terreno, las bajas emisiones de CO₂, la no afectación de las propiedades químicas de las aguas superficiales y subterráneas y la producción constante de electricidad.

B. Diagrama de proceso DOP

Figura 5.11

Diagrama de operaciones para la generación de energía eléctrica de origen geotérmico bajo el sistema “single flash”



RESUMEN

○ : 6

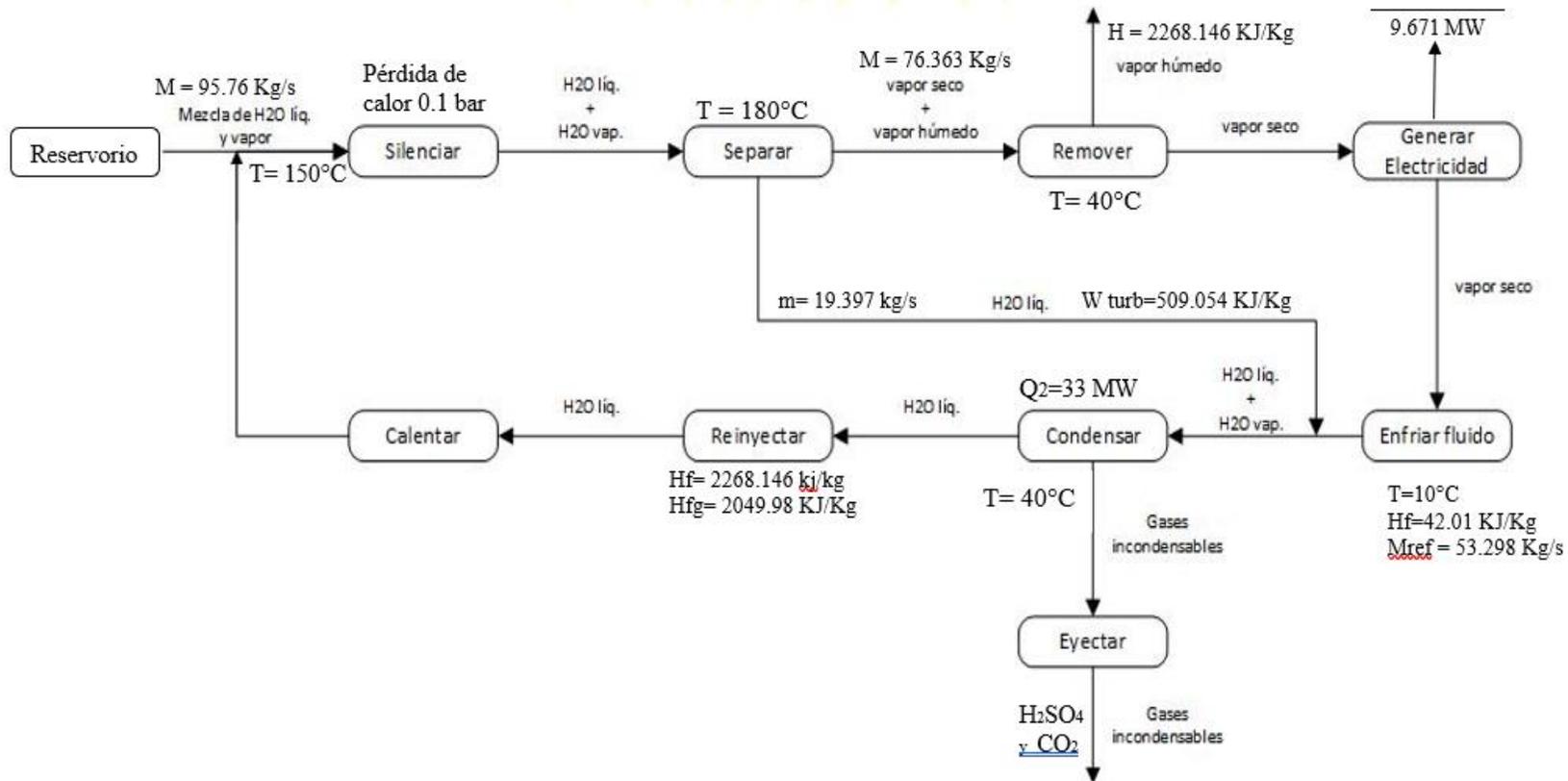
◻ : 3

TOTAL : 9

C. Balance de materia: Diagrama de bloques del proceso

Figura 5.12

Diagrama de bloques del proceso



5.3 Características de las instalaciones y equipos

5.3.1 Selección de la maquinaria y equipos

Como se ha observado en los capítulos anteriores, la elección de la turbina y de los equipos requeridos para la generación de la energía geotérmica deben tener las siguientes características:

Será necesario un equipo de separación ya que son utilizados para separar la fase del fluido geotérmico a la salida del pozo. Las redes de tuberías de vapor son elementos principales que conforman el traslado de fluido desde el pozo hasta la planta.

La turbina de vapor será la encargada de transformar la energía de vapor en energía mecánica a través de un intercambio de cantidad de movimiento entre el fluido de trabajo. El generador eléctrico mantiene la diferencia del potencial eléctrico entre dos de sus puntos transformando la energía mecánica en eléctrica.

El condensador tiene como función condensar el vapor de escape de la turbina. Se utilizará un condensador de contacto directo. Por otro lado, se encuentra el sistema de extracción de gases encargada de extraer los gases no condensables que conllevan los fluidos geotérmicos como el CO₂, H₂S y N₂. Las bombas de pozo impulsarán lo condensado hacia la torre de enfriamiento. Su característica principal es que son resistente a la corrosión y capacidades de altas succión. La torre de enfriamiento será el sistema de enfriar el agua en procesos que requiera de una disipación de calor.

Finalmente, el sistema de reinyección será utilizado para eliminar los fluidos de la superficie del campo geotérmico y mantener la presión en el reservorio.

5.3.2 Especificaciones de la maquinaria

Tabla 5.5

Especificaciones técnicas de la turbina de vapor

Turbina de vapor	Especificaciones
	Marca: Tranter Potencia de salida (kw): 10 000 Capacidad (KW): 12 500 Presión máxima de entrada: 25 bar Temperatura máxima de entrada: 200°C Presión máxima de salida: 7 bar Número de etapas: 1 (flujo)

Nota. Adaptado de *Turbina de vapor*, por Tranter (2022)

Tabla 5.6

Especificaciones técnicas del generador

Generador	Especificaciones
	Potencia de salida: 10 MVA Voltaje: 10 MVA Voltaje: 4160 V Factor de potencia: 0.3 Frecuencia: 60Hz

Nota. Adaptado de *Generador de energía*, por Siemens, 2022

Tabla 5.7

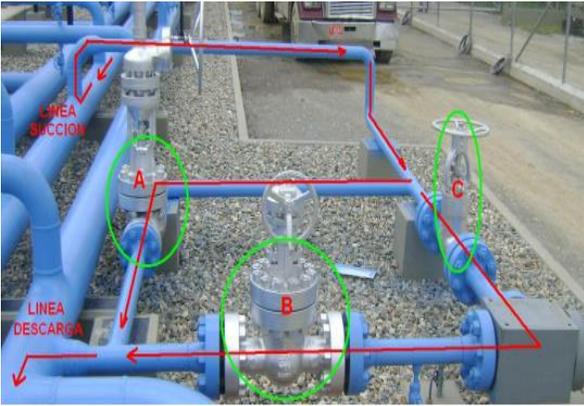
Especificaciones técnicas del condensador

Condensador	Especificaciones
	Marca: Greefoun Tipo: Contacto directo Presión (bar): 0.1 Flujo agua (kg/s): 2 273 Temperatura ent/sal (°C) 23/45,79 Capacidad: 18 kW – 4000 kW

Nota. Adaptado de *Condensador*, por Greefoun, 2022

Tabla 5.8

Especificaciones técnicas de las redes de tuberías

Redes de tuberías	Especificaciones
	Tramo 1-9 / 2-9 / 9-13 / 16-20 Longitud: 30 m / 40m / 20m / 1500m Diámetro: 20 Schedule: 60 Material: Acero al carbono AST A53 grado B

Nota. Adaptado de *Redes de tuberías*, por Siemens, 2022

Tabla 5.9

Especificaciones técnicas del sistema de extracción de gases

Sistema de extracción de gases	Especificaciones
	Tipo: Eyectores Consumo de vapor (kg/h)[kg/s]: 2 0717 [5,75] Capacidad de extracción de GNC (kg/h)[kg/s]: 5309 [1,47] Presión de vapor/succión/descarga: 8,0/0,1/1,0

Nota. Adaptado de *Sistema de extracción de gases*, por Alibaba, 2022

Tabla 5.10

Especificaciones técnicas del colector de vapor

Colector de vapor	Especificaciones
	Flujo de vapor total (kg/s): 115 Presión de trabajo (bar): 8 Temperatura de trabajo (°C) 170,4 N° de entradas de vapor: 2 N° de salidas de vapor: 2 Costo: \$ 10 000

Nota. Adaptado de *Colector de vapor*, por Siemens, 2022

Tabla 5.11

Especificaciones técnicas de torres de enfriamiento

Torres de enfriamiento	Especificaciones
	Tipo: Tiro mecanizado forzado Cantidad de celdas: 03 Flujo volumétrico agua (m ³ /h): 3 100 Altura Total (m): 42 m Tipo de ventilador: Axial Vertical Potencia por ventilador (kW):135

Nota. Adaptado de *Torres de enfriamiento*, por Siemens, 2022

Tabla 5.12

Especificaciones de válvula de pozo

Válvula de pozo	Especificaciones
	Marca: Spirax Sarco Presión: 1Mpa Material: ASTM A216 o A217 Cabezal: 20 Diámetro:0,064m Ancho: 1,5 m

Nota. Adaptado de *Válvula de pozo*, por Siemens, 2022

Tabla 5.13

Especificaciones técnicas del silenciador

Silenciador	Especificaciones
	Marca: Kaitech Largo: 4 m Ancho: 3,5 m Altura: 1,5 m Diámetro de boquilla: 600 mm Presión 0,8 MPa Color: Azul, Plomo Vida útil: 10 años

Nota. Adaptado de *Silenciador*, por Alibaba, 2022

Tabla 5.14

Especificaciones técnicas del Separador ciclónico

Separador Ciclónico	Especificaciones
	Marca: ChenHang Modelo: FX250 Largo: 4,3 m Ancho: 6,2 m Altura: 8,25 m Velocidad: 2 300-4 800 rpm Peso: 3 500 kg Voltaje: 380 V Color: Azul Vida útil: 10 años

Nota. Adaptado de *Separador Ciclónico*, por Kaitech, 2022

5.4 Capacidad instalada

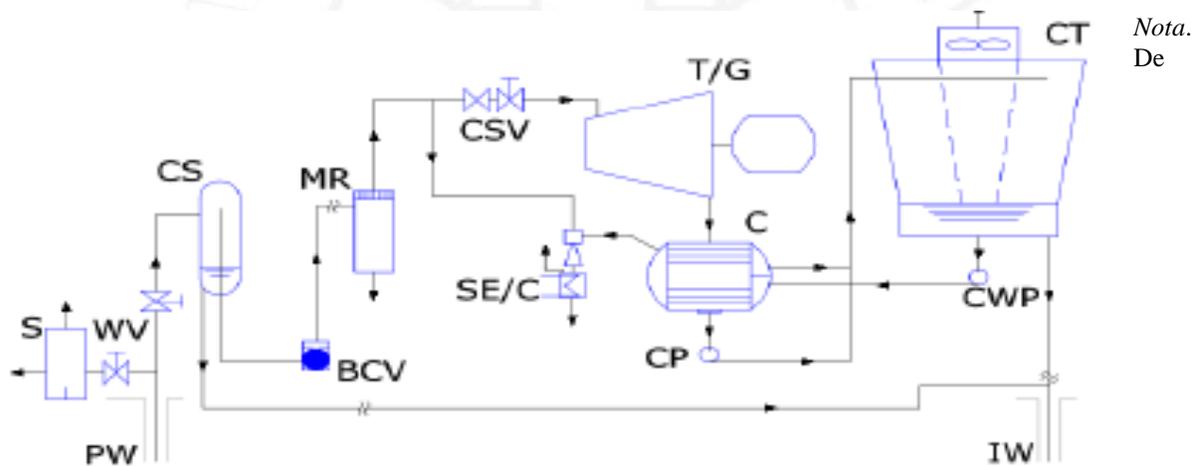
5.4.1 Cálculo detallado del número de máquinas y operarios requeridos

Con respecto al cálculo de número de máquinas a utilizar, es importante mencionar que la tecnología a usar “simple flash” es la más utilizada en la industria de energía geotérmica. Esto se debe cuando el yacimiento presenta en su mayoría la fase líquida. Además, la capacidad que puede desarrollar varía desde 5 – 100 MW.

Los principales equipos de una central simple flash son el separador ciclónico (CS), separador de humedad (MR), generador (G), condensador © turbina (T) y una torre de enfriamiento.

Figura 5.13

Esquema simplificado de una central Single Flash



Single Flash, por Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2020

A continuación, se observará un cuadro comparativo de los equipos a utilizar según la tecnología instalada en la central geotérmica.

Figura 5.14

Principales componentes de una energía Geotérmica

Equipo	Tipo de central			
	Vapor seco	Flash simple	Flash doble	Ciclo binario
Suministro vapor o salmuera				
Bombas	No	No (Pos)	No (Pos)	Si
Válvulas cabeza de pozo	Si	Si	Si	Si
Silenciadores	Si	Si	Si	No
Desarenadoras	Si	No	No	Si
Tubería de vapor	Si	Si	Si	No
Separadores ciclón de vapor	No	Si	Si	No
Tanques de almacenamiento	No	No	Si	No
Tubería salmuera	No	Si	Si	Si
Bomba auxiliar	No	Pos	Pos	Pos
Separador final humedad	Si	Si	Si	No
Intercambiador de Calor				
Evaporadores	No	No	No	Si
Condensadores	Si (No)	Si (No)	Si	Si
Turbina-Generador y controles				
Turbina de vapor	Si	Si	Si	No
Turbina de vapor orgánica	No	No	No	Si
Turbina de admisión dual	No	No	Si	No
Sistema de control	Si	Si	Si	Si
Bombas				
Condensador	Si (No)	Si (No)	Si	Si
Agua refrigeración	Si (No)	Si (No)	Si	Si
Inyección salmuera	No	No (Pos)	Si (No)	Si
Remoción de gas no condensable				
Eyectores de vapor	Si	Si	Si	No
Compresores	Pos	Pos	Pos	No
Bombas de vacío	Pos	Pos	Pos	No
Torres de enfriamiento				
Tipo húmedo	Si (No)	Si (No)	Si	Pos
Tipo seco	No	No	No	Pos

Nota. De Componentes de una geotérmica, por Utilización de la Energía Geotérmica – UPME

Debido a la magnitud y la tecnología empleada será necesario contar con un (01) equipo de cada componente principal teniendo un total de 14 equipos principales.

Por otro lado, para la instalación de una planta geotérmica durante las primeras fases, se requiere de una gran cantidad, debido a la exploración de los terrenos, perforación y la construcción de la central geotérmica. Sin embargo, en la etapa de operación y mantenimiento es cuando empieza funcionamiento de la central geotérmica, asimismo, se debe de mantener en condiciones óptimas para evitar futuras fallas en la operación por lo que se deberá de contar de 10 a 25 operarios (Córdova Z, L., 2012)

De acuerdo con la tecnología usada en nuestra planta, será necesario contar con 10 trabajadores en el área de producción, ya que serán los encargados de supervisar que los equipos estén funcionando en los parámetros correspondientes.

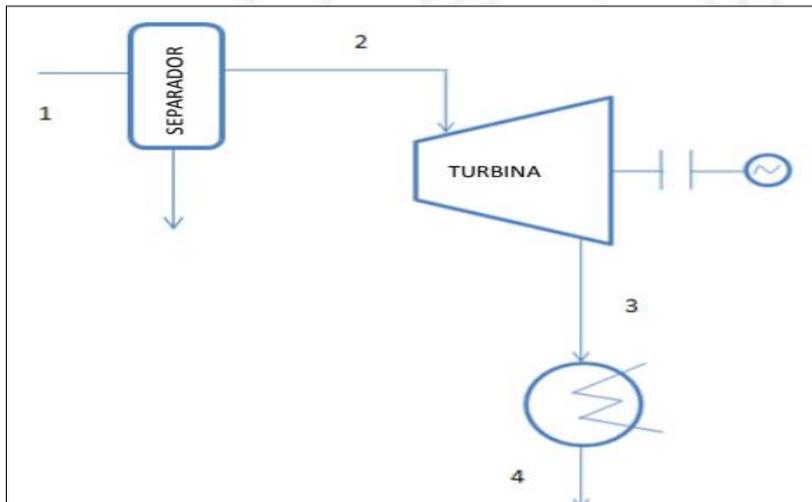
5.4.2 Cálculo de la capacidad instalada

El recurso geotérmico que se encuentra en el macizo de las zonas calientes conformado de agua y vapor, a temperaturas muy elevadas (mayores que los 180°C) de modo que, el diseño de una planta flash simple es el más adecuado, ya que se aprovechará el vapor extraído como fluido de trabajo.

La vida útil que presentan las plantas es variable, esto se debe a dos factores importantes, la correcta operación de la central y el no sobreexplotar un yacimiento geotérmico.

Figura 5.15

Diagrama de máquinas



Nota. De Propuesta para la localización, selección de maquinaria, selección de proveedores y distribución de una planta para la producción de energía eléctrica mediante el uso del recurso geotérmico, por Juan Munevar, 2012

Con la finalidad de hallar el estado 2, es necesario saber la entropía (s) y entalpia (h). Es por ello, que nos apoyaremos de las Tablas de agua saturada (A-4) y vapor sobrecalentado (A-

6). Al encontrarse en la zona geográfica caliente, cuya temperatura oscila de los 180 – 240°C, se tomará como base la temperatura 180 °C cuya $P_{sat} = 1\,002,8\text{ KPa} = 1\text{MPa}$.

Datos:

Volumen específico

$$V_f = 0,001127\text{ m}^3/\text{Kg} \quad V_g = 0,19384\text{ m}^3/\text{Kg}$$

Entalpía:

$$H_f = 763,05\text{ KJ/kg} \quad H_g = 2\,777,2\text{ KJ/Kg} \quad H_{fg} = 2\,014,2\text{ KJ/Kg}$$

Energía Interna

$$U_f = 761,92\text{ KJ/Kg} \quad U_g = 1\,820,9\text{ KJ/Kg} \quad U_{fg} = 2\,582,8\text{ KJ/Kg}$$

Entropía:

$$S_f = 2,1392\text{ KJ/Kg.K} \quad S_g = 6,5841\text{ KJ/Kg.K} \quad S_{fg} = 4,4148\text{ J/Kg.K}$$

Se procede a calcular el P3 a una $T = 40^\circ\text{C}$, además, se sabe que en condiciones ideales $S_2 = S_3$:

$$\boxed{x_2 = \frac{S_2 - S_f}{S_{fg}}} \Rightarrow \frac{6,5841 - 0,5724}{7,6832}$$

$$X_3 = 0,7824$$

A condiciones de 40°C : $S_f = 0,5724$ $S_{fg} = 7,6832$ se procede a calcular el estado en P4:

$$\boxed{h'_4 = h_f + X \cdot h_{fg}}$$

$$h'_4 = 167,53 + (0,7824) \cdot (2\,406)$$

$$h'4 = 2\,049,98 \text{ KJ/Kg}$$

Debido a que el proceso no es isoentrópico, se utiliza la eficiencia de la turbina para hallar la entalpia real, $n_{\text{turb.}} = 0,7$

$$\eta_{\text{turb}} = \frac{h3 - h4}{h3 - h'4} \quad 0.7 = \frac{2\,777,2 - h4}{2\,777,2 - 2\,049,98}$$

$$\rightarrow h4 = 2\,268,146 \text{ KJ/Kg}$$

Se procede a calcular el trabajo de la turbina

$$W_{\text{turb}} = h3 - h4$$

$$W_{\text{turb}} = 2\,777,2 - 2\,268,146 \Rightarrow 509,054 \text{ KJ/Kg}$$

$$P_e = W * Q * (\eta_m * \eta_e)$$

$$5 \text{ MW} (1000 \text{ KW} / 1 \text{ MW}) = 509.054 \text{ KJ/Kg} * Q * (0.7 * 0.9)$$

$$Q = 15.59 \text{ kg/s}$$

Para la salida de un condensador, se procede a calcular el Q_2 a una $T = 23^\circ\text{C}$, $h_f = 104,89 \text{ KJ/Kg}$

$$Q_2 = (m_{\text{gas}} - 0.02 m_{\text{gas}})(h4 - h5)$$

$$Q_2 = (15,59 - 0,02 * 15,59) * (2\,268,146 - 104,89)$$

$$Q_2 = 33\,051,4217 \text{ KJ/s}$$

$$Q_2 = 33,05 \text{ MW}$$

Por otro lado, es necesario calcular el líquido refrigerante para ello se procede realizar un balance de energía entre el líquido que ingresa a la torre de refrigeración y el agua que sale del condensador.

A condiciones de una $T = 10^\circ\text{C}$, $h_f = 42,01 \text{ KJ/Kg}$

$$Q_2 = m_{ref} * (h_5 - h_f)$$

$$m_{ref} = (33\ 051,4217) / (104,89 - 42,01) \Rightarrow 53,2986 \text{ kg/s}$$

Una vez calculada la masa del vapor, se procede a calcular los datos en la bomba ya que es la encargada de mover la m_{ref} (agua condensada). El equipo aumentará la presión dado que requiere de un impulso, se determina que el caudal sea igual a la entrada de la turbina.

Los yacimientos geotérmicos pierden una parte del agua en las grietas de las tuberías, debido a la fricción del fluido.

$$m_3 = \frac{m_{gas} - 0,25 * m_{gas}}{0,3} = 64,95 \text{ KJ/kg}$$

$$m_3 = \frac{15,59 - 0,25 * 15,59}{0,3}$$

Se divide entre 0,3, ya que se desea determinar la cantidad mínimo necesario a una $T = 70^\circ\text{C}$, con un nivel de rendimiento 0,6.

Datos:

$$T = 70^\circ\text{C} \quad h_3 = 2\ 626,8 \text{ KJ/Kg} \quad H_{fg} = 2\ 333,8 \text{ KJ/Kg}$$

$$W_6 = n * m_{gas} * (h_f - h_{fg})$$

$$W_6 = 0,6 * 64,95 * (2\ 626,8 - 2\ 333,8)$$

$$W_6 = 11\ 418,31$$

$$W_6 = 11,46 \text{ MW}$$

Con respecto al yacimiento, el balance de energía se debe tener en cuenta que no es isocórico, ni isobárico ni isotérmico.

$$Q_2 = m_{gas} * 1,3 * (h_5 - h_f)$$

$$Q_5 = 15,59 * 1,3 * (2\,778,2 - 2\,333,8)$$

$$Q_5 = 9\,006,6548 \text{ KJ/S}$$

$$Q_5 = 9,6 \text{ MW}$$

Por otro lado, se utilizará un separador ciclónico, este considera una pérdida de 0.1 bar, además es la encargada de separar el gas vaporizado y la producción. Para efectos de balance de energía no cuenta.

Eficiencia de la utilización

$$\eta = \frac{W_{\text{planta neta}}}{E} = \frac{W_{\text{neta}}}{m_r * (h_r - h_m - T_m * (S_r - S_m))}$$

$$m_r = \text{Flujo másico del reservorio} = 19,39$$

$$h_r = \text{entalpía del reservorio} = 632,20 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_m = \text{entalpía del estado muerto} = 416,04 \text{ KJ/Kg}$$

$$T_m = \text{Temperatura del estado muerto} = 15^\circ\text{C} = 288 \text{ K}$$

$$S_r = \text{entropía del reservorio} = 1,8418 \text{ KJ/Kg.K}$$

$$S_m = \text{entropía del estado muerto} = 1,3069 \text{ KJ/Kg.k}$$

Reemplazado los valores

$$\eta = \frac{739,064 \text{ kg/s}}{19,39 * (632,20 - 416,04 - 288(1,84 - 1,30))} = 0,6449$$

La eficiencia de la central geotérmica es de 64,49%

5.5 Resguardo de la calidad y/o inocuidad del producto

5.5.1 Calidad de la materia prima, de los insumos, del proceso y del producto

Debido a la naturaleza de los recursos necesarios para la operación de una planta geotérmica, son los yacimientos geotérmicos los que se figuran como la principal materia prima utilizada.

