

REPOSITORIO ACADÉMICO DIGITAL INSTITUCIONAL

Formulación y evaluación del programa de inversiones a mediano plazo para satisfacer la demanda de vapor endógeno a centrales de generación geotermoelectrica en México

Autor: Jaime Mario E. Vaca Serrano

**Tesis presentada para obtener el título de:
Maestro en administración**

**Nombre del asesor:
Joel Bonales Valencia**

Este documento está disponible para su consulta en el Repositorio Académico Digital Institucional de la Universidad Vasco de Quiroga, cuyo objetivo es integrar, organizar, almacenar, preservar y difundir en formato digital la producción intelectual resultante de la actividad académica, científica e investigadora de los diferentes campus de la universidad, para beneficio de la comunidad universitaria.

Esta iniciativa está a cargo del Centro de Información y Documentación "Dr. Silvio Zavala" que lleva adelante las tareas de gestión y coordinación para la concreción de los objetivos planteados.

Esta Tesis se publica bajo licencia Creative Commons de tipo "Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada", se permite su consulta siempre y cuando se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras derivadas.





UNIVERSIDAD VASCO DE QUIROGA

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN

“FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROGRAMA
DE INVERSIONES A MEDIANO PLAZO PARA
SATISFACER LA DEMANDA DE VAPOR
ENDÓGENO A CENTRALES DE GENERACIÓN
GEOTERMoeLECTRICA EN MEXICO”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN

PRESENTA:

JAIME MARIO E. VACA SERRANO

ASESOR DE TESIS:

DR. JOEL BONALES VALENCIA



VALA

T784

MORELIA, MICHOACAN, A 29 DE JUNIO DEL 2004



AGRADECIMIENTOS

UNIVERSIDAD VASCO DE QUIROGA

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN

“FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE INVERSIONES A MEDIANO PLAZO PARA SATISFACER LA DEMANDA DE VAPOR ENDÓGENO A CENTRALES DE GENERACIÓN GEOTERMoeLECTRICA EN MEXICO”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN

PRESENTA:

JAIME MARIO E. VACA SERRANO

ASESOR DE TESIS:

DR. JOEL BONALES VALENCIA

MORELIA, MICHOACAN, A 29 DE JUNIO DEL 2004

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, María Antonia Serrano Viuda de Vaca, por el apoyo y soporte que me ha brindado desde siempre, con lo cual he logrado ser lo que soy.

A mis hijos, Octavio Alejandro y Martín Edmundo, gracias por su amor, comprensión, confianza y amistad, por apoyarme siempre.

A mis hermanos: Flavia María Antonieta, Francisco Javier, José Alberto, Adrián Reymundo Alejandro, Emilio Luis Fernando, Pedro y Pablo; por acompañarme en este camino desde hace algún tiempo ya.

A Linda, por su incondicional apoyo y comprensión, por su ayuda durante los estudios de Maestría, por hacerme sentir bien, por sus sentimientos, por tantos momentos agradables e imborrables, por quererme como soy y sobre todo por su amor.

A la C.F.E., pilar indiscutible en el desarrollo económico de México, por haberme apoyado en la realización de los estudios de Maestría.

A la Universidad Vasco de Quiroga, eternamente agradecido por la formación que me ha proporcionado.

A mis compañeros de posgrado: Claudio, Gabriel, Héctor Manuel, Itzia, Marycarmen, Miriam, Rocío, Salud; por los momentos tan memorables e inolvidables que hemos compartido juntos.

Al Ing. Juan Vázquez Hernández, quien de manera indirecta ha colaborado en la realización de esta Tesis.

Al Ing. Luis C. A. Gutiérrez Negrín, quien amablemente me apoyo en la revisión y corrección de los dos primeros capítulos de esta Tesis.

A mis maestros, por el nivel de exigencia requerido, por sus valiosos comentarios y aportaciones con relación a la administración.

RESUMEN

La energía geotérmica, la cual ha sido utilizada para generar electricidad desde inicios de 1900, es una fuente de magnitud considerable y gran extensión a través del mundo. Su potencial como fuente de energía es significativa, la electricidad y el calor producidos por las fuentes geotérmicas son ya competitivos con las suministradas con energía convencional, pero la comercialización del proceso está obstaculizada por la necesidad de capitales sustanciales de inversión.

Hoy en día, 23 países hacen uso de la geotermia para generar electricidad. La capacidad geotermoeléctrica instalada actual en el mundo es de más de 8,000 MW. México ocupa el tercer lugar en capacidad instalada, para generar electricidad mediante el aprovechamiento del calor y agua existentes en ciertos sitios del subsuelo, conocidos como yacimientos geotérmicos. En el año de 1973 México ingresó al grupo de países que generan electricidad mediante la extracción de vapor endógeno del subsuelo.

La coordinación de los estudios de exploración y factibilidad, el desarrollo y la construcción de nuevos proyectos geotermoeléctricos y de otras fuentes alternas de energía, está a cargo de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, la cual es una gerencia nacional desconcentrada de la Comisión Federal de Electricidad con sede en Morelia, Michoacán. Actualmente tiene bajo su responsabilidad el desarrollo continuo y adecuado de los campos geotérmicos existentes en México: Cerro Prieto, B.C., Los Azufres, Mich., Los Humeros, Puebla y Las Tres Vírgenes, B.C.S., localizaciones en donde a través de una estructura de organización denominada Residencia se debe garantizar el suministro oportuno del vapor geotérmico a las centrales generadoras, las cuales cuentan con una capacidad total instalada de 953 MW.

El presente trabajo establece y demuestra la hipótesis de que, a través de un programa de inversiones a mediano plazo es factible planear, organizar, controlar y dirigir el diseño y construcción de la infraestructura de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno, con la cual se garantiza el suministro de vapor a las centrales generadoras existentes, de manera rentable y eficiente, a través de cinco metas básicas: producción de vapor demandada, eficiencia y optimización de los procesos, minimización de costos, cumplimiento de normatividad ambiental e incorporación de innovación tecnológica que permita el cumplimiento de las metas anteriores.

A fin de validar la hipótesis planteada se aplicarán los conocimientos adquiridos en la mayoría de las materias que conforman el plan de estudios de la Maestría en Administración, especialidad en Finanzas, que se imparte en la Universidad Vasco de Quiroga, haciendo mayor énfasis en las materias de Metodología de Investigación, Comportamiento Organizacional, Contabilidad Administrativa, Administración Estratégica, Finanzas, Dirección, Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión, Planeación Financiera e Inversiones.

MAESTRIA EN ADMINISTRACIÓN**AUTORIZACIÓN DE IMPRESION**

Morelia, Mich. 17 de julio de 2004

Los miembros del Comité Revisor de Tesis de Maestría en Administración que suscriben, después de haber analizado la forma y el contenido de la tesis: "FORMULACION Y EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE INVERSIONES A MEDIANO PLAZO PARA SATISFACER LA DEMANDA DE VAPOR ENDOGENO A CENTRALES DE GENERACIÓN GEOTERMoeLECTRICA EN MÉXICO", realizada por el Ing. Jaime Mario Edmundo Vaca Serrano, para ser presentada en réplica pública a fin de obtener el grado de Maestro en Administración, han considerando que cumple con los requisitos de calidad vigentes en la Institución, y por lo tanto autorizan su impresión.

ATENTAMENTE

"EDUCAR EN LA VERDAD"



Dr. Joel Bonales Valencia



M.I. Manuel Mendoza Contreras



M.I. Arturo Torres Fernández

| ÍNDICE | PÁGINA |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Resumen | 2 |
| Introducción | 8 |
| Objetivo general | 10 |
| Justificación | 11 |
| Hipótesis | 11 |
| | |
| 1. GEOTERMIA, CONCEPTOS GENERALES. | 13 |
| | |
| 1. Geotermia. | 14 |
| 2. La formación de la tierra. | 14 |
| 3. Estructura del interior de la Tierra. | 17 |
| 4. Tipo de rocas. | 19 |
| | |
| 2. ENERGÍA GEOTÉRMICA. | 42 |
| | |
| 1. Antecedentes. | 42 |
| 2. Yacimientos geotérmicos y su origen. | 45 |
| 3. Clasificación de yacimientos geotérmicos. | 46 |
| 4. Modelos conceptuales. | 48 |
| 5. Desarrollo histórico de la geotermia. | 48 |
| | |
| 3. TEORÍA DE PROYECTOS DE INVERSIÓN APLICADA A SATISFACER LA DEMANDA DE VAPOR ENDÓGENO A CENTRALES DE GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA. | 56 |
| | |
| 1. Definición de proyecto de inversión. | 56 |
| 2. Tipos de proyectos de inversión. | 57 |
| 3. Niveles de proyectos de inversión. | 59 |
| 4. <i>Etapas principales de un proyecto de inversión.</i> | 61 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5. Objetivos y metas. | 63 |
| 6. Estudio de mercado. | 67 |
| 7. Localización de los proyectos. | 69 |
| 8. Ingeniería del proyecto. | 74 |
| 9. Organización y administración del proyecto. | 81 |
| | |
| 4. ESTADO ACTUAL DE PROYECTOS GEOTERMOELÉCTRICOS PARA SATISFACER LA DEMANDA DE VAPOR ENDÓGENO A CENTRALES GEOTERMOELÉCTRICAS. | 86 |
| | |
| 1. Campo geotérmico de Cerro Prieto, B.C. | 86 |
| 2. Campo geotérmico de Los Azufres, Mich. | 90 |
| 3. Campo geotérmico de Los Humeros, Pue. | 93 |
| 4. Campo geotérmico de las Tres Vírgenes, B.C.S. | 96 |
| | |
| 5. SUPERVISIÓN Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE EXTRACCIÓN, MANEJO Y ACONDICIONAMIENTO DE VAPOR ENDÓGENO. | 99 |
| | |
| 1. Sistema de gestión de calidad. | 99 |
| 2. Misión y propósitos. | 99 |
| 3. Política de la calidad. | 99 |
| 4. Objetivos de la calidad. | 100 |
| 5. Procesos del Sistema de Gestión de Calidad. | 100 |
| 6. Proceso de desarrollo de centrales. | 102 |
| 7. Proceso de suministro de vapor. | 105 |
| 8. Diseño y desarrollo. | 109 |
| 9. Producción y prestación del servicio. | 110 |
| 10. Seguimiento y medición. | 113 |
| 11. Análisis de datos. | 114 |
| 12. Mejora continua. | 115 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 13. Acciones correctivas. | 115 |
| 14. Acciones preventivas. | 115 |
| 6. ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE PRODUCCIÓN DE VAPOR ENDÓGENO. | 116 |
| 1. Identificación de costos fijos y costos variables del proyecto. | 116 |
| 2. Flujos de efectivo y Modelos de pago. | 125 |
| 3. Protección de la rentabilidad del proyecto. | 135 |
| 4. Presupuesto maestro. | 143 |
| 5. Administración de proyectos. | 144 |
| 7. FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE INVERSIONES PARA CADA PROYECTO. | 154 |
| 1. Programa de inversiones Cerro Prieto, B.C. | 156 |
| 2. Programa de inversiones Los Azufres, Mich. | 158 |
| 3. Programa de inversiones Los Humeros, Puebla. | 159 |
| 4. Programa de inversiones Las Tres Vírgenes, B.C.S. | 161 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 172 |
| BIBLIOGRAFÍA | 185 |
| LISTA DE TABLAS, FIGURAS Y CORRIDAS FINANCIERAS | 187 |

INTRODUCCIÓN

1. GEOTERMIA, CONCEPTOS GENERALES.

En este capítulo se presenta un panorama general del concepto geotermia, así como de todo el entorno del cual forma parte, con la finalidad de ubicar la conformación y característica del tipo de roca que constituyen los diferentes campos geotérmicos.

2. ENERGÍA GEOTÉRMICA.

En este capítulo se presenta de manera detallada la importancia de la energía geotérmica, como se dio inicio con su aplicación, las características que identifican a los yacimientos geotérmicos, su origen y formación, clasificación, modelos conceptuales, y como ha sido su desarrollo en el mundo y en México.

3. TEORÍA DE PROYECTOS DE INVERSIÓN APLICADA A SATISFACER LA DEMANDA DE VAPOR ENDÓGENO A CENTRALES DE GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA.

En este capítulo se establece una liga entre lo que se viene realizando en México en proyectos geotermoeléctricos con la teoría de los libros de texto más significativos en formulación y evaluación de proyectos, a fin de proporcionar el marco teórico para este tipo de proyectos.

4. ESTADO ACTUAL DE LOS PROYECTOS GEOTERMOELÉCTRICOS PARA SATISFACER LA DEMANDA DE VAPOR ENDÓGENO A CENTRALES GEOTERMOELÉCTRICAS.

Este capítulo presenta cada uno de los centros de producción de vapor endógeno en México. Su ubicación, capacidad instalada, cantidad de unidades de producción, demanda de vapor para las centrales existentes, balance de suministro y demanda de vapor, producción promedio por unidad de producción.

5. SUPERVISIÓN Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE EXTRACCIÓN, MANEJO Y ACONDICIONAMIENTO DE VAPOR ENDÓGENO.

Este capítulo muestra el actual sistema de gestión de calidad que se aplica en la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, a fin de realizar la revisión de sus componentes y establecer si se cumple de manera eficiente con la misión y se agrega el factor económico en el aseguramiento de la calidad.

6. ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE PRODUCCIÓN DE VAPOR ENDÓGENO.

En este capítulo se identifican los costos fijos y variables de este tipo de proyecto; se explican los procesos de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor, describiendo cada una de las actividades que los conforman; se establecen las actividades colaterales a estos dos procesos.

A partir de los presupuestos de egresos del ejercicio fiscal 2004, se presenta el flujo de efectivo necesario para operar, mantener y conservar la infraestructura de extracción, manejo y acondicionamiento existente, así como el flujo de efectivo necesario para construir la infraestructura de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor que permita enfrentar la declinación anual en la producción.

A partir de un análisis comparativo entre los montos asignados a cada proyecto, se determina si tanto la estructura de trabajo y los criterios que se aplican para establecer el presupuesto a ejercer, son los convenientes y óptimos con la razón de ser de este tipo de proyectos, y si es necesario establecer un protocolo de administración en este tipo de proyectos.

Se mencionan los modelos de pago existentes para este tipo de proyecto, determinándose las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

A efecto de dar protección a la rentabilidad de este tipo de proyecto, se determina el punto de equilibrio para diferentes modelos de pago, aplicando precios reales de mercado y se establecen las variables principales que deben ser consideradas en los análisis de rentabilidad: costo, producción de vapor, vida productiva y precio de la tonelada de vapor.

A efecto de analizar si existe equilibrio entre los flujos de efectivo, protección de la rentabilidad y la evaluación financiera en los proyectos de inversión, se describe de manera generalizada el proceso administrativo, con lo cual se puede establecer si los planteamientos actuales en este tipo de proyectos son los óptimos, indicándose en el capítulo 8 las conclusiones y recomendaciones resultantes.

7. FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE INVERSIONES PARA CADA PROYECTO GEOTERMOELÉCTRICO.

Este capítulo presenta los análisis financieros a mediano plazo, con base en los montos presupuestales asignados para el ejercicio fiscal de 2004, considerando un precio de la tonelada de vapor de 2 dólares, y de acuerdo con los pronósticos de suministro de vapor determinados para cada proyecto, haciendo los ajustes necesarios que permitan obtener rentabilidad en cada uno de los proyectos, así como indicando las áreas de mejora detectadas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Como resultado del análisis de hipótesis y solución de los cuestionamientos planteados, se determinan las modificaciones que permitan administrar de manera eficiente y rentable este tipo de proyectos.

OBJETIVO GENERAL

Formular y evaluar el programa de inversiones que permita satisfacer la demanda de las centrales generadoras existentes, determinando a través de esta

formulación las áreas de mejora en los sistemas de costeo, administración de proyectos, protección de la rentabilidad, así como las variables y parámetros de mayor relevancia para lograr eficiencia y eficacia en este tipo de proyectos.

JUSTIFICACIÓN

A través del presente trabajo se determinan las variables y parámetros que permiten elaborar el programa de inversiones a mediano plazo, incluyendo los elementos de planeación, organización, control, dirección en el diseño y construcción de la infraestructura de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno que permita satisfacer la demanda de las centrales generadoras existentes, de manera rentable y garantizando la producción de vapor demandada, eficiencia y optimización de los procesos, minimización de costos, cumplimiento de normatividad ambiental e incorporación de innovación tecnológica.

HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL

El presente trabajo establece y demuestra la hipótesis de que, a través de un programa de inversiones a mediano plazo es factible planear, organizar, controlar y dirigir el diseño y construcción de la infraestructura de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno, con la cual se garantiza el suministro de vapor a las centrales generadoras existentes, de manera rentable y eficiente, a través de cinco metas básicas: producción de vapor demandada, eficiencia y optimización de los procesos, minimización de costos, cumplimiento de normatividad ambiental e incorporación de innovación tecnológica que permita el cumplimiento de las metas anteriores.

HIPÓTESIS DE TRABAJO.

- H₁** El programa de supervisión y aseguramiento de calidad existente garantiza que los productos y procesos necesarios para cubrir la demanda de vapor son rentables y eficientes.
- H₂** La estructura organizacional correspondiente a cada centro de producción de vapor endógeno es la más conveniente, de acuerdo con la misión, política de calidad y objetivos de la calidad.
- H₃** El Sistema de Gestión de Calidad es el apropiado de acuerdo con la misión, política de calidad y objetivos de la calidad.
- H₄** La estructura organizacional se involucra con el proceso de suministro de vapor de manera total y adecuada.
- H₅** El sistema de costeo que se aplica permite diferenciar claramente los costos fijos y variables en cada uno de los proyectos geotermoeléctricos.
- H₆** Se realiza una adecuada administración de los proyectos geotermoeléctricos.
- H₇** Las inversiones programadas en cada ejercicio fiscal están encaminadas a cumplir con el propósito de la empresa.
- H₈** Los parámetros que se tienen que cumplir para poder realizar un análisis de rentabilidad de manera confiable y oportuna en cada uno de los proyectos geotermoeléctricos están establecido e identificados de manera conveniente.

H₉ Están definidos los parámetros que permitan proteger la rentabilidad de cada inversión que se programa para cada uno de los proyectos geotermoeléctricos existentes en México.

H₁₀ El programa de inversiones, que forma parte del presupuesto anual para cada uno de los campos geotérmicos de México, garantiza que se cubrirá la demanda de vapor geotérmico requerida por las centrales de generación en cada uno de los centros de generación de energía eléctrica.

1. GEOTERMIA, CONCEPTOS GENERALES

1.1 GEOTERMIA

La geotermia se encarga de estudiar la ocurrencia de los fenómenos térmicos en el globo terrestre. También se denomina geotermia a la energía térmica explotable que procede del interior de la tierra. Es un hecho indudable que, en cualquier parte de la Tierra donde se excave, la temperatura aumenta con la profundidad. En algunos sitios muy lentamente y en otros con bastante rapidez, pero siempre se presenta un incremento de temperatura denominado "gradiente geotérmico", que generalmente se toma como una función lineal, aunque esto es solamente una burda aproximación, pues el gradiente geotérmico es una función exponencial que da un trazo curvo, cóncavo al eje de las profundidades.

1.2 LA FORMACIÓN DE LA TIERRA

A través de los 4,600 millones de años de existencia de la Tierra, se han presentado cambios en los continentes: las rocas más antiguas han pasado por procesos de erosión e intemperismo, algunas se han desintegrado y a través de los ríos se han enviado al mar sierras enteras.

Los materiales de la nube cósmica que dio origen a la Tierra sufrieron procesos de condensación y calentamiento a más de 2,000 °C. La mezcla de elementos del caldero que era la Tierra original se separó en distintas capas, debido a la atracción de la gravedad. Los materiales pesados cayeron hacia - el centro, elevándose los ligeros y los volátiles fueron expulsados en forma de gases, mismos que constituyeron la primera atmósfera. Las condiciones que imperaban en etapas determinadas de esta evolución quedaron registradas en las rocas que se crearon en aquella época. Los restos fosilizados de los organismos vivos quedaron como indicadores de las sucesivas eras del tiempo geológico.

LA PRIMERA TIERRA

Junto con el resto de los planetas, la Tierra tuvo su origen hace unos 4,600 millones de años a partir de una nube de gas que circundaba el protosol. El aglutinamiento de las partículas de polvo que había en esta nube dio lugar al protoplaneta. Debido a que el protosol era todavía demasiado joven para emitir grandes cantidades de luz y calor, la atmósfera terrestre era fría y oscura. Y los meteoritos bombardeaban la Tierra.

FORMACIÓN DEL CRISOL

Cuatrocientos millones de años después, a la vez que el interior de la Tierra se compacta debido a los efectos de la gravedad, la fusión de materiales provocada por el calor de los elementos radiactivos, ocasionó que el hierro, por ser más pesado, se hundiera y fundiera, hasta formar un núcleo líquido. Los materiales más ligeros, como los silicatos, crearon una capa o manto exterior de roca parcialmente fundida. La superficie líquida arrojaba gases calientes, como dióxido de carbono, nitrógeno y vapor, que despedían el calor hacia el espacio.

FORMACIÓN DE LA CORTEZA TERRESTRE

Hace entre 4,200 y 3,800 millones de años, a medida que la Tierra empezó a enfriarse, la roca fundida se solidificó en algunas partes y originó una corteza primitiva. Debido a la penetración de meteoritos en algunas áreas, el magma afloró en la superficie y se expandió en forma de grandes mantos de lava, que luego se solidificó hasta constituir la primera corteza continental verdadera, la cual se mantuvo a flote y en movimiento sobre el manto, de mayor densidad, que había debajo de ella.

LOS PRIMEROS BROTES DE VIDA

Hace entre 3,300 y 2,500 millones de años, los gases que emergieron del interior contenían agua de la que había en los minerales. Los gases al condensarse en espesas nubes ocasionaron la precipitación de agua en forma de lluvia, lo que constituyó los primeros océanos.

Las descargas de las violentas tormentas eléctricas descompusieron los elementos de la atmósfera y formaron moléculas más complejas. La corteza se engrosó en ciertas partes y pudo resistir los impactos de los meteoritos. La aparición de los primeros ríos erosionó las rocas volcánicas y tendió la arena y el lodo que constituyeron las primeras capas sedimentarias del fondo de los océanos. A medida que caían, las lluvias limpiaban las moléculas que iban a formar los bloques estructurales de la vida. Los primeros organismos, algas verdiazules, retenían la energía de la luz solar, o sea, realizaban ya la *fotosíntesis*. Así convertían el dióxido de carbono del agua de mar en carbono (su alimento) y en oxígeno.

EL AIRE

Hace unos 2,500 millones de años, la corteza, ya endurecida, se movía en grandes plataformas y comenzó a parecerse a la corteza continental de hoy. Los continentes vagaron a la deriva, se unieron y se separaron durante sus prolongados recorridos. Hace unos 1,900 millones de años, el oxígeno expulsado por los organismos primitivos comenzó a acumularse en la atmósfera y a ocupar el lugar del dióxido de carbono como el segundo gas más abundante en el aire, después del nitrógeno. Parte del oxígeno formó una capa de ozono que protegió a la Tierra de la radiación ultravioleta.

EL INTERIOR

En el centro del planeta está el *núcleo interior* es del tamaño de la luna y se compone sobre todo de hierro, con temperaturas de hasta 6,000 °C. Luego sigue el *núcleo exterior* de metal líquido, el cual se extiende hasta cerca de la mitad del radio de la Tierra.

El núcleo interno y el externo tienen un espesor de 3,470 kilómetros y están rodeados por el *manto*, capa de roca caliente que comprende la mayor parte de la Tierra y se compone predominantemente de silicio, magnesio, hierro, aluminio y oxígeno, con un espesor de 2,870 km.

En un límite conocido como *discontinuidad de Mohorovicic* —en honor al científico yugoslavo que la descubrió—, el manto hace contacto con la *corteza terrestre*, que tiene un espesor de 40 a 60 kilómetros. Nada nos parece tan sólido como la corteza, pero en comparación con el resto de la Tierra es tan delgada como el cascarón de un huevo.

El calor del núcleo proporciona la energía de las gigantescas celdas de convección que se forman en el manto. En ellas, masas de rocas calientes se elevan en algunos sitios y caen en otros. Las celdas se hallan en una región del manto denominada *astenósfera*, situada entre unos 100 y 400 Km debajo de la superficie, lugar en donde se funden en parte algunas de las rocas.

El magma del manto brota por las fisuras del océano y empuja las *placas tectónicas* de la litosfera. Tales movimientos han impulsado las placas continentales a través de la superficie hasta conformar la geografía actual. Cuando chocan dos placas rígidas, una de ellas vuelve a hundirse hacia la astenósfera.

1.3 ESTRUCTURA DEL INTERIOR DE LA TIERRA

Lo que sabemos de la estructura interna de la Tierra proviene del estudio de las ondas sísmicas originadas por los terremotos o las explosiones nucleares. Conforme estas ondas avanzan por la Tierra, los materiales por los que pasan alteran la velocidad y la dirección de ellas.

La gravedad ha dispuesto los materiales de diferentes densidades en capas cuya estructura ha cambiado poco en los últimos 600 millones de años. Otras técnicas que ayudan a entender el interior de la tierra incluyen la perforación de la corteza superior y el estudio de los fragmentos del manto superior y la corteza inferior que brotan en la superficie durante los levantamientos que dan origen a las cordilleras.

Los estudios sobre la forma de propagación de las ondas a través de la tierra y de las ondas superficiales a su alrededor, han aportado datos sobre la estructura del globo desde su superficie hasta su centro. Tales estudios han podido hacerse basándose en el conocimiento de la velocidad de estas ondas terrestres y de su comportamiento en los diferentes materiales. Por ejemplo, se ha comprobado que las ondas viajan a velocidades mayores a través de los materiales simáticos que de los siálicos.

Cuando las ondas terrestres pasan de una clase de material a otro, sufren una deflexión, del mismo modo que las ondas luminosas se desvían al pasar por una lente. Parte de la energía de las ondas es devuelta a la superficie, donde se le puede registrar. El resto de la energía se propaga dentro del nuevo material. Los datos sísmicos han revelado que en el interior de la tierra existen varios lugares donde las ondas señalan un cambio en las propiedades físicas del material. El límite entre dos de estos distintos materiales se llama *discontinuidad*.

Para que las ondas sísmicas alcancen distancias cada vez mayores sobre la superficie, han de penetrar más profundamente en la Tierra. Así, para que un temblor en San Francisco sea detectado en una estación en Dallas, a una distancia de 2,400 kilómetros, las ondas deben penetrar 480 kilómetros bajo la superficie y esto es aplicable a cualquier otra distancia superficial de 2,400 kilómetros. Para llegar a una estación a 11,200 kilómetros de distancia las ondas de cuerpo deberán penetrar a una profundidad máxima de 2,990 kilómetros y traen información de esa profundidad.

Las ondas sísmicas son básicamente de dos tipos: ondas P y ondas S, derivadas de terremotos locales (dentro de los primeros 1,120 kilómetros), explosiones de dinamita y explosiones nucleares. Al iniciarse los estudios acerca de la corteza un sismólogo de Yugoslavia, A. Mohorovicic, hizo un estudio especial de los registros de las ondas terrestres de un sismo que tuvo lugar el 8 de octubre de 1809 en el valle de Kulpa, en Croacia. Llegó a la conclusión de que las velocidades de las

ondas P y S aumentaron en forma brusca bajo una profundidad de unos 48 kilómetros. Este cambio violento en la velocidad de las ondas P y S indicaba una transformación en el material, y llegó a conocerse como la *discontinuidad de Mohorovicic*. Por conveniencia se ha acortado su nombre y en la actualidad se le cita como el *Moho*. El moho marca el fondo de la corteza de la Tierra y la separa del manto.

1.4 TIPO DE ROCAS

La principal clasificación de las rocas toma en cuenta su origen y las divide en tres grandes tipos: ígneas, sedimentarias y metamórficas.

ROCAS ÍGNEAS

Formadas por la solidificación de materia fundida, las rocas ígneas incluyeron la primera corteza terrestre de la Tierra; ésta ha sufrido grandes transformaciones desde entonces, pero todas las rocas se han derivado del material de las primeras rocas ígneas. Se han formado rocas ígneas más jóvenes y aún hoy en día continúan formándose. De hecho, un 95 por ciento del volumen de los 16 Km exteriores del globo está compuesto de rocas de origen ígneo. Dentro de la corteza de la Tierra se han generado receptáculos de roca fundida que naturalmente buscan salida hacia la superficie, para escurrir o salir violentamente por conductos o fisuras y solidificarse como roca; en este caso se forma una roca ígnea extrusiva o roca volcánica. También pueden permanecer dentro de la corteza, donde se enfrían lentamente y se solidifican, dando lugar a rocas ígneas intrusivas o rocas plutónicas.

FORMACIÓN DE ROCAS ÍGNEAS

Las rocas ígneas que se encuentran actualmente en la superficie se formaron a partir de magma procedente de depósitos profundos. La roca fundida dentro de la corteza terrestre se llama magma; cuando el magma se derrama sobre la

superficie se llama lava y cuando los fragmentos solidificados de magma son arrojados violentamente, constituyen materiales piroclásticos.

Eventualmente los restos piroclásticos llegan a endurecerse convirtiéndose en roca por medio de la percolación del agua del subsuelo. La ceniza volcánica endurecida hasta convertirse en roca recibe el nombre genérico de *toba* o *tefra*. Una roca endurecida que contiene bloques angulares de lava solidificada relativamente grandes incluidos en una masa de ceniza, se denomina *brecha volcánica*. Si los fragmentos grandes incluidos están redondeados, la roca se llama *conglomerado volcánico*.