Hablar de la calidad de estos supondría una valoración relativa de lo que cada reservorio contiene respecto a sus características particulares como la presencia o no de distintos minerales.

Antes de diseñar el sistema de recolección del fluido y transmisión, se debe tomar en cuenta sus propiedades químicas del fluido producido por los pozos de los cuales mediante técnicas geoquímicas se realizará un análisis de las aguas que pueden estar involucradas con el yacimiento (manantial, lagos, aguas frías, emisión de fumarola, entre otros) es por ello por lo que se deberá tener en cuenta los siguientes parámetros de estudio.

- Variación y composición del fluido termal a profundidad
- Temperatura del fluido
- Rocas relacionadas con el fluido
- Origen del fluido y tiempos de residencia
- Gradiente térmico y la ebullición que presenta en el sistema
- Zonas que presenta un alto flujo

A continuación, se mencionará los diferentes geotérmicos que existen de acuerdo con su variedad de características geológicas, físicas y químicas que se encuentre.

- **Sistema Hidrotermal**

Los componentes son la base de vapor o el agua en relación con las fuentes volcánicas, estos pueden ser provenir de la intrusión magmática, el yacimiento geotérmico, pozos geotérmicos y el agua fresca o pluvial.

- **Sistema Roca Seca Caliente HDR**

También conocida como sistema geotérmico mejorado con diseño de ingeniería EGS, debido a los volúmenes de roca calentada por el volcanismo, casi impermeables, no se puede explotar de forma convencional.

- **Sistema Geo presurizado**

Están relacionados a los yacimientos de petróleo o gas geo presurizado cuyo fluido queda atrapado en las trampas estratigráficas. Por lo general son bastante profundos, por ende, su presión es cercanos a la litostáticos.

- **Sistema geotérmico volcánico**

Asociado a la actividad volcánica ya que su fuente de calor es el magma. Se sitúa en cerca de los volcanes, tales como calderas, límites de placas o zonas calientes.

Finalmente, el producto terminado sería la conversión del recurso geotérmico en energía eléctrica, para clasificar su uso se toma en cuenta el nivel térmico del recurso.

Tabla 5.15

Clasificación y uso de energía geotérmica

Energía Geotérmica	Temperatura	Uso
E.G. Alta Temperatura	T > 150° [°C]	Producción de energía eléctrica
E.G. Media Temperatura	90 - 150° [°C]	Producción de energía eléctrica mediante el uso de plantas de ciclo binario
E.G. Baja Temperatura	25 - 90° [°C]	Uso directo del calor: Calefacción de viviendas, uso agrícola
E.G. Muy Baja Temperatura	T < 25° [°C]	Agua caliente sanitaria

Nota. De Modelo inicial para yacimientos geotérmicos durante la etapa de exploración, por Adranca G, Fabian; Rodriguez M, José, 2012

Es por ello por lo que el aseguramiento de la calidad del proceso se reflejará en la calidad de la maquinaria involucrada y sus distintas eficiencias y mantenimientos con tal de mantenerlas en óptimas condiciones de funcionamiento.

Dichos equipos como tuberías y sistemas de control serán adquiridos bajo la supervisión de la calidad de los proveedores de estos, materia que se dispondrá como requerimiento para adjudicar cada uno de ellos. Se buscará que mantengan un lineamiento con las siguientes certificaciones:

- ISO 9001: 2015 – Sistema de Gestión de la Calidad

- ISO 14001 – Sistema de Gestión Ambiental
- OHSAS 18001 – Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional.

5.6 Estudio de impacto ambiental

La instalación de una planta geotérmica puede generar distintos tipos de impactos ambientales dentro de su entorno. Esto puede ser significativo, ya que puede tener un efecto positivo o negativo, por tal motivo es primordial realizar un análisis cualitativo. Posteriormente, se describirán los principales efectos y las actividades a realizar para minimizar el impacto.

Tabla 5.16

Matriz de aspecto e impacto ambiental

Etapas del Proceso	Salidas	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Medidas Preventivas
Regulación y presión de salida	Fluido Térmico (Efluentes - vapor)	Generación de efluentes	Contaminación del agua Impacto Visual	La central debe ubicarse en zonas alejadas
Silenciar	Cáscara del fruto Ruido	Generación de ruido	Afectación a la salud	Uso de material asilante para el equipo Instalar barreras
Separar	Efluentes vapor	Generación de vapor	Contaminación del aire	Uso racional del recurso Evaluación de los registros hidrológicos Mantenimiento del equipo
Generar electricidad	Vapor seco	Generación de vapores	Contaminación del aire	Uso racional del equipo Mantenimiento adecuado del equipo
Condensar	Residuos sólidos Efluente	Generación residuos sólidos Generación de efluente	Contaminación del suelo	Almacenar en tanques los residuos sólidos Mantenimiento del equipo
Eyectar	Emisión de gases no condensables	Generación de emisiones	Contaminación del aire	Utilizar los sistemas reductores para eliminar el ácido sulfhídrico y mercurio

A. Efluentes

- Fluidos que se emiten en las fases de exploración, desarrollo y operación se puede instalar en los pozos de producción de vapor y reinyección
- La reutilización de los fluidos en la etapa de la perforación
- La eliminación de tanques con residuos peligrosos

B. Emisiones a la atmósfera

- Utilizar los sistemas reductores para eliminar las emisiones de ácido sulfhídrico y mercurio procedente de gases no condensables.

C. Residuos Sólidos

- Almacenar y contener los residuos sólidos para que su tratamiento final y eliminación adecuada.
- Reciclar los azufres en las plantas externas

D. Reventones en pozos y fallos en las tuberías

- Las roturas en las tuberías podrían liberar fluidos y vapores geotérmicos que contengan metales pesados, para evitar esta situación es necesario realizar un mantenimiento periódico en las bocas de los pozos y los conductores de los fluidos geotérmicos.

E. Consumo y extracción de agua

- Evaluar los registros hidrológicos sobre la variabilidad de las corrientes garantizando el mantenimiento de los fluidos críticos.
- Supervisar las variaciones de las temperaturas del efluente y las masas de aguas receptoras

5.7 Seguridad y salud ocupacional

La seguridad en una planta geotérmica es un elemento importante ya que permitirá crear confianza dentro de la organización, generando un mejor compromiso y desempeño. Se debe tomar en cuenta los siguientes procedimientos ya que se desea minimizar o evitar el riesgo

A continuación, se detallarán las principales medidas que debe realizar para asegurar la integridad del personal.



Tabla 5. 1
Matriz IPER

PROCESO: Generación de energía eléctrica de origen geotérmico bajo el sistema "Single flash"												
PROCESO	PELIGRO	RIESGO	PROBABILIDAD					Índice de SEVERIDAD	RIESGO = PROBABILIDAD *SEVERIDAD	Nivel de Riesgo	Riesgo Significativo	MEDIDAS DE CONTROL
			Índice de personas expuestas	Índice de procedimientos	Índice de capacitación	Índice de exposición al riesgo	Índice de PROBABILIDAD					
Regulación y presión de salida	Físico	Probabilidad escape del vapor	1	1	1	1	4	3	12	Moderado	NS	Política de mantenimiento y seguimiento en esta máquina Capacitación al operario del uso correcto de los EPP
Silenciar	Ergonómico	Probabilidad de quedar sordo	1	2	2	1	6	2	12	Moderado	NS	Capacitación al operario del uso correcto de los EPP
Separar	Físico	Probabilidad de una obstrucción y la erosión de los componentes	1	2	2	2	7	3	21	Importante	S	Política de mantenimiento y seguimiento en esta máquina
Regular la presión del flujo	Físico	Probabilidad de escape del vapor	1	1	1	2	5	3	5	Moderado	NS	Política de mantenimiento y seguimiento en esta máquina

Continua

Reinjectar	Físico	Probabilidad escape del fluido	1	2	2	2	7	3	21	Importante	S	Proteger la superficie los equipos y conductores
Eyectar	Físico	Probabilidad de escape de los gases incondensables	1	1	1	2	5	4	20	Importante	S	Política de mantenimiento y seguimiento en esta máquina
Condensar	Físico	Probabilidad de escape del fluido condensado	1	1	1	2	5	3	15	Moderado	NS	Política de mantenimiento y seguimiento de la máquina El personal no deberá estar expuesto durante largas jornadas laborales en los entornos de elevadas temperaturas
Generar electricidad	Físico	Probabilidad de una descarga eléctrica	1	1	1	2	5	4	20	Importante	S	Capacitación al operario del uso correcto de los EPP
Remover	Físico	Probabilidad de escape del vapor seco	1	2	1	1	5	3	15	Moderado	NS	Política de mantenimiento y seguimiento en esta máquina

Tabla 5. 2

Índice de probabilidad

ÍNDICE	PROBABILIDAD			SEVERIDAD
	PERSONAS EXPUESTAS	PROCEDIMIENTOS EXISTENTES	CAPACITACION	(CONSECUENCIA)
1	1 a 3	Existen, son satisfactorios y suficiente	Personal entrenado, conoce el peligro y lo previene	<p>Daño a la seguridad: Lesión sin incapacidad</p> <p>Daño a la salud: Discomfort, incomodidad</p>
2	4 a 12	Existen parcialmente y no son satisfactorios o suficientes	Personal parcialmente entrenado, conoce el peligro, pero no toma acciones de control	<p>Daño a la seguridad: Lesión con incapacidad</p> <p>Daño a la salud: Reversible</p>
3	13 a más	No existen	Personal no entrenado, no conoce el peligro, no toma acciones de control	<p>Daño a la seguridad: Lesión con incapacidad permanente</p> <p>Daño a la salud: Irreversible</p>

Nota. OHSAS 18001-Matriz IPER

Tabla 5. 3*Postura frente al riesgo*

NIVEL DE RIESGO	POSTURA
Trivial 4	<ul style="list-style-type: none"> • No requiere acción específica
Tolerable 5-8	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener eficacia de las acciones preventivas Buscar alternativas más económicas • Buscar alternativas más económicas • Comprobar e inspeccionar periódicamente para mantener nivel
Moderado 9-16	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar acciones para reducir el riesgo en un plazo determinado • Si el riesgo está asociado a consecuencias extremadamente dañinas (mortal o grave) reevaluar para mejorar resultados
Importante 17-24	<ul style="list-style-type: none"> • No empezar el trabajo hasta reducir el riesgo • Es posible que requiera importantes recursos para el control del riesgo • Si el riesgo está asociado a un trabajo que se está realizando solucionar en corto plazo
Intolerable 25-36	<ul style="list-style-type: none"> • No empezar ni continuar el proceso hasta no reducir el riesgo • Si no es posible reducir el riesgo, prohibir el trabajo (incluso con recursos limitados)

Nota. OHSAS 18001-Matriz IPER

Gases Geotérmicos

- El personal que realiza el mantenimiento en las tuberías de los pozos, turbinas y condensadores están expuesto principalmente al gas de ácido sulfhídrico, es por ello, el personal deberá contar con una hoja informativa de su salud y ser capacitado
- Se instalará sistemas de seguimiento y alertas con respectos a las emisiones de ácido sulfhídrico de manera que será supervisada para evitar un accidente.
- Se deberá elaborar un plan de emergencia, principalmente las rutas de evacuaciones de la central.
- Se deberá proporcionar equipos de protección personal al personal
- Deberá contar con sistemas de ventilación para evitar la acumulación de gases

Espacios Reducidos

- Los riesgos pueden ser letales es por ello que se debe evitar el que los trabajadores se encuentren en espacios cerrados ya que incrementará las probabilidades de accidentes.
- Se deberá aplicar la rotación del personal en tiempos determinados en las áreas de las turbinas, torres de refrigeración de agua y los almacenes.
- Deberá contar con señales de seguridad y evacuación.

Calor

- El personal no deberá estar expuesto durante largas jornadas laborales en los entornos de elevadas temperaturas.
- Se debe proteger la superficie **los** equipos y conductores.
- El uso obligatorio de los equipos de protección personal (EPP)
- Deberá contar con alarmas contra incendios

Ruido

- En una de las etapas para instalar una central geotérmica es la perforación de los pozos de los cuales los niveles de ruidos pueden exceder los 100 dBA. Por tal motivo, se deberá implementar tecnologías para la reducción del ruido como amortiguadores de piedra, aislamiento sonoro y barreras laborales.
- En la central se deberá instalar silenciadores de equipos.

5.8 Sistema de mantenimiento

El programa de mantenimiento es de suma importancia ya que conservará el buen estado de las operaciones, las instalaciones y el buen servicio satisfactorio. El sistema de mantenimiento se clasificará de dos maneras.

5.8.1 Mantenimiento del pozo

El propósito de realizar un mantenimiento del pozo es conservar la capacidad productiva y aplazar la vida útil. Para realizar dicho procedimiento, es necesario realizar un diagnóstico preliminar del estado físico contemplando diseño, historia química y geoquímica y un registro de fondo.

Posteriormente, se realizará la limpieza de las tuberías de producción del cual consiste inyectar una sustancia que inhibe la formación de los carbonatos a través de la sonda instalada dentro del pozo.

5.8.2 Mantenimiento de la central

El mantenimiento de una central geotérmica se clasificará en dos trabajos.

A. Mantenimiento preventivo

Este trabajo será realizado en equipo con la finalidad de evitar interrupciones imprevistas y mantener los límites establecidos, asimismo, permitirá la organización de los recursos. Por otro lado, se establecerá un programa de actividades planificadas de las cuales se debe realizar en los periodos establecidos. El mantenimiento preventivo se clasificará de la siguiente manera:

- Mantenimiento rutinario
- Mantenimiento químico
- Mantenimiento mayor

Tabla 5.17

Posibles fallas por equipos y acciones a tomar

Equipos	Posible Fallas	Acciones para tomar
Sistema de vapor principal	- Equipos atorados - Fugas de vapor - Acumulamiento de aguas en las tuberías	Revisión y prueba de válvulas de seguridad Revisión del sistema de regulación de presión Revisión del separador de humedad - Revisión de tuberías, soportes y aislamiento
Torre de enfriamiento	- Depósito de sólidos	- Revisión y lubricación de los ventiladores Limpieza de piletas y distribución de agua
Turbogenerador y sistemas auxiliares	- Incrustación en los álabes y toberas Erosión a causa de la humedad del vapor - Corrosión en las partes de contacto con el vapor de aire	- Limpieza del rotor Verificación del alineamiento de los rotores Revisión de las válvulas de control - Revisión de los sistemas de lubricación - Revisión y limpieza de los enfriadores de aceite
Condensador	- Corrosión y depósitos sólidos	Revisión del condensador

Una vez determinada las posibles fallas, se propone realizar cada 03 meses una supervisión en los equipos mencionados.

B. Mantenimiento correctivo

Uno de los propósitos de este trabajo es medir la efectividad del programa del mantenimiento preventivo y a su vez tomar las decisiones con respecto a las modificaciones de instalación.

Las interrupciones de servicio son muy costosas, no solo por la reparación del equipo, sino que tiene un impacto social, debido a que presta un servicio público. Por ende, el procedimiento de reparación debe ser rápido.

El costo del mantenimiento es menor del 10% del mantenimiento preventivo, considerando un costo aceptable.

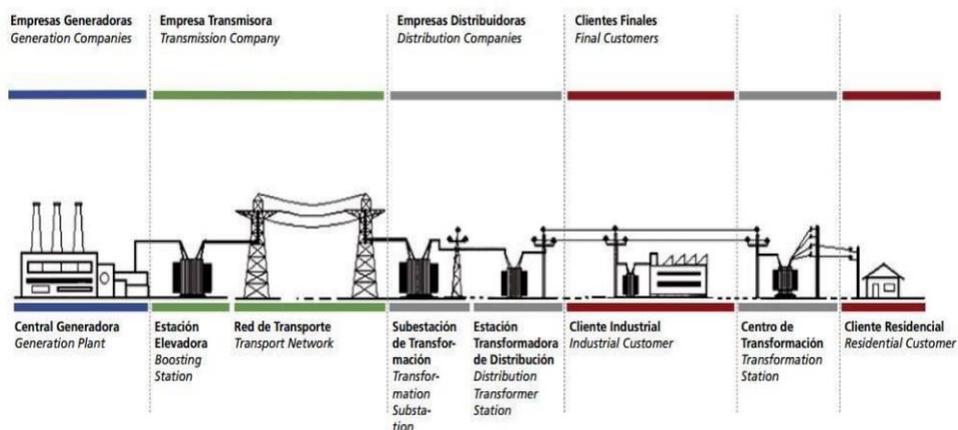
5.9 Diseño de la cadena de suministro

El proceso inicia con la extracción del fluido térmico como materia prima, posteriormente ingresa a un separador a partir de ahí se inicia con el proceso de producción para obtener energía eléctrica.

Una vez obtenido el producto final, se procede a comercializar a las empresas transmisoras, distribuidoras y clientes finales necesarios para el suministro energético. Es importante mencionar que la energía eléctrica producida en la central, se genera pérdidas durante su transporte en las líneas de transmisión y distribución hasta llegar al cliente final. Las pérdidas de energía en la etapa de transmisión aprox. son de 3,8% del total de la producción, mientras que la etapa de la distribución es de 7,5%.

Figura 5.16

Esquema de infraestructura eléctrica



Nota. De Esquema de infraestructura eléctrica, por Ministerio de Energía y Minas

Es importante indicar que la política regulatoria y la gobernanza se define como una actividad de Gobierno entero integrada en el ciclo normativo del diseño, aplicación, revisión y evaluación de la regulación con el apoyo de instituciones adecuadas. A continuación, se mostrará un resumen del marco institucional del mercado eléctrico en el Perú.

Tabla 5.18

Regulación y supervisión de las actividades del sector eléctrico en Perú

Rol de entidades	Actividades del sector de electricidad			
	Generación	Transmisión	Distribución	Comercialización
Ente Normativo	MEM	MEM	MEM	MEM
Promoción de la inversión	Proinversión	Proinversión	Proinversión	Proinversión
Contratante	MEM	MEM	MEM	MEM
Supervisión del contrato		Osinerghmin	Osinerghmin	
Regulación - Tarifas		Osinerghmin	Osinerghmin	
Operador del sistema	COES	COES		
Supervisión y fiscalización:				
a) Normas técnicas y de seguridad	Osinerghmin	Osinerghmin	Osinerghmin	Osinerghmin
b) Normas de salud y seguridad ocupacional	Sunafil	Sunafil	Sunafil	Sunafil
Supervisión de la libre y leal competencia y control de fusiones y adquisiciones	Indecopi	Indecopi	Indecopi	

Nota. De La energía geotérmica como alternativa económica y sostenible para solucionar el déficit de generación eléctrica en la zona sur del Perú, por J.A Olazábal & J. Apaza Apaza, 2014, Tesis de maestría (https://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE_896b7a159c48fb4f28d2b771fab54d5b)

5.10 Programa de producción

El programa de producción de la planta estará en función al tipo de tecnología, ya que este fue elegido tamaño de planta del proyecto. De acuerdo con el balance energético la eficiencia de utilización de la planta es de 64,49% cuya capacidad instalada es 9,671 MW, teniendo como resultado una potencia neta de 6,236 MW.

Es de suma importancia el mantenimiento de los equipos de la central geotérmica, ya que nos permitirá contar con un óptimo factor disponible y una alta capacidad eléctrica. Se considerará con un factor de disponibilidad de 95% constante para una vida útil de 30 años.

Para determinar la energía eléctrica producida de utilizará la siguiente expresión.

$$E_{\text{eléctrica}} = P_{\text{neta}} * N_{\text{días-año}}$$

Donde:

$E_{\text{eléctrica}}$ = Energía eléctrica producida (MWH/año)

P_{neta} = Potencia Neta

$N_{\text{días-año}}$ = Número de días del año (365 días/año)

$H_{\text{día}}$ = Horas del día (24 horas/día)

F_{planta} = factor de la planta (adimensional)

Reemplazando los datos para el horizonte de tiempo mencionado, se tiene:

$$E_{\text{eléctrica 1-30}} = P_{\text{neta}} * N_{\text{días-año}} * H_{\text{día}} * f_{\text{planta}}$$

$$E_{\text{eléctrica 1-30}} = 6,236 \text{ (MW)} * 365 \text{ (días/año)} * 24 \text{ (hrs/día)} * 95\%$$

$$E_{\text{eléctrica 1-30}} = 51,903 \text{ (GWh/año)}$$

5.11 Requerimiento de insumos, servicios y personal indirecto

5.11.1 Materia prima, insumos y otros materiales

La materia prima en este caso es el fluido geotérmico proveniente del reservorio de estudio que es brindado por la naturaleza. De acuerdo con lo explicado en el Capítulo III, nuestra planta estará ubicado en el departamento de Tacna específicamente la zona Calientes.

Este cuenta con un gran potencial geotérmico debido a su posición geográfica y la zona volcánica lo cual facilitará el desarrollo de proyectos geotérmicos que permitirá transformar la energía térmica en electricidad.

5.11.2 Servicios: energía eléctrica, agua, vapor, combustible, etc.

Energía eléctrica: El consumo de la energía eléctrica para la fase de la operación será suministrada por la misma central geotérmica, no se requerirá de un suministro externo a ella.

La demanda energética de una central generadora de electricidad es variable ya que esta depende de la cantidad de equipos eléctricos, en nuestro caso al ser una planta simple flash posee reducidos equipos que necesiten del consumo eléctrico. Uno de estos equipos es el condensador, las bombas que son accionadas por los motores eléctricos, separador, turbina – generador, torres de enfriamiento y el sistema de gases no condensables.

La generación eléctrica anual de nuestra central es de 51,903 GWh/año de los cuales solo se utilizará el 5% de esta energía para su autoabastecimiento, siendo un igual de 2,595 GWh/año.

Agua Potable: Las instalaciones de la planta contarán con un sistema de agua potable destinado para el higiene y consumo del personal, cuyo consumo diario se estima 3 m³/d. Este será abastecido mediante camiones de aljibes por una empresa con la Autoridad Sanitaria.

5.11.3 Determinación del número de trabajadores indirectos

Para el presente proyecto, es de suma importancia contar con el personal calificado que tenga los conocimientos técnicos, ya que serán los encargados apoyar de que se realice de manera óptima las operaciones de la planta.

A continuación, se mostrará un cuadro con la relación de dichos puestos y sus salarios mensuales.

Tabla 5.19*Relación de puestos y salarios mensuales*

Cargo	Sueldo Mensual (soles/mes-persona)	Cantidad (personas)	Total (soles-mes)
Gerente General	10 000	1	10 000
Asistente de gerencia	1 500	1	1 500
Gerentes	6 000	2	12 000
Jefe de Marketing	5 500	1	5 500
Jefe de RRHH	4 000	1	4 000
Jefe de producción	5 000	1	5 000
Supervisor de planta	4 500	1	4 500
Analistas	2 200	4	8 800

5.11.4 Servicios de terceros

Los servicios de terceros necesarios para el buen funcionamiento de la planta son:

1. **Mantenimiento:** Se contratará a una empresa especializada para que sea la encargada de realizar los mantenimientos preventivo y correctivo en la planta geotérmica y el pozo.
2. **Comedor:** Con la finalidad de evitar el traslado de los trabajadores a otros lugares fuera de la planta, se contará con un ambiente donde los trabajadores dispondrán de su hora de refrigerio.
3. **Limpieza:** Se debe contar dos personas encargadas de la limpieza que laborarán los seis días a la semana en diferentes horarios con el propósito de mantener un ambiente limpio.
4. **Seguridad:** Se contará con vigilantes de seguridad dentro de la planta, además contarán tendrán un espacio de trabajo en donde podrán observar el exterior e interior de la central por medio de las cámaras de seguridad.
5. **Servicio de telefonía fija:** Es necesario contar con una línea telefónica para la comunicación entre las diferentes áreas, atender las solicitudes y reclamos de los clientes. De esta manera, se tendrá una relación entre cliente-empresa.
6. **Asesoría Legal:** se contará con una persona encargada del analizar y proponer soluciones a problemas jurídicos dentro de la planta geotérmica.

5.12 Disposición de planta

5.12.1 Características físicas del proyecto

De acuerdo con la naturaleza del proceso de conversión energética, como del sistema simple flash a implementar, las maquinarias involucradas y la imposibilidad de manipulación sobre el fluido de trabajo, se decidió que la disposición de planta fuera en cadena, en línea o por producto, ya que es el material el que está en movimiento.

“Cada una de las unidades que se elaboran requiere pasar por la misma secuencia de operaciones de principio a fin. Por eso, las operaciones se ubican una al lado de la siguiente. La maquinaria y el equipo están ordenados de acuerdo con la secuencia de las operaciones” (Díaz Garay & Noriega, 2017).

Además, debido a que los proyectos geotérmicos son clasificados de acuerdo con sus sistemas de aprovechamiento energético, es recomendable la adaptación de la ubicación de estos sistemas y equipos sin intervenir directamente con el flujo del fluido geotérmico, ya que dicha acción podría ocasionar pérdidas innecesarias de calor y consecuentemente de la eficiencia del sistema a implementar.

Es por esto último que las zonas y el posicionamiento de estas para una instalación geotérmica ya está medianamente pre – establecido; sin embargo, igualmente se requiere una adaptación de estas.

5.12.2 Determinación de las zonas físicas requeridas

Según lo explicado en el punto anterior, podemos listar los siguientes ambientes o zonas necesarias en una instalación de generación geotérmica:

- Comedor
- Estacionamiento
- Oficina gerencial
- Servicios higiénicos
- Oficina de operaciones
- Sub - estación eléctrica
- Piscina de condensación
- Conexión a redes de transmisión

- Zona productiva o de generación

5.12.3 Cálculo de áreas para cada zona

El cálculo de las áreas de oficina, de dispersión y de apoyo se adaptaron a las medidas estándar de mobiliario para el número de personal administrativo y de operaciones en las instalaciones; sin embargo, para el área productiva o de generación se recurrió al cálculo bajo la metodología Guerchet para el análisis de elementos estáticos y móviles.

A continuación, se mostrarán las fórmulas utilizadas en el cálculo para la zona productiva en de cada superficie parcial, además de su respectiva definición:

- **Superficie estática (Ss) = largo x ancho**

Supone la superficie maquinaria y equipos.

- **Superficie de gravitación (Sg) = Ss x N**

Es la superficie estática multiplicada por el número de lados por la cual el equipo o la máquina debe de ser utilizada en el proceso.

- **Superficie de evolución (Se) = (Ss + Sg) x k**

Es la superficie necesaria para el tránsito de personal entre cada puesto de trabajo.

El coeficiente “k” adimensional, anteriormente mencionado, se utiliza para definir la superficie de evolución, el mismo varía dependiendo del giro de cada industria, aproximadamente entre 0.05 a 3.

$$K = \text{hem} / (2 \times \text{hee})$$

$$\text{hem (elementos móviles)} = \sum (Ss \times n \times h) / \sum (Ss \times n)$$

$$\text{hee (elementos estáticos)} = \sum (Ss \times n \times h) / \sum (Ss \times n)$$

- **Superficie total (St) = (Ss + Sg + Se) x n**

Es la suma de las tres superficies parciales multiplicado por el número de elementos totales en las instalaciones.

A continuación, se muestra el análisis Guerchet realizado para el área productiva:

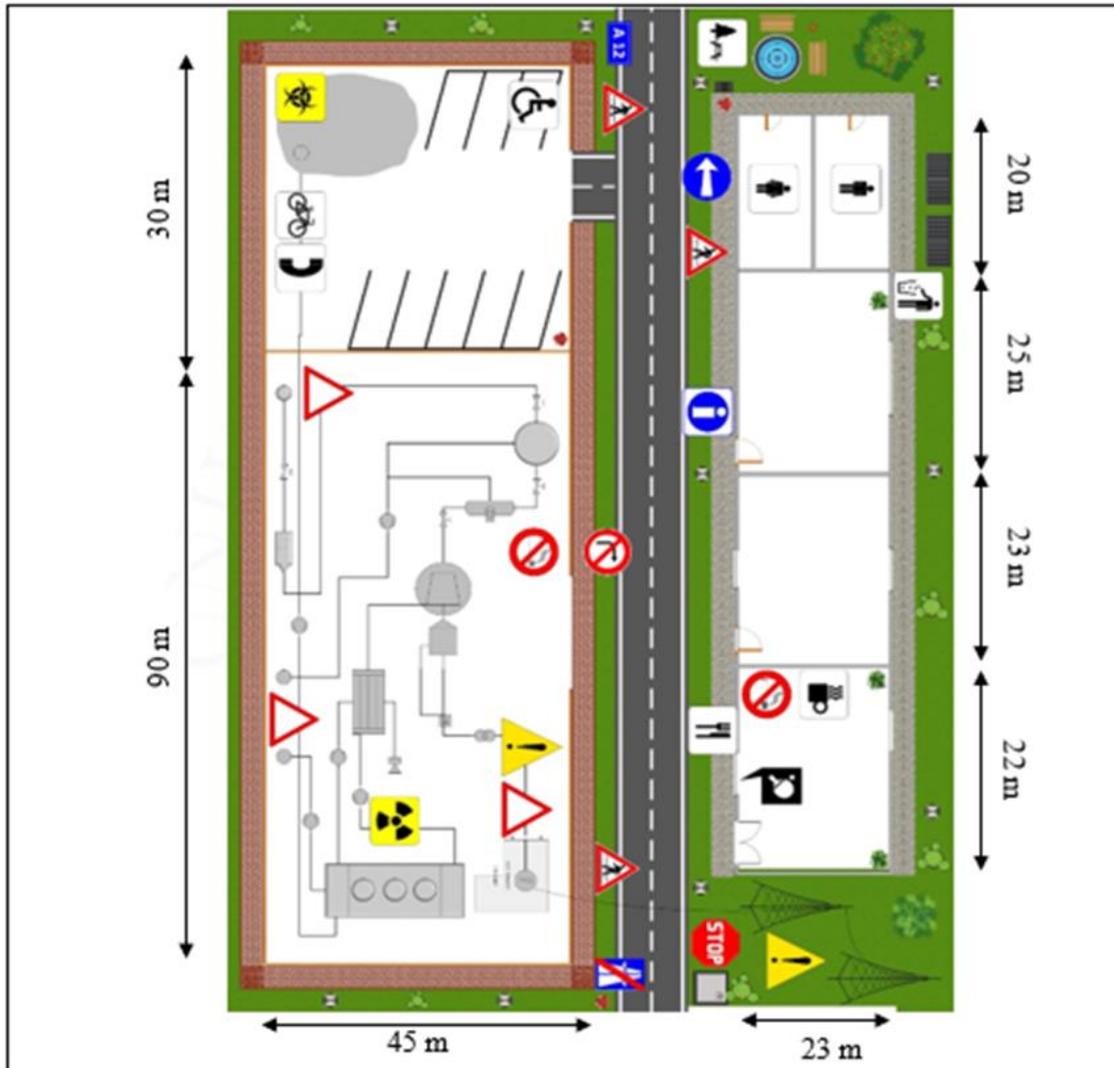
Tabla 5.20*Análisis Guerchet para el área de productiva del proyecto “Geo Generation”*

Elementos Estáticos	L	A	H	N	n	SS	SG	SS*n	SS*n*h	SE	ST
Silenciador	4	3,5	1,5	1	1	14,00	14,00	14,00	21,00	0,5755	28,58
Válvula de pozo	-	-	0,15	2	1	0,10	0,19	0,10	0,01	0,0059	0,295
Separador de fases	6	4,07	16,3	2	1	24,42	48,84	24,42	398,05	1,5058	74,77
Separador de humedad	4,3	6,2	8,25	1	1	26,66	26,66	26,66	219,95	1,0959	54,42
Válvula de control	0,048	0,050	0,106	1	1	0,0024	0,0024	0,00	0,00	0,0001	0,005
Turbina de vapor	3,5	1,5	1,2	1	1	5,25	5,25	5,25	6,30	0,2158	10,72
Generador eléctrico	4,45	4,15	2,62	1	1	18,47	18,47	18,47	48,38	0,7592	37,69
Condensador	2,5	2,7	3,5	1	1	6,75	6,75	6,75	23,63	0,2775	13,78
Bomba condensada	0,7	0,312	0,235	1	1	0,22	0,22	0,22	0,05	0,0090	0,446
Bomba de refrigeración	0,404	0,294	0,414	1	1	0,12	0,12	0,12	0,05	0,0049	0,242
Bomba de reinyección	0,404	0,200	0,223	1	1	0,08	0,08	0,08	0,02	0,0033	0,165
Válvula de retención	0,064	0,064	0,035	1	1	0,0041	0,0041	0,00	0,00	0,0002	0,008
Eyector de vapor	3,75	2,15	2,35	1	1	8,06	8,06	8,06	18,95	0,3314	16,46
Torre de enfriamiento (3 celdas)	74	25	42	1	1	1 850	1 850	1 850	77 700	76,05	3 776,05
										ST EE	4 013,61
<hr/>											
ELEMENTOS MÓVILES	L	A	H	N	n	SS	SG	SS*n	SS*n*h	SE	ST
Operarios	-	-	1,65	-	14	0,5	0	7	11,55	0,01028	7,14
										ST EM	7,144

5.12.4 Dispositivos de seguridad industrial y señalización

Figura 5.17

Disposición de los dispositivos de seguridad industrial y señalética de una planta generadora de energía geotérmica del proyecto "Geo Generation"

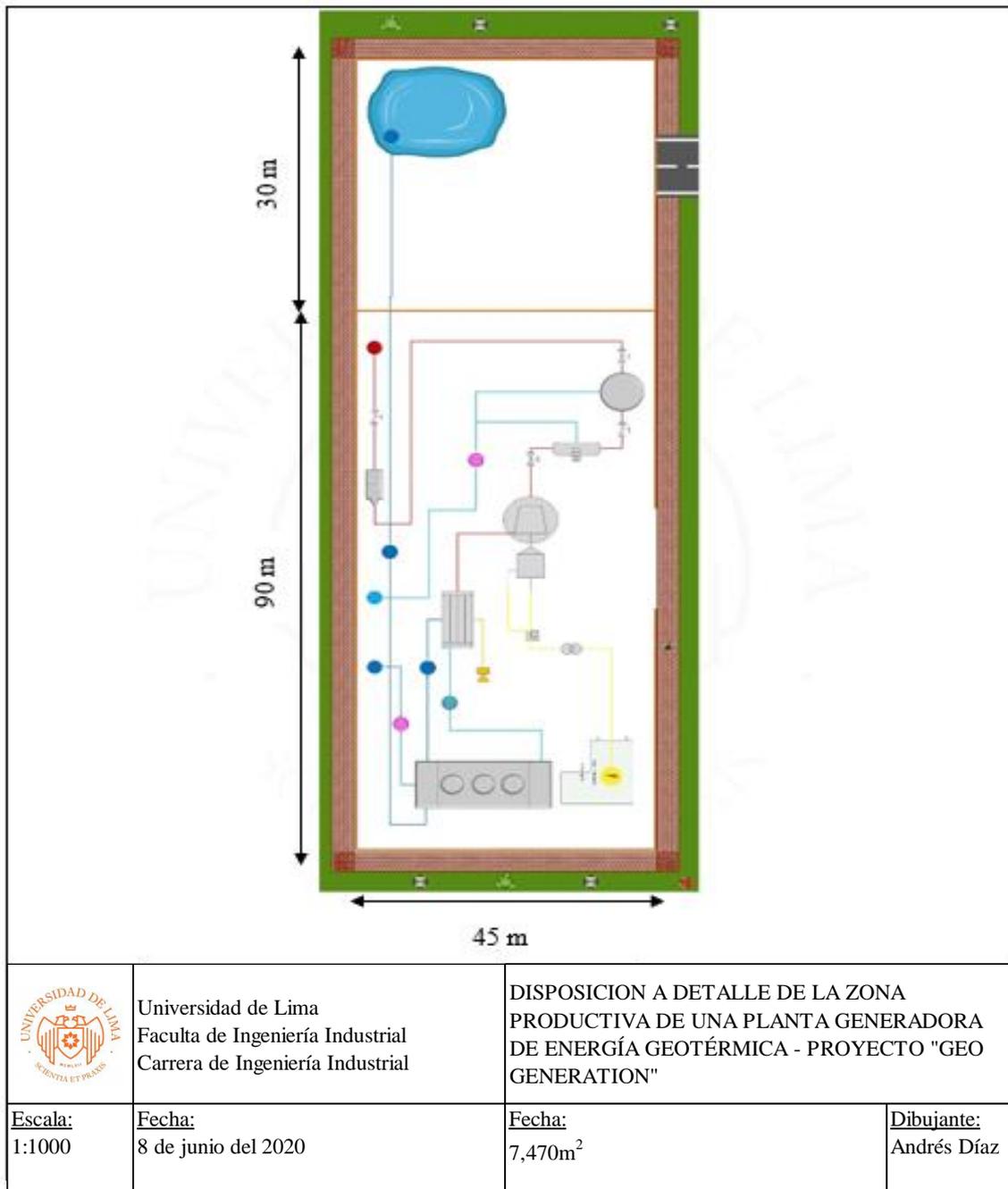


	Universidad de Lima Facultad de Ingeniería Industrial Carrera de Ingeniería Industrial	DISPOSICION DE SEGURIDAD Y SEÑALÉTICA DE UNA PLANTA GENERADORA DE ENERGÍA GEOTÉRMICA - PROYECTO "GEO GENERATION"	
<u>Escala:</u> 1:1000	<u>Fecha:</u> 8 de junio del 2020	<u>Fecha:</u> 7,470m ²	<u>Dibujante:</u> Andrés Díaz

5.12.5 Disposición de detalle de la zona productiva

Figura 5.18

Disposición general detallada de la zona productiva de una planta generadora de energía geotérmica del proyecto "Geo Generation"



5.12.6 Disposición general

Figura 5.19

Disposición general de una planta generadora de energía geotérmica del proyecto "Geo Generation"



5.12.7 Disposición general detallada

Figura 5.20

Disposición general detallada de una planta generadora de energía geotérmica del proyecto "Geo Generation"



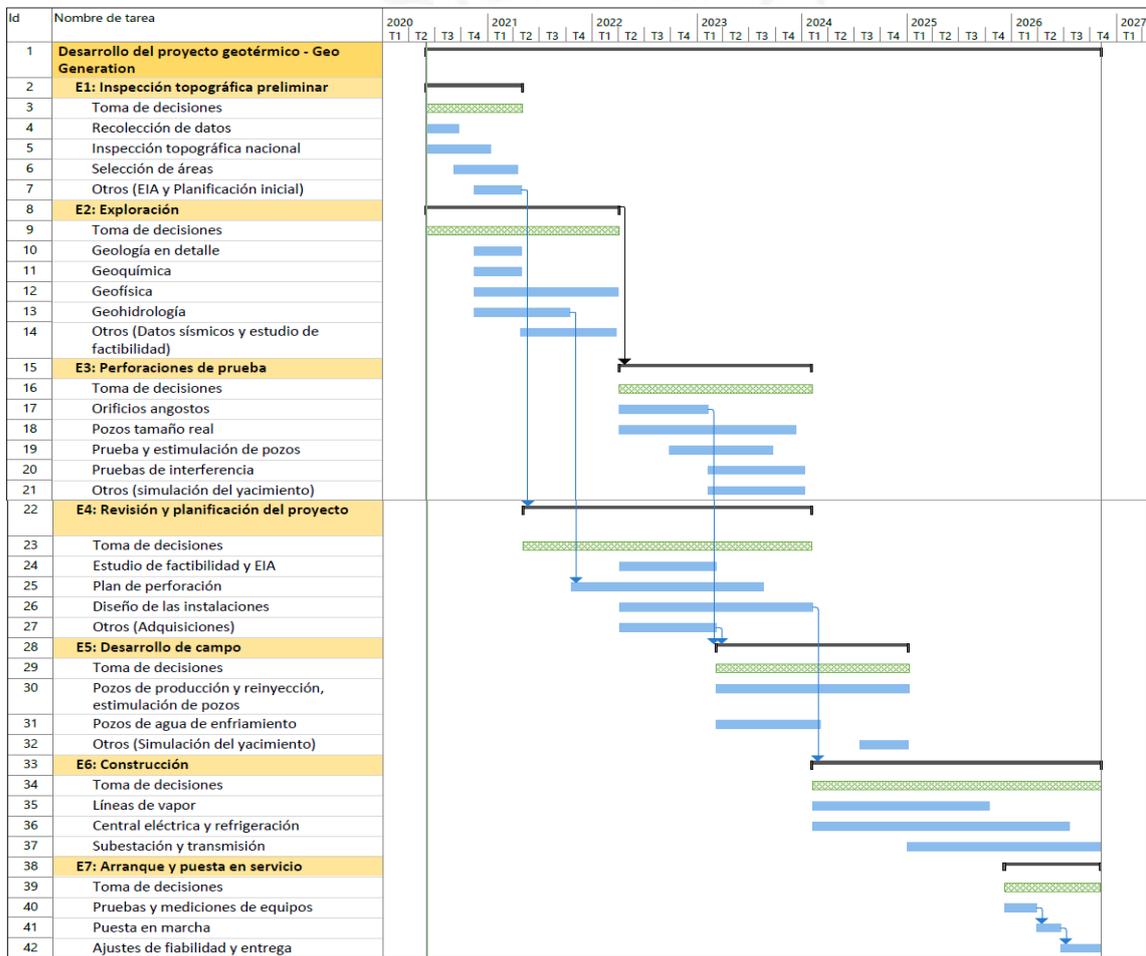
	Universidad de Lima Facultad de Ingeniería Industrial Carrera de Ingeniería Industrial	DISPOSICION GENERAL DETALLADA DE UNA PLANTA GENERADORA DE ENERGÍA GEOTÉRMICA - PROYECTO "GEO GENERATION"	
Escala: 1:1000	Fecha: 8 de junio del 2020	Fecha: 7,470m ²	Dibujante: Andrés Díaz

5.13 Cronograma de implementación del proyecto

Es importante mencionar que, para la ejecución de un proyecto geotérmico de tal envergadura, es necesaria la correcta planificación de sus respectivas fases de implementación, especialmente en la fase previa a la construcción de las instalaciones, debido a que es en esta fase en la cual se realizan los mayores desembolsos económicos por los numerosos estudios requeridos, así como las perforaciones exploratorias a realizar en la zona, las mismas que debido a sus altos costos requieren un período meritorio asociado de toma de decisiones.

Figura 5.21

Cronograma detallado de implementación del proyecto “Geo Generation”



CAPÍTULO VI: ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN

6.1 Formación de la organización empresarial

La sociedad organizacional constituirá una razón social del tipo S.A.A. (SOCIEDAD ANÓNIMA ABIERTA), donde inicialmente existirán dos socios y el capital estará representado por acciones repartidas en 51% y 49%.

El motivo por el cual se escogió este tipo de empresa es debido a la dinámica en el que se inscribe el porcentaje de acciones de cada socio, la responsabilidad es limitada y la conformación del directorio no es obligatoria. Finalmente, la junta general de accionistas es convocado a través del correo electrónico.

6.1.1 Misión

Ser la mejor empresa en la industria generadora de energía geotérmica, impulsando el uso de fuentes renovables con un enfoque eficiente, amigable y responsable con el medio ambiente, satisfaciendo la demanda creciente de energía eléctrica en región sur del país.

6.1.2 Visión

Ser una empresa líder en el aprovisionamiento de energía geotérmica renovable, limpia y aplicable en el país.

6.1.3 Valores

- Innovación
- Transparencia
- Excelencia
- Calidad
- Mejora continua

6.2 Requerimientos de personal directivo, administrativo y de servicios

El personal administrativo constará de 13 personas en total, divididas en cuatro áreas: alta gerencia, logística, comercial, recursos humanos, producción y ventas.

- **Gerente general / Directivo**

Es el representante legal de la empresa, será el encargado de planear, organizar, coordinar y dirigir en el giro del negocio. Deberá contar con habilidades de liderazgo ya que será el encargado de proyectar los objetivos específicos para un mediano y largo plazo. Además, deberá contar con posiciones similares relacionado al mercado eléctrico.

- **Asistente de Gerencia**

Su función será apoyar los procesos administrativos y organizará las diferentes actividades que requiera la gerencia. Como características principales del puesto de trabajo debe ser proactiva y versátil, con facilidades de palabras para comunicarse con las diferentes jefaturas.

- **Gerente de operaciones**

Encargado de administrar los materiales y recursos humanos para el correcto funcionamiento de la empresa. Deberá planificar, implementar y supervisar el desarrollo óptimo y la ejecución de todas las actividades. El perfil del puesto deberá contar con habilidades blandas (soft skills) y habilidades duras (hard skills), asimismo poseer experiencia en similares áreas, conocimientos técnicos e inteligencia emocional para asumir los retos.

- **Jefe de producción**

Es responsable de asegurar que se cumplan las metas de producción de cada periodo de tiempo (mes, semana, día, etc.) para ello deberá vigilar que se cumpla la prevención de riesgos, seguridad y salud, plan de calidad y la recepción de los materiales. También es el responsable de los turnos de los operarios y el seguimiento del uso de las maquinarias para su mantenimiento.

Deberá contar con habilidades de liderazgo ya que apoyará a que se desarrollen profesionalmente los trabajadores en beneficio de la empresa. Además, deberá tener una buena facilidad de comunicación, multidisciplinario y adaptarse a los cambios.

- **Jefe de logística**

Es el responsable de gestionar las etapas del proceso de producción desde la concepción hasta la entrega y distribución en los diferentes puntos de venta. En otras palabras, satisfacer la demanda con las mejores condiciones de servicio, costo y calidad. Asimismo, gestionará de forma óptima el aprovisionamiento y la planificación interna, con el fin de reducir los costos. Para el perfil del puesto deberá contar con una comunicación efectiva, trabajar en equipo, innovador, eficiente y eficaz en los objetivos bajo los criterios de legalidad.

- **Jefe Comercial**

Es el responsable de planificar y ejecutar las estrategias de Marketing, gestionar la información comercial, dirigir las reuniones de ventas y verificar el cumplimiento de las metas trazadas. Como características principales del perfil de puesto deberá contar con una visión de negocio, ser competitivo, flexible y tener buenas relaciones interpersonales.

- **Jefe de RRHH**

Es el responsable del reclutamiento y selección del personal, siendo el mediador entre los empleados y los superiores. Además, tiene como funciones la organización y planificación de la empresa, la formación de nuevos talentos, evaluación y satisfacción del entorno del trabajo y la administración del personal con los contratos, nóminas y otros. Para el perfil del puesto deberá contar con un alto nivel inteligencia emocional dado que son los encargados de aportar la sensibilidad en la empresa, ser objetivo, comprometido, creativo, proactivo y tener la capacidad de manejar conflictos.

- **Operarios de la planta**

El personal participará directamente en el proceso de producción, maneja las herramientas y maquinarias necesarias para la transformación del producto. Deberá contar con habilidades de rapidez, la capacidad para trabajar en equipo, control en situaciones de presión, ordenadas y eficaces.