El magma que fluye como lava en la superficie, se enfría y solidifica, formando las rocas ígneas. Las raíces del magma que se abren camino en las rocas vecinas bajo la superficie se enfrían y solidifican más lentamente. Aún el depósito de magma se enfría y solidifica eventualmente, pero tarda mucho tiempo, por tratarse de una masa más grande. *Todas las rocas ígneas fueron formadas a partir de la solidificación del magma.*

TIPOS DE ROCAS ÍGNEAS

Para la clasificación de las rocas ígneas se conocen varios sistemas. Todos ellos son artificiales en un detalle o en otro y todos se basan en ciertas características que no se pueden determinar en el campo o en ejemplares de mano. Para nuestros propósitos haremos hincapié en la textura y en la composición. Tal clasificación es completamente adecuada para un estudio introductorio de la Geología Física y aún para muchas fases avanzadas de la geología.

Rocas ígneas de color claro

Las rocas ígneas de color claro tienen un peso específico menor que el de las rocas del lado opuesto. Algunas veces se les menciona como rocas siálicas. El término sial fue acuñado con los símbolos químicos del silicio y del aluminio y se le

usa comúnmente al hablar de la composición de las rocas de las áreas típicamente continentales de la Tierra. Su composición está dominada por los granitos y granodioritas y por las rocas afines. Se ha calculado que los granitos y granodioritas juntos abarcan el 95 por ciento de aquellas rocas que se han solidificado a partir de un magma contenido dentro de los 16 kilómetros exteriores de la superficie terrestre. El origen y la historia de algunos granitos es todavía objeto de discusión, pero aquí se usará el término únicamente para indicar composición y textura, y no origen.

El granito es una roca de grano grueso; su composición mineralógica promedio es la siguiente:

2 partes de feldespatos potásicos + 1 parte de cuarzo + 1 parte de feldespatos sódicos + pequeñas cantidades de ferromagnesianos.

Las rocas de igual composición mineralógica que el granito, pero que presentan textura fina en lugar de gruesa, se llaman riolitas.

El equivalente vítreo del granito se llama obsidiana. Aunque esta roca figura en el lado "claro" del cuadro de composición de las rocas, por lo común es de color negro; sin embargo, los fragmentos de obsidiana suficientemente delgados para ser translúcidos, se ven, contra luz, de color blanco ahumado.

Rocas ígneas de color oscuro

Las rocas oscuras, más pesadas, son designadas algunas veces con el nombre colectivo de sima. El nombre fue acuñado con las primeras sílabas de silicio y magnesio, y se le usa generalmente al hablar de la capa de roca pesada y oscura que envuelve la Tierra. El sima yace bajo la costra de los continentes y forma la capa exterior debajo de las cuencas oceánicas profundas, tales como la del Pacífico Medio. Se calcula que el 98 por ciento del volumen total de la corteza está formado basaltos y andesitas.

El basalto es una roca de grano fino, cuya composición mineralógica es la siguiente:

1 parte de feldspatos sódicos y cálcicos + 1 parte de ferromagnesianos.

La roca de grano grueso equivalente al basalto es el gabro. La peridotita, llamada así por el peridoto u olivino, es una roca ígnea de grano grueso, constituida principalmente por olivino.

Tipo intermedios-composición

Las composiciones de las rocas ígneas se combinan y gradúan continuamente de una a otra según se pasa del lado claro al lado oscuro del cuadro de clasificación. Andesita es el nombre dado a las rocas ígneas de grano fino, de composición intermedia entre el granito y el basalto.

Tales rocas fueron identificadas primeramente en las montañas de los Andes, en América del Sur. Las andesitas se encuentran casi siempre en áreas alrededor del Océano Pacífico, donde ha tenido lugar una activa formación de montañas. La roca de grano grueso equivalente a la andesita es la diorita.

Tipos intermedios-textura

Las texturas de las rocas gradúan continuamente del grano grueso al grano fino, mientras que la composición permanece igual. Por ejemplo, el granito, la riolita y la obsidiana son progresivamente de grano cada vez más fino, aun cuando las tres tienen esencialmente la misma composición. Esto mismo es aplicable al gabro y basalto.

Además de estas texturas, algunas de las rocas pueden tener textura porfírica. En esencia, ello significa que una roca dada tiene granos de dos tamaños claramente diferentes: fenocristales grandes, empotrados en una pasta de grano más fino.

Cuando los cristales constituyen menos del 25 por ciento del total, el adjetivo porfirítico se usa para modificar el nombre de la roca, como el caso del granito porfirítico o andesita porfirítica.

Cuando los cristales constituyen más del 25 por ciento, la roca se llama pórfido. La composición de un pórfido y la textura de su pasta se indican usando el nombre de las rocas y así se dice pórfido de granito o pórfido granítico y pórfido de andesita o pórfido andesítico.

Pegmatita

Las soluciones que se desarrollan al final del proceso de enfriamiento de un magma se llaman soluciones hidrotermales. Estas suelen cristalizar en rocas ígneas de grano excepcionalmente grueso, llamadas pegmatitas, que dan cuerpo a los principales minerales formados a partir de las soluciones hidrotermales: feldespato potásico y cuarzo. Tan íntimo es el intercrecimiento de los granos de estos minerales, que forman esencialmente una sola unidad. El cuarzo es más oscuro que el feldespato y todo el conjunto sugiere las figuras angulares de la escritura de la antigua Asiria, de Babilonia y de Persia.

En consecuencia a su textura se conoce como textura gráfica. La asociación íntima del feldespato y el cuarzo conduce también a la roca de la cual son ellos parte y que se llama pegmatita, palabra derivada del griego pegma, "mantener juntos".

La pegmatita se encuentra en diques, en las márgenes de los batolitos y troncos. Los diques varían en longitud desde unos cuantos centímetros a cientos de metros, y contienen cristales de tamaño muy grande. Casi el 90 por ciento de la pegmatita existente es pegmatita simple de cuarzo, ortoclasa y porcentajes escasos de micas. Más comúnmente se le llama granito-pegmatita, porque la composición es la del granito y la textura la de la pegmatita.

ROCAS SEDIMENTARIAS

La historia de las rocas sedimentarias comienza con los procesos de intemperismo, ya que los productos del intemperismo químico y mecánico constituyen la materia prima de este tipo de rocas. Los ríos, los glaciares, el viento y las corrientes oceánicas desplazan los materiales intemperizados hacia nuevas localidades y los depositan como arena, grava o fango. La transformación de estos sedimentos en roca viene a ser la etapa final en el desarrollo de las rocas sedimentarias.

Algunos sedimentos, particularmente la grava y la arena, se consolidan y convierten en roca mediante un proceso que cementa los granos individuales. El agua del subsuelo que escurre a través de los espacios abiertos deja tras ella un depósito mineral que sirve para cementar firmemente los granos, dando a todo el depósito la resistencia que asociamos con la roca. Otros sedimentos, como los depósitos finos de lodo, se transforman en roca por el peso de los depósitos superyacentes que los comprimen o compactan en espacios cada vez menores.

Aproximadamente el 75 por ciento de las rocas expuestas en la superficie de la Tierra son sedimentarias, o rocas metamórficas derivadas de ellas. Sin embargo, las rocas sedimentarias representan sólo alrededor del 5 por ciento en volumen de los 15 kilómetros exteriores del globo. El otro 95 por ciento de las rocas en esta zona de 15 kilómetros, son o fueron alguna vez rocas ígneas. La cubierta sedimentaria resulta apenas tan gruesa como la orilla de una pluma donde recubre las rocas ígneas de las Adirondacks y de las Rocallosas. En otros lugares tiene miles de metros de espesor.

FORMACIÓN DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

El material que constituye las rocas sedimentarias se origina de dos maneras. Primero, los depósitos pueden ser acumulados de minerales y rocas derivados bien de la erosión de rocas existentes o de sus productos intemperizados.

Tales depósitos se llaman detritos, y las rocas sedimentarias así formadas se llaman rocas sedimentarias detríticas. En segundo término los depósitos pueden ser producidos por procesos químicos y se denominan depósitos químicos; las rocas formadas a partir de ellos se conocen como rocas sedimentarias químicas.

Sedimentación

El proceso general por el que se asienta el material que forma las rocas se llama sedimentación o depósito. Los factores que regulan la sedimentación son fáciles de visualizar. Para tener cualquier depósito, necesariamente debe haber algo que depositar, lo que quiere decir que debe existir una fuente de sedimentos.

Se necesita también algún medio para transportar este sedimento; y finalmente, debe disponerse de algún lugar y algún proceso para el depósito y consolidación del material sedimentario.

TIPOS DE ROCAS SEDIMENTARIAS

Clasificación

Habiendo examinado algunos de los factores implicados en la formación de las rocas sedimentarias, se está en mejor situación de considerar una clasificación para esta familia de rocas. La clasificación que se presenta en la Tabla 1 representa únicamente uno de los muchos esquemas posibles, pero resulta adecuada a nuestros fines. Nótese que existen dos grupos principales —el detrítico y el químico—, basados en el origen de las rocas, y que la categoría química se subdivide después en inorgánica y bioquímica.

Todas las rocas detríticas tienen textura clástica, en tanto que las químicas pueden tenerla clástica o no-clástica. Se utilizará el tamaño de las partículas para subdividir las rocas detríticas y la composición para subdividir las rocas químicas.

| Tabla 1 Clasificación de las Rocas Sedimentarias | | | |
|-----------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|
| ORIGEN | TEXTURA | TAMAÑO DE PARTÍCULA O COMPOSICIÓN | NOMBRE DE LA ROCA |
| Detrítico | Clástica | Gránulo o mayor | Conglomerado |
| | | Arena Limo y arcilla | ARENISCA LODOLITA Y LUTITA |
| Químico: | Clástica y no clástica | Calcita, CaCO_3 | Caliza |
| Inorgánico | | Dolomita, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ | Dolomita |
| | | Halita, NaCl | Sal |
| | | Yeso, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | Yeso |
| Bioquímico | | Calcita, CaCO_3 | CALIZA |
| | | Restos vegetales | Carbón |

Fuente: Leet y Judson, Fundamentos de Geología Física, Editorial Limusa, México 1975.

Rocas sedimentarias detríticas

CONGLOMERADO

Un conglomerado es una roca detrítica constituida por fragmentos más o menos redondeados, de los cuales una proporción apreciable es del tamaño de gránulo (2 a 4 mm de diámetro), o más grandes. Si los fragmentos son más angulares que redondeados, la roca se llama brecha. Otro tipo de conglomerado es la tilita, roca formada por los materiales depositados directamente por el hielo de un glaciar. Las partículas grandes de un conglomerado son, por lo común, fragmentos de roca, y las partículas más finas son generalmente minerales derivados de rocas preexistentes.

ARENISCA

La arenisca está formada por la consolidación de granos individuales del tamaño de la arena (de 1/16 mm a 2 mm de diámetro). La arenisca ocupa, entonces, una posición intermedia entre el conglomerado, que es de grano grueso, y la lodolita, que es de grano fino. Puesto que el tamaño varía de una arenisca a otra, al hablar de ellas, se dice arenisca de grano grueso, de grano medio y de grano fino.

Con mucha frecuencia, pero no siempre, los granos de una arenisca están constituidos por el mineral cuarzo. Si los minerales predominantes son el cuarzo y el feldespato, la arenisca se llama arcosa, palabra francesa que se aplica a la roca formada por la consolidación de los materiales derivados del intemperismo mecánico de un granito.

Otra variedad de arenisca, llamada grawvaca, se caracteriza por su dureza y su color oscuro y por tener fragmentos angulares de cuarzo, feldespato y pequeños fragmentos de roca en una matriz de partículas del tamaño de la arcilla.

LODOLITA Y LUTITA

Las rocas detríticas de grano fino compuestas por partículas de tamaño de arcilla y de limo (menos de 1/16 mm de diámetro) son llamadas lodolita o lutita. Las lodolitas son rocas de grano fino con aspecto macizo o de bloque, en tanto que las lutitas, también de grano fino, se parten en lajas laminadas más o menos paralelas a la estratificación. Las partículas de estas rocas son tan pequeñas que es difícil determinar la composición mineral precisa de la lodolita y la lutita. Sabemos, sin embargo, que contienen no sólo minerales arcillosos, sino también partículas del tamaño de la arcilla o de limo, de cuarzo, feldespato, calcita y dolomita, para mencionar sólo unos cuantos.

Rocas sedimentarias químicas

CALIZA

La caliza es una roca sedimentaria formada principalmente del mineral calcita, CaCO_3 , depositado bien por procesos orgánicos o por procesos inorgánicos. La mayoría de las calizas tienen una textura clástica, pero las texturas no-clásticas, particularmente la cristalina, son comunes.

Las calizas formadas bioquímicamente son creadas por la acción de plantas y animales que extraen carbonato de calcio del agua en que viven. El carbonato de

calcio puede ser incorporado al esqueleto del organismo o precipitarse directamente. En cualquier caso, cuando el organismo muere, deja una cantidad de carbonato de calcio y, con el transcurso de un largo período de tiempo, se pueden formar gruesos depósitos de este material. Los arrecifes antiguos y modernos son ejemplos bien conocidos de tales acumulaciones.

DOLOMÍA

La dolomía es una roca constituida por el mineral dolomita, que es un carbonato doble de calcio y magnesio, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Algunos geólogos han sostenido que gran parte de la dolomita se precipita directamente del agua de mar, pero el hecho que no se sepa que se está formando dolomita en los mares modernos ha llevado a muchos investigadores a la conclusión de que la dolomita no se precipita directamente. La mayor parte de las rocas dolomíticas se forman probablemente a partir de caliza mediante el reemplazamiento metasomático de parte del calcio por magnesio.

EVAPORITAS

Una evaporita es una roca sedimentaria compuesta de minerales precipitados de una solución después de la evaporación del líquido en el que estaban disueltos. La sal de roca (compuesta del mineral halita, NaCl) y el yeso (compuesto del mineral del mismo nombre, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) son las evaporitas más abundantes. La anhidrita (del griego anhydros, "sin agua"), es una evaporita compuesta del mineral del mismo nombre, que es simplemente, el yeso sin el agua, CaSO_4 .

CARBÓN

El carbón es una roca compuesta de materia derivada de la descomposición parcial de plantas. Es posible considerar al carbón como una roca sedimentaria formada bioquímicamente, aunque algunos geólogos prefieren pensar que es una roca metamórfica, porque pasa a través de varias etapas.

El proceso de la formación del carbón se inicia con una acumulación de restos de plantas en un pantano. Esta acumulación se conoce como turba, un depósito café, suave, esponjoso, en el cual las estructuras vegetales son fáciles de reconocer. El tiempo, junto con la presión producida por sepultamiento profundo y algunas veces por movimientos de la corteza, transforma gradualmente la materia orgánica en carbón.

Durante este proceso el porcentaje de carbono aumenta a medida que los hidrocarburos volátiles y el agua son expulsados del depósito. Los carbones se clasifican de acuerdo con el porcentaje de carbono que contienen. La turba, con la menor cantidad de carbono, es el grado más bajo; siguen la lignita o carbón café, el carbón bituminoso o suave y finalmente la antracita o carbón duro, el de mayor contenido de carbono.

ROCAS METAMÓRFICAS

La mayor parte de las rocas expuestas hoy en día en las regiones montañosas, muestran evidencias de cambio. A primera vista, algunas de ellas parecen asemejarse a rocas ígneas familiares, pero luego se ve que sus granos minerales están arreglados en una forma peculiar. Otras rocas tienen la misma composición que la caliza, pero parecen haber desarrollado granos minerales más grandes. Algunas se diferencian notablemente, tanto de las rocas ígneas como de las sedimentarias. Todas ellas son rocas metamórficas ("que han cambiado su forma").

FORMACIÓN DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS

Las rocas metamórficas han sufrido modificaciones en el estado sólido como consecuencia de intensos cambios en la temperatura, presión y ambiente químico --todos producidos por las mismas fuerzas que pliegan, afallan, inyectan magma y elevan o deprimen las masas de roca. Estas fuerzas producen modificaciones *dentro* de las rocas mismas, a través del proceso llamado *metamorfismo* (del

griego *meta*, “más allá de”, “por encima de” y *morphe* “forma”, de donde se deriva *metamorfismo*: “cambio de forma”). El metamorfismo se produce en el interior de la corteza terrestre por debajo de la zona de intemperismo y cementación, y fuera de la zona de fusión. Dentro de este medio, las rocas sufren innumerables cambios químicos y estructurales, para ajustarse a condiciones que difieren de aquéllas bajo las cuales se formaron originalmente.

Bajo la acción de la presión, se operan cambios que reducen el espacio ocupado por la masa de roca. Estos cambios que incluyen la recristalización y la formación de nuevos minerales con un arreglo atómico más compacto, son fundamentales del metamorfismo. Las rocas de grano fino sufren cambios más fácilmente que otras, debido a que tienen expuesta una superficie mayor de granos a la acción de los fluidos químicamente activos. Por otra parte, algunas rocas que contienen minerales que han sido formados a elevadas temperaturas, no sufren nuevos cambios al ser expuestas a las altas temperaturas del metamorfismo. Cuando las rocas quedan sepultadas a una profundidad de varios kilómetros, se vuelven gradualmente plásticas y susceptibles al calor y a las fuerzas de deformación que actúan dentro de la corteza y el manto terrestres. El tipo de la roca original es también de gran importancia en los resultados producidos por la sepultura y la deformación.

AGENTES DEL METAMORFISMO

El término *metamorfismo* se restringe a cambios en la textura y composición que sufren las rocas sólidas. El metamorfismo puede producirse solamente cuando la roca está sólida, puesto que una vez que ha alcanzado su punto de fusión, se forma un magma, y entonces se cae dentro del campo de la actividad ígnea.

Los agentes del *metamorfismo* son el calor, las presiones de deformación y los fluidos químicamente activos.

CALOR

El calor es un agente esencial del metamorfismo; puede ser el más importante de ellos. Turner y Verhoogen ponen en duda que la presión solamente pueda producir cambios en las rocas sin que simultáneamente haya un aumento en la temperatura. De hecho, consideran que el metamorfismo parece estar invariablemente controlado por la temperatura.

PRESIÓN

La presión de sobrecarga de material rocoso de 6 a 9,000 metros de profundidad, no es suficiente para causar el metamorfismo de la mayor parte de las rocas. Sin embargo, a una profundidad de 9,000 a 12,000 metros, las presiones serán entre 2,800 y 4,200 kilogramos por centímetro cuadrado, y éstas sí son suficientes para hacer que la mayor parte de las rocas fluyan en forma plástica. Este flujo tendrá como resultado un movimiento intergranular, la formación de diminutos planos de deslizamiento dentro de la roca, cambios en la textura, reorientación de los granos y crecimiento cristalino.

Las presiones producidas por el peso del material suprayacente se combinan con presiones que comprimen, que se producen durante la deformación de los geosinclinales. Estas presiones laterales son las que determinan el grado final de metamorfismo en una región determinada. Por ejemplo, en ciertas áreas de los Alpes, fue tan extensa la deformación, que se llegaron a formar grandes pliegues, haciéndose posteriormente recumbentes. En esta región, las rocas originales han sufrido un metamorfismo de mayor grado que en aquellas áreas donde solamente se llevaron a cabo plegamientos suaves. Las rocas que quedan en la parte superior de un geosinclinal no se ven afectadas por la deformación que produce metamorfismo.

FLUIDOS QUÍMICAMENTE ACTIVOS

Las soluciones hidrotermales que se desprenden al final de la solidificación de un magma, percolan frecuentemente más allá de los límites de la cámara magmática

y reaccionan con las rocas circundantes. A veces cambian y sustituyen o agregan iones a los minerales de la roca, para producir nuevos minerales. Cuando se producen reacciones químicas dentro de la roca, o de una fuente externa, se introducen iones que generan un nuevo mineral o hacen que éste cambie de composición, originando otro; a este proceso se le llama *metasomatismo*. El término se aplica a todas las transferencias iónicas, y no solamente a aquéllas en las que actúan los gases o soluciones de un magma.

Parte del líquido químicamente activo en el metamorfismo, ya existe en los poros de las rocas, que quedan sujetos a los agentes de metamorfismo. Se cree que este líquido puede actuar frecuentemente como catalizador, es decir, propicia los cambios sin sufrir él mismo ninguna modificación.

TIPO DE METAMORFISMO

Son varios los tipos de metamorfismo que se llevan a cabo, pero suelen agruparse en dos básicos: metamorfismo de contacto y metamorfismo regional. Un tercer tipo de metamorfismo, el dinamometamorfismo, es realmente un fenómeno muy localizado y restringido a planos de falla.

Metamorfismo de contacto

La alteración de las rocas por transferencia iónica, producida por las altas temperaturas y por la introducción de soluciones magmáticas en o cerca del contacto de un cuerpo de magma, se llama *metamorfismo de contacto*. En la superficie de contacto misma, es posible que todos los elementos de una roca se reemplacen por otros que han sido introducidos por los gases calientes y las soluciones que escapan del magma. A cierta distancia el reemplazo puede ser solamente parcial.

El metamorfismo de contacto se produce solamente en zonas restringidas llamadas *aureolas* o *halos*, que raras veces tienen más de unas cuantas decenas de metros de espesor y que en ocasiones alcanzan solamente unos cuantos

milímetros. Las aureolas se encuentran rodeando a los lacolitos, troncos y batolitos. Durante el metamorfismo de contacto varían las temperaturas entre 300° y 800° C, y las presiones entre 100 y 3,000 atmósferas.

El metamorfismo de contacto se desarrolla en las últimas etapas del proceso de formación de montañas y a profundidades relativamente someras. Al final del enfriamiento de un magma se desprenden grandes cantidades de soluciones hidrotermales y este desprendimiento ocurre al acercarse a la superficie el cuerpo de magma.

Minerales de metamorfismo de contacto. El calor del metamorfismo de contacto produce gran cantidad de recristalización. Los minerales de metamorfismo de contacto incluyen diópsida y tremolita, que son silicatos de calcio y magnesio. El material más importante arrastrado por las soluciones hidrotermales forma óxidos y sulfuros que constituyen depósitos minerales de valor.

Metamorfismo regional

El metamorfismo regional se desarrolla en áreas extensas, afectando frecuentemente miles de kilómetros cuadrados de rocas a varios miles de metros de profundidad. Aunque se cree que el metamorfismo regional está relacionado con la existencia de enormes cámaras magmáticas durante la formación de cadenas montañosas, esto no ha sido probado. Sus efectos pueden observarse mejor, sin embargo, en las raíces de viejos plegamientos montañosos y en los escudos precámbricos continentales. Para que estas rocas metamórficas aparezcan hoy en la superficie, fue necesario que se erosionaran miles de metros de la roca que las cubrían.

Minerales de metamorfismo regional. Durante el metamorfismo regional se forman muchos minerales nuevos, al quedar las rocas sujetas a aumentos de temperatura y de presión. Estos incluyen algunos silicatos que no se encuentran en las rocas

ígneas y sedimentarias, como son la silimanita, la cianita, la andalucita, la estauroлита, la almandita, el granate, la biotita café o marrón, la epidota y la clorita.

Zonas de metamorfismo regional. El metamorfismo regional puede dividirse en zonas de alto, mediano y bajo grado. Cada grado se relaciona con la temperatura y presión alcanzados durante el metamorfismo. El metamorfismo de alto grado se lleva a cabo en las rocas inmediatas a la cámara magmática, más allá de la zona del metamorfismo de contacto.

El metamorfismo de bajo grado se encuentra más lejos de la cámara magmática y se hace transicional con la roca sedimentaria no metamórfica.

Las zonas de metamorfismo se identifican mediante el uso de ciertos minerales metamórficos diagnósticos conocidos como *minerales índice*. Las zonas de metamorfismo regional reflejan la variada respuesta mineralógica de rocas químicamente semejantes a condiciones físicas diferentes, especialmente de temperatura. Y cada mineral índice descubre las condiciones prevalecientes en el momento de su formación.

La primera aparición de clorita, por ejemplo, indica que estamos entrando en una zona de bajo grado metamórfico. La primera aparición del granate almandita, es signo de entrada a una zona de metamorfismo mediano. La primera aparición del granate silimanita indica una zona de alto grado de metamorfismo.

Existen a veces otros minerales asociados con cada uno de estos minerales índice, pero generalmente ayudan poco a determinar el grado de metamorfismo de una determinada zona.

Anotando la presencia de los minerales característicos de cada zona metamórfica, es posible construir un mapa del metamorfismo regional de un área completa.

Naturalmente que las rocas deben tener la composición química apropiada a la formación de estos minerales.

TEXTURA DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS

En la mayor parte de las rocas sujetas al calor y a fuerzas de deformación durante el metamorfismo de contacto, los minerales tienden a ordenarse en franjas paralelas de granos planos o alargados. Este arreglo le da a la roca la propiedad llamada *foliación* (del latín *folium*, “en hojas u hojeado”, por lo tanto formada por hojas o láminas delgadas).

Las texturas más utilizadas en la clasificación de las rocas metamórficas son simplemente: 1) foliada, 2) no foliada (ya sea densa o granular). En las rocas de textura densa, no pueden distinguirse a simple vista los granos individuales y estas rocas no presentan clivaje. El término clivaje describe la relativa facilidad con que se rompe un mineral o una roca a lo largo de planos paralelos. En las rocas de textura granular, los granos individuales son claramente visibles, pero tampoco es evidente la presencia del clivaje.

Las rocas de textura foliada, en cambio, muestran invariablemente clivaje. Hay tres grados de clivaje:

1. *Apizarrado*. En el cual el clivaje se presenta a lo largo de planos separados por distancias de dimensiones microscópicas.
2. *Filítico*. (del griego *phylon* “hoja”), en el que el clivaje produce láminas apenas visibles a simple vista. El clivaje filítico produce hojuelas más gruesas que el apizarrado.
3. *Esquistoso*. (del griego *schistos*, “dividido, divisible”), en éste el clivaje produce láminas claramente visibles. Las superficies del clivaje esquistoso son más rugosas que las del apizarrado o filítico.

El término *gneis* (palabra alemana, que se pronuncia "nais", aplicada originalmente a una roca granítica), se le da a una roca metamórfica caracterizada por bandas alternas, generalmente de unos cuantos milímetros de espesor, de diferente composición mineral. Las bandas son, en muchos casos, ricas en minerales claros, y en otros presentan abundancia de minerales oscuros. Estas bandas pueden o no presentar foliación o clivaje de roca.

TIPOS DE ROCAS METAMÓRFICAS

Los numerosos tipos de rocas metamórficas proceden de la gran variedad de rocas originales y de los diferentes tipos de metamorfismo. Las rocas metamórficas se pueden derivar de cualquiera de las rocas sedimentarias o ígneas. Generalmente las rocas metamórficas se clasifican conforme a su textura. Algunas se clasifican también agregando el nombre de algún mineral que incluyan, como por ejemplo, esquisto de clorita, esquisto de mica, esquisto de hornblenda.

PIZARRA

La pizarra es una roca metamórfica, producida por un metamorfismo regional de bajo grado, a partir de una lutita. Es de grano fino y presenta clivaje apizarrado, producido por el alineamiento de minerales laminados bajo la presión del metamorfismo.

Algunos de los minerales arcillosos que forman la lutita original han sido transformados por el calor en clorita y mica. La pizarra está compuesta predominantemente por pequeñas hojuelas incoloras de mica con cantidades menores de clorita. Se presenta en una gran variedad de colores. La pizarra de color oscuro debe su color a la presencia de material carbonáceo o a sulfuros de hierros.

FILITA

La filita es una roca metamórfica de composición semejante a la de la pizarra, pero cuyos minerales se presentan en mayor tamaño. La filita es, en realidad, una

pizarra que ha sufrido un grado superior de metamorfismo regional. Cuando la pizarra ha quedado sujeta a temperaturas que sobrepasan los 250 o 300° C, la clorita y los minerales de mica que la componen se desarrollan en hojuelas de mayor tamaño, dando a la roca su característico clivaje filítico y un brillo sedoso en la superficie de las fracturas recientes. Los minerales predominantes de la filita son la clorita y la mica muscovita. Esta roca contiene generalmente las mismas impurezas que la pizarra, pero a veces se presenta en ella algún mineral metamórfico nuevo, como la turmalina o el granate de magnesio.

ESQUISTO

De todas las rocas metamórficas formadas por metamorfismo regional, el esquisto es la más abundante. Hay una gran variedad de esquistos, ya que se pueden derivar de muchas rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas de bajo grado. Pero en todos los esquistos domina la presencia claramente visible de hojuelas de algún mineral laminado, como mica, talco, clorita o hematita. Igualmente comunes son los minerales fibrosos. El esquisto tiende a romperse entre los minerales laminados o fibrosos, imprimiéndole a la roca el característico clivaje esquistoso.

ANFIBOLITA

La anfibolita está compuesta principalmente por hornblenda y plagioclasa. Presenta cierta foliación o alineamiento debido al paralelismo de los granos de hornblenda, pero ésta es menos destacada que en los esquistos. Las anfibolitas pueden ser verdes, grises o negras, y en algunas ocasiones contienen minerales como epidota, augita verde, biotita y almandita. Son el producto del metamorfismo regional de grado medio a alto, sufrido por rocas ígneas ferromagnesianas y algunos sedimentos calcáreos impuros.

GNEIS

El gneis es una roca metamórfica, de grano grueso, que se forma generalmente por el metamorfismo regional de alto grado. Se reconoce fácilmente en el campo,

debido a su apariencia bandeada. Aunque el gneis presenta clivaje, éste es mucho menos pronunciado que en los esquistos.

En los gneis derivados de rocas ígneas, como el granito, el gabro o la diorita, los minerales componentes están dispuestos en capas paralelas: el cuarzo y los feldespatos alternan con los ferromagnesianos. En los gneis formados por el metamorfismo de rocas sedimentarias arcillosas como las grauvacas, las bandas de cuarzo y feldespato alternan generalmente con capas de minerales laminados o fibrosos, como la clorita, la mica, el grafito, la hornblenda, la cianita, la estauroлита, la silimaita o la wollastonita.