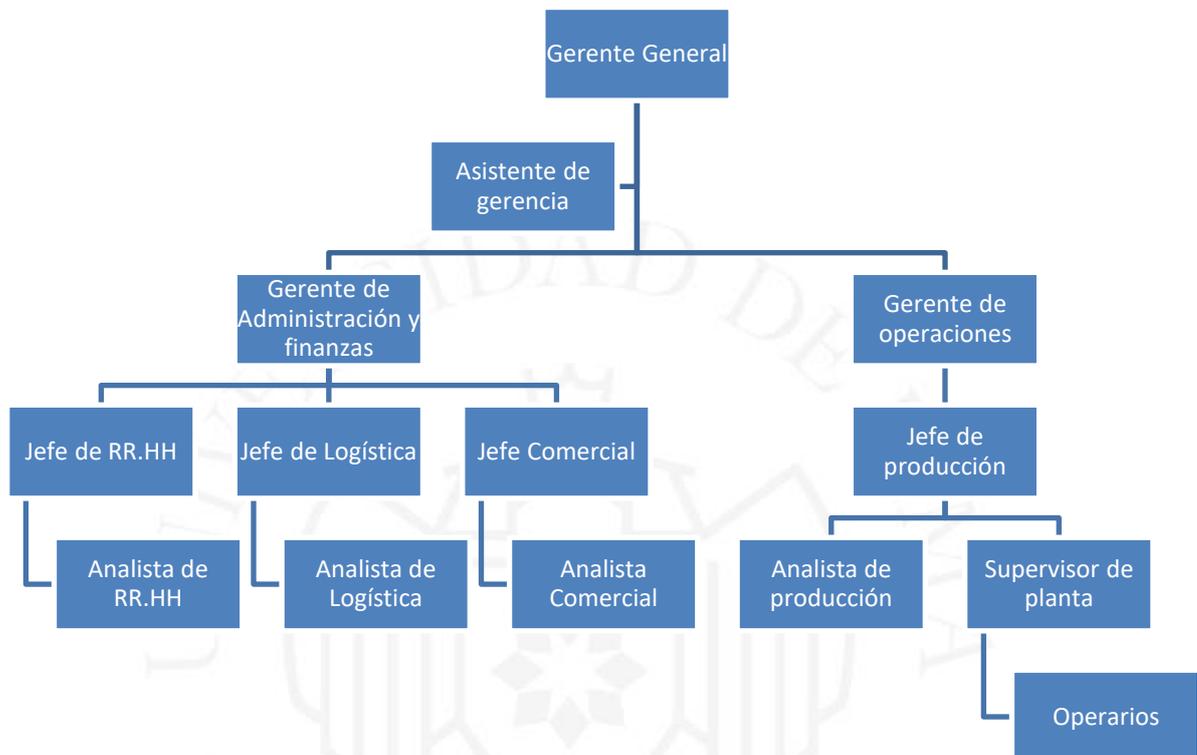
Tanto el gerente general como cada uno de los jefes tendrán a su disposición a un asistente personal. Dichos colaboradores también cumplirán labores de secretariado menores, como la elaboración de reportes, manejo de comunicaciones, revisión de documentos oficiales, etc.

6.3 Esquema de la estructura organizacional

A continuación, se mostrará el esquema organizacional de la empresa.

Figura 6.1

Organigrama de la empresa



CAPÍTULO VII: PRESUPUESTOS Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO

7.1 Inversiones

“Utilizando como referente el Informe de costos de inversión por tecnología de generación, realizada por la Comisión nacional de energía de Chile (CNE) en agosto del 2015, se menciona que los costos unitarios de inversión de los proyectos geotérmicos declarados en estudio han obtenido valores de entre 6.000 y 7.600 US\$/kW y se ha fijado un valor unitario de inversión de 6.500 US\$/kW” (Jiménez Bulnes, 2018). Teniendo alta confiabilidad en la cercana aproximación de los montos al utilizar estas ratios, la instalación de la central single flash prevista para el proyecto “Geo Generation”, el cual mantiene una capacidad instalada de 9.671 MW, se concluye que tendrá una inversión entre los siguientes valores, presentados en millones de dólares (MUS\$).

Tabla 7.1

Costos de inversión para una central geotérmica de 10 MW

Estimación de Costos de Inversión	Cantidad	Unidad
Proyectos Geotérmicos	6 500	US\$ / kW
Central Geotérmica "Geo Generation"	10	MW
Inversión Estimada	65 000 000	US\$

Nota. Adaptado de *Estudio de factibilidad para la instalación de una central geotérmica en Chile*, por S. A. Lagos Erices, 2017

(<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/105653/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

Con el motivo de realizar un estudio adecuado de las inversiones y darles un correcto seguimiento según el cronograma de implementación del proyecto geotérmico “Geo Generation”, se muestra el detalle de los montos a desembolsar según cada etapa.

- **Etapas 1: Inspección topográfica preliminar**

En esta primera etapa se realizan los reconocimientos de las áreas geotérmicas de interés, los estudios se realizan a través de investigaciones geológicas de suelo, así como documentación de los sitios analizados por medio de imágenes satelitales y aéreas.

En esta misma etapa es en donde se define el acuerdo por el que se le otorgan derechos de exploración sobre el área de interés. Para nuestro caso se postula que el área será concesionada por parte del Estado peruano para un período de 35 años.

Tabla 7.2

Inversión en la etapa de inspección topográfica preliminar

Etapa 1: Inspección topográfica (ITP)	
Ítem	Dólares (US\$)
Toma de decisiones	1 632,55
Recolección de datos	191,34
Inspección topográfica nacional	349,06
Selección de áreas	465,42
Otros (EIA, planificación inicial, arriendos)	1 304,78
Subtotal	3 943,15
Ingeniería y supervisión (10%)	394,31
Total	4 337,46

- **Etapa 2: Exploración**

Tabla 7.3

Inversión en la etapa de exploración

Etapa 2: Exploración	
Ítem	Dólares (US\$)
Toma de decisiones	10 579,01
Geología en detalle	892,21
Geoquímica	753,97
Geofísica	2 471,37
Geohidrología	1 137,25
Otros (Datos sísmicos, estudio factibilidad, movilizaciones)	1 501,67
Subtotal	17 335,47
Ingeniería y supervisión (10%)	1 733,55
Total	19 069,01

- **Etapa 3: Perforación de prueba**

Tabla 7.4*Inversión en la etapa de perforación de prueba*

Etapa 3: Perforaciones de prueba	
Ítem	Dólares (US\$)
Toma de decisiones	272 091,21
Orificios angostos	803 846,14
Pozos tamaño real	2 152 553,36
Prueba y estimulación de pozos	92 437,07
Pruebas de estimulación	40 723,93
Otros (Simulación del yacimiento, movilización, alimentación y acceso de equipos al lugar)	146 073,00
Subtotal	3 507 724,71
Ingeniería y supervisión (10%)	350 772,47
Total	3 858 497,19

- **Etapa 4: Revisión y planificación del proyecto**

Tabla 7.5*Inversión en la etapa de revisión y planificación del proyecto*

Etapa 4: Revisión y planificación del proyecto	
Ítem	Dólares (US\$)
Toma de decisiones	300 660,75
Estudio de factibilidad y EIA	39 910,66
Plan de perforación	76 071,38
Diseño de las instalaciones	104 464,29
Otros (Adquisiciones y alimentación)	374 330,41
Subtotal	895 437,48
Ingeniería y supervisión (10%)	89 543,75
Total	984 981,23

- **Etapa 5: Desarrollo de campo**

Tabla 7.6*Inversión en la etapa de desarrollo de campo*

Etapa 5: Desarrollo de campo	
Ítem	Dólares (US\$)
Toma de decisiones	272 091,21
Pozos de producción y reinyección, estimulación de pozos	14 055 591,43
Pozos de agua de enfriamiento	326 179,71
Otros (Simulación del yacimiento, movilización y alimentación)	66 208,71
Subtotal	14 720 071,07
Ingeniería y supervisión (10%)	1 472 007,11
Total	16 192 078,18

- **Etapa 6: Construcción**

Tabla 7.7

Inversión en la etapa de construcción

Etapa 6: Construcción	
Ítem	Dólares (US\$)
Toma de decisiones	653 018,79
Líneas de vapor	2 556 237,86
Central eléctrica y de refrigeración	8 287 842,00
Subestación y transmisión	5 896 573,93
Oficinas administrativas	2 765 582,25
Otros (Movilización y alimentación)	920 846,79
Subtotal	21 080 101,61
Ingeniería y supervisión (10%)	2 108 010,16
Total	23 188 111,77

- **Etapa 7: Arranque y puesta en servicio**

Tabla 7.8

Inversión en la etapa de arranque y puesta en servicio

Etapa 7: Arranque y puesta en servicio	
Ítem	Dólares (US\$)
Toma de decisiones	163 254,64
Prueba y mediciones de equipos	122 172,00
Puesta en marcha	91 629,00
Ajustes de fiabilidad y entrega	152 715,00
Otros (Movilización y alimentación)	117 582,43
Subtotal	647 353,07
Ingeniería y supervisión (10%)	64 735,31
Total	712 088,38

7.1.1 Estimación de las inversiones de largo plazo (tangibles e intangibles)

Las inversiones de largo plazo están conformadas por los activos tangibles e intangibles. A continuación, se detallarán los activos necesarios para el óptimo inicio de las operaciones de la planta generadora de energía geotérmica.

Tabla 7.9*Inversiones tangibles*

ACTIVO FIJO TANGIBLE	IMPORTE (US\$)	VIDA ÚTIL (años)	% DEP.	AÑO									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Terreno	-	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Edificaciones de planta	29 946 457	50	2,00%	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929
Edificaciones oficinas admin.	2 074 187	50	2,00%	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484
Maquinaria y equipo	2 556 238	10	10,00%	255 624	255 624	255 624	255 624	255 624	255 624	255 624	255 624	255 624	255 624
Muebles de planta	1 576 129	10	10,00%	157 613	157 613	157 613	157 613	157 613	157 613	157 613	157 613	157 613	157 613
Muebles de oficina	691 396	10	10,00%	69 140	69 140	69 140	69 140	69 140	69 140	69 140	69 140	69 140	69 140
TOTAL	36 844 407			1 122 789	1 122 789	1 122 789	1 122 789	1 122 789	1 122 789	1 122 789	1 122 789	1 122 789	1 122 789
Deprec. Fabril	34 078 824			1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166
Deprec. No Fabril	2 765 582			110 623	110 623	110 623	110 623	110 623	110 623	110 623	110 623	110 623	110 623

(Continúa)

(Continuación)

AÑO										DEPRECIACION	VALOR
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTAL	RESIDUAL
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Concesionario
598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	11 978 583	17 967 874
41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	829 675	1 244 512
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 556 238	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 576 129	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	691 396	-
640 413	640 413	640 413	640 413	640 413	640 413	640 413	640 413	640 413	640 413	17 632 020	19 212 386
598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	16 110 950	
41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	1 521 070	
										VALOR DE MERCADO (%)	80,00%
										VALOR RESIDUAL	19 212 386
										VALOR DE MERCADO	15 369 909

Tabla 7.10

Presupuesto de amortización de activos intangibles

ACTIVO FIJO INTANG.	IMPORTE (US\$)	% AMORT	AÑO										DEPREC. TOTAL	VALOR RESIDUAL	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Estudios preliminares	226 707	10%	22 671	22 671	22 671	22 671	22 671	22 671	22 671	22 671	22 671	22 671	22 671	226 707	
Estudios in-situ	2 035 896	10%	203 590	203 590	203 590	203 590	203 590	203 590	203 590	203 590	203 590	203 590	203 590	2 035 896	-
Organizac.	1 673 328	10%	167 333	167 333	167 333	167 333	167 333	167 333	167 333	167 333	167 333	167 333	167 333	1 673 328	-
Supervisión	4 087 197	10%	408 720	408 720	408 720	408 720	408 720	408 720	408 720	408 720	408 720	408 720	408 720	4 087 197	-
Gastos puestos en marcha	91 629	10%	9 163	9 163	9 163	9 163	9 163	9 163	9 163	9 163	9 163	9 163	9 163	91 629	-
Intereses Preoperat.	2 938 313	10%	293 831	293 831	293 831	293 831	293 831	293 831	293 831	293 831	293 831	293 831	293 831	2 938 313	-
		10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	11 053 070		1 105 307	11 053 070	-										
													VALOR DE MERCADO (%)	40,00%	
													VALOR RESIDUAL	0	

7.1.2 Estimación de las inversiones de corto plazo (Capital de trabajo)

El capital del trabajo será utilizado para los gastos de los sueldos, servicios, pago anticipado a los proveedores entre otros que se van a realizar antes que la empresa empiece a obtener ingresos. En otras palabras, son los recursos que requiere la empresa para poder iniciar operaciones.

Este capital de trabajo se proyecta para los primeros años del proyecto por un valor de \$ 322 28,98USD, el cálculo de este se empleó la siguiente fórmula.

$$\text{CAPITAL DE TRABAJO} = \frac{\text{GASTOS DE OPERACIÓN ANUAL}}{360 \text{ DÍAS EFECTIVOS AL AÑO}} \times \text{CICLO DE CAJAS (DIAS)}$$

- Costos variables de producción = 1 123 979,08
- Costos fijos de producción = 1 012 165,86
- Gastos administrativos = 907 435,54
- Gastos financieros = 419 759,02

GASTOS DE OPERACIÓN ANUAL = 3 463 339,51

CICLO DE CAJA = 33,50

CAPITAL DE TRABAJO = 322 282,98

7.2 Costos de producción

7.2.1 Costos de las materias primas

De acuerdo con lo mencionado en el Capítulo III, nuestra planta requiere del fluido geotérmico que es extraídos de los reservorios del cual es brindado por la naturaleza. Por lo tanto, no se realizaría ningún gasto.

7.2.2 Costo de la mano de obra directa

La mano de obra directa está conformada por los operarios y el jefe de producción, de tal manera que se ha considerado 14 salarios al año y CTS.

Tabla 7.11

Costo mano de obra directa

CARGO	SUELDO BRUTO MENSUAL (\$)	CTS EQUIVALENTE MENSUAL (\$)	VACACIONES (\$)	GRATIFICACIÓN EQUIVALENTE MENSUAL (\$)	ESSALUD (\$)	COSTO REAL MENSUAL (\$)	CANT.	COSTO MENSUAL (\$)	COSTO ANUAL (\$)
Operarios	1 200	116 67	-	200,00	126,00	1 642,67	13	21 354,67	256 256,00
Supervisor de la planta	3 000	291 67	-	500,00	315,00	4 106,67	1	4 106,67	49 280,00
Jefe de Producción	3 500	340 28	-	583,33	367,50	4 791,11	1	4 791,11	57 493,33

7.2.3 Costo indirecto de fabricación

A continuación, se presentará los costos indirectos de fabricación.

Tabla 7.12

Costo de mano de obra indirecta de fabricación

CARGO	SUELDO BRUTO MENSUAL (\$)	CTS EQUIVALENTE MENSUAL (\$)	VACACIONES (\$)	GRATIFICACIÓN EQUIVALENTE MENSUAL (\$)	ESSALUD (\$)	COSTO REAL MENSUAL (\$)	CANT.	COSTO MENSUAL (\$)	COSTO ANUAL (\$)
Gerente General	8 000	777,78	-	1 333,33	840,00	10 951,11	1	10 951,11	131 413,33
Asistente de gerencia	2 000	194,44	-	333,33	210,00	2 737,78	1	2 737,78	32 853,33
Gerentes	5 000	486,11	-	833,33	525,00	6 844,44	2	13 688,89	164 266,67
Jefe de RRHH	3 500	340,28	-	583,33	367,50	4 791,11	1	4 791,11	57 493,33
Jefe de Logística	3 500	340,28	-	583,33	367,50	4 791,11	1	4 791,11	57 493,33
Jefe de Comercial	3 500	340,28	-	583,33	367,50	4 791,11	1	4 791,11	57 493,33
Analistas	2 500	243,06	-	416,67	262,50	3 422,22	4	13 688,89	164 266,67
									665 280

(Continúa)

(Continuación)

CARGO	SUELDO BRUTO MENSUAL (\$)	CTS EQUIVALENTE MENSUAL (\$)	VACACIONES (\$)	GRATIFICACIÓN EQUIVALENTE MENSUAL (\$)	ESSALUD (\$)	COSTO REAL MENSUAL (\$)	CANT .	COSTO MENSUAL (\$)	COSTO ANUAL (\$)
Servicio de enfermería	1 000,00	97,22	-	166,67	105,00	1 368,89	2	2 737,78	32 853,33
Servicio de seguridad	1 200,00	116,67	-	200,00	126,00	1 642,67	3	4 928,00	59 136,00
Servicio de limpieza	500,00	48,61	-	83,33	52,50	684,44	2	1 368,89	16 426,67
									108 416

GASTO DE VENTAS	(\$ - ANUAL)
Asesoría legal	55 000,00
Sistemas de computo	24 800,00
Telefonía e internet	7 500,00
Páginas web	6 340,00
Publicidad	39 444,16
	133 084,16

Tabla 7.13

Costo de servicio de Agua Potable

SERVICIO	M3/D	M3/AÑO	CARGO FIJO (SOLES/M3)	CARGO FIJO (SOLES/AÑO)	CARGO FIJO (\$/AÑO)
Agua Potable	3	1 095	2,023	2 215,19	655,38

7.3 Presupuesto operativo

7.3.1 Presupuesto de ingreso por ventas

En siguiente tabla, se aprecia los precios iniciales de energía del primer año y el porcentaje de incremento anual. Posterior a ello, se mostrará la proyección de ingreso anual por veinte años, considerando la demanda del capítulo II.

Tabla 7.14

Tarifario de energía

		EVOLUCIÓN ANUAL TARIFARIA
PRECIO INICIAL ENERGIA (US\$/MWH)	70,55	3,15%
PRECIO INICIAL POTENCIA (US\$/KW-MES)	60,25	4,80%
TC	3,90	S//USD

Tabla 7.15*Ingreso de ventas*

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Producción Anual (Kwh)	84 717 960	84 717 960	84 717 960	84 717 960	84 717 960	84 717 960	84 717 960	84 717 960	84 717 960	
Precio Energia (Us\$/Kwh)	0,0706	0,0728	0,0751	0,0774	0,0799	0,0824	0,0850	0,0877	0,0904	
Precio Potencia (Us\$/Kw-Mes)	60,2500	63,1420	66,1728	69,3491	72,6779	76,1664	79,8224	83,6539	87,6693	
INGRESOS (US\$)	12 968 985	13 492 878	14 038 812	14 607 746	15 200 684	15 818 673	16 462 809	17 134 236	17 834 150	
INGRESOS EN SOLES (S/.)	50 579 042	52 622 225	54 751 367	56 970 210	59 282 667	61 692 825	64 204 956	66 823 521	69 553 185	
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
84 717 960	84 717 960	84 717 960	84 717 960	84 717 960	84 717 960	84 717 960	84 717 960	84 717 960	84 717 960	84 717 960
0,0933	0,0962	0,0992	0,1024	0,1056	0,1089	0,1123	0,1159	0,1195	0,1233	0,1272
91,8774	96,2875	100,9093	105,7529	110,8291	116,1489	121,7240	127,5668	133,6900	140,1071	146 8322
18 563 800	19 324 492	20 117 590	20 944 521	21 806 775	22 705 911	23 643 555	24 621 412	25 641 258	26 704 955	27 814 447
72 398 819	75 365 517	78 458 601	81 683 632	85 046 424	88 553 052	92 209 866	96 023 506	100 000 908	104 149 326	108 476 342

7.3.2 Presupuesto operativo de costos

Tabla 7.16

Presupuesto de Costos

RUBRO	AÑO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Costo Producción	1 123 979	1 140 839	1 157 951	1 175 321	1 192 950	1 210 845	1 229 007	1 247 442	1 266 154		
Depreciación Fabril	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166		
TOTAL, COSTO PRODUCCIÓN (US\$)	2 136 145	2 153 005	2 170 117	2 187 486	2 205 116	2 223 011	2 241 173	2 259 608	2 278 320		
COSTOS EN SOLES (S/.)	8 330 965	8 396 718	8 463 457	8 531 197	8 599 954	8 669 741	8 740 576	8 812 472	8 885 448		
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	1 285 146	1 304 424	1 323 990	1 343 850	1 364 008	1 384 468	1 405 235	1 426 313	1 447 708	1 469 424	1 491 465
	1 012 166	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929
	2 297 312	1 903 353	1 922 919	1 942 779	1 962 937	1 983 397	2 004 164	2 025 242	2 046 637	2 068 353	2 090 394
	8 959 518	7 423 076	7 499 385	7 576 838	7 655 453	7 735 248	7 816 239	7 898 445	7 981 885	8 066 575	8 152 537

7.3.3 Presupuesto operativo de gastos

Tabla 7.17

Operativo de gastos

RUBRO	AÑO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Gastos Adm. Y Ventas	907 436	907 436	907 436	907 436	907 436	907 436	907 436	907 436	907 436	907 436	
Depreciación No Fabril	110 623	110 623	110 623	110 623	110 623	110 623	110 623	110 623	110 623	110 623	
Amortización Intangibles	1 105 307	1 105 307	1 105 307	1 105 307	1,105 307	1 105 307	1 105 307	1 105 307	1 105 307	1 105 307	
Total, Gastos Generales	2 123 366	2 123 366	2 123 366	2 123 366	2,123 366	2 123 366	2 123 366	2 123 366	2 123 366	2 123 366	
GTOS GRLES SIN IPO	1 829 534	1 829 534	1 829 534	1 829 534	1 829 534	1 829 534	1 829 534	1 829 534	1 829 534	1 829 534	
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
907 436	907 436	907 436	907 436	907 436	907 436	907 436	907 436	907 436	907 436	907 436	907 436
110 623	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484
1 105 307	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 123 366	948 919	948 919	948 919	948 919	948 919	948 919	948 919	948 919	948 919	948 919	948 919
1 829 534	948 919	948 919	948 919	948 919	948 919	948 919	948 919	948 919	948 919	948 919	948 919

7.4 Presupuestos financieros

7.4.1 Presupuesto de servicio de deuda

Tabla 7.18

Servicio de deuda

	AÑO	DEUDA	AMORTIZACION PRINCIPAL (*)	INTERESES	SALDO	CUOTA
PREOPERATIVO	1 PREOP.	13 584 433,86	0.00	419 759,01	13 584 433,86	419 759,01
	2 PREOP.	13 584 433,86	0.00	419 759,01	13 584 433,86	419 759,01
	3 PREOP.	13 584 433,86	0.00	419 759,01	13 584 433,86	419 759,01
	4 PREOP.	13 584 433,86	0.00	419 759,01	13 584 433,86	419 759,01
	5 PREOP.	13 584 433,86	0.00	419 759,01	13 584 433,86	419 759,01
	6 PREOP.	13 584 433,86	0.00	419 759,01	13 584 433,86	419 759,01
	7 PREOP.	13 584 433,86	0.00	419 759,01	13 584 433,86	419 759,01
OPERATIVO	1	13 584 433,86	1 358 443,39	419 759,01	12 225 990,47	1 778 202,39
	2	12 225 990,47	1 358 443,39	377 783,11	10 867 547,09	1 736 226,49
	3	10 867 547,09	1 358 443,39	335 807,21	9 509 103,70	1 694 250,59
	4	9 509 103,70	1 358 443,39	293 831,30	8 150 660,32	1 652 274,69
	5	8 150 660,32	1 358 443,39	251 855,40	6 792 216,93	1 610 298,79
	6	6 792 216,93	1 358 443,39	209 879,50	5 433 773,54	1 568 322,89
	7	5 433 773,54	1 358 443,39	167 903,60	4 075 330,16	1 526 346,99
	8	4 075 330,16	1 358 443,39	125 927,70	2 716 886,77	1 484 371,09
	9	2 716 886,77	1 358 443,39	83 951,80	1 358 443,39	1 442 395,19
	10	1 358 443,39	1 358 443,39	41 975,90	0.00	1 400 419,29
TOTAL		13 584 433,86	13 584 433,86	5 246 987,58		

7.4.2 Presupuesto de estado de resultados

Para el presente proyecto se tiene en cuenta un Impuesto a la Renta de 29,5%.