MÁRMOL

Esta roca sedimentaria bien conocida, está compuesta esencialmente de calcita o dolomita; es de grano grueso y se deriva del metamorfismo de contacto o regional de la caliza o de la dolomía. No presenta clivaje y difiere de la roca original en que tiene granos minerales más grandes.

En la mayor parte de los mármoles la dirección cristalográfica de la calcita es casi paralela; esto se debe a la presión del metamorfismo a la que ha estado sujeta. Sin embargo, la roca no presenta foliación debido a que los granos tienen el mismo color y el alineamiento no es visible. Es producto tanto del metamorfismo regional como del de contacto.

CUARCITA

El metamorfismo de areniscas ricas en cuarzo forma la roca cuarcita. Los granos de cuarzo de la arenisca original se ligan firmemente entre sí por la entrada de sílice en sus espacios porosos. La cuarcita no presenta foliación, y se distingue de la arenisca de dos maneras: la cuarcita no tiene espacios porosos, y al romperse lo hace a través de los granos de arena que la componen, en lugar de alrededor de ellos.

En raras ocasiones pueden haberse formado cantidades limitadas de cuarcita por aguas percolantes, bajo temperaturas y presiones normales en los procesos sedimentarios que se llevan a cabo cerca de la superficie terrestre. Sin embargo, la mayor parte de las cuarcitas son verdaderas rocas metamórficas formadas por metamorfismo de cualquier grado. La estructura de la cuarcita no puede reconocerse sin el microscopio. Pero, al laminarla en secciones delgadas, es posible identificar tanto los granos redondeados originales de arena, como la sílice que ha rellenado los antiguos espacios porosos.

La cuarcita pura es blanca, pero el hierro y algunas otras impurezas algunas veces le imparten un color rojo u oscuro. Son minerales secundarios que se presentan en la cuarcita, el feldespatos, la moscovita, la clorita, el circón, la turmalina, el granate, la biotita, la epidota, la hornblenda y la silimanita.

ORIGEN DEL GRANITO

El geólogo del siglo XVIII, James Hutton, asentó en una ocasión que el granito se producía por la cristalización de minerales de una masa fundida. Desde entonces la mayor parte de los geólogos ha aceptado el origen magmático del granito. Sin embargo, algunos investigadores, han objetado esta conclusión, sugiriendo, en cambio, que el granito es una roca metamórfica producida a partir de roca preexistentes a través de un proceso llamado *granitización*.

Una de las razones para poner en duda el origen magmático del granito era el misterio que rodeaba a la gran masa de roca que tuvo que haber sido desplazada por la intrusión de los batolitos de granito. Este problema llamado "de espacio", ha conducido a los geólogos a concluir que los batolitos, en realidad, representan rocas preexistentes transformadas en granito por procesos metasomáticos.

Ciertas formaciones de roca apoyan esta teoría: estas rocas sedimentarias constituyeron originalmente una capa continua, pero ahora gradúan a esquistos, y

más adelante a migmatitas (“rocas mezcladas”), formados aparentemente al inyectarse magma entre las capas de esquisto. Las migmatitas gradúan a su vez a rocas que contienen grandes y abundantes feldespatos característicos del granito, pero que al mismo tiempo muestran los restos confusos de una estructura esquistosa. Finalmente, estas rocas gradúan a granito puro.

Quienes proponen la teoría de la granitización, dicen que el granito es resultado de metasomatismo extremo, y que los esquistos, las migmatitas y las rocas que se asemejan al granito, pero que tienen estructura esquistosa, son etapas intermedias en la transformación de las rocas sedimentarias en granito.

¿Qué mecanismo pudo haber producido la granitización? Tal vez migraron los iones a través de la roca original sólida, formando los elementos característicos del granito como sodio y potasio, y quitando los elementos superfluos como calcio, hierro y magnesio. El límite al que se supone que los iones migratorios llevaron al calcio, hierro y magnesio, se conoce como el *frente simático*. El límite hasta el que se presume que los iones migratorios depositaron el sodio y el potasio, se llama frente granítico.

A mediados del siglo XX los geólogos discutieron con entusiasmo acerca del origen del granito, y llegaron a un acuerdo en un punto fundamental: el de que varias rocas con la composición y estructura del granito pueden haber tenido historias diferentes. En otras palabras, algunas rocas pueden ser ígneas y otras metasomáticas. Así pues, la discusión entre los “magmatistas” y los “granitizacionistas”, se ha reducido a dilucidar qué porcentaje es metasomático y qué porcentaje es magmático. Los que están a favor del origen magmático admiten que tal vez el 15% del granito expuesto en la superficie de la tierra es metasomático. Pero los granitizacionistas invierten el porcentaje e insisten en que aproximadamente el 85% es metasomático y solamente el 15% es de origen magmático.

Los magmatistas buscan todavía una explicación adecuada al origen del magma, particularmente el de composición siálica. Los granitizacionistas, en cambio, tratan de describir un problema igualmente espinoso: el mecanismo por medio del cual las rocas preexistentes pudieron haberse convertido en granito.

IMPORTANCIA DEL MARCO TEÓRICO ANTERIOR.

Debido a que los campos geotérmicos existentes en México están constituidos de diferentes sistemas de rocas, es importante no desestimar la gran aportación que presenta el estudio a detalle de las características de las unidades litológicas que los conforman, así como la estructura y contenido de los intervalos que se atravesarán para alcanzar el intervalo productor.

Como se verá posteriormente, el conocimiento previo de las características de las formaciones por atravesar permite que una gran parte de la planeación, dirección y control de los procesos y productos que se derivan de los proyectos de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno se realice de manera conveniente y óptima.

2. ENERGÍA GEOTÉRMICA

2.1 ANTECEDENTES

La energía geotérmica, que ha sido utilizada para generar electricidad desde inicios de 1900, es una extensa fuente de energía ampliamente distribuida en el mundo. Su potencial es sustancial: los cálculos muestran que las reservas que están en explotación representan 12 mil millones de toneladas equivalentes de petróleo (TOE), con lo cual se podría generar energía dentro de 10 a 20 años siguientes. Aún cuando los sistemas actualmente en explotación son sólo de tipo hidrotermal, los avances tecnológicos preparan el camino para explotar sistemas geopresurizados, magmáticos y de roca seca caliente.

La electricidad y el calor producidos por las fuentes geotérmicas son ya competitivos con los suministrados con energía convencional, pero la comercialización del proceso está obstaculizada por la necesidad de capitales sustanciales de inversión. Sin embargo, en décadas recientes la energía geotérmica ha tenido un crecimiento anual del 10 por ciento para usos directos, tales como calefacción, y de alrededor de un 5 por ciento para generación de electricidad.

RECURSOS GEOTÉRMICOS, SU NATURALEZA Y POTENCIAL GLOBAL

En términos geológicos, la energía geotérmica se define como el calor por encima de la temperatura media ambiente de la corteza terrestre, el cual es cerca de 8×10^{30} joules. La cantidad es enorme y representa 35 mil millones de veces el consumo anual total mundial. En realidad, sin embargo, solamente una pequeña fracción del calor natural puede ser extraída de la corteza terrestre, principalmente por razones económicas, dado que los límites de explotación están a una profundidad máxima de 5 kilómetros. A esta profundidad, la temperatura de la corteza se incrementa en un promedio de 30 a 35 °C por kilómetro (el llamado gradiente medio geotérmico).

El gradiente térmico vertical de la corteza terrestre varía gradualmente (aún en distancias cortas), registrando en cualquier parte desde 50 por ciento del valor medio a dos o 10 veces cuando más. La distribución de la temperatura a 5 kilómetros de profundidad refleja esa variación: en una zona puede haber únicamente 70 u 80 °C, pero en otra la temperatura puede exceder los 500 °C. Debido a que el gradiente térmico aumenta el calor natural por conducción (y por convección en algunas áreas), éste se disipa en la atmósfera cuando alcanza la superficie terrestre. La convección generalmente ocurre cuando fluidos calientes (agua, vapor, y gas) fluyen hacia la superficie, pero también ocurre cuando el magma es expulsado debido a actividad volcánica. Los componentes de conductividad del flujo de calor también varían de un lugar a otro.

En algunas áreas se presentan menores que 30 miliwatts por metro cuadrado (mW/m^2), mientras en otras excede 500 mW/m^2 . En promedio, 60 a 65 mW/m^2 , equivale casi a cien veces la media de radiación solar que recibe la superficie terrestre. Debido al dominio aplastante del sol, los seres humanos no tienen conocimiento de la disipación del calor terrestre por conducción.

La presencia de energía geotérmica en la superficie sólo es evidente en lugares donde el calor se disipa en la atmósfera a través del acarreo de fluidos, tales como el agua o vapor de agua que fluyen en fumarolas o manantiales, o a través de la liberación de gases calientes en erupciones volcánicas. La continua disipación del calor natural sugiere que el planeta se enfría lentamente. El calor terrestre tiene dos fuentes: una es el producto residual de la formación y consolidación del planeta hace 5 mil millones de años, y la otra es la descomposición radiactiva de elementos inestables, la cual se considera contribuye con cerca del 40 por ciento del flujo de calor conductivo.

La energía geotérmica, aun cuando no esta uniformemente distribuida sí está globalmente extendida. Sin embargo, la cantidad de calor que podría teóricamente ser explotada hasta una profundidad de 5 kilómetros (llamado el recurso base

accesible) es del orden de 140×10^{24} joules, es decir cinco órdenes de magnitud menor que el potencial global. Por eso, mucho del calor *in situ* también se dispersa o es de baja temperatura para poder ser explotado. Así, únicamente una pequeña fracción del recurso base accesible constituye una fuente económica de energía explotable dentro de las próximas cuatro cinco décadas.

Se han determinado seis regiones del mundo con el mayor flujo total de calor y concentración de energía:

- ▶ El cinturón de fuego del Circum-Pacífico
- ▶ La dorsal del Atlántico Medio
- ▶ La cadena montañosa de los Alpes-Himalaya
- ▶ El Este de Africa y Oeste de la península Arábiga
- ▶ El Asia Central
- ▶ Los archipiélagos del Pacífico Central y Sur, incluyendo Hawaii, Samoa del Oeste y las Islas Fidji.

Esas zonas coinciden con discontinuidades en la corteza terrestre creadas por la extensión, separación, encogimiento o colisión de placas tectónicas independientes. Todas ellas son tectónicamente activas y con frecuentes sismos. Adicionalmente, se caracterizan por buenas condiciones hidrogeológicas que contribuyen a sus altos valores de flujo de calor conductivo.

Pero el hecho de que un sitio se localice dentro de una de esas zonas, no significa automáticamente que sea apropiado para la explotación geotérmica. Lo contrario también puede ser cierto: algunas áreas con desarrollo geotérmico, sobre todo de bajas temperaturas para usos directos, como en Europa Central, están en zonas diferentes a las seis mencionadas.

2.2 YACIMIENTOS GEOTÉRMICOS Y SU ORIGEN

El calor natural de la Tierra normalmente se encuentra a grandes profundidades, pero existen ciertas zonas en las cuales se localiza a unos pocos kilómetros de la superficie. Si estas zonas contienen además acuíferos, el calor puede ser transferido a estos cuerpos acuosos. El agua, al elevar su temperatura, almacena una cantidad considerable de energía, teniéndose como resultado lo que se conoce como energía geotérmica, la cual puede aprovecharse para la generación de energía eléctrica. Una forma sencilla de entender este fenómeno de transmisión de calor es la siguiente: Considérese un volumen de roca que contiene un conjunto de fallas geológicas y fracturamientos en su estructura. Durante los plegamientos y movimientos que dieron origen a la permeabilidad de las formaciones, se originó la migración de una gran masa ígnea o intrusión magmática, la cual quedó atrapada a pocos kilómetros de la superficie.

Esta masa ígnea, lentamente y a través de los años, ha estado cediendo su energía calorífica a las rocas encajonantes y liberando, en su proceso de solidificación, gran cantidad de gases y soluciones mineralizantes de elevada temperatura. El vapor de agua es el componente más abundante, el cual junto con los gases asciende a través de las fallas y fracturas hasta llegar a los acuíferos. Cuando los fluidos llegan al nivel inferior de estos acuíferos, sus gases y vapor de agua tienden a condensarse y a reaccionar con los minerales de las rocas encajonantes, al mismo tiempo que aumentan su temperatura, elevando su contenido energético.

A través del tiempo, la mezcla de agua subterránea y agua magmática alcanza temperaturas elevadas y trata de fluir a la superficie. Algunos yacimientos tienen en las capas más someras un sello constituido por rocas impermeables, lo cual funciona como una barrera que impide que el agua sobrecalentada escape hacia la atmósfera. El conjunto de la masa magmática, el acuífero, la capa sello y la mezcla de fluidos es lo que se conoce como un yacimiento geotérmico.

El proceso anterior permite que la energía geotérmica se almacene, tanto en las rocas como en los fluidos que llenan los poros, fracturas y microespacios abiertos de la roca. Estos fluidos, que normalmente consisten de agua y vapor, sirven para transferir conducir el calor del yacimiento hacia la superficie cuando son conducidos hasta ella mediante un pozo geotérmico. Los pozos geotérmicos son, por tanto, conductos artificiales para llevar los fluidos a la superficie y hacer uso de ellos de manera directa o indirecta.

2.3 CLASIFICACIÓN DE YACIMIENTOS GEOTÉRMICOS

El medio y los factores que intervienen en la formación de un yacimiento geotérmico, son la base para clasificar a los yacimientos geotérmicos. La clasificación que se considera más completa, se basa en la presencia o ausencia de fluidos y en el rango de temperatura. De acuerdo con ella hay tres tipos principales de yacimientos, según se indica en la Tabla 2:

| Tabla 2 Clasificación de Yacimientos Geotérmicos | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| DENOMINACIÓN | RANGO DE TEMPERATURA |
| 1. SISTEMAS CONVECTIVOS HIDROTÉRMICOS: A. Sistemas de vapor dominante B. Sistemas de agua dominante: 1) Sistemas de alta temperatura 2) Sistemas de temperatura intermedia 3) Sistemas de baja temperatura | ~ 240 °C > 150 °C 150 °C a 90 °C < 90 °C |
| 2. SISTEMAS ÍGNEOS CALIENTES: A. ROCAS PARCIALMENTE FUNDIDAS B. ROCAS SECAS CALIENTES | > 650 °C < 650 °C |
| 3. SISTEMAS CONDUCTIVOS: Incluyen los yacimientos geopresurizados | 150 °C a ~300 °C |

Fuente: Vaca, Jaime M.E., Análisis de Pruebas de Presión en Pozos Geotérmicos, Tesis para obtener el título de Ingeniero Petrolero, México, D.F., 1980.

Los yacimientos económicamente explotables en la actualidad son los del grupo 1 (sistemas hidrotermales) y los del grupo 3. En particular, los yacimientos de vapor, con el de Los Géysers, California, son los que ofrecen las mejores características para la generación de electricidad y han tenido un mayor desarrollo y explotación, debido a que son fuentes de energía que no contaminan el ambiente y presentan pocos problemas de producción. Sin embargo, presentan el problema de que pueden agotarse más rápidamente que los sistemas de agua dominante, si no se recargan artificialmente o si se explotan de manera inadecuada. En los yacimientos de agua caliente la fase predominante o continua es el agua, y el vapor en caso de existir, se encuentra en forma aislada en las zonas de baja presión.

Para que un yacimiento pueda explotarse comercialmente, debe reunir las siguientes características:

1. La existencia de una roca porosa, permeable, y con capacidad de almacenar ya sea:
 - a. Vapor seco, el cual puede o no estar comunicado con un acuífero, o bien:
 - b. Un acuífero con temperatura anormal, generalmente mayor que la del gradiente geotérmico normal.
2. La existencia de una formación o depósito mineral con poca o nada de permeabilidad, la cual impedirá el escape del vapor o agua caliente hacia la superficie.
3. Temperaturas mínimas de 230°C.
4. Localizarse a una profundidad no mayor de 3 Km
5. Presión de vapor en superficie mayor de 7 kg/cm², que es la presión mínima a la cual operan la mayor parte de las turbinas actuales.
6. En superficie, el campo no debe presentar problemas técnicos o ambientales de difícil solución.

2.4 MODELOS CONCEPTUALES

Algunos rasgos importantes de los principales tipos de yacimientos geotérmicos son:

- ▶ Formaciones permeables con circulación natural de fluido:
Sistemas de baja entalpía,
Sistemas convectivos de agua caliente y,
Sistemas de vapor dominante o sistemas de alta entalpía.

- ▶ Formaciones de roca impermeable con circulación no natural:
Roca seca caliente,
Artificial, o
Creada por el hombre.

- ▶ Sistemas geopresurizados,
- ▶ Sistemas de salmuera,
- ▶ Sistemas magmáticos.

2.5 DESARROLLO HISTÓRICO DE LA GEOTERMIA

ÁMBITO MUNDIAL

El calor terrestre fue usado primeramente en las épocas prehistóricas para bañarse. En la antigua Roma, las aguas termales fueron enormemente populares (como lo son hoy en día) y permitieron la proliferación de baños caseros. Las aguas, ricas en sales minerales, fueron consideradas como terapéuticas. Adicionalmente, los romanos encontraron que los balnearios de aguas termales eran apropiados no sólo para bañarse, sino que podrían ser usados para calentar los baños de sus casas.

Las sales minerales termales también han sido explotadas desde tiempos antiguos. Los etruscos casi seguramente usaron ácido bórico, el cual encontraron en la región de Larderello, en la Toscana, para preparar el esmalte con el cual decoraban sus floreros.

De hecho, la identificación del ácido bórico en los fluidos geotérmicos de esa área de Larderello por el científico alemán Hubert Hofer en 1777, y otra vez por el italiano Paolo Mascagni en 1779, prepararon el terreno para el nacimiento de la moderna industria geotérmica. La comercialización del ácido bórico empezó en 1818, cuando Francesco de Larderello instaló la primera fábrica en Monte Cerboli, Italia, cerca de lo que hoy es Larderello.

A principios de 1827 las fábricas de ácido bórico empezaron a explotar el vapor geotérmico para usarlo en lugar del carbón como combustible para la concentración del ácido bórico. En los años subsecuentes, los fluidos geotérmicos (una mezcla de agua y vapor a baja temperatura y presión) fueron de este modo empleados no sólo para recuperar el ácido bórico contenido en ellos, sino también como una fuente de calor para concentrar y secar salmueras bóricas y calentar establecimientos industriales y hogares. Aun cuando algunos de esos usos fueron abandonados en la mitad del siglo 20, otros como el calentamiento continúan en uso en la actualidad.

A principios de 1890, los fluidos geotérmicos proporcionaban energía mecánica y eléctrica. La primer planta geotérmica, con una turbina de 250 kW, empezó a operar en 1913. Para evitar la corrosión causada por las sales minerales del vapor geotérmico y mantener un vacío en el condensador, se utilizó un ciclo indirecto el cual limpiaba el vapor generado en calentadores especiales con el calor del fluido geotérmico. Este esquema hizo posible disponer de gases no condensables (principalmente dióxido de carbono) que acompañaban al vapor y eran retenidos casi inalterables por varios años.

Para 1944 la capacidad geotermoeléctrica en Italia llegaba a 127 MW. Las mejores características termodinámicas del vapor de los pozos, permitieron su uso directo en turbinas a contrapresión y eventualmente en plantas de generación a condensación.

Impresionados por el éxito de Italia, otros países empezaron a generar energía de los fluidos geotérmicos. En 1923 se perforaron los primeros pozos en Los Geysers, California, aunque la primera unidad generadora, de 11 MW, entró en operación hasta septiembre de 1960. En 1925, en Japón se construyó un generador geotérmico de 1 kW en la Isla de Kyushu, y en 1938, la primera planta de ciclo binario de 300 kW cerca de Naples. Estos primeros generadores, sin embargo, no resultaron exitosos.

El interés en la energía geotérmica renació en los años cincuenta. En Italia las plantas de Larderello, que habían sido destruidas en la Segunda Guerra Mundial, fueron reconstruidas y ampliadas.

Japón instaló una unidad experimental de 30 kW en 1951, una unidad de 275 kW fue construida en Katanga, Zaire, y en 1959 una unidad de 3.5 MW fue construida en Pathé, México. Entre 1958 y 1963, la primera planta de 8.9 MW en un yacimiento de agua dominante empezó a generar en Wairakei, Nueva Zelanda.

Pero además, la geotermia era aprovechada para calefacción. En 1930, por ejemplo, se construyeron sistemas de calefacción a gran escala en Islandia, y más tarde en Francia, Italia, Nueva Zelanda, Estados Unidos y otros países. Desde entonces el calor geotérmico ha sido utilizado de diversas maneras, principalmente en horticultura, acuicultura y usos industriales.

Hoy en día 23 países hacen uso de la geotermia para generar electricidad. La capacidad geotermoeléctrica instalada actual en el mundo es de más de 8 000 MW. Estados Unidos de América ocupa el primer lugar con 2 002 MW de

capacidad instalada, siguiéndole Filipinas con 1 908 MW y México ocupa el tercer lugar con una capacidad instalada de 953 MW. A continuación se presenta la Tabla 3 en la cual se muestra la capacidad geotermoeléctrica mundial:

| Tabla 3 Capacidad Geotermoeléctrica Mundial | |
|------------------------------------------------|----------------|
| PAÍS | CAPACIDAD (MW) |
| ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA | 2 002 |
| FILIPINAS | 1 908 |
| MÉXICO | 953 |
| ITALIA | 795 |
| INDONESIA | 748 |
| JAPÓN | 533 |
| NUEVA ZELANDIA | 436 |
| ISLANDIA | 170 |
| EL SALVADOR | 161 |
| COSTA RICA | 145 |
| NICARAGUA | 77 |
| RUSIA | 62 |
| KENIA | 57 |
| GUATEMALA | 29 |
| CHINA | 28 |
| TURQUÍA | 20 |
| PORTUGAL (ISLAS AZORES) | 16 |
| OTROS | 25 |
| TOTAL | 8 165 |

Fuente: Unidad de Control de Gestión, GPG, C.F.E., 2004

EN MÉXICO

El primer pozo geotérmico en México se concluyó el 17 de agosto de 1955, en Pathé, municipio de Tecozautla, en el estado de Hidalgo. La perforación estuvo a cargo de la Comisión de Energía Geotérmica (CEG), la cual era un fideicomiso formado por el Banco de México, Nacional Financiera y la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

En forma experimental se realizó la construcción de otros tres pozos más, de los cuales el identificado como pozo N° 2 resultó productor. Esto llevó a la decisión de adquirir en Italia un turbogenerador de 3.5 MW, el cual empezó a operar en noviembre de 1959, constituyendo el primer turbogenerador geotérmico de América. Sin embargo, pese a que se construyeron más pozos la producción de vapor nunca fue suficiente para operar el turbogenerador a plena carga, operando en promedio a 500 kW. Con el tiempo, al decaer la producción de vapor, y considerando tanto la inversión necesaria para perforar más pozos como la producción de vapor obtenida, se llegó a la decisión de destinar estas inversiones al campo geotérmico de Cerro Prieto, Baja California, área en la cual había altas posibilidades de tener éxito en la generación de electricidad. No obstante, la planta de Pathé siguió en operación hasta 1972.

En la zona geotérmica de Ixtlán de los Hervores, Michoacán, se inició en 1956 la perforación de los pozos 1 y 2, que produjeron mezcla de agua y vapor. El pozo 2 "explotó" el 18 de enero de 1958, y desde entonces ha estado fluyendo de manera continua, conociéndosele popularmente como El Géiser de Ixtlán. La entalpía del agua de este pozo, sin embargo, es demasiado baja para aprovecharse en la generación directa de energía eléctrica.

En la cercana zona de Los Negritos, Mich., se perforó un pozo exploratorio de 700 mm de diámetro, pero sólo alcanzó una profundidad de 700 m, habiéndose obtenido una producción de agua caliente incapaz de mantenerse por sí misma.

CERRO PRIETO, BAJA CALIFORNIA

En 1961 se inició la perforación de pozos exploratorios en la zona geotérmica de Cerro Prieto, B.C., habiéndose obtenido producción de vapor en el pozo 1-A. Se tuvieron resultados positivos al perforarse varios pozos más, con lo que se decidió la instalación de una planta de energía eléctrica de 75 MW. Los registros tomados desde el inicio de la explotación regular del campo geotérmico parecen indicar que no ha habido decremento significativo en su potencial.

Actualmente, Cerro Prieto es el segundo campo más grande del mundo. Es un campo de tipo sedimentario, es decir con los fluidos geotérmicos contenidos en rocas areniscas, asociado a la prolongación sur del sistema de fallas de San Andrés y alojado en una cuenca transtensional, cuyas primeras unidades turbogeneradoras empezaron a operar en 1973. Hay un promedio de 150 pozos en producción continua, con profundidades promedio de los 2,500 metros, que suministran alrededor de 51 millones de toneladas de vapor al año. Durante 2003, sus trece unidades generaron más de 5,100 gigawatts hora (GWh).

LOS AZUFRES, MICHOACÁN

En este campo se localiza el segundo complejo geotermoeléctrico del país. Los primeros estudios realizados datan de los años cincuenta, pero se iniciaron sistemáticamente a principios de los setenta. En 1977 se perforaron los primeros pozos exploratorios profundos, y en 1982 se instalaron las primeras unidades generadoras.

Los Azufres se ubica en la porción nororiental del Estado de Michoacán, a unos 80 kilómetros al oriente de Morelia, en una sierra a 2,800 metros de altitud compuesta por un bosque de pino de gran atractivo turístico. Desde el punto de vista geológico está localizado en un centro volcánico de composición silícica y edad cuaternaria, dentro de la provincia de la Faja Volcánica Mexicana, en la porción sur de una probable caldera volcánica de edad pliocénica pero con domos de tipo riolítico con edades de 28,000 años.

Se han identificado tres sistemas estructurales con fallas normales producidas tanto por movimientos tectónicos regionales como por mecanismos de fracturamiento local. El más importante de esos sistemas incluye estructuras de dirección este-oeste, que parecen controlar el movimiento de los fluidos geotérmicos en el subsuelo.

Estos se encuentran alojados en rocas de composición predominantemente andesítica, con cantidades menores de dacitas, rocas piroclásticas y brechas de falla. En la porción sur del campo, toda la secuencia está cubierta por rocas riolíticas.

En el campo se han perforado un total de 70 pozos, con profundidades que van desde los 627 metros hasta los 3,544 metros, con un promedio de 1 560 metros. De esos pozos, hay 34 productores y 6 pozos inyectores. La temperatura máxima alcanzada es de 358° C. La producción promedio de los pozos es de 45 toneladas de vapor por hora.

La capacidad instalada es de 188 MW compuestos por una unidad a condensación de 50 MW, cuatro unidades a contrapresión de 25 MW, siete unidades a contrapresión de 5 MW cada una y dos unidades de ciclo binario de 1.5 MW cada una. En 2003, las unidades en operación generaron más de 800 GWh, suficientes para satisfacer la demanda de tres ciudades de las dimensiones de Morelia.

El monitoreo constante de la evolución del yacimiento, así como el modelado matemático de su comportamiento, sugieren un potencial total del orden de 260 MW (170 MW en la zona norte y 90 MW en la zona sur).

LOS HUMEROS, PUEBLA

Los Humeros es otro campo volcánico, ubicado en la parte oriental de la Faja Volcánica Mexicana en los límites de los estados de Puebla y Veracruz, en el interior de una caldera volcánica cuaternaria y a unos 2,600 metros sobre el nivel del mar. Aquí también son rocas andesíticas las que alojan a los fluidos geotérmicos. Están instaladas siete unidades turbogeneradoras a contrapresión, con una capacidad total de 35 MW. En 2003 estas unidades generaron 285 GWh, y fueron alimentadas por los 4.6 millones de toneladas de vapor que produjeron alrededor de 19 pozos productores.

LAS TRES VÍRGENES, BAJA CALIFORNIA SUR

Las Tres Vírgenes es también un campo volcánico, localizado hacia la mitad de la península de Baja California, asociado a un complejo de tres volcanes cuaternarios y a los movimientos tectónicos que separan a la península del resto del continente. Sus fluidos geotérmicos están alojados en rocas intrusivas, y recientemente se instalaron en el campo dos unidades turbogeneradoras a condensación de 5 MW cada una.

3. TEORÍA DE PROYECTOS DE INVERSIÓN APLICADA A SATISFACER LA DEMANDA DE VAPOR A CENTRALES DE GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA

3.1 DEFINICIÓN DE PROYECTO DE INVERSIÓN

PROYECTO

Un proyecto se define como el propósito de hacer algo o el plan que se idea para poder realizarlo, así como el conjunto de planos de una obra o edificio, instalación, máquina, entre otras, que se han de construir o fabricar.

Según la Enciclopedia Contable Universal, Proyecto es la unidad de inversión menor que se considera en la programación. Por lo general constituye un esquema coherente, desde el punto de vista técnico, cuya ejecución se encomienda a un organismo público o privado, que puede llevarse a cabo con independencia de otros proyectos.

De acuerdo con el concepto indicado por L. A. Ernestina Huerta y L. C. Carlos Siu Villanueva, en su libro *Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión para Bienes de Capital*, es el conjunto de datos, cálculos y dibujos articulados en forma metodológica, que dan los parámetros de cómo ha de ser y cuánto ha de costar una obra o tarea, siendo sometidos a evaluaciones para fundamentar una decisión de aceptación y rechazo.

Con base a lo anterior, se puede establecer que un proyecto es el conjunto de planteamientos dirigidos a la construcción de una obra, producción de un bien o la prestación de un servicio, con la aplicación de la metodología correspondiente, a fin de alcanzar un resultado, desarrollo económico o beneficio social predeterminado.

INVERSIÓN

Una inversión se considera como la aplicación productiva de bienes económicos, con lo cual se obtiene una magnitud de éstos mayor que la dispuesta, también se define como la aportación de recursos para obtener un beneficio futuro. Por lo tanto, es posible establecer que, inversión es el conjunto de recursos que se emplean para construir, producir un bien o servicio que genere utilidades.