Tabla 7.19

Estados de Resultados

RUBRO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
INGRESO POR VENTAS	12 968 985	13 492 878	14 038 812	14 607 746	15 200 684	15 818 673	16 462 809	17 134 236	17 834 150
(-) COSTO DE PRODUCCION	2 136 145	2 153 005	2 170 117	2 187 486	2 205 116	2 223 011	2 241 173	2 259 608	2 278 320
(=) UTILIDAD BRUTA	10 832 840	11 339 874	11 868 695	12 420 260	12 995 567	13 595 663	14 221 636	14 874 628	15 555 830
(-) GASTOS GENERALES	1 829 534	1 829 534	1 829 534	1 829 534	1 829 534	1 829 534	1 829 534	1 829 534	1 829 534
(-) GASTOS FINANCIEROS									
(+) VENTA DE A TANGIBLE MERCADO									
(-) VALOR RESIDUAL LIBRO A TANGIBLE									
(=) UTILIDAD ANTES DE PART. IMP.	9 003 306	9 510 339	10 039 160	10 590 725	11 166 033	11 766 128	12 392 101	13 045 093	13 726 295
(-) PARTICIPACIONES (10%)	900 331	951 034	1 003 916	1 059 073	1 116 603	1 176 613	1 239 210	1 304 509	1 372 630
(-) IMPUESTO A LA RENTA (29.5%)	2 655 975	2 805 550	2 961 552	3 124 264	3 293 980	3 471 008	3 655 670	3 848 303	4 049 257
(=) UTILIDAD ANTES DE RESERVA LEGAL	5 447 000	5 753 755	6 073 692	6 407 389	6 755 450	7 118 507	7 497 221	7 892 281	8 304 409
(-) RESERVA LEGAL (HASTA 20%)	544 700	575 376	607 369	640 739	675 545	711 851	749 722	789 228	830 441
(=) UTILIDAD DISPONIBLE	4 902 300	5 178 380	5 466 323	5 766 650	6 079 905	6 406 657	6 747 499	7 103 053	7 473 968

(Continúa)

(Continuación)

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
18 563 800	19 324 492	20 117 590	20 944 521	21 806 775	22 705 911	23 643 555	24 621 412	25 641 258	26 704 955	27 814 447
2 297 312	1 903 353	1 922 919	1 942 779	1 962 937	1 983 397	2 004 164	2 025 242	2 046 637	2 068 353	2 090 394
16 266 488	17 421 139	18 194 671	19,001 742	19 843 839	20 722 514	21 639 392	22 596 169	23 594 621	24 636 603	25 724 053
1 829 534	948 919	948 919	948 919	948 919	948,919	948 919	948 919	948 919	948 919	948 919
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
										15 369 909
										19 212 386
14 436 953	16 472 220	17 245 752	18 052 823	18 894 919	19 773 595	20 690 472	21 647 250	22 645 702	23 687 683	20 932 656
1 443 695	1 647 222	1 724 575	1 805 282	1 889 492	1 977 359	2 069 047	2 164 725	2 264 570	2 368 768	2 093 266
4 258 901	4 859 305	5 087 497	5 325 583	5 574 001	5 833 210	6 103 689	6 385 939	6 680 482	6 987 867	6 175 134
8 734 357	9 965 693	10 433 680	10 921 958	11 431 426	11 963 025	12 517 736	13 096 586	13 700 650	14 331 048	12 664 257
214 432	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8 519 925	9 965 693	10 433 680	10 921 958	11 431 426	11 963 025	12 517 736	13 096 586	13 700 650	14 331 048	12 664 257

7.4.3 Presupuesto de estado de situación financiera (apertura)

A continuación, se presenta la situación financiera de la empresa iniciando el proyecto:

Tabla 7.20

Situación financiera AÑO 0

ACTIVO	AÑO OPERATIVO 0	PASIVO Y PATRIMONIO	AÑO OPERATIVO 0
ACTIVO CORRIENTE		PASIVO CORRIENTE	
Efectivo y equivalente de efectivo	322 282,98	Tributo por pagar	-
Cuentas por cobrar comerciales (neto)	-	Remuneraciones por pagar	-
Inventario de productos terminados	-	Cuentas por pagar comerciales	-
Inventario de MP e insumos	-	Deuda por pagar a CP 1	1 358 443,39
TOTAL ACTIVO CORRIENTE	322 282,98	TOTAL PASIVO CORRIENTE	1 358 443,39
ACTIVO NO CORRIENTE		PASIVO NO CORRIENTE	
Terreno	-	Deuda por pagar a largo plazo	12 225 990,47
Inmuebles	32 020 643,93		
Maquinaria y equipo	4 823 762,75	TOTAL PASIVO NO CORRIENTE	12 225 990,47
Intangible	11 053 069,58		
TOTAL ACTIVO NO CORRIENTE	47 897 476,26	PATRIMONIO	
		Capital Social	34 635 325,38
		Reserva Legal	-
		Resultados acumulados	-
		Resultados del ejercicio	-
		TOTAL, PATRIMONIO	34 635 325,38
TOTAL ACTIVOS	48 219 759,24	TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO	48 219 759,24

Tabla 7.21*Situación financiera AÑO 01*

ACTIVO	AÑO OPERATIVO 1	PASIVO Y PATRIMONIO	AÑO OPERATIVO 1
ACTIVO CORRIENTE		PASIVO CORRIENTE	
Efectivo y equivalente de efectivo	9 759 345,67	Tributo por pagar	2 445 466,02
Cuentas por cobrar comerciales (neto)	1 080 748,76	Remuneraciones por pagar	-
Inventario de productos terminados	-	Cuentas por pagar comerciales	-
Inventario de MP e insumos	-	Deuda por pagar a CP 1	0.00
Gastos pagados por adelantado	-		
TOTAL ACTIVO CORRIENTE	10 840 094,43	TOTAL PASIVO CORRIENTE	2 445 466,02
ACTIVO NO CORRIENTE		PASIVO NO CORRIENTE	
Terreno	-	Deuda por pagar a largo plazo	13 584 433,86
Inmueble	31 380 231,05		
Maquinaria y equipo	4 341 386,47	TOTAL, PASIVO NO CORRIENTE	13 584 433,86
Intangible	9 947 762,63		
TOTAL ACTIVO NO CORRIENTE	45 669 380,15	PATRIMONIO	
		Capital Social	34 635 325,38
		Reserva Legal	544 699,99
		Resultados acumulados	-
		Resultados del ejercicio	5 299 549,32
		TOTAL PATRIMONIO	40 479 574,70
TOTAL ACTIVOS	56 509 474,58	TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO	56 509 474,58

7.4.4 Flujo de fondos netos

a) Flujo de fondos económicos

Tabla 7.22

Fondos Económicos

RUBRO	0	1	2	3	4	5	6	7
INVERSION TOTAL	-45 281 446							
UTILIDAD ANTES DE RESERVA LEGAL		5 447 000	5 753 755	6 073 692	6 407 389	6 755 450	7 118 507	7 497 221
(+) AMORTIZACION DE INTANGIBLES s/ int pre ope		811 476	811 476	811 476	811 476	811 476	811 476	811 476
(+) DEPRECIACION FABRIL		1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166
(+) DEPRECIACION NO FABRIL		110 623	110 623	110 623	110 623	110 623	110 623	110 623
(+) PARTICIPACIONES (10%)								
(+) GASTOS FINANCIEROS * (1 - t)		-	-	-	-	-	-	-
(+) VALOR RESIDUAL (RECUPERO)								
FLUJO NETO DE FONDOS ECONOMICO	-45 281 446	7 381 265	7 688 020	8 007 957	8 341 653	8 689 715	9,052,772	9 431 486
FACTOR DE ACTUALIZACION	1,0000	0,8473	0,7180	0,6084	0,5155	0,4368	0,3701	0,3136
VAN AL Kc	-45 281 446	6 254 407	5 519 823	4 871 781	4 300 050	3 795 616	3 350 531	2 957 791
FNFF descontado ACUMULADA		6 254 407	11 774 230	16 646 011	20 946 061	24 741 677	28 092 208	31 049 999
VALOR ACTUAL NETO		-39 027 039	-33 507 216	-28 635 435	-24 335 385	-20 539 770	-17 189 239	-14 231 447

(Continúa)

(Continuación)

8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
7 892 281	8 304 409	8 734 357	9 965 693	10 433 680	10 921 958	11 431 426	11 963 025	12 517 736	13 096 586	13 700 650	14 331 048	12 664 257
811 476	811 476	811 476										
1 012 166	1 012 166	1 012 166	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929
110 623	110 623	110 623	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
												19 534 669
9 826 546	10 238 674	10 668 621	10 606 106	11 074 093	11 562 371	12 071 839	12 603 438	13 158 149	13 736 999	14 341 063	14 971 461	32 839 339
0,2657	0,2252	0,1908	0,1617	0,1370	0,1161	0,0984	0,0833	0,0706	0,0598	0,0507	0,0430	0,0364
2 611 221	2 305 376	2 035 456	1 714 607	1 516 953	1 342 043	1 187 266	1 050 314	929 138	821 926	727 072	643 155	1 195 367
33 661 220	35 966 596	38 002 052	39 716 659	41 233 612	42 575 655	43 762 921	44 813 235	45 742 373	46 564 299	47 291 371	47 934 526	49 129 893
-11 620 226	-9 314 851	-7 279 395	-5 564 787	-4 047 834	-2 705 791	-1 518 525	-468 211	460 927	1 282 853	2 009 925	2 653 080	3 848 447

b) Flujo de fondos financieros

Tabla 7.23

Fondos financieros

RUBRO	0	1	2	3	4	5	6	7
INVERSION TOTAL	-45 281 446							
PRESTAMO	19 287 904							
UTILIDAD ANTES DE RESERVA LEGAL		5 447 000	5 753 755	6 073 692	6 407 389	6 755 450	7 118 507	7 497 221
(+) AMORTIZACION DE INTANGIBLES s/ int pre ope		811 476	811 476	811 476	811 476	811 476	811 476	811 476
(+) DEPRECIACION FABRIL		1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166	1 012 166
(+) DEPRECIACION NO FABRIL		110 623	110 623	110 623	110 623	110 623	110 623	110 623
(+) PARTICIPACIONES (10%)								
(-) AMORTIZACION DEL PRESTAMO		-1 358 443	-1 358 443	-1 358 443	-1 358 443	-1 358 443	-1 358 443	-1 358 443
(+) VALOR RESIDUAL (RECUPERO)								
FLUJO NETO DE FONDOS FINANCIERO	-25 993 543	6 022 821	6 329 577	6 649 513	6 983 210	7 331 271	7 694 329	8 073 043
FACTOR DE ACTUALIZACION	1,0000	0,8473	0,7180	0,6084	0,5155	0,4368	0,3701	0,3136
VAN AL Kc	-25 993 543	5 103 350	4 544 492	4 045 348	3 599 784	3 202 256	2 847 756	2 531 772
FNFF descontado ACUMULADA		5 103 350	9 647 842	13 693 190	17 292 974	20 495 229	23 342 985	25 874 758
VALOR ACTUAL NETO		-20 890 193	-16 345 701	-12 300 353	-8 700 569	-5 498 313	-2 650 557	-118 785

(Continúa)

(Continuación)

8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
7 892 281	8 304 409	8 734 357	9 965 693	10 433 680	10 921 958	11 431 426	11 963 025	12 517 736	13 096 586	13 700 650	14 331 048	12 664 257
811 476	811 476	811 476										
1 012 166	1 012 166	1 012 166	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929	598 929
110 623	110 623	110 623	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484	41 484
-1 358 443	-1 358 443	-1 358 443	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
												19 534 669
8 468 103	8 880 230	9 310 178	10 606 106	11 074 093	11 562 371	12 071 839	12 603 438	13 158 149	13 736 999	14 341 063	14 971 461	32 839 339
0,2657	0,2252	0,1908	0,1617	0,1370	0,1161	0,0984	0,0833	0,0706	0,0598	0,0507	0,0430	0,0364
2 250 240	1 999 504	1 776 280	1 714 607	1 516 953	1 342 043	1 187 266	1 050 314	929 138	821 926	727 072	643 155	1 195 367
28 124 998	30 124 502	31 900 782	33 615 389	35 132 342	36 474 385	37 661 651	38 711 965	39 641 103	40 463 029	41 190 101	41 833 256	43 028 623
2 131 455	4 130 959	5 907 239	7 621 847	9 138 800	10 480 843	11 668 109	12 718 423	13 647 561	14 469 487	15 196 559	15 839 714	17 035 081

7.5 Evaluación económica y financiera

7.5.1 Evaluación económica: VAN, TIR, B/C, PR

Tabla 7.24

Resultados del flujo económico

INDICADOR	ECONÓMICO
VAN ECONOMICO	3 848 447
RELACION B / C =	1,085
TASA INTERNA DE RETORNO ECONÓMICO =	19,47%
PERIODO DE RECUPERACION (AÑOS)	15,50
PERIODO DE RECUPERACION (MESES)	6,05
PERIODO DE RECUPERACION (DIAS)	1.41

Se concluye que el tiempo de recupero es de 15 años con 6 meses y 02 días.

7.5.2 Evaluación financiera: VAN, TIR, B/C, PR

Tabla 7.25

Resultados del flujo financiero

INDICADOR	FINANCIERO
VAN FINANCIERO	33 345 806
RELACION B / C =	1,93
TASA INTERNA DE RETORNO FINANCIERA =	28,02%
PERIODO DE RECUPERACION (AÑOS)	7,05
PERIODO DE RECUPERACION (MESES)	0,63
PERIODO DE RECUPERACION (DIAS)	19,00

Se concluye que el tiempo de recupero es de 07 años con 20 días.

7.5.3 Análisis de ratios e indicadores económicos y financieros del proyecto

- **Ratio de liquidez**

Tabla 7.26

Ratio de liquidez

RATIO DE LIQUIDEZ	
RAZÓN CORRIENTE (VECES)	0,24
RAZÓN DE EFECTIVO (VECES)	0,24
CAPITAL DE TRABAJO	1 036 160,40

Se concluye que por cada sol que tiene la empresa, la misma posee S/ 1,76 soles para pagarlo.

- **Ratio de solvencia**

Tabla 7.27

Ratios de solvencia

RATIO DE SOLVENCIA	
RAZÓN DE DEUDA / PATRIMONIO	0,39
RAZÓN DE DEUDA LARGO PLAZO PATRIMONIO	0,35

Por cada sol aportado por los accionistas, se tiene S/0,28 soles de deuda.

- **Ratio de rentabilidad**

Tabla 7.28

Ratio de rentabilidad

RATIO DE RENTABILIDAD	
RENTABILIDAD BRUTA	0,84
RENTABILIDAD NETA	0,41

El alto margen bruto de 3,03% permitirá cubrir con los gastos operaciones y el uso de la financiación de la central.

7.5.4 Análisis de sensibilidad del proyecto

A continuación, se hará un análisis de sensibilidad referenciando algún cambio extraordinario en la operación del sistema eléctrico - geotermal que justifique una variación de la tarifa del proyecto y como dicho ajuste afectaría los indicadores económicos-financieros calculados con anterioridad, para ello, se simularán variaciones del 10% anual sobre la tarifa eléctrica monómica inicial, manteniendo todos los parámetros de evolución inicial constantes.

Tabla 7.29

Análisis de sensibilidad por variación de la tarifa eléctrica reconocida.

Indicador	- 10% Tarifa Monómica	Propuesta Original	+ 10 % Tarifa Monómica
TIR	25.02%	28.02%	31.01%
VAN	26 381 213	33 345 806	40 310 399
PR	8.82	7.05	5.90

En sentido con los parámetros de la simulación de sensibilidad, se plantearon dos escenarios; el primero en el que la tarifa disminuyó un 10 %, teniendo una afección congruente con los indicadores cayendo el TIR 3%, una disminución del VAN de 6 964 593 USD y un recuperado aumentado en 1.76 años, por el contrario, ante un escenario optimista en donde la tarifa eléctrica reconocida para la central geotérmica aumentara un 10%, se refleja una variación positiva del TIR en 3%, del VAN en 6 964 593 USD y un recuperado acortado en 1.16 años sobre el escenario original.

CAPÍTULO VIII: EVALUACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO

8.1 Identificación de las zonas y comunidades de influencia del proyecto

Como se menciona en el capítulo 3, el proyecto se desarrollará en el departamento de Tacna, en la provincia de Candarave. Esta localidad fue elegida por su alto potencial de generación y presencia de yacimientos geotérmicos identificados.

En dicho distrito, según los mapas de potencial geotérmico desarrollados por el JICA, se revelan las mejores proyecciones de generación eléctrica a partir del reservorio del área en mención.

8.2 Impacto en la zona de influencia

El impacto más relevante en la zona de influencia es el incremento de la empleabilidad en la localidad. Esto quiere decir que se conciben generación de trabajadores de la planta geotérmica, otros brindando algún tipo de servicio o la generación de nuevos negocios (proveedores) en la localidad y alrededores. Además, abastecerá de energía eléctrica a empresas industriales y medianas empresas.

Otros beneficios de las localidades aledañas son la construcción de infraestructura, tanto vial como sanitarias, así como redes de electrificación abastecidas por la central de generación, esto repercutirá notablemente en la calidad de vida de la población de dichas localidades, como en la generación de industrias en los alrededores, tal como agrícolas, desalinizadoras, fundiciones, etc.

8.3 Impacto social del proyecto

Se puede visualizar más tangiblemente a través de los siguientes indicadores macroeconómicos que nos darán distintos perfiles de evaluación social, uno complementario del otro.

8.3.1 Valor agregado

El valor agregado se refiere al beneficio marginal neto que recibe la economía como resultado del proyecto, es la contribución neta al crecimiento del producto bruto interno. (Mantovani E, A ; Postigo T, Carlos, 2016)



Tabla 8.1*Valor agregado*

RUBRO	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
COSTOS OPERATIVOS	2 136 144,94	2 153 004,63	2 170 117,21	2 187 486,48	2 205 116,29	2 223 010,55	2 241 173,22	2 259 608,33	2 278 319,97		
GASTOS ADMINISTRAT.	1 829 534,49	1 829 534,49	1 829 534,49	1 829 534,49	1 829 534,49	1 829 534,49	1 829 534,49	1 829 534,49	1 829 534,49		
INTERESES	1 358 443,39	1 358 443,39	1 358 443,39	1 358 443,39	1 358 443,39	1 358 443,39	1 358 443,39	1 358 443,39	1 358 443,39		
IMPUESTOS	2 445 466,02	2 607 423,81	2 775 808,91	2 950 903,43	3 133 002,15	3 322 413,09	3 519 458,13	3 724 473,64	3 937 811,14		
UTILIDAD	5 299 549,32	5 655 925,45	6 026 343,62	6 411 420,18	6 811 799,13	7 228 153,41	7 661 186,27	8 111 632,58	8 580 260,33		
VALOR AGREGADO	13 069 138,16	13 604 331,76	14 160 247,62	14 737 787,96	15 337 895,44	15 961 554,92	16 609 795,49	17 283 692,41	17 984 369,31		
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	2 297 312,28	1 903 352,75	1 922 919,11	1 942 778,96	1 962 936,70	1 983 396,82	2 004 163,83	2 025 242,35	2 046 637,05	2 068 352,67	2 090 394,02
	1 829 534,49	948 919,28	948 919,28	948 919,28	948 919,28	948 919,28	948 919,28	948 919,28	948 919,28	948 919,28	948 919,28
	1 358 443,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4 159 838,02	4 859,304,78	5 087 496,72	5 325 582,73	5 574 001,20	5 833 210,40	6 103 689,35	6 385 938,77	6 680 482,11	6 987 866,61	6 175 133,55
	9 726 875,82	11 612 914,81	12 158 254,88	12 727 240,08	13 320 918,13	13 940 384,18	14 586 783,01	15 261 311,29	15 965 219,97	16 699 816,82	14 757 522,55
	19 372 003,99	19 324 491,62	20 117 589,99	20 944 521,04	21 806 775,31	22 705 910,68	23 643 555,47	24 621 411,68	25 641 258,41	26 704 955,38	23 971 969,40

Tasa de descuento = 13,27 % (CPPC)

Valor Agregado Presente = \$ 102 278 245,02

8.3.2 Relación producto/capital

Es el índice que mide la relación entre el valor agregado generado en el proyecto entre la inversión total. El índice también es llamado como coeficiente de capital.

$$\frac{\text{Producto}}{\text{Capital}} = \frac{\text{Valor agregado}}{\text{Inversión total}} = \frac{102\,278\,245,02}{48\,219\,759} = 2,12$$

La relación producto/capital es mayor a 1, significa que el proyecto generará un alto valor agregado en la zona de influencia en contraste a la inversión inicial

8.3.3 Intensidad de capital

Es el índice que muestra la relación de la inversión total entre el valor agregado del proyecto, logrando calcular el grado de aporte del proyecto mediante el nivel de inversión para generar el valor agregado sobre los insumos.

$$\text{Intensidad de capital} = \frac{\text{Inversión total}}{\text{Valor agregado}} = \frac{48\,219\,759}{102\,278\,245,02} = 0,47$$

De acuerdo con el resultado, podemos concluir que por cada \$ 0.47 USD de la inversión total del proyecto, se generó \$ 1 USD de Valor Agregado en el proyecto (112% +).

8.3.4 Densidad de capital

Es el índice que mide la relación de la inversión del capital entre el empleo generado por el proyecto

$$\text{Densidad de capital} = \frac{\text{Inversión total}}{\text{Número de trabajadores}} = \frac{48\,219\,759}{33} = 1\,461\,204,83 \text{ soles por trabajador}$$

8.3.5 Productividad de la M.O

Es el índice que permitirá analizar la capacidad de mano de obra empleada para generar la producción del proyecto.

$$\text{Productividad M.O} = \frac{\text{Valor producción total}}{\text{Número de puestos de trabajo}} = \frac{84\,717,960}{116,67} = 726\,153,94$$

CONCLUSIONES

- Se concluye que el Perú posee un gran potencial de generación geotérmica, aproximadamente de 3 000 MW, por lo que el desarrollo de tecnologías de generación eléctrica a base de esta tecnología es sumamente importante para el futuro de la confiabilidad del SEIN.
- De acuerdo con el mapa de localización de los reservorios geotérmicos a nivel nacional, se concluye que la mejor opción para el desarrollo de proyectos geotérmicos es en el sur del país, específicamente en zonas cercanas a manifestaciones geotermales causadas por el eje volcánico asociado al cinturón de fuego del Pacífico, presente en la región.
- Se concluye que de acuerdo con la entalpía identificada en el reservorio geotérmico de Tutupaca, Tacna, la alternativa más adecuada a desarrollar referente al sistema de generación geotérmica es instalar una central single flash o de flasheo simple, ya que a pesar de no ser la que cuenta con la mayor eficiencia de conversión, es aquella que se permite una eficiencia económica óptima según los costos y capacidades de generación presentes en la zona.
- Se determinó que existe una estrecha relación entre la capacidad instalada de la planta y su retribución económica, evidenciando una correlación inversa (economía de escala), ya que esta radica más que en la tarifa eléctrica reconocida, en los años en los que la planta se encontrará operativa, debido a que los costos de operación bajos son el principal factor que rentabiliza una central de estas características.
- De acuerdo con la naturaleza del recurso productivo, su georreferenciación y las maquinarias requeridas para el proceso de generación eléctrica, se concluye que las centrales geotérmicas son altamente flexibles, por lo que el incremento de su capacidad de generación dependerá de una decisión estratégica si es que el mercado o demanda a atender lo requiere.

- Se establece que el proyecto de instalación de una planta de generación geotérmica de 9,67 MW en la región de Tacna, Perú es viable tanto técnico, económica, financiera y socialmente. Además, el desarrollo de la central sería bien recibido por el mercado potencial identificado y aportaría tanto a la diversificación de la matriz energética nacional como también al desarrollo de tecnologías limpias en el país.
 - Técnicamente, la central sustenta su viabilidad debido a la identificación del recurso de generación como lo son los campos geotermales en Tutupaca, Tacna; así como la compatibilización y dimensionamiento de los equipos requeridos para una generación geotérmica de 9.67 MW de capacidad instalada.
 - Económicamente, la central geotérmica muestra una previsibilidad en el recupero de las inversiones realizadas debido al alto control de gestión sobre el presupuesto de operación y mantenimiento que tienen asignadas las maquinarias involucradas, es debido a esto que el período de recupero y los beneficios futuros esperados son una garantía para los inversionistas; sin embargo la incertidumbre pasa más por los adicionales generados durante el periodo de exploración de pozos, el cual puede impactar significativamente en el CAPEX presupuestado.
 - Financieramente, el proyecto demuestra que es bancable, ya que los contratos que garantizan un retorno económico a largo plazo son indexados, dando una predictibilidad sobre el fiel cumplimiento del servicio de deuda que tiente el proyecto, el mismo que mejora con creces, los resultados económicos esperados debido a que los ingresos anuales son lo suficientemente holgados para soportar los costos de operación, gastos administrativos y el gasto financiero producto del financiamiento.
 - Socialmente, el desarrollo de una central geotérmica, no sólo generaría empleos y urbanización en los territorios aledaños a su emplazamiento, sino también una reducción en las tarifas y peajes estipulados por OSINERGMIN cada mes, esto debido a las mejoras sobre la calidad energética producida, la minimización de pérdidas generadas, producto de la generación distribuida a efectuarse de cara al nodo sur del territorio nacional y sus implicancias en cuanto a la electrificación de zonas rurales que serían suministradas por la generación geotérmica.