PROYECTO DE INVERSIÓN

Se puede definir un proyecto de inversión como la secuencia o conjunto de planes detallados, que se establecen con la finalidad de incrementar la productividad de una empresa para incrementar las utilidades o la prestación de servicios, mediante la aplicación óptima de fondos en un lapso de tiempo razonable.

Es posible entender como proyecto de inversión, a una serie de planes que se establecen y se aplican para iniciar, proporcionar eficacia y eficiencia a alguna tarea u operación económica o financiera, con objeto de alcanzar la realización de una obra, bien o servicio que cumpla con la calidad requerida y proporcione utilidades.

PROYECTO DE INVERSIÓN DE EXTRACCIÓN DE VAPOR ENDÓGENO

Un proyecto de extracción, conducción y acondicionamiento de vapor endógeno se puede entender como las secuencias de planes establecidos para obtener vapor geotérmico o fluidos geotérmicos a fin de satisfacer una demanda previamente establecida, para ser utilizada en la generación de energía eléctrica en las mejores condiciones que permitan obtener un beneficio.

3.2 TIPOS DE PROYECTOS DE INVERSIÓN

Existen varias clasificaciones, sobre proyectos de inversión, la tabla 4 muestra una de las más comunes:

Tabla 4
Tipos de Proyectos de Inversión

| De acuerdo al sector al que van dirigidos: | |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AGROPECUARIO | Son los que se ubican en el sector primario y al explotarlos no se realiza ninguna transformación. |
| INDUSTRIAL | Son los que se ubican en el sector secundario, siendo su principal característica la transformación de productos. |
| DE SERVICIOS | Son los que se ubican en el sector terciario. |
| De acuerdo a su naturaleza: | |
| DEPENDIENTES | Son dos o más proyectos relacionados entre sí, y que al ser aprobado uno los demás tienen que ser aprobados. |
| INDEPENDIENTES | Son dos o más proyectos, que son analizados y pueden ser aprobados o rechazados de forma individual, sin causar problemas a los demás. |
| MUTUAMENTE EXCLUYENTES | Se dan cuando se analiza un conjunto de proyectos y al seleccionar uno de ellos, los demás se eliminan automáticamente. |
| Una tercera clasificación es: | |
| DE BIENES | Estos pueden ser: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Agrícolas. ▶ Forestales. ▶ Industriales. ▶ Marítimos. ▶ Mineros. ▶ Pecuarios, etc. |
| DE SERVICIOS | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Infraestructura social: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Alcantarillado. ▶ Educación. ▶ Recreativos. ▶ Acueductos. ▶ Salud. ▶ Infraestructura física: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Aeropuertos. ▶ Electrificación. ▶ Ferrocarriles. ▶ Carreteras. ▶ Comunicaciones. ▶ Infraestructura hidráulica. ▶ Transporte. |

Fuente: HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, ABRAHAM Y HERNÁNDEZ VILLALOBOS, ABRAHAM, FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN. 4a Edición, ECAFSÁ, 2001.

3.3 NIVELES DE PROYECTOS DE INVERSIÓN

Se refiere al alcance con que se realiza la investigación, se tienen:

ESTUDIO DE GRAN VISIÓN

Consiste en identificar el objetivo que se quiere alcanzar, con la finalidad de planear en forma acertada cualquier detalle que pueda ayudar a perfeccionar el proyecto. Para realizar la investigación se debe de partir del conocimiento total del proyecto, para lo cual se intercambian ideas con los inversionistas, aclarando dudas respecto del impacto que tendrá el proyecto en la empresa y en la sociedad. Una vez realizado lo anterior, se procede a efectuar una visita al sitio donde se piensa realizar el proyecto, es decir, obtener información acerca del medio ambiente tanto físico como social a fin de determinar los posibles obstáculos que puedan impedir la realización del proyecto.

Con los datos obtenidos se procede a elaborar un documento denominado PERFIL, en el cual se deben detallar las fortalezas y debilidades del proyecto, señalando los posibles obstáculos que se tendrán, a fin de que éstos puedan ser superados.

Lo anterior es de vital importancia, ya que muchos proyectos pueden ser desechados en esta etapa o bien ser modificados para poder ser realizados.

PROYECTO PRELIMINAR O ESTUDIO PREVIO DE FACTIBILIDAD.

Consiste en obtener información sobre el proyecto a realizar, sin hacer investigaciones de campo para conocer el ambiente y el ámbito de aplicación del proyecto.

Proporciona una idea de las alternativas que se tienen y las condiciones que lo rodean, los aspectos a considerar en esta etapa son:

- Circunstancias que dieron origen a la idea del proyecto.
- Variables económicas que lo pueden afectar.
- Análisis sobre el equipo o innovaciones tecnológicas con las que contará el proyecto.
- Cuantificación de ingresos y egresos.
- Análisis de condiciones externas, así como los indicadores financieros y económicos.

PROYECTO DEFINITIVO

En esta etapa se elabora el documento del proyecto, el cual debe contener los análisis económicos, financieros, etc., determinando los elementos cuantificables y la toma de decisiones acertadas, con los siguientes aspectos a considerar:

a) Estudio de mercado.

Estudio de la oferta y demanda junto con las muestras, las entrevistas y los cuestionarios.

b) Estudio de disponibilidad de insumos.

Análisis de las condiciones y la organización de la producción y su destino.

c) Localización y tamaño

Definición del lugar en el cual se va a ubicar el proyecto, mediante análisis de los diferentes lugares alternativos.

d) Ingeniería del proyecto.

Estudio de los elementos del diseño y las especificaciones requeridas.

e) Inversión y financiamiento

Definición del financiamiento del proyecto y condiciones en que se otorga, considerando como el proyecto cubrirá sus deudas.

f) Proyecciones financieras

Realización de estados financieros proforma como estados de resultados, estados de origen y aplicación de recursos, balance general y flujo de caja.

g) Evaluación financiera

Se elaboran análisis para medir la rentabilidad del proyecto.

h) Evaluación económica y social

Medición del impacto del proyecto en la sociedad.

i) Organización del proyecto

Establecimiento de la forma de organización y administración, así como del organigrama de la empresa.

PROYECTO FINAL

Contiene toda la información, detallando y aclarando los puntos más importantes, algunas veces se presenta una lista de los contratos de venta y puede presentar por escrito la cotización de la inversión.

PROYECTOS DE EXTRACCIÓN Y SUMINISTRO DE VAPOR ENDÓGENO

Este tipo de proyectos tiene como objeto desarrollar proyectos para producir electricidad a partir del uso de recursos geotérmicos, vapor endógeno y agua caliente, y administrar los recursos necesarios para la extracción, manejo y acondicionamiento del vapor geotérmico en los complejos de generación geotermoeléctrica existentes en México.

3.4 ETAPAS PRINCIPALES DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN

ESTUDIOS PRELIMINARES

Son aquellos que sirven como base para investigar sólidamente el proyecto, se busca conceptualizar la idea del mismo. Se trata de limitar los rangos de la inversión.

ANTEPROYECTO

También denominado estudio previo de factibilidad, consiste en comprobar mediante información a detalle, a través de estadísticas, la magnitud de la competencia, mostrar la viabilidad del proyecto en un folleto junto con la semblanza del mismo. En esta etapa se precisan los elementos y formas de las que consta la inversión que se piensa llevar a cabo.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Se presentan alternativas de solución a los problemas del proyecto, se presenta el documento del proyecto integrado por los análisis de mercado, de ingeniería, económicos, financiero y el plan de ejecución. Se establecen los elementos cuantificables y no cuantificados del proyecto.

MONTAJE Y EJECUCIÓN

Se elabora un programa de actividades, fijación de tiempos para realizar las operaciones y se aplican diferentes técnicas y procedimientos para la elaboración de los planes de ejecución, entre otros: manuales de objetivos y políticas, diagramas de procesos y flujos, gráficas de Gantt, pronósticos y presupuestos.

FUNCIONAMIENTO NORMAL

El potencial de una obra, producto o servicio, requiere de indicadores que representen la posibilidad de participar adecuadamente en un mercado considerando, así la existencia y la disponibilidad de materias primas, tecnología y equipo para producir. Se refiere a la implantación del proyecto y capacitación del personal, mantenimiento, operación o venta del bien o servicio, así como las fuentes de financiamiento aplicables.

LIMITACIÓN DE LOS PROYECTOS

a) Infraestructura insuficiente.

Se refiere a que en la zona donde se llevará a cabo el proyecto, no se cuente con los servicios necesarios.

b) Tecnología.

Esta limitante se refiere a que en el mercado nacional no se encuentra la maquinaria adecuada, o en su defecto, el mantenimiento y la conservación tiene que ser dado por personal especializado y tiene que ser pagado a personas que vienen del exterior.

c) Ecología.

Este es un aspecto que se debe tomar en consideración para detectar si el proyecto, cumple con las normas de ecología que las autoridades exigen y este es un aspecto que se debe considerar desde el inicio de la formulación del proyecto.

d) Ambientación social.

Se refiere al impacto que tendrá el proyecto en la sociedad, en la zona donde se realizará el proyecto, dado que no tomar en consideración este aspecto puede ocasionar significativas pérdidas posteriores.

e) Económico.

Se refiere a la importancia que tienen las fuentes de financiamiento y sus políticas crediticias, a corto, mediano y largo plazo, a fin de que la planeación financiera represente el menor riesgo.

f) Políticas de desarrollo.

Se deben de tomar en cuenta las políticas de desarrollo de los gobiernos Municipal, Estatal y Federal, para que con base en ello se detecten los posibles beneficios que se pueden obtener con estos planes de desarrollo.

g) Materia prima

Se requiere un análisis de los mercados en los cuales se podrá obtener la materia prima, dado que en muchos casos al no cuantificar este rubro, se queda abierta la posibilidad de que los costos se eleven ante su escasez en la zona elegida, siendo conveniente investigar todas las alternativas que se tienen para contar con flujos constantes que impidan la escasez de flujos.

3.5 OBJETIVOS Y METAS

Definición de objetivos:

- a) Un objetivo significa, lo que se pretende obtener en un periodo de tiempo como resultado del proceso administrativo.

- b) Son los fines hacia los cuales van dirigidas las acciones que planea y emprende cualquier organización o empresa.

Por lo que se puede establecer que un objetivo es el fin que debe tener una organización o empresa, de manera medible y cuantificable, para llegar a él en un periodo de tiempo determinado. Lo relevante de establecer los objetivos está en que éstos marcarán la dirección en la cual se determinará el planteamiento y realización de las actividades que se van efectuando durante la etapa de estudios, al igual que durante la puesta en servicio y operación normal del negocio.

OBJETIVO GENERAL DE PROYECTOS DE EXTRACCIÓN DE VAPOR ENDÓGENO

Considerando que el objetivo general es aquel donde se plasma la idea de realizar el proyecto, siendo el fin al cual se quiere llegar, el objetivo de este tipo de proyectos de inversión es planear, organizar, controlar y dirigir los planes de construcción, mantenimiento, mejora, actualización e innovación tecnológica de la infraestructura de extracción, manejo y acondicionamiento del vapor geotérmico en los complejos de generación geotermoeléctrica existentes en México, a fin de formular y evaluar el programa de inversiones requerido, considerando la curva de experiencia obtenida a la fecha, para hacer rentable el proyecto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE PROYECTOS DE EXTRACCIÓN DE VAPOR ENDÓGENO

Los objetivos específicos se diferencian de los generales, debido a su nivel de detalle y complementariedad, por lo que se consideran los siguientes:

- ▶ Alcanzar y mantener la producción de vapor demandada por las centrales de generación geotermoeléctricas existentes, a fin de que estas operen a su capacidad total.
- ▶ Garantizar la continuidad en el suministro de vapor para que el sistema de generación de energía eléctrica sea confiable en todo momento.

Estos objetivos abarcan la principal aspiración de la inversión, la cual deberá ser apegada a la realidad, medible y alcanzable, logrando así apoyar o sujetarse a los objetivos generales, por lo que deberá detallarse lo específico de los propósitos que en cada proyecto se determinen.

METAS

Definiciones:

- a) Sitio en el cual se obtiene una recompensa o incentivo, resultado que se espera obtener hacia el cual se encamina un organismo vivo.
- b) Referencias que se establecen de manera oportuna para dirigir las acciones que permitan alcanzar los fines de una organización o empresa.

Se puede establecer como meta el fin al cual se pretende llegar de manera tal que se tenga la claridad y precisión necesaria para obtenerlo.

IMPORTANCIA DE LAS METAS

Su importancia estriba en que al establecer un camino con anterioridad, éste debe conducir a la obtención de resultados óptimos de acuerdo con lo esperado, lo cual se logra mediante la coordinación de los objetivos generales y específicos. Las metas deben tener relación entre sí y sustentarse mutuamente, ser medibles y cuantificables, determinando para su logro las acciones que se requieren.

TIPO DE METAS

- ▶ **METAS A CORTO PLAZO:** Son las que por necesidad se tienen que atender de forma inmediata y se considera que su periodo de atención no debe ser mayor a un año.

- ▶ **METAS A MEDIANO PLAZO:** Son aquellas que se tienen, que realizar en un periodo mayor de un año, pero no mayor a cinco.
- ▶ **METAS A LARGO PLAZO:** Son aquellas que se tiene que lograr en un plazo mayor de 5 años.

METAS A MEDIANO PLAZO PARA PROYECTOS DE EXTRACCIÓN DE VAPOR ENDÓGENO

1. Programar, diseñar, licitar y construir la infraestructura de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno, que garantice el suministro de vapor demandado por las unidades de generación geotermoeléctricas a mediano plazo para obtener la rentabilidad de cada proyecto.
2. Determinar el plan de acción necesario para asegurar, de manera óptima, la operación de la infraestructura de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno, determinando las inversiones necesarias para lograrlo, considerando las siguientes metas a corto plazo:
 - ▶ **Satisfacer la producción de vapor demandada.**
 - ▶ **Eficiencia y optimización de los procesos.**
 - ▶ **Minimización de costos.**
 - ▶ **Cumplimiento de la normatividad en materia de auditoría ambiental.**
 - ▶ **Actualización e incorporación de innovación tecnológica que permita el cumplimiento de las metas anteriores.**
 - ▶ **Establecer la estructura organizacional que permita la minimización de costos operativos y de administración.**

3.6 ESTUDIO DE MERCADOS

La magnitud del mercado a satisfacer está conformado por la capacidad de generación geotermoeléctrica instalada en cada uno de los complejos existentes, aun cuando es posible que se pueda incrementar la capacidad instalada en algunos de los centros de producción de vapor, los análisis se realizarán de acuerdo con la demanda de vapor endógeno para generar con la capacidad actualmente instalada, la cual a la fecha presenta los siguientes arreglos en cada complejo de generación:

COMPLEJO DE GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA CERRO PRIETO, BAJA CALIFORNIA:

TABLA 5
COMPLEJO DE GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA CERRO PRIETO, BAJA CALIFORNIA

| UNIDADES DE GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA | | | | | | | |
|-------------------------------------------------|--------|----------------|------------|--------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| ÁREA | NÚMERO | CAPACIDAD (MW) | MARCA | TIPO | DEMANDA NOMINAL DE VAPOR* (t/h) | DEMANDA REAL DE VAPOR (t/h) | CONSUMO ESPECÍFICO (t/MwH) |
| CP1 | 1 | 37.50 | TOSHIBA | CONDENSACIÓN | 334.5 | 366.70 | 9.779 |
| | 2 | 37.50 | TOSHIBA | CONDENSACIÓN | 334.5 | 359.27 | 9.581 |
| | 3 | 37.50 | TOSHIBA | CONDENSACIÓN | 334.5 | 366.86 | 9.783 |
| | 4 | 37.50 | TOSHIBA | CONDENSACIÓN | 334.5 | 327.91 | 8.744 |
| | 5 | 30.00 | MITSUBHISI | CONDENSACIÓN | 285.6 | 412.24 | 13.741 |
| CP2 | 6 | 110.00 | TOSHIBA | CONDENSACIÓN | 774.4 | 826.80 | 7.516 |
| | 7 | 110.00 | TOSHIBA | CONDENSACIÓN | 774.4 | 856.33 | 7.785 |
| CP3 | 8 | 110.00 | TOSHIBA | CONDENSACIÓN | 774.4 | 938.20 | 8.529 |
| | 9 | 110.00 | TOSHIBA | CONDENSACIÓN | 774.4 | 839.38 | 7.631 |
| CP4 | 10 | 25.00 | MITSUBISHI | CONDENSACIÓN | 168.5 | 173.44 | 6.938 |
| | 11 | 25.00 | MITSUBHISI | CONDENSACIÓN | 168.5 | 181.86 | 7.274 |
| | 12 | 25.00 | MITSUBHISI | CONDENSACIÓN | 168.5 | 181.66 | 7.266 |
| | 13 | 25.00 | MITSUBHISI | CONDENSACIÓN | 168.5 | 177.59 | 7.104 |
| TOTAL | | 720.00 | | | 5395.2 | 6,008.24 | |

Fuente: Residencia General de Cerro Prieto, B.C., GPG, C.F.E., 2004

* La demanda nominal de vapor (t/h) está obtenida con los parámetros de pruebas de aceptación.

**COMPLEJO DE GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA LOS AZUFRES,
MICOACÁN:**

TABLA 6
COMPLEJO DE GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA LOS AZUFRES, MICOACÁN

| UNIDADES DE GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA | | | | | | | |
|-------------------------------------------------|---------------|----------------|------------|---------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| ZONA | UNIDAD NÚMERO | CAPACIDAD (MW) | MARCA | TIPO | DEMANDA NOMINAL DE VAPOR (t/h) | DEMANDA REAL DE VAPOR (t/h) | CONSUMO ESPECÍFICO (t/MwH) |
| SUR | 2 | 5.00 | MITSUBHISI | CONTRAPRESIÓN | 65.00 | 59.73 | 11.946 |
| NORTE | 3 | 5.00 | MITSUBHISI | CONTRAPRESIÓN | 65.00 | 59.87 | 11.974 |
| NORTE | 4 | 5.00 | MITSUBHISI | CONTRAPRESIÓN | 65.00 | 60.07 | 12.014 |
| NORTE | 5 | 5.00 | MITSUBHISI | CONTRAPRESIÓN | 65.00 | 60.12 | 12.024 |
| SUR | 6 | 5.00 | TOSHIBA | CONTRAPRESIÓN | 70.00 | 62.68 | 12.536 |
| NORTE | 7 | 50.00 | GE | CONDENSACIÓN | 440.00 | 521.78 | 10.436 |
| NORTE | 9 | 5.00 | ANSALDO | CONTRAPRESIÓN | 70.00 | 64.39 | 12.878 |
| SUR | 10 | 5.00 | ANSALDO | CONTRAPRESIÓN | 70.00 | 63.76 | 12.752 |
| NORTE | 11 | 1.50 | ORMAT | CICLO BINARIO | 0.00 | 41.18 | 27.453 |
| NORTE | 12 | 1.50 | ORMAT | CICLO BINARIO | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| NORTE | 13 | 25.00 | MITSUBHISI | CONDENSACIÓN | 188.00 | 173.87 | 6.955 |
| NORTE | 14 | 25.00 | MITSUBHISI | CONDENSACIÓN | 188.00 | 167.04 | 6.682 |
| NORTE | 15 | 25.00 | MITSUBHISI | CONDENSACIÓN | 188.00 | 166.77 | 6.671 |
| NORTE | 16 | 25.00 | MITSUBHISI | CONDENSACIÓN | 188.00 | 167.69 | 6.708 |
| TOTAL | | 188.00 | | | 1,662.00 | 1,668.95 | |

Fuente: Residencia de Campo Geotérmico Los Azufres, Mich., GPG, C.F.E., 2004

**COMPLEJO DE GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA LOS HUMEROS,
PUEBLA:**

TABLA 7
COMPLEJO DE GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA LOS HUMEROS, PUEBLA

| UNIDADES DE GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA | | | | | | |
|-------------------------------------------------|----------------|---------|---------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| UNIDAD NÚMERO | CAPACIDAD (MW) | MARCA | TIPO | DEMANDA NOMINAL DE VAPOR (t/h) | DEMANDA REAL DE VAPOR (t/h) | CONSUMO ESPECÍFICO (t/MwH) |
| 1 | 5.00 | ANSALDO | CONTRAPRESIÓN | 65.00 | 63.14 | 12.628 |
| 2 | 5.00 | ANSALDO | CONTRAPRESIÓN | 65.00 | 64.12 | 12.824 |
| 3 | 5.00 | ANSALDO | CONTRAPRESIÓN | 65.00 | 62.81 | 12.562 |
| 4 | 5.00 | ANSALDO | CONTRAPRESIÓN | 65.00 | 62.75 | 12.550 |
| 5 | 5.00 | ANSALDO | CONTRAPRESIÓN | 65.00 | 63.37 | 12.674 |
| 6 | 5.00 | ANSALDO | CONTRAPRESIÓN | 65.00 | 63.64 | 12.728 |
| 7 | 5.00 | ANSALDO | CONTRAPRESIÓN | 65.00 | 62.62 | 12.524 |
| TOTAL | 35.00 | | | 455.00 | 442.45 | |

Fuente: Residencia de Campo Geotérmico Los Humeros, Puebla, GPG, C.F.E., 2004

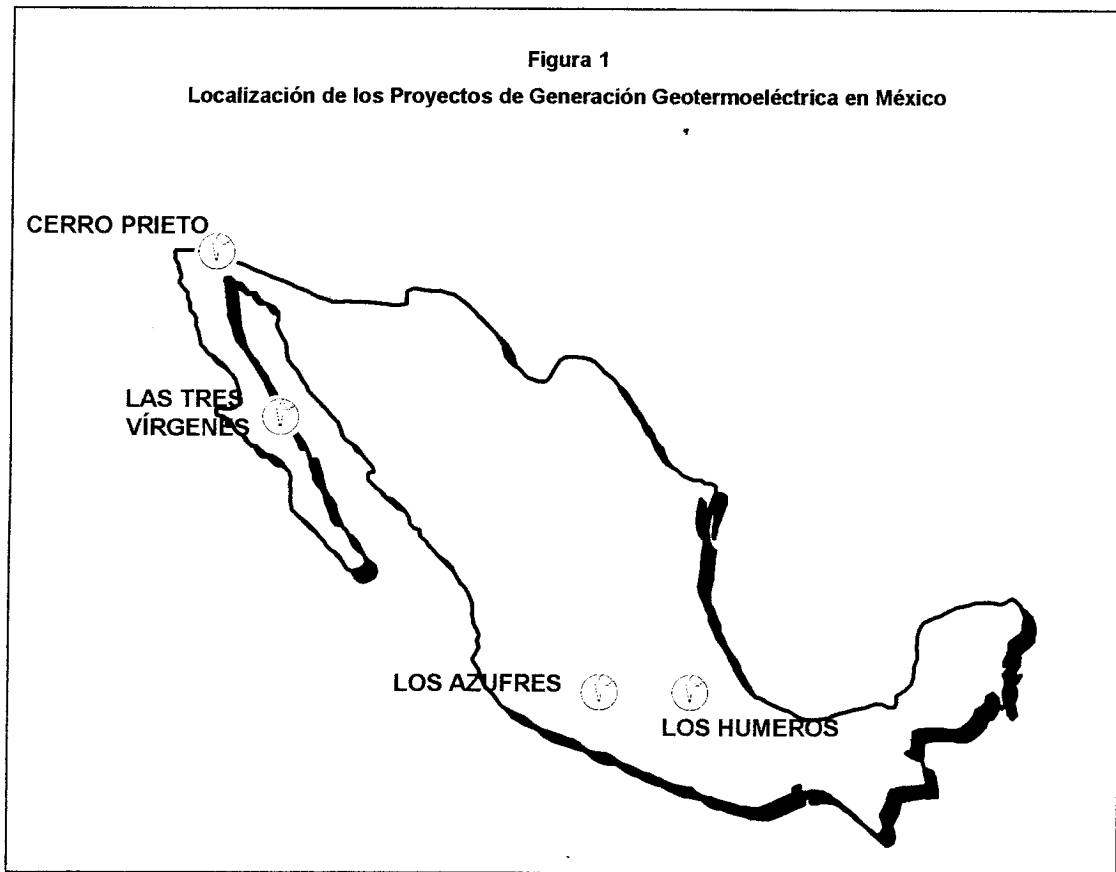
COMPLEJO DE GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA LAS TRES VÍRGENES, B.C.S.:

TABLA 8
COMPLEJO DE GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA LAS TRES VÍRGENES

| UNIDADES DE GENERACIÓN GEOTERMOELÉCTRICA | | | | | | |
|-------------------------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| UNIDAD NÚMERO | CAPACIDAD (MW) | MARCA | TIPO | DEMANDA NOMINAL DE VAPOR (t/h) | DEMANDA REAL DE VAPOR (t/h) | CONSUMO ESPECÍFICO (t/MwH) |
| 1 | 5.00 | ALSTOM | CONDENSACIÓN | 47.50 | 45.95 | 9.190 |
| 2 | 5.00 | ALSTOM | CONDENSACIÓN | 47.50 | 50.07 | 10.014 |
| TOTAL | 10.00 | | | 95.00 | 96.02 | |

Fuente: Residencia de Campo Las Tres Vírgenes, B.C.S., GPG, C.F.E., 2004

3.7 LOCALIZACIÓN DE LOS PROYECTOS



Fuente: Oficina de Capacitación, GPG, C.F.E., 2004

CERRO PRIETO, BAJA CALIFORNIA

El campo geotérmico de Cerro Prieto se encuentra localizado en el Valle de Mexicali, B.C., entre los 32° 25' 26" de Latitud Norte y entre los meridianos 115° 12' y 115° 18' de Longitud Oeste, cubriendo un área de 12 km², la región es árida, con clima extremo variando su temperatura de -2°C en invierno a 47°C en verano.

La zona geotérmica de Cerro Prieto se encuentra comunicada con la ciudad de Mexicali, B.C. por carretera asfaltada Pascualitos-Pescaderos en el Km 26.5, así como también por el Ferrocarril Sonora-Baja California.

Cerro Prieto es el segundo campo más grande del mundo y se ubica en la parte norte del país, cerca de Mexicali, B.C., prácticamente al nivel del mar. Es un campo de tipo sedimentario, es decir con los fluidos geotérmicos contenidos en rocas areniscas, asociado a la prolongación sur del sistema de fallas de San Andrés y alojado en una cuenca transtensional, cuyas primeras unidades turbogeneradoras empezaron a operar desde 1973. Hay un promedio de 147 pozos en producción continua, con profundidades promedio de los 2,500 metros, que suministran alrededor de 53 millones de toneladas de vapor al año.

DATOS AMBIENTALES

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Altitud sobre el nivel del mar | 10 m |
| Temperatura máxima promedio anual | 46.7 °C |
| Temperatura media promedio anual | 22.24 °C |
| Temperatura mínima promedio anual | 8.1 °C |
| Temperatura máxima extrema | 50.0 °C |
| Temperatura mínima extrema | -2.5°C |
| Humedad relativa promedio anual | 47% |
| Precipitación promedio anual | 10.3 mm |

LOS AZUFRES, MICHOACÁN

En este campo se localiza el segundo campo geotérmico del país. Los primeros estudios realizados por la CFE datan de los años cincuenta, pero se iniciaron sistemáticamente a principios de los setenta. En 1977 se perforaron los primeros pozos exploratorios profundos, y en 1982 se instalaron las primeras unidades generadoras.

Los Azufres se ubica en la porción nororiental del Estado de Michoacán, a unos 80 kilómetros al oriente de Morelia, en una sierra a 2,800 metros de altitud compuesta por un bosque de pino de gran atractivo turístico. Desde el punto de vista geológico, está localizado en un centro volcánico de composición silícica y edad cuaternaria, dentro de la provincia de la Faja volcánica Mexicana, en la porción sur de una probable caldera volcánica de edad pliocénica pero con domos de tipo riolítico con edades de 28 mil años.

Los Azufres se localiza en una sierra a 2,800 metros de altitud, en medio de un bosque de pino declarado como Zona de Reserva Forestal desde 1979. Es un campo volcánico que forma parte de la Faja Volcánica Mexicana, con fluidos geotérmicos alojados en rocas de composición andesítica afectadas por tres sistemas de estructuras, producidos por movimientos tectónicos de tipo regional y local. El más importante de esos sistemas presenta una dirección general este-oeste y es el que controla a profundidad el movimiento de los fluidos. La fuente de calor del sistema geotérmico del subsuelo parece asociarse con la cámara magmática que alimentó al Volcán de San Andrés, que es la principal prominencia de la zona.

LOS HUMEROS, PUEBLA

El campo geotérmico de los Humeros está situado en el estado de Puebla, muy cerca del límite con Veracruz.

Los Humeros es el segundo sistema geotérmico mexicano que genera electricidad a partir de fluidos contenidos en rocas volcánicas. El campo tiene actualmente una potencia instalada de 42 MW, lo cual lo convierte en el tercero en importancia en el país desde el punto de vista de la generación eléctrica, después de Cerro Prieto y Los Azufres. Los primeros trabajos de exploración se iniciaron en Los Humeros en 1968. En 1981 se perforó el primer pozo y en mayo de 1990 se inició la explotación comercial.

El yacimiento se localiza dentro de una estructura de origen volcánico llamada caldera. Hace medio millón de años empezó el proceso de formación de la Caldera de Los Humeros con el ascenso de una cámara magmática la cual extruyó domos y lavas ácidas, seguidos de violentas erupciones que dieron lugar a flujos piroclásticos. La rápida evacuación de más de cien kilómetros cúbicos de magma provocó el colapso de un área casi circular de unos 21 kilómetros de diámetro, dando así lugar a la Caldera de Los Humeros. Una caldera más pequeña, alojada dentro de la de Los Humeros y llamada Caldera de Los Potreros, se formó hace aproximadamente cien mil años. Las últimas erupciones volcánicas ocurrieron hace unos veinte mil años.

La estructura caldérica se encuentra entre los límites de las provincias del Eje Neovolcánico y de la Sierra Madre Oriental, por lo que regionalmente presenta características geológicas de ambas provincias. Así, las rocas más antiguas que afloran en esta zona tienen más de 230 millones de años de antigüedad, es decir, fueron formadas durante el Paleozoico.

TRES VÍRGENES, BAJA CALIFORNIA SUR

El Campo Geotérmico de Las Tres Vírgenes se encuentra localizado en la porción Norte del Estado de Baja California Sur, en colindancia con el Estado de Baja California, a 35 Km al Noroeste de Santa Rosalia, geológicamente situado en un área activa asociada al sistema de fallas de San Andrés.

Geográficamente se encuentra localizado en las siguientes coordenadas:

112° 30' de Latitud Norte

27° 30' de Longitud Oeste

Las Tres Vírgenes es un campo volcánico, localizado hacia la mitad de la península de Baja California, asociado a un complejo de tres volcanes cuaternarios y a los movimientos tectónicos que separan a la península del resto del continente.

Sus fluidos geotérmicos están alojados en rocas intrusivas, y recientemente se instalaron en el campo dos unidades turbogeneradoras a condensación de 5 MW cada una.

El área explorada cubre una extensión de 250 Km². El acceso principal al campo es por medio de un camino pavimentado de 18 Km de longitud, a partir del kilómetro 32 de la carretera transpeninsular, este camino forma parte de las inversiones realizadas en el proyecto y significa un costo de operación a fin de mantenerlo en condiciones adecuadas para poder operar los pozos y las centrales.

El yacimiento geotérmico se localiza en la zona conocida como el Volcán Las Tres Vírgenes, relativamente cercana al desierto del Vizcaíno y está enclavado en una zona de protección ecológica.

INFRAESTRUCTURA

Existe la carretera Transpeninsular No. 1, la cual comunica a Santa Rosalia con San Ignacio, la zona geotérmica está comunicada por 18 Km de camino asfaltado hasta entroncar la carretera Transpeninsular No. 1, a 30 Km al NW de la población de Santa Rosalía.

CLIMA

El clima característico de la zona se define como seco, con lluvias en otoño, con una precipitación media de 7,8 mm; con invierno fresco y sequía la mayor parte del tiempo. La temporada más cálida se presenta de mayo a agosto, la temperatura media anual es de 29,8 °C y el mes más frío es enero.

3.8 INGENIERÍA DEL PROYECTO

TEORÍA DE INGENIERÍA DEL PROYECTO

Un proyecto es un sistema de producción en forma integral, constituido por un conjunto de factores fijos que sirven de base, para la combinación de factores variables, a través de etapas sucesivas con el objeto de fabricar un producto determinado.

El estudio de mercado nos pone al alcance de obtener la información necesaria correspondiente al producto y el volumen del mismo que satisficará la demanda o las necesidades del consumidor, su magnitud o alcance sirve para determinar la capacidad del equipo o maquinaria adecuada por utilizar. La localización nos pone en conocimiento de la superficie y características geográficas y topográficas de la zona.

En la etapa de ingeniería del proyecto, se requiere de toda la información que se ha obtenido por los diferentes grupos que participan en el proyecto, la cual será analizada a fin de diseñar, planear, programar y realizar la obra de infraestructura necesaria para satisfacer la producción demandada.

El objetivo es especificar técnicamente los diferentes factores (fijos y variables) que conforman el proceso, para relacionarlos entre sí de manera tal que la planeación y programación establecida permitan la instalación adecuada de las unidades de producción.

PERFORACIÓN DE POZOS GEOTÉRMICOS

La construcción de pozos geotérmicos proporciona el conducto adecuado para la extracción de fluidos geotérmicos, del subsuelo a la superficie. Bajo esta consideración, se puede entender de manera general la construcción de un pozo geotérmico, como cualquier aquella obra que tenga como objetivo realizar perforaciones para alcanzar un intervalo productor y ponerlo en explotación.

Lo anterior define el objetivo de la obra, sin embargo, la finalidad que se persigue en la construcción de un pozo geotérmico establece una gran diferencia con cualquier otro tipo de obra similar. Como se mencionó anteriormente, la principal aplicación de la energía geotérmica consiste en la generación de electricidad, por lo que es posible definir, para este caso, que la finalidad de construir pozos geotérmicos es proporcionar el vapor necesario a las plantas generadoras existentes en un complejo geotermoeléctrico. Por otra parte, cuando se está en la etapa de exploración y estudio de cierta área geotérmica, la finalidad de construir pozos es determinar el potencial de producción de esa área.

Visto como negocio, la construcción de pozos geotérmicos permite alcanzar una rentabilidad adecuada y en ocasiones excelentes utilidades, sin embargo el tipo de contratación y la forma de pago de los trabajos realizados modifican sustancialmente el enfoque de negocio.

Sea como sea el tipo de contrato, y la forma de pago, la administración de este tipo de proyectos debe mantener un planteamiento base que permita desarrollar el proyecto con eficiencia, eficacia y con la calidad necesaria.

A diferencia de cualquier otro tipo de obra similar, la construcción de pozos geotérmicos pudiera ser la única obra que requiere dos tipos de diseños desarrollados en forma simultánea: el primero: cuando se construye el pozo; el segundo, cuando produce el pozo.

Dicho de otra manera, durante la construcción del pozo se presentarán esfuerzos primarios y secundarios, de presión y temperatura, de agentes corrosivos, etc., los cuales tal vez se duplicarán o triplicarán durante la etapa de producción.

Estas consideraciones hacen que la ingeniería aplicada en este tipo de obra, no solo garantice el éxito en la construcción, sino que la vida productiva de cada pozo está íntimamente ligada con el éxito obtenido en la construcción del mismo.

Deficiencias en el control de calidad durante la construcción, invariablemente resultarán en una menor vida útil del pozo, siendo necesario realizar intervenciones a fin de recuperar la producción inicial o de mejorar la producción de vapor obtenida.

Al construir pozos geotérmicos hay que tener presente que los esfuerzos de presión y temperatura que se presentarán durante la producción, afectarán a toda la estructura mecánica del pozo, y las intervenciones necesarias disminuirán el suministro de vapor a las centrales generadoras, con el consecuente incremento en los costos y disminución del margen de utilidades.

POZOS DE DESARROLLO

CUANTIFICACIÓN DEL ÁREA POR DESARROLLAR

Los proyectos de generación de energía geotermoeléctrica plantean de origen, la necesidad de elaborar estudios de factibilidad de aprovechamiento del vapor endógeno en zonas identificadas como hidrotermales. Una vez determinado y medido el recurso por métodos indirectos, se establece el programa de desarrollo de campo, mediante la construcción de pozos, cuya evaluación apoyará en la cuantificación del potencial energético y derivará en la construcción y puesta en servicio de unidades generadoras.

Como se mencionó anteriormente, el conducto necesario para la extracción de fluidos geotérmicos, del subsuelo a la superficie, se obtiene a través de la construcción de pozos, actividad que requiere establecer una visión general en el proceso de planeación. Los pozos de desarrollo constituyen las unidades elementales de explotación de las fuentes de producción de vapor ubicadas en un complejo de generación, con lo cual se garantiza el adecuado y oportuno suministro de vapor las unidades de generación.

Cabe mencionar lo siguiente: cualquier empresa que se dedique a la construcción de pozos geotérmicos de desarrollo, debe garantizar al término de cada perforación, mediante pruebas, registros y reportes, lo siguiente:

1. Las tuberías de revestimiento están satisfactoriamente cementadas.
2. Todos los accesorios de cementación utilizados fueron probados hidráulicamente y no presentan comunicación con la formación.
3. La zona productora ha quedado bien definida y no está en contacto con zonas de menor temperatura.
4. Las instalaciones superficiales se encuentran en adecuado estado y cumplen con los requerimientos de capacidad de trabajo necesarios.

Cumpliendo con estos cuatro puntos, se considera que los pozos construidos están en condiciones de suministrar fluidos geotérmicos sin problema alguno.

Los pozos productores se clasifican de acuerdo a su objetivo, su finalidad es la misma: mantener en operación adecuada y oportuna un complejo de generación de electricidad, por lo tanto se pueden clasificar de la siguiente forma:

POZOS PRODUCTORES

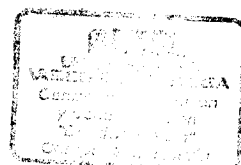
Una vez que ha sido determinada el área geotérmica por desarrollar, y se ha determinado su potencial preliminar, lo cual en condiciones normales es posible llevarlo a cabo mediante la realización de tres perforaciones exploratorias profundas, se procede a cuantificar y delimitar el área de interés mediante la ubicación y construcción de pozos productores, con lo cual se está en posibilidad de determinar el potencial geotérmico presente.

Los resultados obtenidos en la producción de vapor de cada pozo, ligado a su ubicación, serán los elementos principales de la base de datos que permitirá establecer la administración del recurso y el modelo de explotación más adecuado, léase números de pozos productores necesarios, a fin de establecer la capacidad de generación del área.

POZOS DE REPOSICIÓN

En complejos de generación geotermoeléctrica en desarrollo, es necesario mantener la producción de vapor demandada para generar óptimamente. Esto requiere realizar la construcción de pozos de reposición, con los cuales se cubre la declinación en la producción de vapor, originada debido a problemas de incrustación en sus tuberías, problemas mecánicos, y por declinación natural del yacimiento. Técnicamente estos pozos son iguales a los productores, pero contablemente son diferentes.

Esta situación, ha significado un problema contable en la administración de complejos de generación geotermoeléctrica. La causa del problema es la forma como se consideran los elementos que alimentan al sistema de costeo, al determinar cada pozo como activo de la empresa. El termino reponer significa contablemente que otro pozo tiene que ser dado de baja, sin embargo, la realidad es que se está reponiendo vapor, y algunos pozos viejos de edad mantienen una aportación significativa al sistema de suministro de vapor, por lo que no pueden ser dados de baja contablemente.



INTERVENCIÓN DE POZOS

Otra forma de reponer vapor, está dada por la intervención de pozo productores cuya producción de vapor ha declinado con el tiempo debido a las condiciones mecánicas de estos. Para poder realizar una intervención en un pozo se requieren analizar varios aspectos principales, tales como:

- ▶ Edad del pozo.
- ▶ Curva de producción a lo largo de su vida productiva.
- ▶ Estado mecánico de las tuberías de revestimiento.
- ▶ Posibilidades de éxito en la intervención.
- ▶ Pronóstico de producción posterior a la reparación.
- ▶ Costo de la intervención.

Una de las ventajas de realizar intervenciones a pozos existentes, está dada por la inmediata incorporación de la producción de vapor obtenida, dado que no se requiere realizar la construcción de nueva infraestructura de conducción y acondicionamiento de vapor, sin embargo una gran desventaja es la cantidad de vapor obtenida y la duración de la vida productiva.

POZOS INYECTORES.

El agua separada de la mezcla geotérmica en superficie, tiene que ser conducida a un lugar tal que no ocasione problemas ambientales, la mejor solución está dada por la construcción de pozos inyectores, con los cuales se busca reingresar el agua extraída del subsuelo. El agua separada es conducida, para su inyección, a través de tubería o canales de acuerdo con la topografía existente, utilizando el declive natural del terreno o mediante estaciones de bombeo. De acuerdo con las condiciones de permeabilidad de cada pozo inyector, se podrá transportar el agua al subsuelo por gravedad o por medio de bombas.

DISEÑO DE POZOS GEOTÉRMICOS

En general, existen dos claves para perforar pozos a un costo efectivo, por lo tanto los esfuerzos en la planeación deben ser dirigidos a esas dos claves.

- ▶ La primera clave es evitar problemas, los cuales están principalmente relacionados con las propiedades del fluido de perforación y con la realización de correctas prácticas de perforación, evitando ser demasiado cautelosos. Realizar el trabajo apropiadamente, evita la improvisación que acompaña a planeaciones cortas, que a menudo llevan a problemas innecesarios y a costos no contemplados en barrenas extras para alcanzar el más eficiente sistema de fluido de perforación.
- ▶ La segunda llave es maximizar los avances, lo cual es más afín a optimizar la selección de barrena y el arreglo de la sarta de perforación; optimizar los parámetros de perforación; elaborar una planeación avanzada; y realizar prácticas de perforación correctas. El éxito en la construcción de un pozo está determinado primero por los fieles esfuerzos para realizar lo mejor posible el plan de perforación y segundo por la competencia en la supervisión mientras se realizan los trabajos, relacionado en la mente las dos llaves.

En la perforación de pozos geotérmicos, estas dos claves se mantienen como la base para lograr un eficiente trabajo, sin embargo, la mayoría de los problemas que ocasionan retrasos en el programa y significan costos adicionales a lo contemplado, están principalmente relacionados con los dos siguientes factores:

- ▶ La sarta de perforación, su selección, calidad, cuidado y operación;
- ▶ El programa de fluidos de perforación, su diseño, aplicación, seguimiento y fiel supervisión.

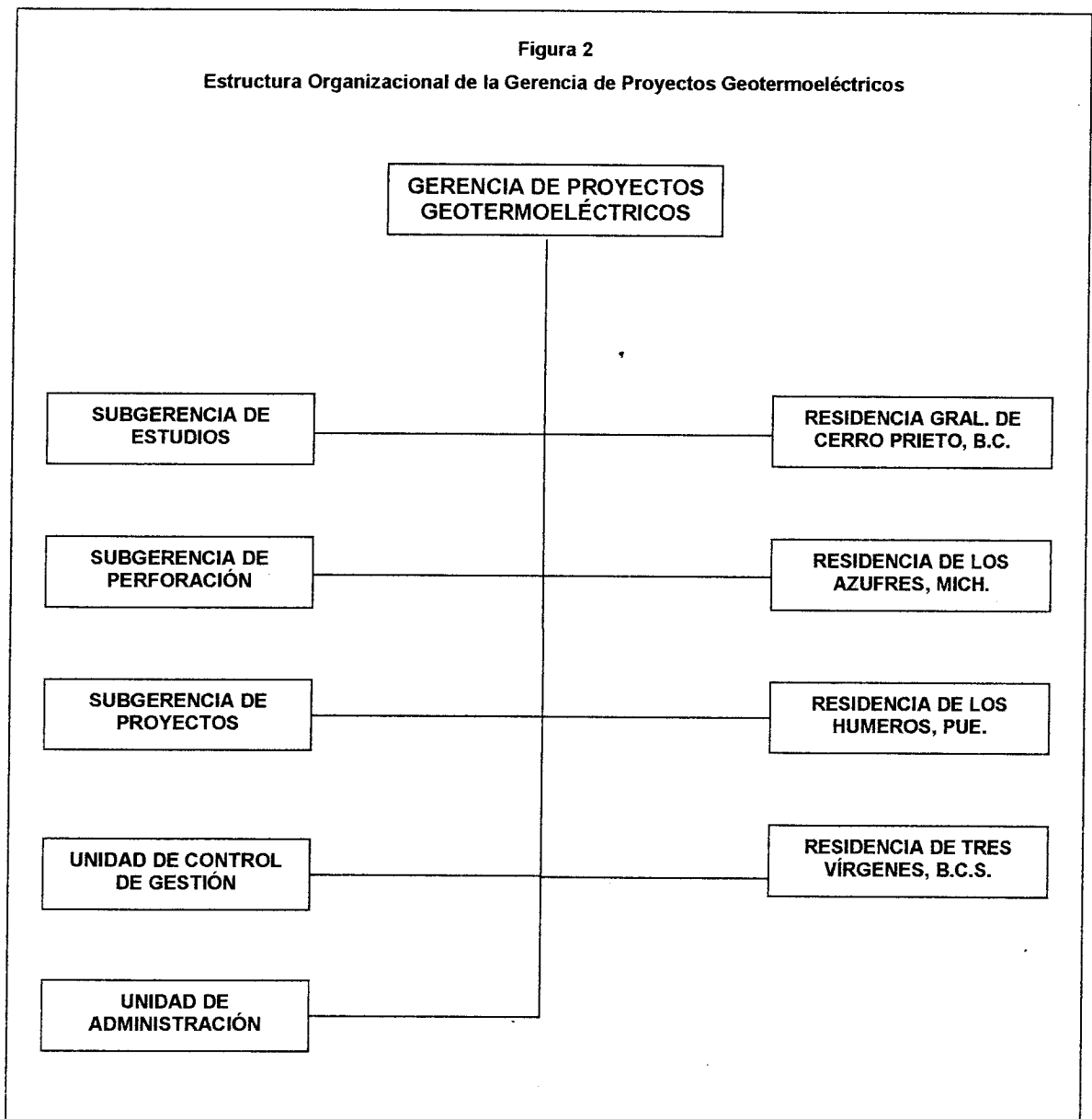
De igual forma, la realización de prácticas correctas de perforación, los fieles esfuerzos para realizar lo mejor posible el plan de perforación y la competencia en la supervisión cuando se realizan los trabajos, son elementos que permiten evitar problemas innecesarios. A diferencia de cualquier otro tipo de obra similar, la construcción de pozos geotérmicos pudiera ser la única obra que requiere dos tipos de diseños desarrollados en forma simultánea: el primero: cuando se construye el pozo; el segundo, cuando produce el pozo. Dicho de otra manera, durante la construcción del pozo se presentarán esfuerzos primarios y secundarios, de presión y temperatura, de agentes corrosivos, etc., los cuales tal vez se duplicarán o triplicarán durante la etapa de producción.

Estas consideraciones hacen que la ingeniería aplicada en este tipo de obra, no solo garantice el éxito en la construcción, sino que la vida productiva de cada pozo está íntimamente ligada con el éxito obtenido en la construcción del mismo. Deficiencias en el control de calidad durante la construcción, invariablemente resultarán en una menor vida útil del pozo, siendo necesario realizar intervenciones a fin de recuperar la producción inicial o de mejorar la producción de vapor obtenida.

3.9 ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

La Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (GPG) es una gerencia nacional desconcentrada de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), dependiente de la Subdirección de Generación. La GPG ha realizado y validado los procesos que permiten el desarrollo de los campos geotérmicos de Cerro Prieto, Los Azufres, Los Humeros y Las Tres Vírgenes, sitios en los cuales se han establecidos unidades de trabajo denominadas Residencias, las cuales dependen de la GPG. La función principal de las residencias es garantizar la entrega oportuna del vapor geotérmico a las Centrales Generadoras, las cuales suman una capacidad actual instalada de 953 MW.

La GPG coordina los estudios de exploración y factibilidad, el desarrollo y la construcción de nuevos proyectos geotermoeléctricos y otras fuentes alternas de energía, a fin de contribuir con la diversificación de las fuentes de energía primaria para la generación de electricidad y administra a los campos geotérmicos, manteniendo alta tecnología, orden, y competencia, con objeto de que el vapor geotérmico sea suministrado en cantidad, calidad, y oportunidad. La estructura organizacional con la que cuenta es la siguiente:



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de investigación de campo.

DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

La estructura organizacional relacionada con la SGC se compone de una gerencia, de la cual dependen tres Subgerencias, dos unidades y cuatro residencias: Subgerencia de Estudios, Subgerencia de Proyectos de Energías Renovables, Subgerencia de Construcción, Unidad de Administración, Unidad de Control de Gestión, Residencia General de Cerro Prieto, Residencia Los Azufres, Residencia Los Humeros, Residencia Las Tres Vírgenes y la Residencia de Cerritos Colorados en etapa de análisis de factibilidad.

La Subgerencia de Estudios tiene entre sus funciones: realizar la prospectiva del aprovechamiento de los recursos geotérmicos del país, efectuando estudios de localización y evaluación de yacimientos geotérmicos, tanto para desarrollo de nuevas áreas, así como para promover el crecimiento o mejora de los de los campos en desarrollo; estudio continuo a detalle del comportamiento del yacimiento, de los campos en desarrollo, a fin de definir las estrategias de explotación del recurso y la localización de pozos productores e inyectores; realizar estudios de impacto ambiental requeridos para el desarrollo de Centrales Geotermoeléctricas, Eólicas y Solares.

La Subgerencia de Proyectos de Energía Renovable tiene como funciones: realizar la prospectiva del aprovechamiento de los recursos eólicos y solares del país, localizando sitios potenciales para la utilización de la energía solar y del viento; realizar estudios de ingeniería básica, factibilidad técnica y económica, anteproyecto, ingeniería de detalle, especificaciones para el desarrollo de proyectos de centrales geotermoeléctricas, eólicas y solares.

Las funciones de la Subgerencia de Perforación son: planeación, programación, organización, dirección y control de la construcción de infraestructura de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno, incluyendo el diseño correspondiente a pozos geotérmicos, a fin de administrar los recursos que

garanticen el suministro oportuno de vapor a las centrales de generación, así como la dirección y control de la supervisión de nuevas centrales geotermoeléctricas y de otras fuentes alternas de energía.

La unidad de Administración tiene como funciones: coordinar, ejecutar, supervisar y dar seguimiento a los procesos de contratación de obras públicas y de servicios relacionados con las mismas, adquisición de bienes muebles e inmuebles, arrendamientos y servicios relacionados con los mismos, llevar la contabilidad de todas las operaciones y el control del personal, así como proporcionar los apoyos administrativos requeridos por las áreas de la Gerencia.

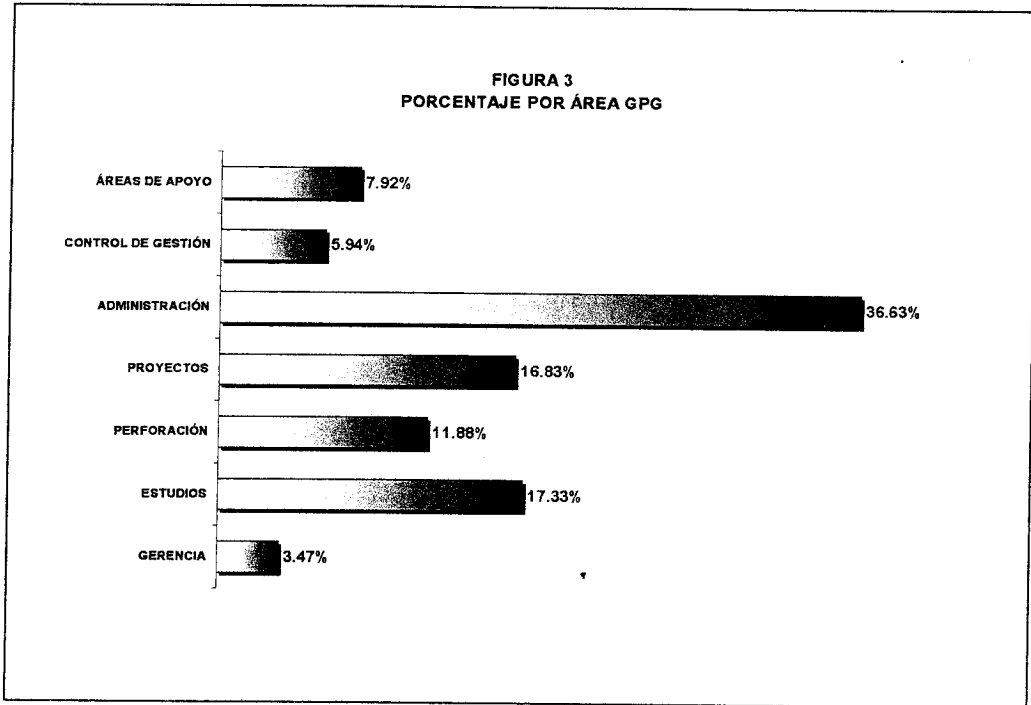
La MISIÓN de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos es desarrollar proyectos para producir electricidad a partir de recursos renovables no convencionales de energía y administrar los recursos necesarios para la extracción, manejo y acondicionamiento del vapor geotérmico, coadyuvando a satisfacer la demanda de energía eléctrica, protegiendo el medio ambiente y procurando el bienestar de la sociedad.

Las características del capital humano que conforma la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, sin incluir las residencias que la conforman se expresan en la Tabla 9:

| TABLA 9 CARACTERÍSTICAS DEL CAPITAL HUMANO DE LA GERENCIA DE PROYECTOS GEOTERMOELÉCTRICOS | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------|------------|-------|------------|-----------|----------------|
| ÁREA | CANTIDAD | TIPO DE CONTRATO | | | GENERO | | % POR ÁREA |
| | | CONF. | SIND. | TEMP. | M | F | |
| GERENCIA | 5 | 3 | 2 | | 2 | 3 | 2.82% |
| ESTUDIOS | 40 | 9 | 31 | | 31 | 9 | 22.60% |
| PERFORACIÓN | 21 | 11 | 10 | | 17 | 4 | 11.86% |
| PROYECTOS | 28 | 12 | 16 | | 26 | 2 | 15.82% |
| ADMINISTRACIÓN | 59 | 20 | 39 | | 32 | 27 | 33.33% |
| CONTROL DE GESTIÓN | 9 | 5 | 4 | | 9 | 0 | 5.08% |
| ÁREAS DE APOYO | 15 | 10 | 5 | | 12 | 3 | 8.47% |
| TOTALES | 177 | 70 | 107 | | 129 | 48 | 100.00% |

Fuente: Oficina de Personal, GPG, C.F.E, 2004

La figura 3 muestra la aplicación de porcentajes relativos para el capital humano de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, en la cual se observan las áreas con mayor porcentaje de personal:



Fuente: Oficina de Personal, GPG, C.F.E., 2004

4. ESTADO ACTUAL DE LOS PROYECTOS GEOTERMOELÉCTRICOS PARA SATISFACER LA DEMANDA DE VAPOR ENDÓGENO A CENTRALES GEOTERMOELÉCTRICAS.

4.1 CAMPO GEOTÉRMICO DE CERRO PRIETO, B.C.

CENTRALES GENERADORAS

En esta campo geotérmico, en el año 2002 se terminó la etapa de construcción de cuatro unidades generadoras a condensación de 25 MW cada una, para un total de 100 MW, mediante contrato de obra pública financiada, por lo que la capacidad total instalada actual es de 720 MW.

Una característica propia de este campo es la utilización de vapor de alta, media y baja presión, con lo cual se incorporan productos secundarios en la generación de energía eléctrica. La ubicación, número, y características de cada unidad es la indicada en la Tabla 5.

DEMANDA Y DISPONIBILIDAD DE VAPOR DE CENTRALES GENERADORAS:

El vapor máximo requerido para las 13 unidades es, de acuerdo con la demanda nominal, de vapor de aproximadamente 5 400 t/h, sin embargo en operación normal, de acuerdo con la curva de experiencia, se tiene una demanda real de vapor cercana a 6 000 t/h.

En este campo geotérmico, a lo largo de cerca de 30 años, se ha construido un total de 315 pozos, de los cuales 147 están incorporados al suministro de vapor a las centrales generadoras, los cuales presentan las siguientes condiciones:

| TABLA 10 RESUMEN DE POZOS EN EL C.G. CERRO PRIETO | | |
|------------------------------------------------------|----|-----|
| POZOS PRODUCTORES INTEGRADOS AL SISTEMA | | 147 |
| POZOS INYECTORES | | 13 |
| OPERANDO | 10 | |
| FUERA DE SISTEMA TEMPORALMENTE | 3 | |
| POZOS FUERA DE SERVICIO | | 155 |
| EN REPARACIÓN | 2 | |
| REPARADOS EN PROCESO DE INTEGRACIÓN | 3 | |
| EN PERFORACIÓN | 3 | |
| PERFORADOS EN PROCESO DE INTEGRACIÓN | 9 | |
| POZOS DE MONITOREO | 32 | |
| POZOS DISPONIBLES PARA REPARACIÓN | 18 | |
| POZOS SIN USO | 18 | |
| POZOS CERRADOS DE ACUERDO A NORMATIVA DE CNA | 70 | |
| TOTAL GENERAL DE POZOS | | 315 |

Fuente: Residencia General de Cerro Prieto, GPG, C.F.E, 2004.

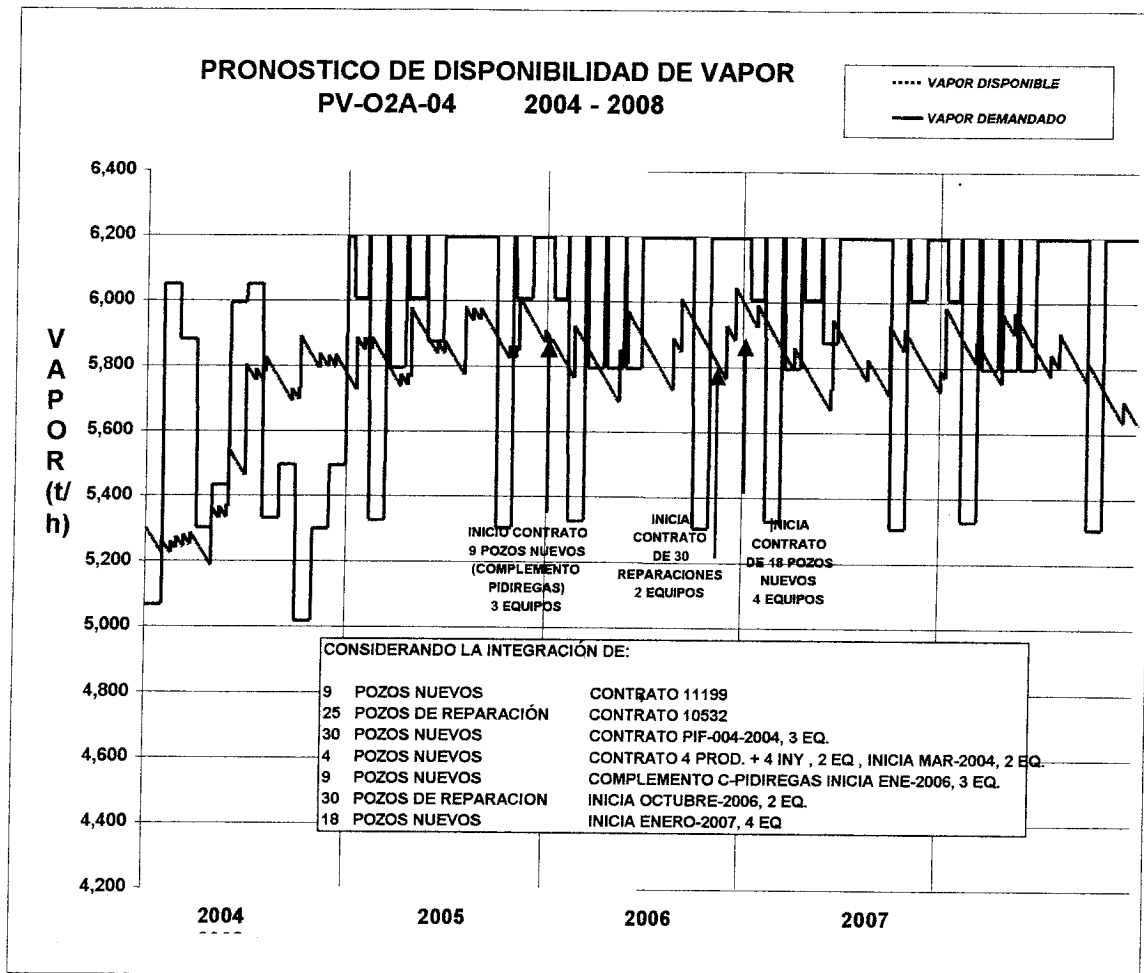
Cerro Prieto está dividido en cuatro áreas de producción denominadas: CPU, CPD, CPT y CPC.