RECOMENDACIONES

Después de analizar el presente proyecto, se detallarán las siguientes recomendaciones con el propósito de poder implementarlas.

- Se recomienda tomar acciones para incluir la geotermia como una fuente de generación renovable no convencional para la generación eléctrica en el Perú. Por un lado, la difusión de información a gran escala sobre el uso geotérmico permitirá que los organismos y entidades puedan intervenir en su promoción. Por otro lado, el impacto positivo que el Estado Peruano debe estimar pasa principalmente por los mecanismos de incentivo a implementar; ejemplificando dinámicas de subsidios, reconocimiento de potencia firme asociada, reglamentación de generación distribuida, comercialización de energía y potencia en mercados separados como renovación del parque de medidores.
- Se debe considerar el alto costo de inversión inicial en el desarrollo del proyecto, si bien frente a las demás fuentes renovables como la solar, eólica e hidráulica su costo es elevado, el nivel de rentabilidad económica, social y ambiental es mayor con los años de operatividad que asegura el sistema.
- Es necesaria una revisión exhaustiva de la data, datos geológicos, geofísicos, climáticos, socioeconómicos y de infraestructura para la región de Tutupaca, Tacna. Esta data es primordial para evaluar la factibilidad técnica-económica de la central geotérmica.
- El instrumento ambiental a desarrollar es una Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA), informe a presentar a la Dirección Regional de Energía y Minas (DREM) del Gobierno Regional de Tacna (GORE Tacna), según el Listado de Inclusión de los Proyectos de Inversión Sujetos al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), publicado por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), afín de obtener la Concesión de Generación Eléctrica, documentación necesaria para inicial la puesta en operación comercial.

REFERENCIAS

- Adranca G, Fabian; Rodriguez M, José. (2012). Modelo inicial para yacimientos geotérmicos durante la etapa de exploración. Mexico: Universidad Nacional Autonoma de Mexico.
- Aguedo, R. M. (2005). El Agua, recurso estratégico del siglo XXI. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 12.
- Aguilera, J. y Herrera, C. (2017). *Evaluación de factibilidad Técnico - Financiera del desarrollo inicial de un campo geotérmico con Planta a Bocapozo*. San Salvador, Republica de El Salvador: Universidad de El Salvador.
- Apaza A, J y Olazábal R, J. (2014). La energía geotérmica como alternativa económica y sostenible para la solucionar el déficit de generación eléctrica en la zona sur del Perú. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Apaza Apaza, J., & Olazábal Reyes, J. A. (2014). *La energía geotérmica como alternativa económica y sostenible para solucionar el déficit de generación eléctrica en la zona sur del Perú*. Lima: UNI.
- Arroyo, P., & Vasquez, R. (2016). *Ingeniería Económica, ¿Cómo medir la rentabilidad de un proyecto?* Lima: Fondo Editorial de la Universidad de Lima.
- Barletta, F., Pereira, M., Robert, V., & Yoguel, G. (2013). Argentina: dinámica reciente del sector de software y servicios informáticos. *Revista de la CEPAL*(110), 137-155. Obtenido de <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/1/50511/RVE110Yoqueletal.pdf>
- Choy, M., & Chang, G. (2014). *Medidas macroprudenciales aplicadas en el Perú*. Lima: Banco Central de Reserva del Perú. Obtenido de <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2014/documento-de-trabajo-07-2014.pdf>
- Comisión Nacional de Energía de Chile. (2019). *Informe de Costos de Tecnologías de Generación*. Santiago, Chile.

- Córdova Z, L. (12 de marzo de 2012). “*Diseño de una planta geotérmica de generación eléctrica de 50 MW*”. Obtenido de Piensa en Geotermia: <http://www.piensageotermia.com/profesionales-necesarios-para-la-ejecucion-de-una-planta-geotermica/>
- Córdova Zapata, L. F. (2005). *Diseño de una planta geotérmica de generación eléctrica de 50MW*. Lima: UNI.
- Cruz Paucara, V., Vargas Rodriguez, V., & Cacya Dueñas, L. (2013). *Caracterización y Evaluación del Potencial Geotérmico de la Región de Tacna*. Lima: INGEMMET.
- Díaz Garay, B., & Noriega, M. T. (2017). *Manual para el diseño de instalaciones manufactureras y de servicios*. Lima: Fondo Editorial Universidad de Lima.
- Díaz Herbas, D. A. (2010). *Evaluación técnico económica de la implementación y operación de una central de energía eléctrica a partir de fuentes geotérmicas en el sistema eléctrico chileno*. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Fernández Díez, P. (2002). *Energía Geotérmica*. Centro Federado de Energía Mecánica. Trujillo: Redsauce Engineering Services. Obtenido de https://files.redsauce.net/js/pdfjs/web/viewer.html?file=https%3A%2F%2Frsml.redsauce.net%2FAppController%2Fcommands_RSM%2Fapi%2Fapi_getFile.php%3FitemId%3D69%26propertyID%3D20%26RStoken%3D59e8ac1045d03e2ff6564c0638315f38
- García Nieto, J. P. (2013). *Constur ye tu Web comercial: de la idea al negocio*. Madrid: RA-MA.
- Grupo W&S. (s.f.). Obtenido de <https://grupowys.com/catalogo-de-productos/siemens>
- INGEMMET. (2012). *Energía Geotérmica: Alternativa de energía renovable, limpia y con visión al futuro*. Lima.
- Jiménez Bulnes, J. A. (2018). *Dimensionamiento y selección de una central geotérmica basada en el ciclo rankine orgánico ubicada en el yacimiento geotérmico Jesús María - Moquegua*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo", Lambayeque. Obtenido de

<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2978/BC-TES-TMP-1796.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Jiménez Bulnes, J. A. (2018). *Dimensionamiento y selección de una central geotérmica basada en el ciclo rankine orgánico ubicada en el yacimiento geotérmico Jesús María - Moquegua*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo", Lambayeque. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2978/BC-TES-TMP-1796.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Jiménez Bulnes, J. A. (2018). *Dimensionamiento y selección de una central geotérmica basada en el ciclo rankine orgánico ubicada en el yacimiento geotérmico Jesús María - Moquegua*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo", Lambayeque.

Lagos Erices, S. A. (2017). *Estudio de factibilidad para la instalación de una central geotérmica en Chile*. Concepción, Chile: Universidad del Bío Bío. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/105653/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

López, J. F. (2016). *Coficiente de determiación R2*.

Mantovani E, A ; Postigo T, Carlos. (2016). Estudio de ore factibilidad para la instalación de una planta generadora eólica. Lima: Universidad de Lima.

Martínez Muñoz, R. Y., & Vigo Navarro, S. C. (2018). *Acciones para la implementación del uso de la generación de energía en base a la geotermia en el Perú en pro de la Responsabilidad Ambiental*. Lima: UPC.

MINEM. (2012 - 2018). *Anuarios Estadísticos Anuales*. Lima.

MINEM. (2018). *Anuario Estadístico Anual 2018*. Lima.

Ministerio de Energia y Minas. (2012). *Manual de Geotermia: Cómo planificar y financiar la generaación de electricidad*. Lima.

- Ministerio de Energía y Minas. (2012). *Manual de Geotermia: Cómo planificar y financiar la generación de electricidad*. Lima. Obtenido de https://www.esmap.org/sites/default/files/esmap-files/ESMAP_GEOTHERMAL_Spanish_book_Optimized.pdf
- Munevar O., Juan. (2012). Propuesta para la localización, selección de maquinaria, selección de proveedores y distribución de una planta para la producción de energía eléctrica mediante el uso del recurso geotérmico. Bogotá.
- Munevar Ortiz, J. D. (2012). *Propuesta para la localización, selección de maquinaria, selección de proveedores y distribución de una planta para la producción de energía eléctrica mediante el uso del recurso geotérmico*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13657/MunevarOrtizJuanDavid2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Olazábal Reyes, J. A., & Apaza Apaza, J. (2014). La energía geotérmica como alternativa económica y sostenible para la solucionar el déficit de generación eléctrica en la zona sur del Perú. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- OSINERGMIN. (2021). *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/607055/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anios.pdf?v=1587592976>
- OSINERGMIN. (2021). *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*. Lima. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/607055/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anios.pdf?v=1587592976>
- Paucara Cruz, V. (2016). *Recursos Geotérmicos promisorios en área de conservación regional: Caso Vilacota Maure, Region Tacna*. Lima: XVIII Congreso Peruano de Geología.

- Paucara Cruz, V. (2016). *Recursos Geotérmicos promisorios en área de conservación regional: Caso Vilacota Maure, Region Tacna*. Lima: XVIII Congreso Peruano de Geología. Obtenido de https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2642/1/Cruz-Recursos_geotermicos_promisorios_ACRVM-Tacna.pdf
- Pulido G., José. (2017). *Estudio y diseño preliminar de una planta de generación eléctrica a partir de energía geotérmica en la isla Tenerife*. Santa Cruz de Tenerife: Escuela superior de Ingeniería y Tecnología Universidad de la laguna.
- Robilliard C., Claudine. (2009). Generación de electricidad a partir de energía geotérmica. *Ingeniería*, 192.
- Tamayo, Jesús; Salvador, Julio; Vásquez, Arturo ; Vilches , Carlos. (2016). La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento del país. *Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería*, 109. Obtenido de http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anios.pdf
- UPME. (2003). *Utilizacion de la energia geotermica - Documento Descriptivo*. Bogota.
- Vargas, V., & Cruz, V. (2010). *Geothermal Map of Perú*. Obtenido de https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2079/1/Vargas-Geothermal_map_of_Per%c3%ba.pdf
- Vasquez Julio, Vilches Carlo , Tamayo Jesús. (2016). La industria de electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico al país. *Osinergmin*, 142-145.
- Vicente V, O. y Núñez F, I. (2012). *Comparación de costos*.

BIBLIOGRAFÍA

- Coronado, J. (2018), “Geotermia: La solución para que el sur genere y consuma su propia energía”, *Revista La República*, (1).1-1.
- Cruz, V. (2017), “Energía Geotérmica: ¿Qué regiones del Perú tienen potencial?”, *Revista Gestión*, (1).1-1.
- Mantovani Escalante, A. y Postigo Toledo, C. (2016), “*Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta generadora de energía eólica*”, Trabajo de investigación para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad de Lima, Perú.
- Peralta Quilla, R. y Mirando Rodríguez, R. (2017), “*Análisis de estudio de la energía geotérmica de las aguas termales de Putina empleando isobutano para la generación de energía eléctrica para la localidad de Putina*”, Trabajo de investigación para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, Universidad Nacional del Altiplano, Perú.
- Sebastián, E. (2009). Estudio de electrificación con energía solar plaza pública Distrito de Llauta-Lucanas-Ayacucho. Tesis para optar el Grado de Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales, Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Tapia Huacoto, E. (2016), “*Caracterización geo energética de fuentes termales: Pasanacollo, Acora, Ollachea, Cuyo Cuyo, Lorigongo y Puente Bello*”, Trabajo de investigación para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Perú.



ANEXO 1: Diseño y Aplicación de Entrevistas Especializadas (Muestreo de Mercado)

Debido a la naturaleza de nuestra investigación se realizaron una serie de entrevistas a un “pool” de especialistas o relacionados al campo de aplicación del proyecto. A continuación, se presentan las transcripciones de estas:

“Estimado Especialista,

Somos alumnos de la Universidad de Lima, quiénes como parte de su trabajo de investigación final buscamos una realimentación a través de este medio como contraste de la información referenciada previamente, relacionada a nuestro proyecto que busca demostrar la viabilidad de la instalación de una planta generadora de energía geotérmica.”

Tema de Investigación: Estudio de pre – factibilidad para la instalación de una planta generadora de energía geotérmica.

Presentación del servicio ofrecido: Comercialización de energía eléctrica generada bajo la operación de una central geotérmica conectada al Sistema Eléctrico Integrado Nacional, base desde la cual, el servicio, los costos y operaciones estarían bajo supervisión estatal. Entre sus principales beneficios destacan la eficiencia energética, el bajo costo operativo y mantenimiento, la reducción del impacto ambiental y la alta independencia de generación.

Especialista N°1: Ing. Alcides Claros Pacheco

**Cargo: Director de Concesiones Eléctricas de la Dirección General de Electricidad –
Ministerio de Energía y Minas**

1. ¿Qué alternativas de generación energética renovable conoce?

Bueno existen diversas, y en diferentes aplicaciones, tal como la hidráulica, la eólica, la solar, la biomasa, la mareomotriz y la geotérmica.

2. ¿Cuál cree usted que sea la de mayor aplicación a nivel nacional?

Sin duda alguna la hidráulica, puesto que nuestra matriz energética nacional se compone del 60% de esta.

3. ¿Qué ventajas y desventajas establece usted para este tipo de metodología?

Todos los proyectos tienen un impacto que puede ser significativo o leve. De la geotérmica es leve y sólo sería en la etapa de construcción. Si es en una zona donde hay arbustos o árboles habría que cortar, pero una vez que está en operación, se siembra y se recupera el área verde. Hay otro impacto: cuando el vapor de agua sale y sale caliente, hay que llevarlo para que genere la energía y en ese vapor salen elementos químicos un poco negativos, pero si se implementan sistemas de filtros, se minimiza el impacto. Eso es controlable. El agua sale, se aprovecha el vapor, se enfría y se reinyecta. Es un circuito.

En Costa Rica, la geotermia se inició con una empresa estatal, después se convirtió en una asociación público-privada. Hasta ahora funciona así. México y El Salvador tienen el mismo sistema. En El Salvador se inició con apoyo del Estado, luego se creó una empresa: la GEO, una privada con aporte del Estado como socio minoritario.

En Kenia fue el Estado quien inició. En Japón también, después ya pasó al sector privado. En Chile, el aporte del Estado ha sido mínimo, es una empresa italiana. El Estado de repente no ha invertido económicamente, pero ha apoyado a través de incentivos tributarios y normativos.

También puede ser a través de incentivos tributarios para todas las energías renovables en general, como la depreciación acelerada y la devolución del IGV. Esta devolución está para energías renovables y para todos los proyectos de inversión. Se hace un proyecto de inversión, se invierte y luego se recupera el IGV.

Ese también es un beneficio para la empresa, pero nos falta un apoyo directo del Estado que incluya la cantidad de megas en la subasta o que el Estado se endeuda y puede hacer un convenio de endeudamiento por un plazo determinado. El primer precio siempre es alto porque primera vez que se aplicaría, si bien es cierto, casi todos los proyectos de geotermia tienen la misma secuencia, a veces la realidad es diferente, por ejemplo, acá, la

geotermia donde tiene más recursos es en la sierra y hay un nivel de altura, también lo demás que yo conozco es a nivel bajo (nivel del mar), en Chile por ejemplo, hay nieve, cordillera. Por ejemplo, en Kenia hay 5 etapas que empezaron con 20, después 50 y luego 100, 165 y el último de 500, entonces mientras se iban desarrollando, iban incrementando la producción de energía.

4. ¿Cuál cree usted que sea la de razón por la que el desarrollo geotérmico ha sido escaso a la fecha?

El principal obstáculo es la inversión. Para perforar un pozo, de acuerdo a estudios de otros países, se requiere de cinco a siete millones de dólares. Cuando se explora un área se hace estudio físico, geológico, geotérmico, se identifica posibles focos geotérmicos y se perfora.

De acuerdo con la legislación actual, tiene que perforarse mínimo tres pozos con un área mínima de un kilómetro. Si se obtiene el recurso, hay seguridad y se puede continuar. También este tema depende de la gestión.

Hay gobiernos y hay fondos que pueden hacer un préstamo y que financian las exploraciones en geotermia. En Alemania hay un fondo, el KW, daba 80 millones de dólares para proyectos de geotermia específicamente. Si se obtenía el recurso se pagaba el préstamo con una tasa bien baja. Si no se obtenía el recurso no pagabas nada. Eso es un apoyo que está para pedirlo. Por eso, depende de la inversión y de la gestión de la empresa.

5. ¿Cuáles son los principales desafíos del sector geotérmico en la región para los próximos años?

Principalmente, la difusión de esta tecnología, sus beneficios y los otorgamientos y apoyos estatales para su desarrollo.

6. ¿Cree usted que el gobierno debería ser el ente impulsador sobre el desarrollo de esta tecnología?

Sí, el Estado debe intervenir, primero, porque es un recurso natural. Segundo, porque en todos los países, cuando se ha tratado de geotermia el Estado ha participado, puede ser con

inversión directa, como socio o con algún apoyo, pero siempre ha participado en los proyectos de geotermia.

En este caso, en el 2011, se trató de que se financie este proyecto de Borateras y Calientes con endeudamiento externo y una de las etapas era una opinión de sector y la otra etapa era la opinión del MEF. Aquí se llegó hasta la opinión del MINEM y faltó la del MEF, allí cambiaron de gestión y las nuevas autoridades ya no opinaron. Ese fue el momento digamos, más significativo donde se podía haber desarrollado la geotermia.

Después ya no ha existido apoyo. Ahora se está invirtiendo en la Refinería de Talara 4,500. O sea, el 10% de eso podría invertirse en geotermia de forma más segura y limpia. Falta apoyo político.

7. Si fuera así, ¿bajo qué estrategias?

Lo primero, debe desarrollarse un proyecto a nivel de factibilidad. Segundo, debería incluirse en un plan de desarrollo eléctrico, porque dentro del actual no está la geotermia. Es un recurso renovable, pero significa un porcentaje mínimo.

Ahora la eólica y solar están en pleno auge, el único problema es el factor de planta. En la geotermia el factor de planta genera de noche y de día. La solar genera de día. La eólica cuando hay viento.

Otro aspecto es que debe incluirse dentro del currículo de secundaria o universitaria, porque casi nadie conoce de la geotermia, entonces no hay muchos especialistas. Los que tenemos conocimiento hemos hecho estudios afuera y aquí no hay conocimiento técnico.

8. ¿De qué manera cree usted que se beneficiaría el consumidor bajo la premisa de un consumo energético geotermal?

En cuanto a beneficios si es importante. Primero porque la geotermia es un recurso renovable cuya única inversión riesgosa y significativa es la perforación. Se identifica el proyecto, se perfora y encuentra el recurso: a partir de allí la inversión es segura y cuando empieza a operar el costo es cero en operación y mantenimiento.

Segundo, es que no afecta el medio ambiente excepto en la etapa de construcción. Por ejemplo, hay proyectos en Costa Rica, Japón, El Salvador, que se han desarrollado dentro de zonas protegidas. Acá en Perú, Borateras y Calientes están en zonas protegidas, entre Moquegua y Puno.

9. Teniendo en cuenta el estudio de potenciales geotérmicos a lo largo del territorio nacional. ¿Dónde justifica usted la instalación de una central energética de estas características?

Bueno, ya es de conocimiento público que el INGEMMET ha difundido los potenciales geotérmicos a lo largo del territorio, por ello la región sur del país sería la más adecuada, al presentar los mayores potenciales y con mayor cercanía entre ellos.

10. Existen tres tipos principales de aplicación geotérmica: ciclo binario, bombas de calor, “flasheo” simple y doble; ¿Cuál considera usted sea la metodología más aplicable para una fuente térmica de alta entalpía?

Considero que la tecnología de flasheo doble es la de mejor aplicación puesto que la eficiencia del proceso y su rendimiento se ven incrementados en comparación de las otras aplicaciones.

11. Según INGEMMET, el potencial geotérmico nacional ronda los 2863 MW, ¿Conoce usted cuántos de estos han sido licenciados para su exploración / explotación a la fecha?

Sí, sin embargo a la fecha, no existen proyectos de generación eléctrica en base de geotermia. Los dos proyectos más importantes que son Borateras y Calientes tienen 100 y 150 MW de potencia estimada, pero no se ha definido nada concreto.

12. Desde el punto de vista de un inversor, ¿Estaría dispuesto usted a invertir en un proyecto de este tipo?

Sí, sin dudar, como ya he mencionado, una de las principales trabas para el desarrollo de esta tecnología es que aún no se conocen ejemplos cercanos y que aún no existe una

generadora de este tipo en el país. Finalmente, como consumidor habitual de energía eléctrica.

13. ¿A cuánto asciende su consumo eléctrico mensual y cuántas personas conforman el hogar que la demanda?

En casa somos cinco personas y pagamos alrededor de 450 soles al mes.

Especialista N° 2: César Mino Jara

Cargo: Ex – Gerente de Mantenimiento de Transmisión de Luz del Sur S.A.A.

1. ¿Qué alternativas de generación energética renovable conoce?

Lo que sucede es que antes de mencionar la categorización como renovable o no, en la actualidad se bifurcan en lo que se conoce como energías renovables convencionales, refiriendo a aquellas que antes de este “boom energético renovable” eran las tecnologías conocidas, tal como las centrales hidráulicas; y las no convencionales, siendo estas últimas todas aquellas que han venido explotándose globalmente en los años recientes, tal como la biomasa, la solar, la eólica, la mareomotriz, etc.

Algunos hablan incluso de la cogeneración en donde se aprovechan los residuos para la generación energética antes de ser desechados. Incluso en la actualidad, existen distintas innovaciones como la adecuación de la energía eólica (on-shore y off-shore) en donde la segunda se trata de la instalación de una especie de turbina vertical que aprovecha las corrientes de aire marítimas y las diferencias de presiones entre la parte superior del elemento captador, y la parte inferior del mismo.

2. ¿Cuál cree usted que sea la de mayor aplicación a nivel nacional?

Como realidad nacional, no hay duda de que la generación hidráulica es aquella con mayor explotación en el país. Hablando de energías renovables, la apuesta de los últimos gobiernos ha sido la investigación y desarrollo de la energía solar.

3. ¿Qué ventajas y desventajas establece usted para este tipo de metodología?

Como ventajas, principalmente que es renovable, lo cual se entiende como la eliminación del factor de afectación medioambiental, pues no sale del sistema emisiones contaminantes.

Como desventaja, es que la inversión es cara en relación con el resto de las tecnologías. Otra desventaja, es que al ingresar a un sistema integrado como el SEIN, se debe cumplir el requisito de poseer una central de respaldo, es decir, no se puede estar generando energía permanentemente.

Habiendo dicho esto, esta central de respaldo de no cumplir con los parámetros que la categoricen como renovable, se perdería el sentido primordial del impulso de esta tecnología.

4. ¿Cuál cree usted que sea la de razón por la que el desarrollo geotérmico ha sido escaso a la fecha?

Primero, porque es muy caro, por lo que la inversión será menos ofertada por los interesados en el tema.

Lo segundo, es que el aprovechamiento de esta tecnología reside en sitios alejados del usuario final, lo que dificulta aún más su viabilidad, al tener que invertir en una infraestructura de transmisión que garantice la correcta distribución de la energía.

5. ¿Cuáles son los principales desafíos del sector geotérmico en la región para los próximos años?

Pues demostrar con mayor énfasis la rentabilidad de la tecnología, es decir, difundir el potencial geotérmico existente, y a través de entes regulatorios, tal como OSINERGMIN, COES o el MEM, exponer la normativa con incentivos presentes comparados con el resto de las tecnologías, pues al tratarse del desarrollo beneficiario de la geotérmica, a un alto grado de inversión, se espera recibir una compensación por parte de los inversionistas.

6. ¿Cree usted que el gobierno debería ser el ente impulsador sobre el desarrollo de esta tecnología?

Sí, completamente.

7. Si fuera así, ¿bajo qué estrategias?

Hay tres formas de hacerlo, uno es anexando los costos y gastos dentro de la tarifa, pues al tratarse de millones de peruanos consumidores de electricidad, buscar la dilución de esta inversión alta en las tarifas presentes hoy.

La complicación de esta estrategia es la vulnerabilidad con la que la corrupción presente en los distintos organismos pueda afectar a la estructura que se busca consolidar.

La segunda opción, es la concesión temporal del recurso, tal como lo hacen otros países en la región, como Argentina, o incluso ejemplos europeos como España, en donde se entrega el recurso potencial para su explotación y los requerimientos necesarios para la ejecución final se ven en mano de la organización que tenga la concesión a cargo.

La tercera opción es el subsidio estatal, lo cual puede ser una solución inmediata pero que no garantiza la sustentabilidad de la tecnología en el medio, ya que se depende netamente de la capacidad gubernamental de otorgar dichos bonos o ingresos que compensen los gastos o inversiones incurridas en el desarrollo tecnológico.