PRONÓSTICO DE DISPONIBILIDAD DE VAPOR

El objetivo principal del pronóstico de disponibilidad de vapor, obedece a una estrategia que considera dar mayor importancia a los pozos nuevos que las reparaciones en el año 2006, para mejorar y mantener una disponibilidad en un promedio de 5 800 t/h en el periodo 2006-2008.

Por lo anterior, se considera la necesidad de perforar nueve pozos a partir de enero de 2006 y treinta intervenciones a pozos a partir de octubre de 2006, por lo que, de acuerdo con la tendencia de producción del campo, el pronóstico de disponibilidad de vapor se muestra en la figura 4.

Figura 4
Pronóstico de Vapor en Cerro Prieto, B.C.

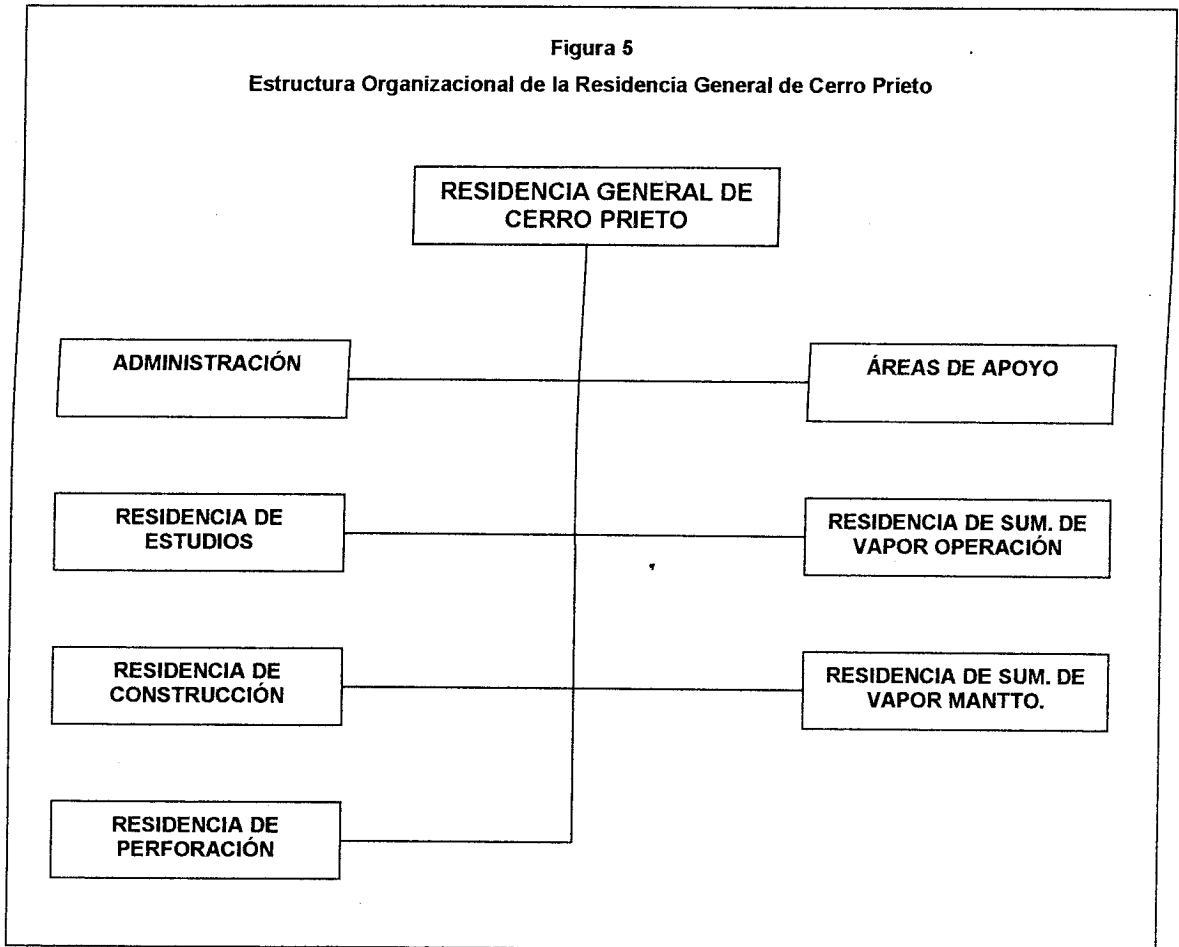


Fuente: Residencia General de Cerro Prieto, GPG, C.F.E., 2004.

Como se observa, en el año de 2004 se inició con una disponibilidad de vapor de 5 300 t/h, tendiendo a alcanzar 5 800 t/h en agosto del mismo año, manteniendo esta disponibilidad hasta el año 2008, esto como resultado del cambio en prioridad en las perforaciones con respecto a las intervenciones, dado que el aporte por pozo nuevo se considera, en promedio, de 55 t/h por pozo, y de 35 t/h el aporte por pozo intervenido.

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La estructura organizacional que actualmente se aplica en la Residencia General de Cerro Prieto es la siguiente:



Fuente: Residencia General de Cerro Prieto, GPG, C.F.E., 2004.

CAPITAL HUMANO

Las características del capital humano que conforma la Residencia General de Cerro Prieto se indican en Tabla 11:

TABLA 11
CARACTERÍSTICAS DEL CAPITAL HUMANO DE LA RESIDENCIA DE GENERAL DE CERRO PRIETO

| ÁREA | CANTIDAD | TIPO DE CONTRATO | | | GENERO | | % POR ÁREA |
|---------------------|------------|------------------|------------|------------|------------|-----------|----------------|
| | | CONF. | SIND. | TEMP. | M | F | |
| ESTUDIOS | 43 | 8 | 10 | 25 | 33 | 10 | 9.13% |
| CONSTRUCCIÓN | 62 | 5 | 4 | 53 | 58 | 4 | 13.16% |
| PERFORACIÓN | 28 | 3 | 7 | 18 | 27 | 1 | 5.94% |
| SUM. DE VAPOR OP. | 114 | 4 | 110 | 0 | 111 | 3 | 24.20% |
| SUM. DE VAPOR MANT. | 118 | 6 | 100 | 12 | 116 | 2 | 25.05% |
| ÁREAS DE APOYO | 16 | 6 | 0 | 10 | 12 | 4 | 3.40% |
| ADMINISTRACIÓN | 87 | 15 | 30 | 42 | 62 | 25 | 18.47% |
| RESIDENCIA | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0.64% |
| TOTALES | 471 | 48 | 262 | 161 | 421 | 50 | 100.00% |

Fuente: Oficina de Personal, GPG, C.FE., 2004.

4.2 CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS AZUFRES, MICH.

CENTRALES GENERADORAS

En esta campo geotérmico, en el año 2003 se terminó la etapa de construcción de cuatro unidades generadoras a condensación de 25 MW cada una, para un total de 100 MW, mediante contrato de obra pública financiada, por lo que la capacidad total instalada actual es de 188 MW. La ubicación, número, y características de cada unidad son las indicadas en la Tabla 6.

DEMANDA Y DISPONIBILIDAD DE VAPOR DE CENTRALES GENERADORAS:

El vapor máximo requerido para las cuatro unidades de 25 MW es de 188 t/h de vapor por cada unidad, en operación normal. Por lo que la demanda para estas cuatro nuevas unidades es de 752 t/h. La producción necesaria de vapor correspondiente a las unidades ya existentes, 7 unidades de 5 MW y una de 50 MW para una capacidad de 85 MW, corresponde a una demanda de 910 t/h, por lo que la demanda total de vapor es de 1 662 t/h de vapor endógeno. Se localizan dos unidades de ciclo binario de 1.5 MW, las cuales operan con agua caliente.

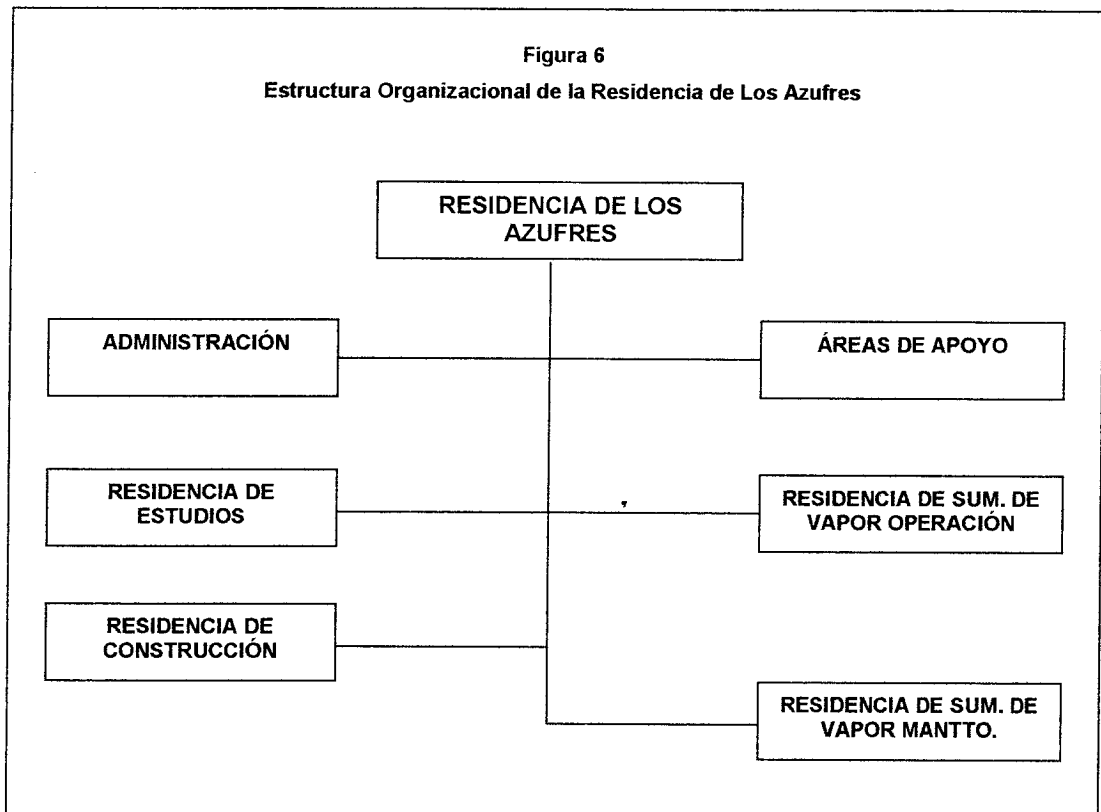
El potencial geotérmico en el campo geotérmico de Los Azufres se desarrollo en dos zonas: Norte y Sur, se cuenta con un total de 35 pozos productores y algunos pozos reparten su producción en más de una unidad generadora, por lo que el sistema de suministro de vapor presenta el siguiente arreglo, Tabla 12 para cada una de las centrales:

| TABLA 12 SUMINISTRO DE VAPOR (t/h) POR POZO A UNIDADES GENERADORAS EN LOS AZUFRES | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------|------|-------|------------|---------------|------|------|-------|------|---------------|-------|-------|--------|
| ZONA SUR | | | | | ZONA NORTE | | | | | | | | | |
| POZO | UNIDAD NÚMERO | | | | POZO | UNIDAD NÚMERO | | | | POZO | UNIDAD NÚMERO | | | |
| | 2 | 6 | 10 | 7 | | 13 | 3 | 4 | 9 | | 14 | 5 | 15 | 16 |
| | AZ-17 | 42.7 | | | | | | AZ-5 | 65.0 | | | | 5.0 | AZ-9 A |
| AZ-34 | 38.0 | | | | | AZ-13 | | 65.0 | | 5.0 | AZ-9 | 18.5 | | |
| AZ-18 | | 62.0 | 8.0 | | | AZ-32 | | | 25.1 | 30.0 | AZ-45 | 25.6 | | |
| AZ-26 | | | 60.0 | | | AZ-43 | | | 52.4 | | AZ-4 | | 30.0 | |
| AZ-2 | | | | | | AZ-48 | | | | 45.0 | AZ-28 | | 67.4 | |
| AZ-22 | | | | 105.3 | | AZ-51 | | | | 35.0 | AZ-28 A | | 18.0 | |
| AZ-33 | | | | 63.0 | | AZ-42 | | | | 76.0 | AZ-19 | | 49.0 | |
| AZ-35 | | | | 48.8 | | AZ-64 | | | | 12.0 | AZ-57 | | 14.0 | |
| AZ-36 | | | | 16.6 | | | | | | | AZ-69D | | 69.0 | |
| AZ-37 | | | | 39.2 | | | | | | | AZ-56 | | 16.0 | |
| AZ-38 | | | | 83.0 | | | | | | | AZ-41 | | 14.0 | |
| AZ-46 | | | | 63.9 | | | | | | | AZ-67 | | 21.2 | |
| AZ-62 | | | | 93.5 | | | | | | | AZ-66D | | 31.6 | |
| AZ-1 A | | | | 35.0 | | | | | | | AZ-65D | | 35.0 | |
| AZ-6 | | | | 40.0 | | | | | | | AZ-30 | | 10.0 | |
| AZ-16 | | | | 20.0 | | | | | | | AZ-9AD | 20.0 | | |
| AZ-16D | | | | 20.0 | | | | | | | | | | |
| AZ-23 | | | | 20.0 | | | | | | | | | | |
| AZ-25 | | | | 17.0 | | | | | | | | | | |
| DISPONIBLE | 80.7 | 62.0 | 68.0 | 665.3 | | 65.0 | 65.0 | 77.5 | 208.0 | | 80.3 | 375.2 | | |
| PRODUCCIÓN TOTAL DISPONIBLE DE VAPOR : | | | | | | | | | | SUR | 876.0 | NORTE | 871.0 | 1747.0 |
| DEMANDA | 68.0 | 75.0 | 75.0 | 626.0 | | 65.0 | 63.0 | 76.0 | 186.0 | | 68.0 | 360.0 | | |
| DEMANDA TOTAL DE PRODUCCIÓN DE VAPOR: | | | | | | | | | | SUR | 844.0 | NORTE | 818.0 | |
| DIFERENCIA | | | | | | | | | 32.0 | | 53.0 | | | |

Fuente: Residencia de Campo Geotérmico Los Azufres, GPG, C.F.E, 2004

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La estructura organizacional que actualmente se aplica en la Residencia de Los Azufres se presenta en la figura 6:



Fuente: Oficina de Personal, GPG, C.F.E., 2004

CAPITAL HUMANO

Las características del capital humano que conforma la Residencia de Los Azufres se indican en la Tabla 13:

TABLA 13
CARACTERÍSTICAS DEL CAPITAL HUMANO DE LA RESIDENCIA DE LOS AZUFRES

| ÁREA | CANTIDAD | TIPO DE CONTRATO | | | GENERO | | % POR ÁREA |
|---------------------|------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| | | CONF. | SIND. | TEMP. | M | F | |
| ESTUDIOS | 18 | 2 | 4 | 12 | 15 | 3 | 16.98% |
| CONSTRUCCIÓN | 12 | 1 | 2 | 9 | 11 | 1 | 11.32% |
| PERFORACIÓN | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0.00% |
| SUM. DE VAPOR OP. | 20 | 1 | 3 | 16 | 18 | 2 | 18.87% |
| SUM. DE VAPOR MANT. | 16 | 4 | 12 | | 16 | 0 | 15.09% |
| ÁREAS DE APOYO | 1 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0.94% |
| ADMINISTRACIÓN | 28 | 2 | 4 | 22 | 22 | 6 | 26.42% |
| RESIDENCIA | 11 | 2 | 0 | 9 | 8 | 3 | 10.38% |
| TOTALES | 106 | 13 | 25 | 68 | 91 | 15 | 100.00% |

Fuente: Oficina de Personal, GPG, C.F.E., 2004

4.3 CAMPO GEOTÉRMICO LOS HUMEROS, PUE.

CENTRALES GENERADORAS

En esta campo geotérmico, se tiene una infraestructura instalada de 7 unidades generadoras con capacidad de 5 MW cada una, por lo que la capacidad total instalada actual es de 35 MW, tal como se muestra en la Tabla 7.

DEMANDA Y DISPONIBILIDAD DE VAPOR DE CENTRALES GENERADORAS

El vapor máximo requerido para cada una de las 7 unidades de 5 MW es de 65.00 t/h de vapor, por lo que la demanda nominal de vapor en t/h total corresponde a 455.00 t/h, sin embargo la demanda real de vapor es de 442.45 t/h. En esta área geotérmica se tiene una capacidad instalada de 35 MW (siete unidades de 5 MW cada una), un total de 40 pozos perforados de los cuales 22 son productores y 2 son inyectores. El vapor total disponible en el campo geotérmico es de una producción de 673.24 t/h., tal como se muestra en la tabla 14 PRODUCCIÓN DE VAPOR POR POZO.

Por lo que el vapor remanente para el proyecto de Los Humeros una vez satisfecha la demanda de las centrales existentes, es de 226.8 t/h.

La cantidad de vapor disponible en el campo es de 673.24 t/h, con lo cual se podrían generar 52.76 MW utilizando unidades a contrapresión, sin embargo si se utilizaran unidades a condensación la generación, considerando un consumo específico de 7.5 t/h por MW, sería de 9.7 MW. El arreglo de pozos interconectados a las centrales se muestra a continuación:

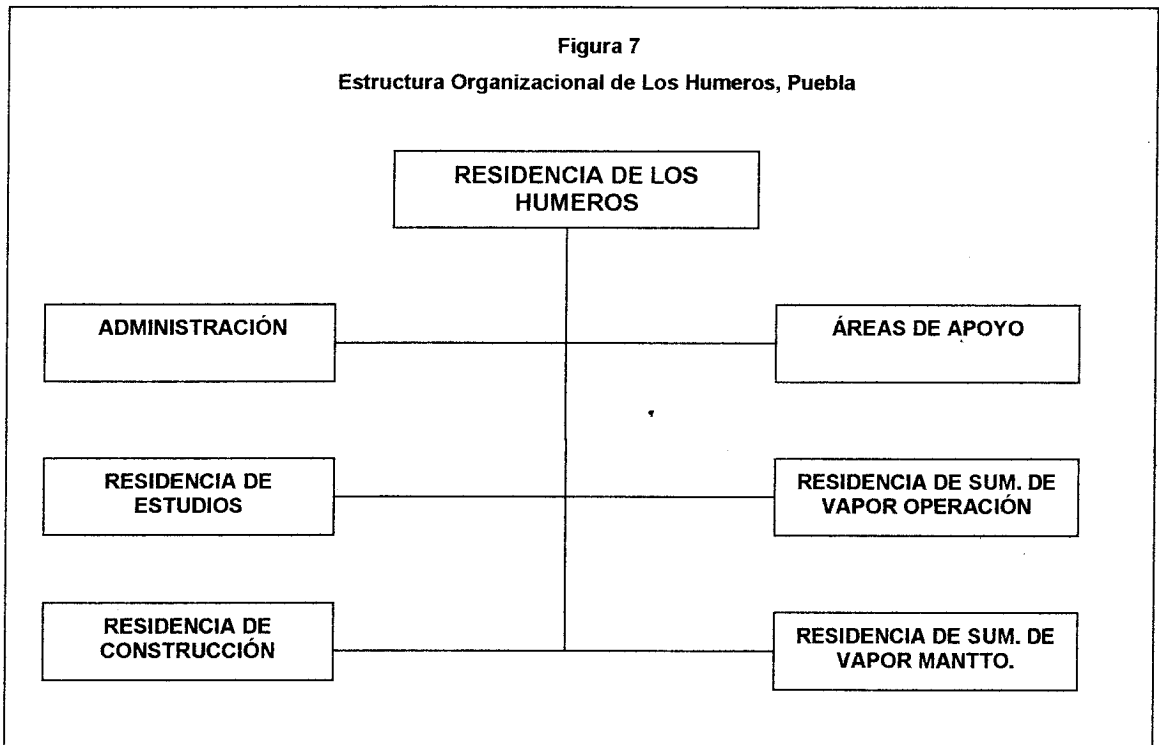
| TABLA 14 SUMINISTRO DE VAPOR (t/h) POR POZO A UNIDADES GENERADORAS EN LOS HUMEROS | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------------|
| POZO | UNIDAD NÚMERO | | | | | | | PRODUCCIÓN TOTAL DE VAPOR (t/h) |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| H-1 | | 24.00 | | | | | | 39.80 |
| H-3 | 6.50 | | | | | | | 8.80 |
| H-6 | | | 41.94 | | | | | 37.00 |
| H-7 | | 45.07 | | | | | | 49.50 |
| H-8 | | 9.07 | | | | | | 10.10 |
| H-9 | 46.70 | | | | | | | 49.00 |
| H-11 | | | | | | 10.66 | | 11.00 |
| H-12 | | | 44.43 | | | | | 47.90 |
| H-15 | | | | | 38.36 | | | 43.60 |
| H-16 | | | | 23.22 | | | | 23.20 |
| H-17 | | | | | | | 33.11 | 29.50 |
| H-19 | | | | | | 24.82 | | 26.50 |
| H-20 | | | | | | 41.11 | | 32.50 |
| H-28 | | | | | | | | 14.60 |
| H-30 | | | | | | | 29.24 | 31.30 |
| H-31 | | | | | 44.03 | | | 49.20 |
| H-32 | | | | | | | 34.11 | 39.60 |
| H-33 | | | | | | | | 9.10 |
| H-34 | | | | | | | | 60.00 |
| H-35 | | | | | | | | 8.60 |
| H-37 | 23.75 | | | | | | | 20.00 |
| H-39 | | | | | | | | 32.40 |
| DISP. | 76.95 | 78.14 | 86.37 | 23.22 | 82.39 | 76.59 | 96.46 | |
| PRODUCCIÓN TOTAL DISPONIBLE DE VAPOR EN CAMPO : | | | | | | | | 673.20 |
| DEM. | 63.8 | 63.8 | 63.8 | 63.8 | 63.8 | 63.8 | 63.80 | |
| DEMANDA TOTAL DE PRODUCCIÓN DE VAPOR: | | | | | | | | 380.00 |
| DIF. | 13.15 | 14.34 | 22.57 | -40.6 | 18.59 | 12.79 | 32.66 | 293.20 |

Fuente: Residencia de Campo Geotérmico Los Humeros, Pue., GPG, C.F.E., 2004

Con relación a la perforación, intervención e instalación de nuevas unidades no se tiene contemplado nada para el presente ejercicio.

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La estructura organizacional que actualmente se aplica en la Residencia de Los Humeros se muestra en la figura 7.



Fuente: Oficina de Personal, GPG, C.F.E., 2004

CAPITAL HUMANO

Las características del capital humano que conforma la Residencia de Los Humeros se indican en la Tabla 15, incluyendo el porcentaje de participación por área, indicándose las áreas de mayor participación.

TABLA 15
CARACTERÍSTICAS DEL CAPITAL HUMANO DE LA RESIDENCIA DE LOS HUMEROS

| ÁREA | CANTIDAD | TIPO DE CONTRATO | | | GENERO | | % POR ÁREA |
|---------------------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| | | CONF. | SIND. | TEMP. | M | F | |
| ESTUDIOS | 13 | 0 | 3 | 10 | 8 | 5 | 18.57% |
| CONSTRUCCIÓN | 10 | 3 | 7 | 0 | 9 | 1 | 14.29% |
| PERFORACIÓN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00% |
| SUM. DE VAPOR OP. | 19 | 5 | 9 | 5 | 18 | 1 | 27.14% |
| SUM. DE VAPOR MANT. | 3 | 1 | 2 | 0 | 3 | 0 | 4.29% |
| ÁREAS DE APOYO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00% |
| ADMINISTRACIÓN | 14 | 1 | 1 | 12 | 10 | 4 | 20.00% |
| RESIDENCIA | 11 | 1 | 1 | 9 | 11 | 0 | 15.71% |
| TOTALES | 70 | 11 | 23 | 36 | 59 | 11 | 100.00% |

Fuente: Oficina de Personal, GPG, C.F.E., 2004

4.4 CAMPO GEOTÉRMICO DE LAS TRES VÍRGENES, B.C.S.

CENTRALES GENERADORAS

El arreglo de centrales de generación es el mostrado en la Tabla 7.

DEMANDA Y DISPONIBILIDAD DE VAPOR DE CENTRALES GENERADORAS:

En este campo geotérmico se ha realizado la perforación de 9 (nueve) pozos, cuya condición es la siguiente:

TABLA 16
RESUMEN DE POZOS EN EL C.G. LAS TRES VÍRGENES

| Denominación De pozo | Profundidad (m) | Condición Actual | Producción De vapor (T/H) | Observaciones |
|-------------------------|--------------------|---------------------|------------------------------|----------------------------------------|
| LV - 1 | 1887 | PRODUCTOR | 16 | Pozo reparado |
| LV - 2 | 1295 | INYECTOR | | Originalmente c/productor |
| LV - 3 | 2150 | FUERA DEL SISTEMA | 0 | Intervenido en 2002, liner desprendido |
| LV - 4 | 2500 | FUERA DEL SISTEMA | 11 | Daño mecánico en tubería productora |
| LV - 5 | 1859 | INYECTOR | | Originalmente c/productor |
| LV - 7 | 1250 | INYECTOR | | Originalmente c/inyector |
| LV - 8 | 1715 | INYECTOR | | Originalmente c/inyector |
| LV - 11 | 2081 | PRODUCTOR | 33 | Acidificado |
| LV - 13 | 2414 | OBSERVACIÓN | 0 | Acidificado |

Fuente: Residencia de Campo Geotérmico Las Tres Vírgenes, GPG, C.F.E., 2004

| | |
|------------------------------------|---------------|
| Total de vapor | 51 t/h |
| Vapor disponible en central | 44 t/h |

La Unidad 1 está alimentada por los pozos LV-11 y LV-13, la demanda es de 49.05 t/h, se tiene disponibilidad de 44 t/h de producción de vapor, y un consumo específico de vapor de 9.81 t/h por MW. El sistema está interconectado para las dos unidades de 5 MW.

La disponibilidad total es de 44 t/h, la demanda de las dos centrales es de 98.1 t/h, existe un déficit de 54.1 t/h en la producción de vapor.

Existe un déficit de 54.1 t/h en la demanda de producción de vapor, por lo cual se tienen consideradas las siguientes actividades:

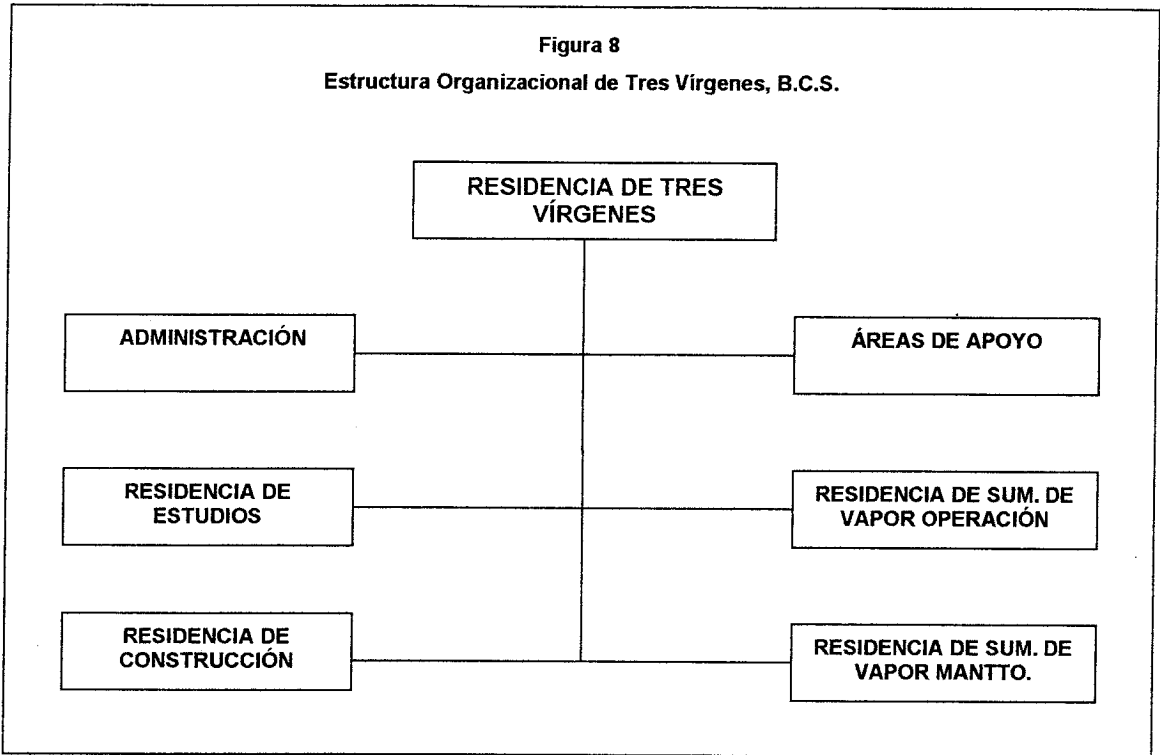
- ▶ Perforación del pozo LV-6.
- ▶ Intervención de los Pozos LV-13 y LV-4.

Con la perforación del pozo LV-6 (33 t/h) y la intervención de los pozos LV-13 (20 t/h) y LV-4 (30 t/h) se contempla una disponibilidad máxima adicional de 83 t/h.

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Se cuenta con la siguiente estructura organizacional, similar a los demás centros de producción de vapor, sin embargo excedida en su magnitud para el alcance de suministro de vapor que requiere:

Figura 8
Estructura Organizacional de Tres Vírgenes, B.C.S.



Fuente: Oficina de Personal de la GPG, C.F.E., 2004

CAPITAL HUMANO

Las características del capital humano que conforma la Residencia de Tres Vírgenes se indican en la Tabla 17.

TABLA 17
CARACTERÍSTICAS DEL CAPITAL HUMANO DE LA RESIDENCIA DE TRES VÍRGENES

| ÁREA | CANTIDAD | TIPO DE CONTRATO | | | GÉNERO | | % POR ÁREA |
|---------------------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| | | CONF. | SIND. | TEMP. | M | F | |
| ESTUDIOS | 9 | 1 | 4 | 4 | 7 | 2 | 17.65% |
| CONSTRUCCIÓN | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 3.92% |
| PERFORACIÓN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00% |
| SUM. DE VAPOR OP. | 21 | 6 | 5 | 10 | 20 | 1 | 41.18% |
| SUM. DE VAPOR MANT. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00% |
| ÁREAS DE APOYO | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3.92% |
| ADMINISTRACIÓN | 13 | 1 | 1 | 11 | 12 | 1 | 25.49% |
| RESIDENCIA | 4 | 1 | 0 | 3 | 4 | 0 | 7.84% |
| TOTALES | 51 | 10 | 11 | 30 | 45 | 6 | 100.00% |

Fuente: Oficina de Personal, GPG, C.F.E., 2004

5. SUPERVISIÓN Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE EXTRACCIÓN, MANEJO Y ACONDICIONAMIENTO DE VAPOR ENDÓGENO.

5.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD.

La Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos ha establecido un manual para documentar e implementar un Sistema de Gestión de Calidad (SGC), a efecto de cumplir con los requisitos de la Norma NMX-CC-9001-IMNC-2000 (ISO 9001:2000), y con ello estar en posibilidad de satisfacer las necesidades de sus clientes.

La aplicación del Sistema de Gestión de Calidad tiene como función demostrar la capacidad de proporcionar un producto que satisfaga las expectativas establecidas por los clientes, apoyándose en los procesos de mejora continua para asegurar la conformidad de los productos.

5.2 MISIÓN.

La misión de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos es desarrollar proyectos para producir electricidad a partir de recursos geotérmicos y otras fuentes renovables no convencionales de energía y administrar los recursos necesarios para la extracción, manejo, y acondicionamiento del vapor geotérmico, coadyuvando a satisfacer la demanda de energía eléctrica, protegiendo el medio ambiente y procurando el bienestar de la sociedad.

5.3 POLÍTICA DE CALIDAD

Suministrar los productos con oportunidad y eficiencia para lograr la satisfacción y superar las expectativas establecidas de los clientes, mediante el aprovechamiento controlado de los recursos naturales, creando un ambiente de trabajo seguro. Protegiendo el medio ambiente y buscando siempre la mejora continua.

5.4 OBJETIVOS DE LA CALIDAD

Para asegurar el cumplimiento de la política de la calidad, se han establecido los siguientes objetivos:

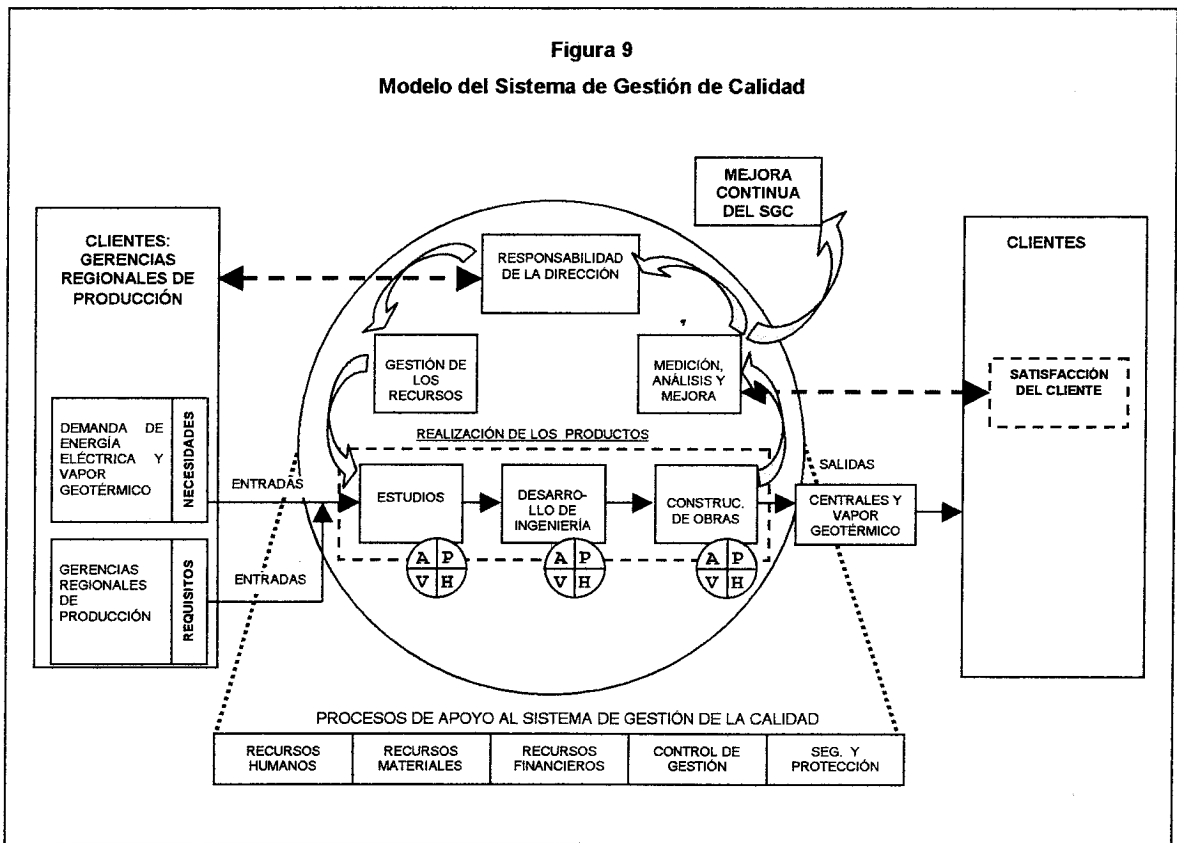
- ▶ Garantizar que todas las actividades que se relacionan con los procesos y productos se realicen con apego a la norma NMX-CC-9001-IMNC-2000 y a los procedimientos del Sistema de Gestión de Calidad.
- ▶ Satisfacer el crecimiento de la demanda eléctrica programando y desarrollando proyectos geotérmicos y de otras fuentes de energía no convencionales, plasmados en la “Prospectiva del Sector Eléctrico”, documento elaborado por la Secretaría de Energía.
- ▶ Obtener los recursos económicos, materiales, humanos y tecnológicos requeridos por las residencias de los campos geotérmicos del país, que garanticen el vapor geotérmico comprometido en los convenios cliente-proveedor.
- ▶ Asegurar la satisfacción de los clientes mediante la revisión periódica de sus requisitos y necesidades, aplicando en cada proceso la mejora continua.

5.5 PROCESOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

La Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos ha implementado un Sistema de Gestión de Calidad con un enfoque de procesos orientado a la satisfacción del cliente (Gerencias Regionales de Producción), en el cual las actividades y recursos relacionados se gestionan en dos procesos principales, teniéndose como productos finales una central de generación de energía eléctrica y vapor geotérmico en cantidad, calidad y oportunidad. Los procesos de la gerencia son planificados y puestos en práctica bajo condiciones controladas, con una orientación hacia el logro eficiente de los resultados deseados.

MODELO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD.

Los procesos para la realización de los productos (centrales y vapor geotérmico) se agrupan en tres etapas: Estudios (Pronóstico de vapor y Prefactibilidad), Desarrollo de ingeniería (desarrollo del sitio, elaboración de especificaciones y desarrollo de ingeniería) y Construcción de obras (construcción de la Central, pozos y equipo de manejo y acondicionamiento de vapor geotérmico), las cuales se integran al Modelo siguiente:



Mediante técnicas de mapeo de procesos, la GPG ha identificado los procesos que intervienen para el desarrollo de los productos de las tres etapas. En el flujograma se determina la interacción de nuestros procesos, mismos que se describen más adelante.

5.6 PROCESO DE DESARROLLO DE CENTRALES

En el caso de desarrollo de proyectos de Centrales Geotermoelécticas y de otras fuentes alternas de energía, el proceso se lleva a cabo de la siguiente forma:

ETAPA DE ESTUDIOS

Abarca los estudios de prefactibilidad para seleccionar un sitio con potencial de desarrollo energético, determinar sus características y capacidad aproximada.

En el caso de los proyectos geotérmicos, durante esta etapa la Subgerencia de Estudios lleva a cabo, los estudios exploratorios del tipo: geológico, geofísico, geoquímico y ambientales; selecciona los sitios para perforaciones exploratorias con el propósito de definir las características y el potencial del yacimiento y cuyo producto final es la entrega de un informe en donde se indica la localización de los pozos a perforar, sus características generales y el oficio resolutivo mediante el cual la autoridad ambiental permite realizar las obras. Este informe sirve de entrada para que la Subgerencia de Perforación continúe el proceso del producto.

Con el informe que entrega la Subgerencia de Estudios, la Subgerencia de Perforación planea, programa y coordina el proyecto de infraestructura de extracción de vapor endógeno, de manejo y acondicionamiento de fluidos geotérmicos, obteniendo como resultado un informe que sirve de entrada para que la Subgerencia de Proyectos de Energías Renovables elabore el diseño de la infraestructura necesaria para manejo y acondicionamiento de fluidos geotérmicos. Los productos finales de la Subgerencia de Proyectos de Energías Renovables son planos y documentos de ingeniería, que sirven de entrada para que la Subgerencia de Perforación realice las obras.

La Subgerencia de Perforación elabora especificaciones y controla la construcción y supervisión de la infraestructura de manejo y acondicionamiento de fluidos geotérmicos. Asimismo, elabora las especificaciones, controla la construcción y supervisión de la infraestructura necesaria para la extracción de vapor e inyección de agua separada al subsuelo, incluyendo el diseño de los pozos.

Los productos finales de la Subgerencia de Perforación son las obras, que conforman la infraestructura citada, las cuales son proporcionadas a la Subgerencia de Estudios para que efectúe la evaluación del yacimiento.

El producto final de la Subgerencia de Estudios es la entrega de un informe en donde se determina la capacidad del yacimiento, disponibilidad de vapor, localización preliminar de pozos y características estimadas de producción, información que sirve de entrada a la Subgerencia de Proyectos de Energías Renovables.

Para los proyectos con otras fuentes de energía renovable distinta de la geotérmica, la Subgerencia de Proyectos de Energías Renovables es la encargada de efectuar los estudios de prospección del sitio.

ETAPA DE DESARROLLO DE INGENIERÍA

Abarca el estudio de factibilidad técnica y económica para determinar la viabilidad del proyecto, y definir las características y capacidad de la central. Esta etapa incluye también, en el caso de los proyectos geotermoeléctricos, la planeación, programación, organización, diseño, especificaciones y construcción de la infraestructura de extracción de vapor endógeno, de manejo, acondicionamiento, entrega y desecho de fluidos geotérmicos.

La Subgerencia de Proyectos de Energías Renovables (Departamento de Factibilidad) es la responsable de efectuar el estudio de factibilidad técnica y económica del proyecto, y de definir las características y capacidad de la central, informe que es proporcionado a las Subgerencias de Estudios y Proyectos de Energías Renovables (Departamento de Ingeniería y Diseño). Con este documento, la Subgerencia de Estudios elabora un informe en donde se indica la propuesta de localización de los pozos productores e inyectores a perforar y sus características de producción y profundidad, así como gestiona la obtención de la autorización ambiental correspondiente, información que es proporcionada a la Subgerencia de Perforación.

Con el informe que entrega la Subgerencia de Estudios, la Subgerencia de Perforación planea, programa y coordina el proyecto de infraestructura de extracción de vapor endógeno, de manejo y acondicionamiento de fluidos geotérmicos, obteniendo como resultado un informe que sirve de entrada para que la Subgerencia de Proyectos de Energías Renovables elabore el diseño de la infraestructura necesaria para manejo y acondicionamiento de fluidos geotérmicos. Los productos finales de la Subgerencia de Proyectos de Energías Renovables son planos y documentos de ingeniería, que sirven de entrada para que la Subgerencia de Perforación realice las obras.

La Subgerencia de Perforación elabora especificaciones y controla la construcción y supervisión de la infraestructura de manejo y acondicionamiento de fluidos geotérmicos. Asimismo, elabora las especificaciones, controla la construcción y supervisión de la infraestructura necesaria para la extracción de vapor e inyección de agua separada al subsuelo, incluyendo el diseño de los pozos. Los productos finales de la Subgerencia de Perforación son las obras que conforman la infraestructura citada, las cuales son operadas por la Residencia de los Campos Geotérmicos del país, para que suministren el vapor a las Centrales Geotermoeléctricas.

En esta etapa, con la información de los nuevos pozos perforados, la Subgerencia de Estudios actualiza el modelo conceptual y numérico del yacimiento y entrega un informe a la Subgerencia de Proyectos de Energías Renovables que sirve de retroalimentación al Estudio de Factibilidad. Para los proyectos con otras fuentes de energía renovable distinta de la geotérmica, la Subgerencia de Proyectos de Energías Renovables es la encargada de los estudios de factibilidad.

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE OBRAS

Comprende la elaboración de especificaciones, supervisión de la construcción, pruebas y puesta en operación de la central, así como la entrega a los clientes (Gerencias Regionales de Producción). La Subgerencia de Proyectos de Energías Renovables (Departamento de Ingeniería y Diseño) es la encargada de efectuar la especificación de la Central. Cuando el diseño se contrata, la Subgerencia elabora las especificaciones y supervisa los servicios de ingeniería contratados.

Los productos finales son los planos e ingeniería, que a su vez, son proporcionados a la Subgerencia de Perforación para la dirección y control de la supervisión de las obras.

La Subgerencia de Perforación es la responsable de dirigir, coordinar y controlar la supervisión de las obras contratadas incluyendo las pruebas a los equipos y materiales, las pruebas de desempeño y de puesta en servicio, y las auditorías de calidad a los proveedores que la Subgerencia de Proyectos de Energías Renovables documentó en la especificación de la Central. El producto final es la entrega de la Central generando electricidad a las Gerencias Regionales de Producción.

Para los proyectos con otras fuentes de energía renovable distinta de la geotérmica, la Subgerencia de Proyectos de Energías Renovables es la encargada de efectuar la especificación de la Central y la Subgerencia de Construcción se encarga del control en la construcción y supervisión de las obras.

5.7 PROCESO DE SUMINISTRO DE VAPOR

Las Residencias de los campos geotérmicos elaboran anualmente un pronóstico de suministro vapor, en donde se determinan los requerimientos de vapor para ser suministrado a las Centrales de Generación. El producto final es un informe, el cual se envía a la Subgerencia de Estudios para su análisis. En el caso de no requerir mas vapor, la Residencia de los campos suministra el vapor a las Centrales de Generación.

La Subgerencia de Estudios analiza los requerimientos de vapor y define si es necesario perforar pozos nuevos o reparar los existentes o una combinación de ambas.

Como producto final elabora un informe en donde define los pozos a intervenir y/o perforar y obtiene la autorización ambiental correspondiente.

Con el informe que entrega la Subgerencia de Estudios, la Subgerencia de Perforación planea, programa y coordina el proyecto de infraestructura de extracción de vapor endógeno, de manejo y acondicionamiento de fluidos geotérmicos, obteniendo como resultado un informe que sirve de entrada para que la Subgerencia de Proyectos de Energías Renovables elabore el diseño de la infraestructura necesaria para manejo y acondicionamiento de fluidos geotérmicos.

Los productos finales de la Subgerencia de Proyectos de Energías Renovables son planos y documentos de ingeniería, que sirven de entrada para que la Subgerencia de Construcción realice las obras.

La Subgerencia de Perforación elabora especificaciones y controla la construcción y supervisión de la infraestructura de manejo y acondicionamiento de fluidos geotérmicos. Asimismo, elabora las especificaciones, así como controla la construcción y supervisión de la infraestructura necesaria para la extracción de vapor e inyección de agua separada al subsuelo, incluyendo el diseño de los pozos. Los productos finales de la Subgerencia de Perforación son las obras que conforman la infraestructura citada, las cuales son operadas por la Residencia de los Campos Geotérmicos del país, para que suministren el vapor a las Centrales Geotermoeléctricas.

PROCESO DE MEDICIÓN, ANÁLISIS Y MEJORA

Este proceso está orientado a demostrar la conformidad del producto, asegurarse de la conformidad del SGC y mejorar continuamente su eficacia. La medición de la satisfacción del cliente y la conformidad del producto con los requisitos especificados, en cuanto a las centrales se refiere, se realiza por medio de una acta de entrega-recpección, en la que se hace la entrega formal del producto (central) a las Gerencias Regionales de Producción.

En lo que se refiere al vapor geotérmico, la entrega se realiza en apego a un convenio cliente-proveedor que se realiza anualmente.

La conformidad del sistema de gestión de la calidad se determina mediante los resultados de las auditorías de calidad. La mejora continua del SGC se realiza mediante la aplicación permanente de la política de calidad, la medición de los objetivos, análisis de datos, análisis de los resultados de las auditorías e implementación del plan de acción, aplicación consistente de acciones correctivas y preventivas, y de los resultados de la revisión por la dirección.

PROCESOS QUE SE ENMARCAN EN LA RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN

La misión, política y objetivos de la calidad son definidos por la alta dirección considerando el propósito de la GPG y difundidos a todo el personal. Los objetivos se establecen considerando la coherencia con la política, la misión y la capacidad para ser medibles.

Asimismo, el gerente define las responsabilidades, autoridad y los mecanismos de comunicación dentro de la GPG y designa un representante para coordinar las actividades del SGC. El SGC es examinado por lo menos una vez al año o cuando el gerente lo considere pertinente, con el fin de asegurar su continuidad, adecuación y eficacia.

PROCESO DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS

Dentro de la organización de la GPG, se tiene estructurada la Unidad de Administración que es la encargada de gestionar todo tipo de recursos de las diferentes áreas, la cual cuenta con el Departamento de Recursos Humanos que a su vez tiene las oficinas de Personal y Capacitación, el Departamento de Recursos Materiales con las oficinas de Abastecimientos y de Concursos y Contratos y el Departamento de Recursos Financieros que cuenta con las oficinas de Contabilidad y Presupuestos. El Departamento de Control de Gestión administra los recursos informáticos y de telecomunicaciones por medio de la oficina de informática.

ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LOS PROCESOS DE APOYO AL SGC

El Departamento de Recursos Humanos es el encargado de proporcionar el personal necesario en los todos los procesos y realiza funciones de apoyo al SGC en lo que respecta a la capacitación del personal a través de la oficina de Capacitación, que es la encargada de detectar las necesidades de capacitación, elaborar el programa anual, ejecutarlo y supervisarlo mensualmente en su correcta aplicación.

El Departamento de Recursos Materiales se compone por dos oficinas, una de abastecimientos y la otra de Concursos y Contratos, que proporcionan apoyo al SGC. La oficina de abastecimientos es la encargada de programar y realizar las adquisiciones de los materiales que son utilizados en los diferentes procesos.

La oficina de concursos y contratos es la responsable de llevar a cabo los contratos de obra pública, desde la convocatoria hasta su finiquito, a fin de asegurar la conformidad y apego con lo establecido en la ley de obras publicas y servicios relacionados con las mismas y su reglamento.

El Departamento de Recursos Financieros coordina con las diferentes áreas de la GPG y las Residencias, la elaboración de presupuestos anuales y efectúa un seguimiento financiero y presupuestal del programa de la GPG, a fin de sustentar el presupuesto autorizado.

El Departamento de Control de Gestión administra el sistema de información de resultados de la GPG, a fin de determinar y operar los indicadores que reflejen los resultados alcanzados.

La Oficina de Seguridad y Protección es la encargada de determinar y gestionar el ambiente de trabajo necesario para lograr la conformidad con los requisitos del producto.

5.8 DISEÑO Y DESARROLLO.

A partir de los requisitos establecidos para los productos, la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos realiza el diseño y desarrollo del producto de acuerdo a las etapas establecidas en la planificación. En lo que respecta al vapor geotérmico, por ser un recurso natural, éste no puede ser diseñado; sin embargo, este requisito es aplicable a la infraestructura para su extracción, manejo y acondicionamiento.

PLANIFICACIÓN DEL DISEÑO Y DESARROLLO

La Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos planifica y controla el diseño y desarrollo de los productos de la siguiente forma:

Centrales

Para la planificación del diseño y desarrollo de una central, se consideran cinco etapas:

1. Elaboración de especificaciones.
2. Adjudicación de contrato.
3. Determinación de ingeniería de detalle.
4. Supervisión de la construcción.
5. Realización de pruebas de operación y desempeño.

Suministro de vapor

Para la planificación del diseño y desarrollo del suministro de vapor geotérmico, se consideran las cuatro etapas siguientes:

1. Realización de Ingeniería de detalle y especificaciones.
2. Adjudicación de contrato.
3. Supervisión de la construcción.
4. Entrega de infraestructura de suministro de vapor.

5.9 PRODUCCIÓN Y PRESTACIÓN DEL SERVICIO.

De acuerdo con el siguiente flujograma de procesos, se tiene planificado llevar a cabo el control de la supervisión de las obras para la realización de los productos bajo condiciones controladas enmarcadas en los contratos establecidos para cada proyecto.

La disponibilidad de la información que describe en su totalidad las características del producto, el uso del equipo apropiado, los criterios de medición y seguimiento y las actividades de liberación, entrega y posteriores a la entrega, se mencionan en los procedimientos operativos elaborados para ello.

CONTROL DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN

Durante el desarrollo de los procesos para concluir la realización de los productos de los proyectos, la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos efectúa el seguimiento de los procesos con la aplicación del Plan Maestro de Calidad y con esto se está en posibilidad de proporcionar la evidencia de conformidad del producto de acuerdo con los requisitos establecidos. Los dispositivos de medición utilizados para determinar la conformidad del producto con los requisitos establecidos se manejan de la siguiente forma:

Centrales

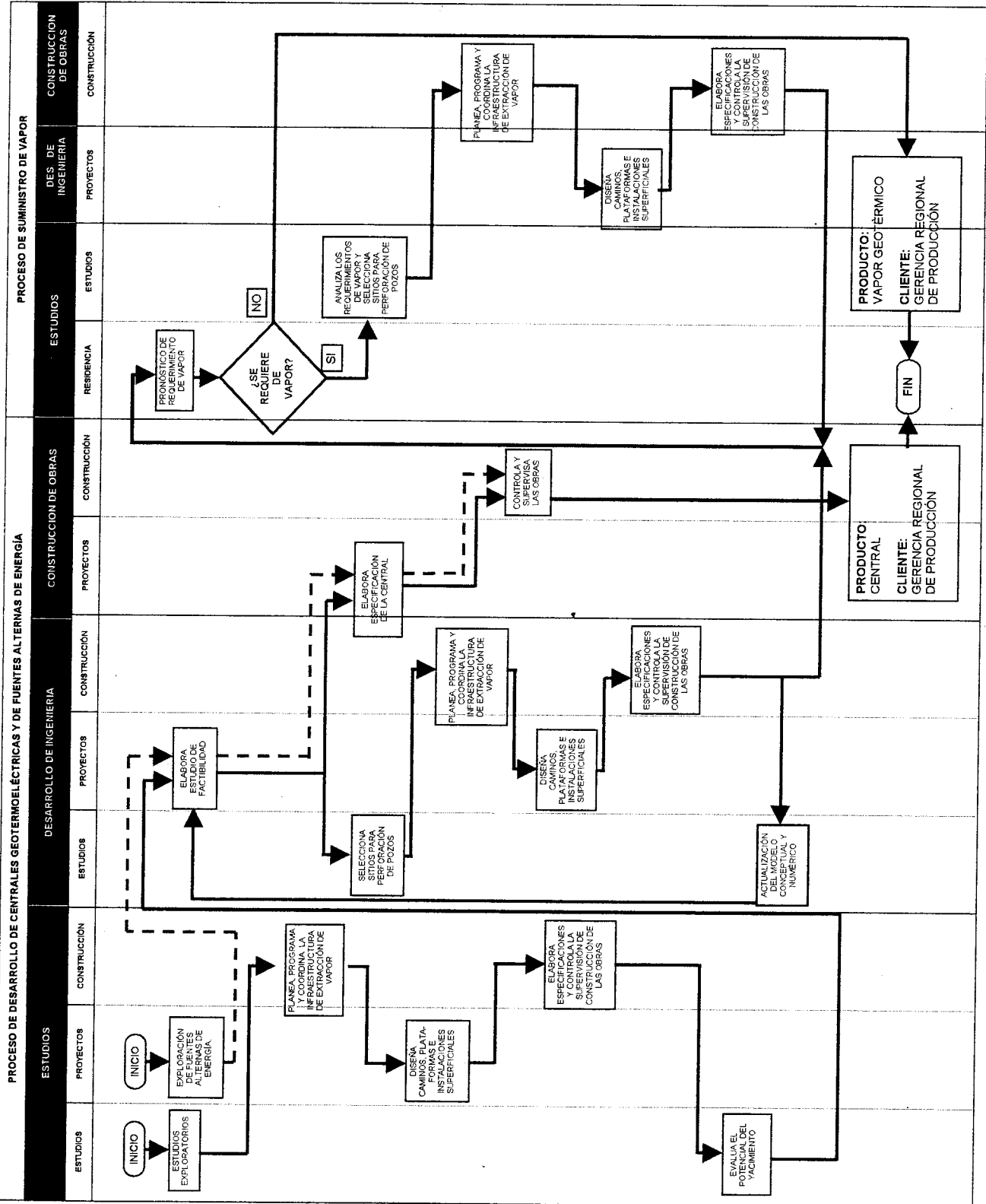
Las variables de medición principales que afectan la conformidad de las centrales son: la generación expresada en MW; el flujo de vapor en T/h y la presión de admisión en bar absolutos.

Para asegurarse que los dispositivos de medición de éstas variables están debidamente calibrados y verificados, en el contrato establecido con el contratista se exige que se realicen pruebas de desempeño de la central, en donde se anexan los certificados de calibración de los dispositivos de medición.

Estos elementos se identifican debidamente para determinar el estado de la calibración, actividad que corresponde al cliente después de la entrega del producto.

Suministro de vapor

En lo que respecta a las mediciones de vapor geotérmico que se indican en los convenios cliente-proveedor, todas las residencias que son responsables de suministrar el vapor al cliente, tienen establecidos e implementados Sistemas de Gestión de Calidad, con los que se asegura que los dispositivos de medición cumplen con la verificación, calibración, trazabilidad e identificación del estado de calibración.



5.10 SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN.

Se realiza un seguimiento de las características del producto mediante la aplicación del Plan Maestro de Calidad, en cada etapa planificada para la realización del producto.

La evidencia de la conformidad del producto con los criterios de aceptación se registra en el acta de entrega-recepción de la Central y en las minutas de conciliación de suministro de vapor. La liberación del producto la realizan las personas que firman ambos documentos.

La liberación del producto no se lleva a cabo sino hasta que se han completado satisfactoriamente las disposiciones planificadas, a menos que sea aprobada por el gerente y cuando corresponda al cliente.

CONTROL DE PRODUCTO NO CONFORME

El producto no conforme con los requisitos se identifica y controla para prevenir su uso o entrega no intencional. La identificación, los controles, las responsabilidades y autoridades relacionadas con el tratamiento del producto no conforme están plenamente definidas en el documento "Control de producto no conforme".

Los productos no conforme son tratados mediante por lo menos una de las siguiente maneras:

- a) Tomando acciones para eliminar la no conformidad detectada;
- b) Autorizando su uso, liberación o aceptación bajo concesión por una autoridad pertinente y, cuando sea aplicable, por el cliente; y
- c) Tomando acciones para impedir su uso o aplicación originalmente previsto.

En cualquiera de los casos anteriores se mantienen registros conforme a lo descrito en el procedimiento "Control de Registros", en el cual se describe la naturaleza de las no conformidades y de cualquier acción tomada posteriormente, incluyendo las concesiones que se hayan obtenido.

En caso de haber corregido un producto no conforme, éste se somete a una nueva verificación para demostrar su conformidad con los requisitos.