8. ¿De qué manera cree usted que se beneficiaría el consumidor bajo la premisa de un consumo energético geotermal?

El consumidor aún desconoce de qué manera se verá beneficiado, puesto que las ventajas geotérmicas, con un enfoque en el consumidor, son de largo plazo y no son percibidas por los clientes o usuarios finales, quienes buscan una recompensa inmediata.

La única forma para que el usuario se informe es la cuantificación de “en qué medida una compañía generadora, comercializadora, etc. de energía es renovable”, es decir, si existiera una metodología cuantificadora estándar, se podría exponer que una organización es “30% renovable o 50% renovable, por ejemplo”.

9. Teniendo en cuenta el estudio de potenciales geotérmicos a lo largo del territorio nacional, ¿Dónde justifica usted la instalación de una central energética de estas características?

En los sitios más cercanos a los yacimientos, pues técnica y económicamente es la forma más eficiente de operar.

10. Existen tres tipos principales de aplicación geotérmica: ciclo binario, bombas de calor, “flasheo” simple y doble; ¿Cuál considera usted sea la metodología más aplicable para una fuente térmica de alta entalpía?

Entre las dos primeras, la más eficiente es la de ciclo binario. Desconozco la eficiencia de la metodología de “flasheo”.

11. Según INGEMMET, el potencial geotérmico nacional ronda los 2863 MW, ¿Conoce usted cuántos de estos han sido licenciados para su exploración / explotación a la fecha?

No conozco el número exacto, pero si tengo presente que lo que se ha destinado a la fecha para explotación futura no pasa del 20% del potencial conocido.

12. Desde el punto de vista de un inversor, ¿Estaría dispuesto usted a invertir en un proyecto de este tipo?

Bajo la realidad actual, en donde el Estado no ha delimitado los incentivos y normativas para todo el proceso previo y post operación de manera clara, no.

13. Finalmente, como consumidor habitual de energía eléctrica, ¿A cuánto asciende su consumo eléctrico mensual y cuántas personas conforman el hogar que la demanda?

No tengo ese dato presente; sin embargo, puedo alcanzarte el consumo total de Telefónica del Perú, como compañía de tal envergadura consumimos en el 2018 el total de 248 gigavatios hora. Lo cual es aproximadamente 120 millones de soles distribuidos en el año.

Especialista No 3: José Matienzo Pinedo

Cargo: Analista de afectación y apoyo – Luz del Sur S.A.A.

1. ¿Qué alternativas de generación energética renovable conoce?

Dentro de las opciones renovables conocidas tengo mapeada la generación de energía eólica, hidráulica y térmica.

2. ¿Cuál cree usted que sea la de mayor aplicación a nivel nacional?

La generación bajo el método hidráulico es sin duda la de mayor uso en el país. Esto debido a las innumerables caídas naturales de agua presentes a lo largo de nuestro territorio.

3. ¿Qué ventajas y desventajas establece usted para este tipo de metodología?

Ventajas:

- ✓ Recurso nuevo por explotar.
- ✓ Representa una tecnología inocua al medio ambiente.
- ✓ Independencia de factores climáticos.

Desventajas:

- ✓ El alto costo de inversión a pesar de que esta inyección monetaria sea principalmente para la instalación de la central misma y de la troncal de distribución.

4. ¿Cuál cree usted que sea la de razón por la que el desarrollo geotérmico ha sido escaso a la fecha?

La razón principal es la falta de conocimiento e inversión, esto como consecuencia de dejadez del Estado, ya que son responsables de la fomentación de licitaciones para que el principal obstáculo de la tecnología sea disminuido al entregar el recurso por un número determinado de años en dónde al finalizar los mismos, el Estado tendrá la potestad de reclamar la devolución de la gestión del recurso como también la continuación de la concesión.

Existen factores externos, relacionados principalmente con la tendencia histórica de explotación petrolera alrededor del mundo. Esta permanencia histórica centralizada en esta

generación contaminante, pero de alta eficiencia, ha determinado la obstaculización del desarrollo de nuevas tecnologías de generación.

5. ¿Cuáles son los principales desafíos del sector geotérmico en la región para los próximos años?

Básicamente, la difusión de los beneficios presentes en el desarrollo de la tecnología, la promoción de inversión que debe estar unida a una planificación conjunta que tenga un enfoque en el cliente final, para que este se encuentre informado y a favor de la metodología.

De lograr esto, reflejaría un impulso mayor para que el Estado reconozca su importancia y continúe su rol. Sin embargo, este punto de vista en donde la importancia y beneficios presentes de la geotermia son conocidos debido a un interés de inversión no debería ser el enfoque objetivo de la estrategia a utilizar.

6. ¿Cree usted que el gobierno debería ser el ente impulsador sobre el desarrollo de esta tecnología?

Claro que sí, esto reafirma una vez más que los intereses sobre otros tipos de generación de energía casi siempre van a orientar al mercado a ser un monopolio, por ello, el Estado, como uno de los entes con mayor responsabilidad y alcance, pueden lograr que esta situación no sea así.

7. Si fuera así, ¿bajo qué estrategias?

La estrategia para utilizar debe estar basada en la difusión de conocimientos clarificados, para que el usuario final contraste sus opciones de generación eléctrica ofertada. Debido a lo anterior mencionado, es el Estado, el mayor responsable que esta comunicación compleja con los usuarios se logre de forma eficiente y recordativa.

8. ¿De qué manera cree usted que se beneficiaría el consumidor bajo la premisa de un consumo energético geotermal?

El usuario está principalmente interesado en la disposición de energía ininterrumpida, que la misma sea barata y que sus consumos o usos energéticos no impacten en su medio o comunidad.

9. Teniendo en cuenta el estudio de potenciales geotérmicos a lo largo del territorio nacional, ¿Dónde justifica usted la instalación de una central energética de estas características?

Sin duda alguna y debido a la naturaleza de la tecnología, las instalaciones de una central de generación deben encontrarse lo más cercanas a los yacimientos geotérmicos, pues así aseguramos que la inversión será la menor posible teniendo en cuenta netamente el factor de localización.

Si lo ves desde el punto de vista de transmisión, la explotación del recurso tendría que estar lo más cercano posible a las ciudades y centros de distribución.

10. Existen tres tipos principales de aplicación geotérmica: ciclo binario, bombas de calor, “flasheo” simple y doble; ¿Cuál considera usted sea la metodología más aplicable para una fuente térmica de alta entalpía?

Con relación a los métodos de explotación geotérmica, conozco la de ciclo binario, la cual, tengo entendido es la de mayor uso.

11. Según INGEMMET, el potencial geotérmico nacional ronda los 2863 MW, ¿Conoce usted cuántos de estos han sido licenciados para su exploración / explotación a la fecha?

La verdad desconozco sobre este dato.

12. Desde el punto de vista de un inversor, ¿Estaría dispuesto usted a invertir en un proyecto de este tipo?

Claro, de tener los recursos lo haría sin pensarlo mucho, ya que representa un balance positivo en casi todos los ejemplos de aplicación a nivel mundial.

13. Finalmente, como consumidor habitual de energía eléctrica, ¿A cuánto asciende su consumo eléctrico mensual y cuántas personas conforman el hogar que la demanda?

En mi hogar, actualmente somos 4 personas y representamos un gasto que asciende a los S/ 340 aproximadamente.

Especialista N° 4: George Félix Power Porto

Cargo: Ingeniero Metalúrgico y Docente en la Universidad de Lima

1. ¿Qué alternativas de generación energética renovable conoce?

Bueno, por mencionarte algunas, encontramos a la biomasa, eólica, fotovoltaica y la hidráulica.

2. ¿Cuál cree usted que sea la de mayor aplicación a nivel nacional?

Creo estar en lo correcto al decir que es la fotovoltaica, sobre todo, en la sierra central y sur, debido a las facilidades de su instalación.

Sobre todo, porque en la actualidad, los costos sobre esta tecnología han disminuido considerablemente, incluso haciéndola competitiva con otras de características no renovables.

3. ¿Qué ventajas y desventajas establece usted para este tipo de metodología?

Yo diría que, si se cuenta con la fuente de calor adecuada, se puede generar una gran cantidad de energía; sin embargo, su principal desventaja es la complejidad del sistema pues presenta muchos desconocimientos para el recurso humano a cargo en la actualidad, como por ejemplo, la presencia de sílice y otros minerales y extraños al proceso que pueden alterarlo o complicar su explotación.

La otra complicación es el impacto generado para nuestra realidad, pues no se cuentan con fuentes acuíferas cercanas a los yacimientos por lo que tendría que inyectarse agua y para esto se debe determinar su procedencia.

4. ¿Cuál cree usted que sea la de razón por la que el desarrollo geotérmico ha sido escaso a la fecha?

A pesar de que el Instituto Nacional Geofísico ya conoce y ha difundido los distintos yacimientos con alto potencial geotérmico, los consumidores inmediatos no se encuentran cerca, las zonas en el Perú para la explotación de este recurso son zonas por lo general áridas, por lo que se debería buscar una fuente de agua para trabajar con un sistema tipo seco.

5. ¿Cuáles son los principales desafíos del sector geotérmico en la región para los próximos años?

Antes que nada, es hacer conocida la tecnología, segundo es difundir los incentivos estatales para que la inversión privada se acerque, tal como la bolsa de energía renovable en donde se otorgan bonos a aquellos proyectos que cumplan con los requisitos establecidos.

6. ¿Cree usted que el gobierno debería ser el ente impulsador sobre el desarrollo de esta tecnología?

Sí, de hecho.

7. Si fuera así, ¿bajo qué estrategias?

Tendrían que existir subsidios, similares a los impuestos en la Ley Energética Alemana, en donde al finalizar los periodos de otorgamiento se garantice la disminución del mismo, ya que, de otro modo, garantizando un subsidio fijo en muchos años, se distorsiona el mercado y se eleva el riesgo de concebir un desaprovechamiento del recurso.

8. ¿De qué manera cree usted que se beneficiaría el consumidor bajo la premisa de un consumo energético geotermal?

Yo no vería aún, una ventaja muy diferenciada puesto que el consumidor final seguirá rigiéndose a los precios del mercado, supervisados por OSINERGMIN. El beneficio a mi parecer es más indirecto, puesto que se está utilizando una tecnología renovable, se garantiza el alargamiento de nuestro gas natural, etc.

9. Teniendo en cuenta el estudio de potenciales geotérmicos a lo largo del territorio nacional, ¿Dónde justifica usted la instalación de una central energética de estas características?

La zona que se ve más adecuada está en el sur del Perú, debido a la cercanía a estos yacimientos geotérmicos, es decir, Moquegua y Tacna, principalmente.

10. Existen tres tipos principales de aplicación geotérmica: ciclo binario, bombas de calor, “flasheo” simple y doble; ¿Cuál considera usted sea la metodología más aplicable para una fuente térmica de alta entalpía?

Probablemente el ciclo binario, ya que las bombas de calor se utilizan mayormente para contextos de calefacción.

11. Según INGEMMET, el potencial geotérmico nacional ronda los 2863 MW, ¿Conoce usted cuántos de estos han sido licenciados para su exploración / explotación a la fecha?

No creo que se hayan pasado de los 100 MW, puesto que lo más licenciado a la fecha para energías renovables se trata de la energía eólica y solar.

12. Desde el punto de vista de un inversor, ¿Estaría dispuesto usted a invertir en un proyecto de este tipo?

Yo lo veo riesgoso, debido a la complejidad de la tecnología, los requerimientos altos de calor para la fuente, los altos parámetros establecidos para la normativa ambiental.

13. Finalmente, como consumidor habitual de energía eléctrica, ¿A cuánto asciende su consumo eléctrico mensual y cuántas personas conforman el hogar que la demanda?

En casa somos usualmente entre 6 a 10 personas y nuestro consumo mensual ronda entre los 550 a 900 soles. Esto debido al uso de equipos como bombas, saunas, etc.

ANEXO 2: Agua-Temperatura Saturada

SISTEMA INTERNACIONAL		Volumen del Líquido	Volumen del Vapor	Energía interna del Líquido	Energía interna de Evaporización	Energía interna del Vapor	Entalpía del Líquido	Entalpía de Evaporización	Entalpía del Vapor	Entropía del Líquido	Entropía de Evaporización	Entropía del Vapor
T(°C)	PSAT(kpa)	Vf(m3/kg)	Vg(m3/kg)	Uf (KJ/Kg)	Ufg (KJ/KG)	Ug(KJ/Kg)	hf (KJ/Kg)	hfg (KJ/Kg)	hg (KJ/Kg)	Sf (KJ/KgK)	Sfg (KJ/Kg K)	Sg (KJ/Kg K)
0,01	0,6113	0,001000	206,14	0	2375,3	2375,3	0,01	2501,39	2501,4	0	9,1562	9,1562
5	0,8721	0,001000	147,12	20,97	2361,3	2382,3	20,98	2489,62	2510,6	0,0761	8,9496	9,0257
10	1,2276	0,001000	106,38	42,00	2347,2	2389,2	42,01	2477,79	2519,8	0,1510	8,7498	8,9008
15	1,7051	0,001001	77,93	62,999	2333,1	2396,1	62,99	2465,91	2528,9	0,2245	8,5569	8,7814
20	2,339	0,001002	57,79	83,95	2319,0	2402,9	83,96	2454,14	2538,1	0,2966	8,3706	8,6672
25	3,169	0,001003	43,36	104,88	2304,9	2409,8	104,89	2442,31	2547,2	0,3674	8,1906	8,5580
30	4,246	0,001004	32,89	125,78	2290,8	2416,6	125,79	2430,51	2556,3	0,4369	8,0164	8,4533
35	5,628	0,001006	25,22	146,67	2276,7	2423,4	146,68	2418,62	2565,3	0,5053	7,8478	8,3531
40	7,384	0,001008	19,52	167,56	2262,5	2430,1	167,57	2406,73	2574,3	0,5725	7,6845	8,2570
45	9,593	0,001010	15,26	188,44	2248,4	2436,8	188,45	2394,75	2583,2	0,6387	7,5261	8,1648
50	12,349	0,001012	12,03	209,32	2234,2	2443,5	209,33	2382,77	2592,1	0,7038	7,3725	8,0763
55	15,758	0,001015	9,568	230,21	2219,9	2450,1	230,23	2370,7	2600,9	0,7679	7,2234	7,9913
60	19,94	0,001017	7,671	251,11	2205,5	2456,6	251,13	2358,47	2609,6	0,8312	7,0784	7,9096
65	25,03	0,001020	6,197	272,02	2191,1	2463,1	272,06	2346,2	2618,3	0,8935	6,9375	7,8310
70	31,19	0,001023	5,042	292,95	2176,7	2469,6	292,98	2333,82	2626,8	0,9549	6,8004	7,7553
75	38,58	0,001026	4,131	313,90	2162,0	2475,9	313,93	2321,37	2635,3	1,0155	6,6669	7,6824
80	47,39	0,001029	3,407	334,86	2147,3	2482,2	334,91	2308,8	2643,7	1,0753	6,5369	7,6122
85	57,83	0,001033	2,828	355,84	2132,6	2488,4	355,9	2296	2651,9	1,1343	6,4102	7,5445
90	70,14	0,001036	2,361	376,85	2117,7	2494,5	376,92	2283,18	2660,1	1,1925	6,2866	7,4791
95	84,55	0,001040	1,982	397,88	2102,7	2500,6	397,96	2270,14	2668,1	1,2500	6,1659	7,4159
	PSAT(Mpa)											

(Continúa)

(Continuación)

SISTEMA INTERNACIONAL		Volumen del Líquido	Volumen del Vapor	Energía interna del Líquido	Energía interna de Evaporización	Energía interna del Vapor	Entalpía del Líquido	Entalpía de Evaporización	Entalpía del Vapor	Entropía del Líquido	Entropía de Evaporización	Entropía del Vapor
T(°C)	PSAT(kpa)	Vf(m3/kg)	Vg(m3/kg)	Uf (KJ/Kg)	Ufg (KJ/KG)	Ug(KJ/Kg)	hf (KJ/Kg)	hfg (KJ/Kg)	hg (KJ/Kg)	Sf (KJ/KgK)	Sfg (KJ/Kg K)	Sg (KJ/Kg K)
100	0,10135	0,001044	1,6729	418,94	2087,6	2506,5	419,04	2257,06	2676,1	1,3069	6,0480	7,3549
105	0,12082	0,001048	1,4194	440,02	2072,38	2512,4	440,15	2243,65	2683,8	1,3630	5,9328	7,2958
110	0,14327	0,001052	1,2102	461,14	2057,0	2518,1	461,30	2230,2	2691,5	1,4185	5,8202	7,2387
115	0,16906	0,001056	1,0366	482,30	2041,40	2523,7	482,48	2216,5	2699,00	1,4734	5,7099	7,1833
120	0,19853	0,001060	0,8919	503,50	2025,80	2529,3	503,71	2202,6	2706,3	1,5276	5,6020	7,1296
125	0,2321	0,001065	0,7706	524,74	2009,9	2534,6	524,99	2188,51	2713,5	1,5813	5,4962	7,0775
130	0,2701	0,001070	0,6685	546,02	1993,88	2539,9	546,31	2174,2	2720,5	1,6344	5,3925	7,0269
135	0,3130	0,001075	0,5822	567,35	1977,7	2545,0	567,69	2159,6	2727,3	1,6870	5,2907	6,9777
140	0,3613	0,001080	0,5089	588,74	1961,3	2550,0	589,13	2144,77	2733,9	1,7391	5,1908	6,9299
145	0,4154	0,001085	0,4463	610,18	1944,72	2554,9	610,63	2129,67	2740,3	1,7907	5,0926	6,8833
150	0,4758	0,001091	0,3928	631,68	1927,82	2559,5	632,20	2114,3	2746,5	1,8418	4,9961	6,8379
155	0,5431	0,001096	0,3468	653,24	1910,86	2564,1	653,84	2098,56	2752,4	1,8925	4,9010	6,7935
160	0,6178	0,001102	0,3071	674,87	1893,53	2568,4	675,55	2082,55	2758,1	1,9427	4,8075	6,7502
165	0,7005	0,001108	0,2727	696,56	1876	2572,50	697,34	2066,16	2763,5	1,9925	4,7153	6,7078
170	0,7917	0,001114	0,2428	718,33	1858,17	2576,50	719,21	2049,5	2768,7	2,0419	4,6244	6,6663
175	0,8920	0,001121	0,2168	740,17	1840,03	2580,20	741,17	2032,4	2773,60	2,0909	4,5347	6,6256
180	1,0021	0,001127	0,19405	762,09	1821,61	2583,70	763,22	2015,0	2778,20	2,1396	4,4461	6,5857
185	1,1227	0,001134	0,17409	784,10	1802,90	2587,0	785,37	1997,03	2782,4	2,1879	4,3586	6,5465
190	1,2544	0,001141	0,15654	806,19	1783,81	2590	807,62	1978,78	2786,4	2,2359	4,2720	6,5079
195	1,3978	0,001149	0,14105	828,37	1764,43	2592,8	829,98	1960,0	2790,0	2,2835	4,1863	6,4698

ANEXO 3: Agua - Tabla de temperatura (Sistema Internacional)

SISTEMA INTERNACIONAL		Volumen del Líquido	Volumen del Vapor	Energía interna del Líquido	Energía interna de Evaporización	Energía Interna del Vapor	Entalpía del Líquido	Entalpía de Evaporización	Entalpía del Vapor	Entropía del Líquido	Entropía de Evaporización	Entropía del Vapor
T(°C)	PSAT(Mpa)	Vf(m3/kg)	Vg(m3/kg)	Uf (KJ/Kg)	Ufg (KJ/KG)	Ug(KJ/Kg)	hf (KJ/Kg)	hfg (KJ/Kg)	hg (KJ/Kg)	Sf (KJ/KgK)	Sfg (KJ/Kg K)	Sg (KJ/Kg K)
200	1,5538	0,001157	0,12736	850,65	1744,7	2595,3	852,45	1940,75	2793,2	2,3309	4,1014	6,4323
205	1,7230	0,001164	0,11521	873,04	1724,5	2597,5	875,04	1921,0	2796,0	2,3780	4,0172	6,3952
210	1,9062	0,001173	0,10441	895,53	1703,97	2599,5	897,76	1900,7	2798,5	2,4248	3,9337	6,3585
215	2,104	0,001181	0,09479	918,14	1683,0	2601,1	920,62	1879,9	2800,5	2,4714	3,8507	6,3221
220	2,318	0,001190	0,08619	940,87	1661,5	2602,4	943,62	1858,5	2802,1	2,5178	3,7683	6,2861
225	2,548	0,001199	0,07849	963,73	1639,6	2603,3	966,78	1836,5	2803,3	2,5639	3,6864	6,2503
230	2,795	0,001209	0,07158	986,74	1617,2	2603,9	990,12	1813,9	2804,0	2,6099	3,6047	6,2146
235	3,060	0,001219	0,06537	1009,89	1594,2	2604,1	1013,62	1790,6	2804,2	2,6558	3,5233	6,1791
240	3,344	0,001229	0,05976	1033,21	1570,8	2604,0	1037,32	1766,5	2803,8	2,7015	3,4422	6,1437
245	3,648	0,001240	0,05471	1056,71	1546,7	2603,4	1061,23	1741,8	2803,0	2,7472	3,3611	6,1083
250	3,973	0,001251	0,05013	1080,39	1522,0	2602,4	1085,36	1716,1	2801,5	2,7927	3,2803	6,0730
255	4,319	0,001263	0,04598	1104,28	1496,6	2600,9	1109,73	1689,8	2799,5	2,8383	3,1992	6,0375
260	4,688	0,001276	0,04221	1128,39	1470,6	2599,0	1134,37	1662,5	2796,9	2,8838	3,1181	6,0019
265	5,081	0,001289	0,03877	1152,74	1443,9	2596,6	1159,28	1634,3	2793,6	2,9294	3,0368	5,9662
270	5,499	0,001302	0,03564	1177,36	1416,3	2593,7	1184,51	1605,2	2789,7	2,9751	2,9550	5,9301
275	5,942	0,001217	0,03279	1202,25	1388,0	2590,2	1210,07	1574,9	2785,0	3,0208	2,8730	5,8938

(Continúa)

(Continuación)

T(°C)	PSAT(Mpa)	Vf(m3/kg)	Vg(m3/kg)	Uf (KJ/Kg)	Ufg (KJ/KG)	Ug(KJ/Kg)	hf (KJ/Kg)	hfg (KJ/Kg)	hg (KJ/Kg)	Sf (KJ/KgK)	Sfg (KJ/Kg K)	Sg (KJ/Kg K)
280	6,412	0,001332	0,03017	1227,46	1358,6	2586,1	1235,99	1543,6	2779,6	3,0668	2,7903	5,8571
285	6,909	0,001348	0,02777	1253,00	1328,4	2581,4	1262,31	1511,0	2773,3	3,1130	2,7069	5,8199
290	7,436	0,001366	0,02557	1278,92	1297,1	2576,0	1289,07	1477,1	2766,2	3,1594	2,6227	5,7821
295	7,993	0,001384	0,02354	1305,20	1264,7	2569,9	1316,30	1441,8	2758,1	3,2062	2,5375	5,7437
300	8,581	0,001404	0,02167	1332,00	1231,0	2563,0	1344,0	1405,0	2749,0	3,2534	2,4511	5,7045
305	9,202	0,001425	0,019948	1359,30	1195,9	2555,2	1372,4	1366,3	2738,7	3,3010	2,3633	5,6643
310	9,856	0,001447	0,018350	1387,10	1159,3	2546,4	1401,3	1326,0	2727,3	3,3493	2,2737	5,6230
315	10,547	0,001472	0,016867	1415,50	1121,1	2536,6	1431,0	1283,5	2714,5	3,3982	2,1822	5,5804
320	11,274	0,001499	0,015488	1444,60	1080,9	2525,5	1461,5	1238,6	2700,1	3,4480	2,0882	5,5362
330	12,845	0,001561	0,012996	1505,30	993,6	2498,9	1525,3	1140,6	2665,9	3,5507	1,8910	5,4417
340	14,586	0,001638	0,010797	1570,30	894,3	2464,6	1594,2	1027,8	2622,0	3,6594	1,6763	5,3357
350	16,513	0,001740	0,008813	1641,90	776,5	2418,4	1670,6	893,3	2563,9	3,7777	1,4335	5,2112
360	18,651	0,001893	0,006945	1725,20	626,3	2351,5	1760,5	720,5	2481,0	3,9147	1,1379	5,0526
370	21,03	0,002213	0,004925	1844,00	384,5	2228,5	1890,5	441,6	2332,1	4,1106	0,6865	4,7971
374,14	22,09	0,003155	0,003155	2029,60	0,0	2029,6	2099,3	0,0	2099,3	4,4298	0,0000	4,4298

ANEXO 4: Agua - Presiones de agua saturada

SISTEMA INTERNACIONAL		Volumen del Líquido	Volumen del Vapor	Energía interna del Líquido	Energía interna de Evaporización	Energía interna del Vapor	Entalpía del Líquido	Entalpía de Evaporización	Entalpía del Vapor	Entropía del Líquido	Entropía de Evaporización	Entropía del Vapor
P(kpa)	T.-SAT(°C)	Vf(m3/kg)	Vg(m3/kg)	Uf (KJ/Kg)	Ufg (KJ/KG)	Ug(KJ/Kg)	hf (KJ/Kg)	hfg (KJ/Kg)	hg (KJ/Kg)	Sf (KJ/KgK)	Sfg (KJ/Kg K)	Sg (KJ/Kg K)
0,6113	0,01	0,001000	206,14	0	2375,3	2375,3	0,01	2501,39	2501,4	0,000	9,1562	9,1562
1	6,98	0,001000	129,21	29,30	2355,7	2385,0	29,30	2484,9	2514,2	0,1059	8,8697	8,9756
1,5	13,03	0,001001	87,98	54,71	2338,6	2393,3	54,71	2470,59	2525,3	0,1957	8,6322	8,8279
2	17,50	0,001001	67,00	73,48	2326,0	2399,5	73,48	2460,02	2533,5	0,2607	8,4630	8,7237
2,5	21,08	0,001002	54,25	88,48	2315,9	2404,4	88,49	2451,51	2540,0	0,3120	8,3312	8,6432
3	24,08	0,001003	45,67	101,04	2307,5	2408,5	101,05	2443,95	2545,0	0,3545	8,2231	8,5776
4	28,96	0,001004	34,80	121,45	2293,7	2415,2	121,46	2432,94	2554,4	0,4226	8,0520	8,4746
5	32,88	0,001005	28,19	137,81	2282,7	2420,5	137,82	2423,68	2561,5	0,4764	7,9187	8,3951
7,5	40,29	0,001008	19,24	168,78	2261,7	2430,5	168,79	2406,01	2574,8	0,5764	7,6751	8,2515
10	45,81	0,001010	14,67	191,82	2246,10	2437,9	191,83	2392,87	2584,7	0,6493	7,5009	8,1502
15	53,97	0,001014	10,02	225,92	2222,8	2448,7	225,94	2373,16	2599,1	0,7549	7,2536	8,0085
20	60,06	0,001017	7,649	251,38	2205,4	2456,8	251,40	2358,3	2609,7	0,8320	7,0765	7,9085
25	64,97	0,001020	6,204	271,90	2191,2	2463,1	271,93	2346,27	2618,2	0,8931	6,9383	7,8314
30	69,10	0,001022	5,229	289,20	2179,2	2468,4	289,23	2336,07	2625,3	0,9439	6,8247	7,7686
40	75,87	0,001027	3,993	317,53	2159,5	2477,0	317,58	2319,22	2636,8	1,0259	6,6441	7,6700
50	81,33	0,001030	3,240	340,44	2143,4	2483,8	340,49	2305,41	2645,9	1,0910	6,5029	7,5939
75	91,78	0,001037	2,217	384,31	2112,4	2496,7	384,39	2278,61	2663,0	1,2130	6,2434	7,4564
P(Mpa)												

(Continúa)

(Continuación)

P(kpa)	T.-SAT(°C)	Vf(m3/kg)	Vg(m3/kg)	Uf (KJ/Kg)	Ufg (KJ/KG)	Ug(KJ/Kg)	hf (KJ/Kg)	hfg (KJ/Kg)	hg (KJ/Kg)	Sf (KJ/KgK)	Sfg (KJ/Kg K)	Sg (KJ/Kg K)
0,100	99,63	0,001043	1,6940	417,36	2088,7	2506,1	417,46	2258,0	2675,5	1,3026	6,0568	7,3594
0,125	105,99	0,001048	1,3749	444,16	2069,3	2513,5	444,32	2241,1	2685,4	1,3740	5,9104	7,2844
0,150	111,37	0,001053	1,1593	466,94	2052,7	2519,6	467,11	2226,5	2693,6	1,4336	5,7897	7,2233
0,175	116,06	0,001057	1,0036	486,80	2038,1	2524,9	486,99	2213,6	2700,6	1,4849	5,6868	7,1717
0,200	120,23	0,001061	0,8857	504,49	2025,0	2529,5	504,70	2202,0	2706,7	1,5301	5,5970	7,1271
0,225	124,00	0,001064	0,7933	520,47	2013,1	2533,6	520,72	2191,4	2712,1	1,5706	5,5172	7,0878
0,250	127,44	0,001067	0,7187	535,10	2002,1	2537,2	535,37	2181,5	2716,9	1,6072	5,4198	7,0270
0,275	130,60	0,001070	0,6573	548,59	1991,9	2540,5	548,89	2172,4	2721,3	1,6408	5,3801	7,0209
0,300	133,55	0,001073	0,6058	561,15	1982,4	2543,6	561,47	2163,8	2725,3	1,6718	5,3201	6,9919
0,325	136,30	0,001076	0,5620	572,90	1973,5	2546,4	573,25	2155,8	2729,0	1,7006	5,2646	6,9652
0,350	138,88	0,001079	0,5243	583,95	1965,0	2549,0	584,33	2148,1	2732,4	1,7275	5,2130	6,9405
0,375	141,32	0,001081	0,4914	594,40	1956,9	2551,3	594,81	2140,8	2735,6	1,7528	5,1647	6,9175
0,40	143,63	0,001084	0,4625	604,31	1949,3	2553,6	604,74	2133,9	2738,6	1,7768	5,1191	6,8959
0,45	147,93	0,001088	0,4140	622,77	1934,9	2557,7	623,25	2120,7	2743,9	1,8207	5,0358	6,8565
0,50	151,86	0,001093	0,3749	639,68	1921,6	2561,3	640,23	2108,5	2748,7	1,8607	4,9606	6,8213
0,55	155,48	0,001097	0,3427	655,32	1909,2	2564,5	665,93	2087,1	2753,0	1,8973	4,8920	6,7893
0,60	158,85	0,001101	0,3157	669,90	1897,5	2567,4	670,56	2086,2	2756,8	1,9312	4,8288	6,7600
0,65	162,01	0,001104	0,2927	683,56	1886,5	2570,1	684,28	2076,0	2760,3	1,9627	4,7704	6,7331
0,70	164,97	0,001108	0,2729	696,44	1876,1	2572,5	697,22	2066,3	2763,5	1,9922	4,7158	6,7080
0,75	167,78	0,001112	0,2556	708,64	1866,1	2574,7	709,47	2056,9	2766,4	2,0200	4,6647	6,6847
0,80	170,43	0,001115	0,2404	720,22	1856,6	2576,8	721,11	2048,0	2769,1	2,0462	4,6166	6,6628
0,85	172,96	0,001118	0,2270	731,27	1847,4	2578,7	732,22	2039,4	2771,6	2,0710	4,5711	6,6421
0,90	175,38	0,001121	0,2150	741,83	1838,6	2580,4	742,83	2031,1	2773,9	2,0946	4,5280	6,6226
0,95	177,69	0,001124	0,2042	751,95	1830,2	2582,2	753,02	2023,1	2776,1	2,1172	4,4869	6,6041
1,00	179,91	0,001127	0,19444	761,68	1822,0	2583,7	762,81	2015,3	2778,1	2,1387	4,4478	6,5865
1,10	184,09	0,001133	0,17753	780,09	1806,3	2586,4	781,34	2090,4	2871,7	2,1792	4,3744	6,5536
1,20	187,99	0,001139	0,16333	797,29	1791,5	2588,8	798,65	1986,2	2784,8	2,2166	4,3067	6,5233
1,30	191,64	0,001144	0,15125	813,44	1777,5	2590,9	814,93	1972,7	2787,6	2,2515	4,2438	6,4953

ANEXO 5: Agua Sobrecalentada - Sistema Internacional

P=0,01MPa Tsat=45,81°C					P=0,05MPa Tsat=81,33°C				P=0,10MPa Tsat=99,63°C			
T (°C)	V(m3/kg)	U (KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/KgK)	V(m3/kg)	U(KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)	V(m3/kg)	U(KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)
SAT	14,674	2437,9	2584,7	8,1502	3,240	2483,9	2645,9	7,5939	1,694	2506,1	2675,5	7,3594
50	14,869	2443,9	2592,6	8,1749	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
100	17,196	2515,5	2687,5	8,4479	3,418	2511,6	2682,5	7,6947	1,6958	2506,7	2676,2	7,3614
150	19,512	2587,9	2783,0	8,6882	3,889	2585,6	2780,1	7,9401	1,9364	2582,8	2776,4	7,6134
200	21,825	2661,3	2879,5	8,9038	4,356	2659,9	2877,7	8,1580	2,172	2658,1	2875,3	7,8343
250	24,136	2736,0	2977,3	9,1002	4,82	2735,0	2975,0	8,3556	2,406	2733,7	2974,3	8,0333
300	26,445	2812,1	3076,5	9,2813	5,284	2811,3	3075,5	8,5373	2,639	2810,4	3074,3	8,2158
400	31,063	2968,9	3279,6	9,6077	6,209	2968,5	3278,90	8,8642	3,103	2967,9	3278,2	8,5435
500	35,679	3132,3	3489,1	9,8978	7,134	3132,0	3488,7	9,1546	3,565	3131,6	3488,1	8,8342
600	40,295	3302,5	3705,4	10,1608	8,057	3302,2	3705,1	9,4178	4,028	3301,9	3704,4	9,0976
700	44,911	3479,6	3928,7	10,4028	8,981	3479,4	3928,5	9,6599	4,490	3479,2	3928,2	9,3398
800	49,526	3663,8	4159,0	10,6281	9,904	3663,6	4158,9	9,8852	4,952	3663,5	4158,6	9,5652
900	54,141	3855	4396,4	10,8396	10,828	3854,9	4396,3	10,0967	5,414	3854,8	4396,1	9,7767
1000	58,757	4053,0	4640,6	11,0393	11,751	4052,9	4640,5	10,2964	5,875	4052,8	4640,3	9,9764
1100	63,3752	4257,5	4891,2	11,2870	12,674	4257,4	4891,1	10,4859	6,337	4257,3	4891,0	10,1659
1200	67,987	4467,9	5147,8	11,4091	13,597	4467,8	5147,7	10,6662	6,799	4467,7	5147,6	10,3463
1300	72,602	4683,7	5409,7	11,5811	14,521	4683,6	5409,6	10,8382	7,260	4683,5	5409,5	10,5183
P=0,20MPa Tsat=120,23°C					P=0,30MPa Tsat=133,55°C				P=0,40MPa Tsat=143,63°C			
T (°C)	V(m3/kg)	U (KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/KgK)	V(m3/kg)	U(KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)	V(m3/kg)	U(KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)
SAT	0,8857	2529,5	2706,7	7,1272	0,6058	2543,6	2725,3	6,9919	0,4625	2553,6	2738,6	6,8959
150	0,9596	2576,9	2768,8	7,2795	0,6339	2570,8	2761,0	7,0778	0,4708	2564,5	2752,8	6,9299
200	1,0803	2654,4	2870,5	7,5066	0,7163	2650,7	2865,6	7,3115	0,5342	2646,8	2860,5	7,1706
250	1,1988	2731,2	2971,0	7,7086	0,7964	2728,7	2967,6	7,5166	0,5951	2726,1	2964,2	7,3789
300	1,3162	2808,6	3071,8	7,8926	0,8753	2806,7	3069,3	7,7022	0,6548	2804,8	3066,8	7,5662
400	1,5493	2966,7	3276,60	8,2218	1,0315	2965,6	3275,0	8,0330	0,7726	2964,4	3273,4	7,8985
500	1,7814	3130,8	3487,1	8,5133	1,1867	3130,0	3486,0	8,3251	0,8893	3129,2	3484,9	8,1913

600	2,013	3301,4	3704,0	8,777	1,3414	3300,8	3703,2	8,5892	1,0055	3300,2	3702,4	8,4558	
700	2,244	3478,8	3927,6	9,0194	1,4957	3478,4	3927,1	8,8319	1,1215	3477,9	3926,5	8,6987	
800	2,475	3663,1	4158,2	9,2449	1,6499	3662,9	4157,8	9,0576	1,2372	3662,4	4157,3	8,9244	
900	2,705	3854,5	4395,8	9,4566	1,8041	3854,2	4395,4	9,2692	1,3529	3853,9	4395,1	9,1362	
1000	2,937	4052,5	4640,0	9,6563	1,9581	4052,3	4639,7	9,4690	1,4685	4052,0	4639,4	9,3360	
1100	3,168	4257,0	4890,7	9,8458	2,1121	4256,8	4890,4	9,6585	1,5840	4256,5	4890,2	9,5256	
1200	3,399	4467,5	5147,5	10,0262	2,2661	4467,2	5147,1	9,8389	1,6996	4467,0	5146,8	9,7060	
1300	3,630	4683,2	5409,3	10,1982	2,4201	4683,0	5409,0	10,0110	1,8151	4682,8	5408,8	9,8780	
P=0,50MPa Tsat=151,86°C					P=0,60MPa Tsat=158,85°C					P=0,80MPa Tsat=170,43°C			
T(°C)	V(m ³ /kg)	U (KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/KgK)	V(m ³ /kg)	U(KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)	V(m ³ /kg)	U(KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)	
SAT	0,3749	2561,2	2748,7	6,8213	0,3157	2567,4	2756,8	6,7600	0,2404	2576,8	2769,1	6,6628	
200	0,4249	2642,9	2855,4	7,0592	0,3520	2638,9	2850,1	6,9665	0,2608	2630,3	2839,3	6,8158	
250	0,4744	2723,5	2960,7	7,2709	0,3938	2720,9	2957,2	7,1816	0,2931	2715,5	2950,0	7,0384	
300	0,5226	2802,9	3064,2	7,4599	0,4344	2801,0	3061,6	7,3724	0,3241	2797,2	3056,5	7,2328	
350	0,5701	2882,6	3167,7	7,6329	0,4742	2881,2	3165,7	7,5464	0,3544	2878,2	3161,7	7,4089	
400	0,6173	2963,2	3271,90	7,7938	0,5137	2962,1	3270,30	7,7079	0,3843	2959,7	3267,1	7,5716	
500	0,7109	3128,4	3483,9	8,0873	0,5920	3127,6	3482,8	8,0021	0,4433	3126,0	3480,6	7,8673	
600	0,8041	3299,6	3701,7	8,3522	0,6697	3299,1	3700,9	8,2674	0,5018	3297,9	3699,4	8,1333	
700	0,8969	3477,5	3925,9	8,5952	0,7472	3477,0	3925,3	8,5107	0,5601	3476,2	3924,2	8,3770	
800	0,9896	3662,1	4156,9	8,8211	0,8245	3661,8	4156,5	8,7367	0,6181	3661,1	4155,6	8,6033	
900	1,0822	3853,6	4394,7	9,0329	0,9017	3853,4	4394,4	8,9486	0,6761	3852,8	4393,7	8,8153	
1000	1,1747	4051,8	4639,1	9,2338	0,9788	4051,5	4638,8	9,1485	0,7340	4051,0	4638,2	9,0153	
1100	1,2672	4256,3	4889,9	9,4224	1,0559	4256,1	4889,6	9,3381	0,7919	4255,6	4889,1	9,2050	
1200	1,3596	4466,8	5146,6	9,6029	1,1330	4466,5	5146,3	9,5185	0,8497	4460,1	5145,9	9,3855	
1300	1,4521	4682,5	5408,6	9,7749	1,2101	4682,3	5408,3	9,6906	0,9076	4681,8	5407,9	9,5575	

ANEXO 6: Agua Sobrecalentada

P=1MPa Tsat=179,91°C					P=1,20MPa Tsat=187,99°C				P=1,40MPa Tsat=195,07°C			
T(°C)	V(m3/kg)	U (KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/KgK)	V(m3/kg)	U(KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)	V(m3/kg)	U(KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)
SAT	0,19444	2583,6	2778,1	6,5865	0,16333	2588,8	2784,8	6,5233	0,14084	2592,8	2790,0	6,4693
200	0,206	2621,9	2827,9	6,694	0,1693	2612,8	2815,9	6,5898	0,1430	2603,1	2803,3	6,4975
250	0,2327	2709,9	2942,6	6,9247	0,1923	2704,2	2935,0	6,8294	0,16350	2698,3	2927,2	6,7467
300	0,2579	2793,2	3051,2	7,1229	0,2138	2789,2	3045,8	7,0317	0,18228	2785,2	3040,4	6,9534
350	0,2825	2875,2	3157,7	7,3011	0,2345	2872,2	3153,6	7,2121	0,2003	2869,2	3149,5	7,1360
400	0,3066	2957,3	3263,9	7,4651	0,2548	2954,9	3260,7	7,3774	0,2178	2952,5	3257,5	7,3026
500	0,3541	3124,4	3478,5	7,7622	0,2946	3122,8	3476,3	7,6759	0,2521	3121,1	3474,1	7,6027
600	0,4011	3296,8	3697,9	8,029	0,3339	3295,6	3696,3	7,9435	0,2860	3294,4	3694,8	7,8710
700	0,4478	2475,3	3923,1	8,2731	0,3729	3474,4	3922,0	8,1881	0,3195	3473,6	3920,8	8,1160
800	0,4943	3660,4	4154,7	8,4996	0,4118	3659,7	4153,8	8,4480	0,3528	3659	4153,0	8,3131
900	0,5407	3852,2	4392,9	8,7118	0,4505	3851,6	4392,2	8,6272	0,3861	3851,1	4391,5	8,5556
1000	0,5871	4050,5	4637,6	8,9119	0,4892	4050,0	4637,0	8,8274	0,4192	4049,5	4636,4	8,7559
1100	0,6335	4255,1	4888,6	9,1017	0,5278	4254,6	4888,0	9,0172	0,4524	4254,1	4887,5	8,9457
1200	0,6798	4465,6	5145,4	9,2822	0,5665	4465,1	5144,9	9,1977	0,4855	4464,7	5144,4	9,1262
1300	0,7261	4681,3	5407,4	9,4543	0,6051	4680,9	5407,0	9,3698	0,5186	4680,4	5406,5	9,2984
P=1,60MPa Tsat=201,41°C					P=1,80MPa Tsat=207,15°C				P=2,00MPa Tsat=212,42°C			
T(°C)	V(m3/kg)	U (KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/KgK)	V(m3/kg)	U(KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)	V(m3/kg)	U(KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)
SAT	0,1238	2596,0	2794,0	6,4218	0,11042	2598,4	2797,1	6,3794	0,09963	2600,3	2799,5	6,3409
225	0,13287	2644,7	2857,3	6,5518	0,11673	2636,6	2846,7	6,4808	0,10377	2628,3	2835,8	6,4147
250	0,14184	2692,3	2919,2	6,6732	0,12497	2686,0	2911,0	6,6066	0,111144	2679,6	2902,5	6,5453
300	0,15862	2781,1	3034,8	6,8844	0,14021	2776,9	3029,2	6,8226	0,12547	2772,6	3023,5	6,7664
350	0,17456	2866,1	3154,4	7,0694	0,15457	2863,0	3141,2	7,0100	0,13857	2859,8	3137,0	6,9563
400	0,19005	2950,1	3254,2	7,2374	0,16847	2947,7	3250,9	7,1794	0,1512	2945,2	3247,6	7,1271
500	0,2203	3119,5	3472,0	7,539	0,19550	3117,9	3469,8	7,4825	0,17568	3116,2	3467,6	7,4317

600	0,2500	3293,3	3693,2	7,808	0,2220	3292,1	3691,7	7,7523	0,1996	3290,9	3690,1	7,7024
700	0,2794	3472,7	3919,7	8,0535	0,2482	3471,8	3918,5	7,9983	0,2232	3470,9	3917,4	7,9487
800	0,3086	3658,3	4152,1	8,2808	0,2742	3657,6	4151,2	8,2258	0,2467	3657,0	4150,3	8,1765
900	0,3377	3850,5	4390,8	8,4935	0,3001	3849,9	4390,1	8,4386	0,2700	3849,3	4389,4	8,3895
1000	0,3668	4049,0	4635,8	8,6938	0,3260	4048,5	4635,2	8,6391	0,2933	4048,0	4634,6	8,5901
1100	0,3958	4253,7	4887,0	8,8837	0,3518	4253,2	4886,4	8,8290	0,3166	4252,7	4885,9	8,7800
1200	0,4248	4464,2	5143,9	9,0643	0,3776	4463,7	5143,4	9,0096	0,3398	4463,3	5142,9	8,9607
1300	0,4538	4679,9	5406,0	9,2364	0,4034	4679,5	5405,6	9,1818	0,3631	4679,0	5405,1	9,1329
P=2,50MPa Tsat=223,99°C					P=3,00MPa Tsat=233,90°C				P=3,50MPa Tsat=242,60°C			
T(°C)	V(m3/kg)	U (KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/KgK)	V(m3/kg)	U(KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)	V(m3/kg)	U(KJ/Kg)	h (KJ/Kg)	S (KJ/Kg K)
SAT	0,07998	2603,1	2803,1	6,2575	0,06668	2604,1	2804,2	6,1869	0,05707	2603,7	2803,4	6,1253
225	0,08027	2605,6	2806,3	6,2639	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
250	0,08700	2662,6	2880,1	6,4085	0,07058	2644,0	2855,8	6,2872	0,05872	2623,7	2829,2	6,1749
300	0,09890	2761,6	3008,8	6,6438	0,08114	2750,1	2993,0	6,5390	0,06842	2738,0	2977,5	6,4461
350	0,10976	2851,9	3126,3	6,8403	0,09053	2843,7	3115,3	6,7428	0,07678	2835,3	3104,0	6,6579
400	0,12010	2939,1	3239,3	7,0148	0,09936	2932,8	3230,9	6,9212	0,08453	2926,4	3222,3	6,8405
450	0,13014	3025,5	3350,8	7,1746	0,10787	3020,4	3344,0	7,0834	0,09196	3015,3	3337,2	7,0052
500	0,13993	3112,1	3462,1	7,3234	0,11619	3108,0	3456,5	7,2338	0,09918	3103,0	3450,9	7,1572
600	0,15930	3288,0	3686,3	7,5960	0,13243	3285,0	3682,3	7,5085	0,11324	3282,1	3678,4	7,4339
700	0,17832	3468,7	3914,5	7,8435	0,14838	3466,5	3911,7	7,7571	0,12699	3464,3	3908,8	7,6837
800	0,19716	3655,3	4148,2	8,0720	0,16414	3653,5	4145,9	7,9862	0,14056	3651,8	4143,7	7,9134
900	0,2159	3847,9	4387,6	8,2853	0,01798	3846,5	4385,9	8,1990	0,15402	3845,0	4384,1	8,1276
1000	0,2346	4046,7	4633,1	8,4861	0,19541	4045,4	4631,6	8,4009	0,16743	4044,1	4630,1	8,3288
1100	0,2532	4251,5	4884,6	8,6762	0,21098	4250,3	4883,3	8,5912	0,18080	4249,2	4881,9	8,5192
1200	0,2718	4462,1	5141,7	8,8569	0,22652	4460,9	5140,5	8,7720	0,19415	4459,8	5139,3	8,7000
1300	0,2905	4677,8	5404,0	9,0291	0,24206	4676,6	5402,8	8,9442	0,20749	4675,5	5401,7	8,8723

GEOTERMIA FINAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

19% INDICE DE SIMILITUD	20% FUENTES DE INTERNET	1% PUBLICACIONES	8% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	docplayer.es Fuente de Internet	3%
3	repositorio.ulima.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad de Lima Trabajo del estudiante	1%
5	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	1%
8	doi.org Fuente de Internet	1%
9	Submitted to Universidad Nacional de Colombia	<1%