5.11 ANÁLISIS DE DATOS

La recopilación y análisis de los datos se realiza de manera apropiada a fin de demostrar la idoneidad y eficacia del sistema de gestión de calidad, con lo cual se evalúa en que etapa del proceso puede realizarse la mejora continua en el sistema de gestión de calidad, esto se realiza mediante:

- a) La elaboración de contratos gestión y programa, con lo cual se mide y se garantiza la satisfacción del cliente, a través de la productividad en lo relativo al suministro de vapor, la incidencia de accidentes y la capacitación de su personal.
- b) Elaboración de acta de entrega-recepción de las centrales y de convenio cliente proveedor para suministro de vapor, la cual certifica documentalmente la conformidad del producto en sus requisitos.
- c) Control de las características y tendencias de los procesos y productos, lo que proporciona oportunidades para llevar a cabo acciones preventivas, mediante la aplicación y seguimiento del Plan Maestro de Calidad establecido.
- d) Evaluación a los procesos de compras y proveedores.

5.12 MEJORA CONTINUA

Mediante los resultados de la revisión efectuada por la Dirección de Calidad, se mejora continuamente la eficiencia del Sistema de Gestión de Calidad, el uso de la política calidad, los objetivos de la calidad, los resultados de la calidad, los resultados de las auditorías, el análisis de datos, las acciones correctivas y preventivas.

5.13 ACCIONES CORRECTIVAS

Cuando se detecta una no conformidad, se toman las acciones correctivas pertinentes para eliminar su causa y evitar su recurrencia. Las acciones correctivas tomadas son apropiadas a los efectos de las no conformidades encontradas y su aplicación pertinente conlleva el respectivo análisis de costos de oportunidad. Se cuenta con un procedimiento documentado denominado "Acción Correctiva" para revisar las no conformidades, determinar las causas de las no conformidades, evaluar la necesidad de adoptar acciones para asegurar que no se presenten no conformidades atendidas, determinar e implementar las acciones necesarias, registrar los resultados de las acciones tomadas de acuerdo con el procedimiento "Control de Registros" y revisar las acciones correctivas tomadas.

5.14 ACCIONES PREVENTIVAS

Se determinan acciones para eliminar las causas de no conformidades potenciales para prevenir su ocurrencia. Las acciones preventivas son apropiadas a los efectos de los problemas potenciales.

Para lo anterior se cuenta con el procedimiento denominado "Acción Preventiva", con cuya aplicación se definen los requisitos para determinar las no conformidades potenciales y sus causas, evaluar la necesidad de actuar para prevenir la ocurrencia de no conformidades, determinar e implementar las acciones necesarias, registrar los resultados de las acciones tomadas de acuerdo con el procedimiento "Control de Registros" y para revisar las acciones preventivas tomadas.

6. ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE SUMINISTRO DE VAPOR ENDÓGENO.

6.1 IDENTIFICACIÓN DE COSTOS FIJOS Y COSTOS VARIABLES DEL PROYECTO.

COSTO

Costo se define como los recursos que se aplican, medidos en unidades monetarias, dadas a cambio para adquirir bienes y servicios, para alcanzar un objetivo. Es un termino general sobre el que se desea un control, ya que la administración siempre requiere conocer el costo de algo, de un producto, de un departamento, de un servicio, de una obra, de un proyecto, entre otros más. A este algo se le denomina el objeto del costo.

ACUMULACIÓN DEL COSTO

De acuerdo al objeto del costo es la recopilación de datos de los costos, en una forma organizada, para su posterior asignación a tal objeto, mediante un sistema contable, para la obtención del costo total, implantado sobre la base de un estudio del costo-beneficio.

COSTO DE INVERSIÓN O ECONÓMICO

El costo de un bien que constituye la suma o conjunto de esfuerzos (tiempo y sacrificios) y recursos (capitales), medibles en dinero, traducidos al lenguaje contable, que se han invertido como necesarios para un producto o un satisfactor. En este caso se trata de la materia prima, de las horas hombre, de instalaciones, equipos y otros gastos para la producción.

COSTOS DE ACUERDO A LA FUNCIÓN

COSTO DE ADQUISICIÓN. Aquellos que tienen por objeto determinar el monto del costo unitario de compra de la materia prima.

COSTO DE EXPLOTACIÓN. Aquellos que tienen por objeto determinar el costo de extracción de recursos naturales, renovables y no renovables.

COSTO DE PRODUCCIÓN. Son los que generan los procesos productivos, integrados por los tres elementos del costo, aplicables a empresas industriales, desde la utilización de la materia prima hasta su total transformación en satisfactores.

COSTO DE OPERACIÓN O DISTRIBUCIÓN. Aquellos que tienen por objeto determinar lo que cuesta administrar, vender y financiar un producto o servicio; llevarlo hasta el cliente, y lograr la conversión en dinero del bien producido y vendido.

COSTOS FIJOS Y VARIABLES

Los sistemas de contabilidad administrativa registran el costo de los recursos adquiridos y hacen el seguimiento de su uso subsecuente. Dos tipos básicos de patrones de conducta de costos que se encuentran en muchos sistemas se denominan: costos fijos y variables.

El análisis de costos fijos y variables proporciona un marco de cómo se estructura la empresa en materia de costos y cuales sus posibilidades de utilidad en varios niveles de venta. Las funciones de planeación, de control administrativo y la toma de decisiones requieren, para su adecuada determinación y aplicación, de conocer la conducta del costo.

Las organizaciones incurren en costos que son independientes del volumen de actividad, que tienen el mismo monto total, no reaccionan directa o lineal con la producción sino del transcurso del periodo mismo, los ingresos deben retornar mas que suficiente para cubrir los costos fijos y los costos variables, ya que un cambio en la utilidad, asociado con un cambio de ventas, es mayor que el cambio porcentual en volumen.

Costos fijos

Un costo fijo es un costo que no cambia a pesar de los cambios de un factor de costos. Están en función mas bien del tiempo y ajenos al volumen de actividad, se realizan periódicamente; son necesarios para sostener la estructura orgánica y la capacidad operativa de la empresa.

Dentro de los costos fijos existen dos categorías:

▶ Costos fijos discrecionales.

Son los susceptibles de ser modificados, por ejemplo, los sueldos, alquiler del edificio, entre otros.

▶ Costos fijos comprometidos.

Son los que no aceptan modificaciones, por lo cual también son llamados costos sumergidos, por ejemplo, la depreciación de la maquinaria.

Características de los costos fijos:

- ▶ Grado de control (contabilidad): todos los costos fijos son controlables respecto a la duración del servicio que prestan a la empresa.
- ▶ Están relacionados estrechamente con la capacidad instalada: los costos fijos resultan de la capacidad para producir algo o para realizar alguna actividad. Lo importante es que dichos costos no son afectados por cambios en la actividad dentro de un tramo relevante.
- ▶ Están relacionados con un tramo relevante: los costos fijos deben estar relacionados con un intervalo relevante de actividad. Permanecen constantes en un amplio intervalo que puede ir desde cero hasta la total actividad. Para cualquier tipo de análisis sobre su comportamiento, es necesario establecer el nivel adecuado.
- ▶ Regulados por la administración: la estimación de muchos costos fijos es fruto de decisiones específicas de la administración. Pueden variar de acuerdo con dichas decisiones (costos fijos discrecionales).
- ▶ Están relacionados con el factor tiempo: muchos de los costos fijos se identifican con el transcurso del tiempo y se relacionan con un periodo contable.
- ▶ Son variables por unidad y fijos en su totalidad.

Costos variables

El costo variable es un costo que cambia en total en proporción a los cambios de un factor de costos. Son los costos que fluctúan, aumentan o disminuyen, en razón directa del ritmo de la actividad, referida a la producción o a las ventas, dentro de un rango o escala relevante, por lo que la variación en el volumen de la misma, representa cambios en estos costos proporcionalmente. Representan el costo de hacer negocio.

Prevalece en ellos el concepto de variabilidad con el volumen, aumentan en su totalidad cuando aumenta la cantidad producida o vendida y por unidad no cambian, presentan un costo unitario relativamente uniforme, por otra parte, son responsables del rendimiento, dentro de la capacidad estipulada.

Características de los costos variables:

- ▶ Grado de control: (contrabilidad): son controlados a corto plazo.
- ▶ Son proporcionales a una actividad: los costos variables fluctúan en proporción a una actividad, más que a un periodo específico. Tienen un comportamiento lineal relacionado con alguna medida de actividad.
- ▶ Están relacionados con un tramo relevante: los costos variables deben estar relacionados con una actividad dentro de un tramo normal o categoría relevante de actividad; fuera de él puede cambiar el costo variable unitario.
- ▶ Son regulados por la administración: muchos de los costos variables pueden ser modificados por decisiones administrativas.
- ▶ Los costos en total son variables y unitarios, son constantes. Esto es reconocer el efecto que sobre el total de los costos tiene la actividad.

COSTOS EN PROYECTOS DE SUMINISTRO DE VAPOR ENDÓGENO.

Costeo basado en actividades.

Los sistemas tradicionales de costos consideran que su única misión es determinar el costo del producto o servicio, ignorando que actualmente lo que demandan los usuarios de costos es información para ver qué se puede hacer para reducirlos, es decir, se

requiere un sistema de información que determine qué actividades agregan valor y cuáles no, con el fin de lograr el mejoramiento continuo. Esta herramienta tiene, entre otras, la ventaja de reducir al mínimo el prorrateo de los gastos indirectos de fabricación, así como realizar una identificación de los gastos de administración y venta entre los diferentes clientes, zonas, productos, entre otros, lo cual permite una correcta toma de decisiones.

Hasta hace poco muchas empresas utilizaban las horas mano de obra directa como variable fundamental para asignar los costos a los productos. Sin embargo, al aumentar la automatización en las fábricas se cambió el criterio para aplicar o asignar costos: ahora se utilizan horas-máquinas. Todavía es frecuente encontrar una gran cantidad de empresas que siguen utilizando dichas bases para aplicar o distribuir costos a los productos, pero la competencia cerrada no es posible seguir aferrados a costear bajo estos enfoques, por lo que ha surgido un nuevo concepto y enfoque de costeo denominado costeo basado en actividades, el cual es un sistema que primero acumula los costos de cada actividad en una organización y luego aplica los costos de la actividades a los productos, los servicios u otros objetos del costeo mediante el uso apropiado de factores relacionados con el origen de dichos costos.

El objetivo de este sistema es controlar o vigilar los costos de cada producto en lugar de asignarlos de una manera arbitraria. En él costeo con base en actividades, primero se realiza un análisis de actividades, después se identifican las principales actividades que realiza cada departamento y se selecciona el factor de costos para cada actividad. Este factor de costos debe ser una medida cuantificable de la causa de los costos. La mayoría de los costos son medidas del número de transacciones involucradas en una actividad específica

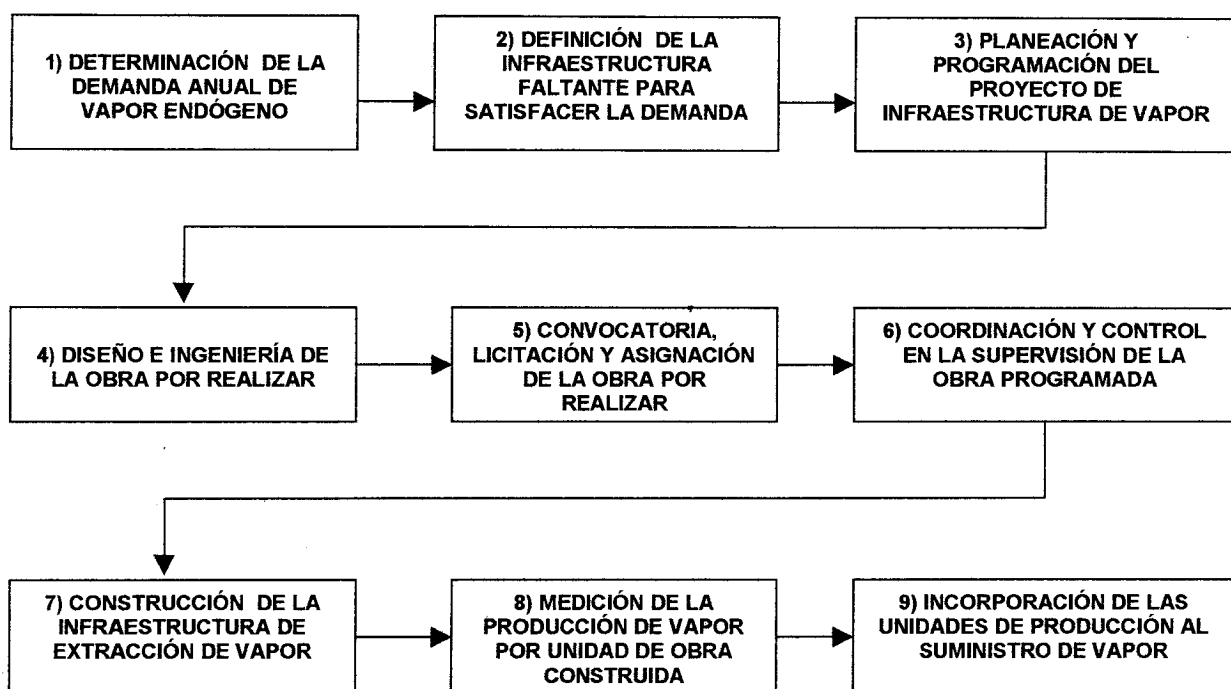
En un proyecto de suministro de vapor endógeno, el fin al que están dirigidos los objetivos, mediante el cumplimiento de las metas establecidas, es a satisfacer la demanda de las centrales generadoras de electricidad. Por lo que, las actividades principales que se pueden identificar, de acuerdo con su importancia, son:

- ▶ Proceso de extracción de vapor.
- ▶ Proceso de manejo y acondicionamiento de vapor.

PROCESO DE EXTRACCIÓN DE VAPOR.

Esta actividad consiste en llevar a la superficie el vapor endógeno que se encuentra en el subsuelo, mediante la construcción de pozos, infraestructura que proporciona el conducto adecuado para su extracción y control.

Las actividades necesarias para realizar cada producto, en este caso cada unidad de producción de vapor son, de acuerdo con el Sistema de Gestión de Calidad actual, las siguientes:



Cada actividad que se realiza, identificada por área, factor de costos y tipo de costos, se indican en la Tabla 18.

TABLA 18
CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES POR ÁREA, FACTOR DE COSTOS Y TIPO DE COSTOS
PROCESO: EXTRACCIÓN DE VAPOR

| ACTIVIDAD | ÁREA | FACTOR DE COSTOS | TIPO |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|-----------|
| DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA ANUAL DE VAPOR ENDÓGENO | RESIDENCIA DE CAMPO GEOTÉRMICO | (\$) h-H ESTUDIOS | FIJOS |
| DEFINICIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FALTANTE PARA SATISFACER LA DEMANDA | SUBGERENCIA DE ESTUDIOS | (\$) h-H ESTUDIOS | FIJOS |
| PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA DE EXTRACCIÓN DE VAPOR | SUBGERENCIA DE PERFORACIÓN | (\$) h-H PRODUCCIÓN | FIJOS |
| DISEÑO E INGENIERÍA DE LA OBRA POR REALIZAR | SUBGERENCIA DE PERFORACIÓN | (\$) h-H PRODUCCIÓN | FIJOS |
| CONVOCATORIA, LICITACIÓN Y ASIGNACIÓN DE LA OBRA POR REALIZAR | UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN | (\$) h-H ADMINISTRACIÓN | FIJOS |
| COORDINACIÓN Y CONTROL EN LA SUPERVISIÓN DE LA OBRA PROGRAMADA | SUBGERENCIA DE PERFORACIÓN | (\$) h-H PRODUCCIÓN | FIJOS |
| CONSTRUCCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE EXTRACCIÓN DE VAPOR | RESIDENCIA DE CAMPO GEOTÉRMICO | (\$) h-H SUPERVISIÓN (\$) UNIDAD DE PRODUCCIÓN | VARIABLES |
| MEDICIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE VAPOR POR UNIDAD DE OBRA CONSTRUIDA | RESIDENCIA DE CAMPO GEOTÉRMICO | (\$) h-H ESTUDIOS | FIJOS |
| INCORPORACIÓN DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN AL SUMINISTRO DE VAPOR | RESIDENCIA DE CAMPO GEOTÉRMICO | (\$) h-H PRODUCCIÓN | FIJOS |

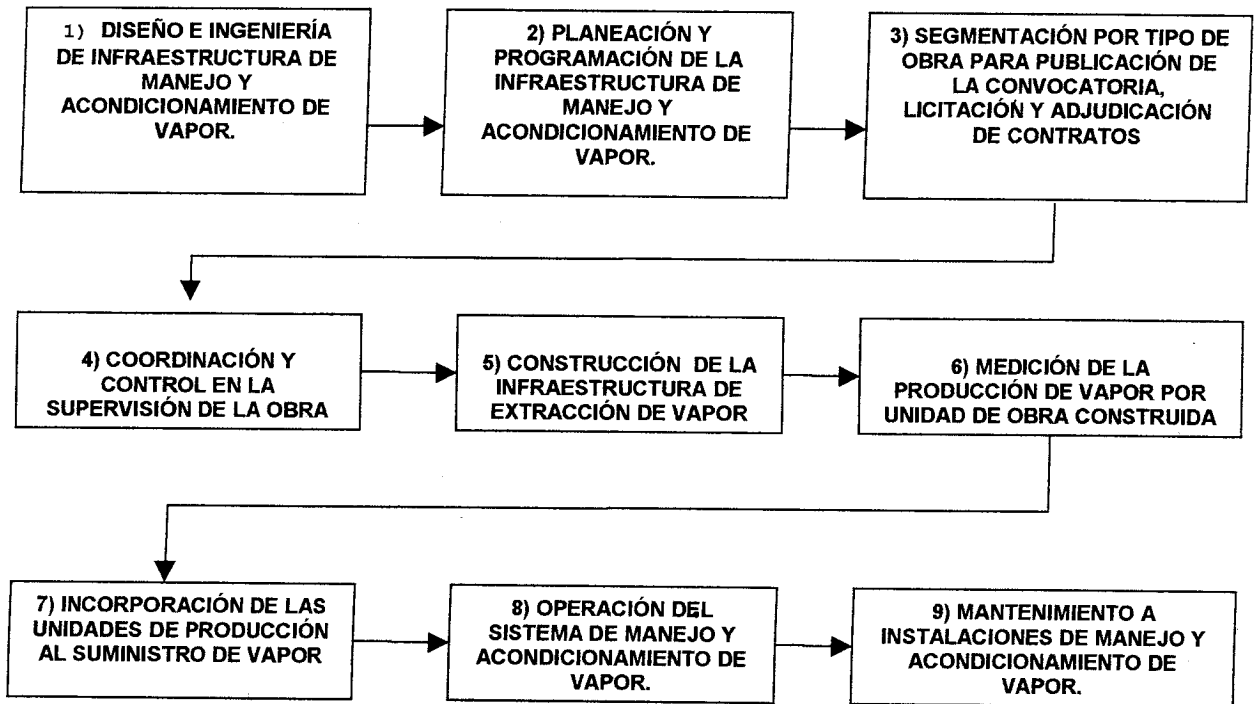
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental

La Subgerencia de Perforación elabora especificaciones y controla la construcción y supervisión de la infraestructura de manejo y acondicionamiento de fluidos geotérmicos. Asimismo, elabora las especificaciones, así como controla la construcción y supervisión de la infraestructura necesaria para la extracción de vapor e inyección de agua separada al subsuelo, incluyendo el diseño de los pozos. Los productos finales de la Subgerencia de Perforación son las obras que conforman la infraestructura citada, las cuales son operadas por la Residencia de los Campos Geotérmicos del país, para que suministren el vapor a las Centrales Geotermoeléctricas.

PROCESO DE MANEJO Y ACONDICIONAMIENTO DE VAPOR.

Esta actividad consiste en separar el vapor de la mezcla extraída, transportarlo a través de la red de tuberías a las centrales generadoras; transportar el agua separada a través de las obras de conducción, separar los sólidos contenidos, y descargarla en las obras de captación para su inyección al subsuelo.

Las actividades necesarias para el manejo y acondicionamiento de vapor endógeno, para cada unidad de producción, proceso que complementa al de extracción de vapor, para infraestructura nueva, son las siguientes:



El diseño e ingeniería de la infraestructura de manejo y acondicionamiento de vapor está a cargo de la Subgerencia de Proyectos y las actividades subsecuente están bajo la dirección y control de la Subgerencia de Perforación, bajo la ejecución y supervisión de las Residencias de campo geotérmicos.

Cada actividad que se realiza, identificada por área, factor de costos y tipo de costos, se indican en la Tabla 19.

TABLA 19
CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES POR ÁREA, FACTOR DE COSTOS Y TIPO DE COSTOS
PROCESO: MANEJO Y ACONDICIONAMIENTO DE VAPOR

| ACTIVIDAD | ÁREA | FACTOR DE COSTOS | TIPO |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-----------|
| DISEÑO E INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURA DE MANEJO DE VAPOR | RESIDENCIA DE CAMPO GEOTÉRMICO | (\$) h-H INGENIERÍA | FIJOS |
| PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE MANEJO DE VAPOR | RESIDENCIA DE CAMPO GEOTÉRMICO | (\$) h-H INGENIERÍA | FIJOS |
| SEGMENTACIÓN POR TIPO DE OBRA | RESIDENCIA DE CAMPO GEOTÉRMICO | (\$) h-H INGENIERÍA | FIJOS |
| COORDINACIÓN Y CONTROL EN LA SUPERVISIÓN DE LA OBRA PROGRAMADA | SUBGERENCIA DE PERFORACIÓN | (\$) h-H PRODUCCIÓN | FIJOS |
| CONSTRUCCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE MANEJO DE VAPOR | RESIDENCIA DE CAMPO GEOTÉRMICO | (\$) h-H PRODUCCIÓN (\$) POR OBRA | VARIABLES |
| MEDICIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE VAPOR POR UNIDAD DE OBRA CONSTRUIDA | RESIDENCIA DE CAMPO GEOTÉRMICO | (\$) h-H PRODUCCIÓN | FIJOS |
| INCORPORACIÓN DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN AL SUMINISTRO DE VAPOR | RESIDENCIA DE CAMPO GEOTÉRMICO | (\$) h-H PRODUCCIÓN | FIJOS |
| OPERACIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO Y ACONDICIONAMIENTO DE VAPOR. | RESIDENCIA DE CAMPO GEOTÉRMICO | (\$) h-H OPERACIÓN | FIJOS |
| MANTENIMIENTO A INSTALACIONES DE MANEJO DE VAPOR. | RESIDENCIA DE CAMPO GEOTÉRMICO | (\$) h-H OPERACIÓN | FIJOS |

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental

ACTIVIDADES COLATERALES A LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN, MANEJO Y ACONDICIONAMIENTO DE VAPOR ENDÓGENO.

Los principales activos que forman parte de un proyecto de suministro de vapor endógeno se enuncian a continuación, Tabla 20, indicando a que proceso pertenecen, o si forman parte de la infraestructura de apoyo o colateral:

TABLA 20
PRINCIPALES ACTIVOS Y PROCESO CORRESPONDIENTE EN UN PROYECTO DE SUMINISTRO DE VAPOR

| ACTIVOS | OBRAS EXTRACCIÓN DE VAPOR | OBRAS DE MANEJO DE VAPOR | OBRAS COLATERALES |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|
| PLATAFORMAS | X | | |
| PRESAS DE ASENTAMIENTO | X | | |
| POZOS PRODUCTORES | X | | |
| ÁRBOL DE VÁLVULAS | X | | |
| SEPARADORES | | X | |
| SILENCIADORES | | X | |
| VAPORDUCTOS | | X | |
| MEZCLADUCTOS | | X | |
| LÍNEAS DE AGUA SEPARADA | | X | |
| SISTEMAS DE VÁLVULAS | | X | |

| ACTIVOS | OBRAS EXTRACCIÓN DE VAPOR | OBRAS DE MANEJO DE VAPOR | OBRAS COLATERALES |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|
| SISTEMA LAVADO DE VAPOR | | X | |
| LÍNEA DE INYECCIÓN | | | X |
| CANALES | | | X |
| POZOS INYECTORES | | | X |
| CAMINOS DE ACCESO | | | X |
| CAMINOS PRINCIPALES | | | X |
| LÍNEAS DE ENERGÍA | | | X |
| LAGUNAS DE CAPTACIÓN | | | X |
| CÁRCAMO DE BOMBAS | | | X |
| SISTEMAS DE BOMBEO | | | X |
| TELEMETRIA | | | X |
| EDIFICIOS | | | X |
| ESTACIONAMIENTOS | | | X |
| MUEBLES Y MOVILIARIO | | | X |
| VEHICULOS | | | X |
| MAQUINARIA | | | X |
| EQUIPO | | | X |

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental

Por otra parte, se tienen costos correspondientes a obras que forman parte de las obligaciones en materia de impacto ambiental, así como a servicios y estudios relacionados con laboratorios e instituciones externas, los cuales se requieren para el desempeño de actividades de estudios, ingeniería, producción y operación.

6.2 FLUJOS DE EFECTIVO Y MODELOS DE PAGOS.

FLUJOS DE EFECTIVO

El flujo de efectivo comprende los años que se supone comprende el horizonte de planeación, para este tipo de proyectos se hará en cinco años y su cálculo se hará en precios constantes, por ser el más utilizado, este método considera que la inflación no variará. Se tomará como base de partida el presupuesto autorizado correspondiente al ejercicio de 2004 para cada uno de los campos geotérmicos, el cual está conformado de la siguiente manera:

TABLA 21
FLUJOS DE EFECTIVO PRESUPUESTADOS PARA EL EJERCICIO 2004
(Miles de pesos)

| CTA. | CONCEPTOS | RGCP | RLA | RLH | R3V |
|--------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 710 | SALARIOS Y PRESTACIONES | \$52,293.90 | \$8,659.40 | \$5,214.00 | \$3,991.40 |
| 720 | PRESTACIÓN SOCIAL | \$87,751.50 | \$11,165.40 | \$6,656.00 | \$5,376.40 |
| 790 | IMSS SEGURIDAD SOCIAL | \$21,464.60 | \$3,333.00 | \$1,686.25 | \$1,216.60 |
| 7P0 | PREVISIÓN SOCIAL | \$21.00 | \$197.00 | \$120.20 | \$157.50 |
| 7U0 | SERV. PERSONALES | \$936.80 | \$0.00 | \$89.50 | \$0.00 |
| 1000 | SERVICIOS PERSONALES | \$162,467.80 | \$23,354.80 | \$13,765.95 | \$10,741.90 |
| 730 | MATERIALES Y REFACCIONES | \$38,081.70 | \$17,463.40 | \$9,038.24 | \$12,318.50 |
| 2000 | MATERIALES Y SUM. | \$38,081.70 | \$17,463.40 | \$9,038.24 | \$12,318.50 |
| 750 | IMPUESTOS Y DERECHOS | \$13,500.40 | \$2,339.40 | \$1,084.40 | \$1,209.34 |
| 760 | ADQ. DE SERVICIOS | \$15,643.60 | \$2,492.40 | \$1,426.20 | \$1,876.70 |
| 770 | SERVICIOS A TERCEROS | \$516,400.80 | \$87,433.50 | \$14,931.00 | \$57,044.61 |
| 780 | OTROS GASTOS | \$1,959.60 | \$481.70 | \$115.93 | \$113.70 |
| 7N0 | SERVICIOS A TERCEROS PM | \$15,000.00 | \$7,216.20 | \$2,841.71 | \$2,142.80 |
| 7T0 | COMUNICACIÓN SOCIAL | \$75.00 | \$85.00 | \$31.75 | \$10.00 |
| 7F0 | ARRENDAMIENTO FINANCIERO | \$20.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 |
| 7V0 | VIÁTICOS Y GASTOS | \$3,887.14 | \$1,026.30 | \$664.83 | \$2,249.91 |
| 3000 | SERVICIOS GENERALES | \$566,486.54 | \$101,074.50 | \$21,095.82 | \$64,647.06 |
| TOTAL | GASTO CORRIENTE | \$767,036.04 | \$141,892.70 | \$43,900.01 | \$87,707.46 |

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental

Este presupuesto considera como costos fijos los servicios personales, parte de las materiales y suministros y parte de los servicios generales. El costo de los servicios personales, capital humano se mantendrá fijo independientemente de las obras que se realicen; el costo de los materiales, suministros y servicios generales se comportará de acuerdo a las necesidades de incorporar obras de extracción de vapor endógeno y de mantener y mejorar la infraestructura de manejo y acondicionamiento de vapor.

De acuerdo con la Tabla 20, las obras pueden clasificarse de la siguiente manera:

- ▶ OBRAS DE EXTRACCIÓN DE VAPOR
- ▶ OBRAS DE MANEJO DE VAPOR
- ▶ OBRAS COLATERALES

Junto con el capital humano, estas obras deben conformar el mayor porcentaje del presupuesto, considerándose importante identificar en cada flujo de efectivo el proceso al cual corresponden.

Es conveniente mencionar que dentro del proceso de extracción de vapor se presentan necesidades de estudios sobre la evolución y comportamiento del yacimiento, así como de identificación, medición y caracterización de parámetros que aportan valiosa información para su desarrollo.

Al aplicar un análisis de porcentajes relativos al presupuesto anterior se obtiene información que aporta datos relevantes para establecer flujos de efectivo más adecuados a este tipo de proyectos:

| TABLA 22 PORCENTAJES RELATIVOS A CADA CUENTA PRESUPUESTO EJERCICIO 2004 | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| CTA | CONCEPTOS | RGCP | RLA | RLH | R3V |
| 710 | SALARIOS Y PRESTACIONES | 6.82% | 6.10% | 11.88% | 4.55% |
| 720 | PRESTACIÓN SOCIAL | 11.44% | 7.87% | 15.16% | 6.13% |
| 790 | IMSS SEGURIDAD SOCIAL | 2.80% | 2.35% | 3.84% | 1.39% |
| 7P0 | PREVISIÓN SOCIAL | 0.00% | 0.14% | 0.27% | 0.18% |
| 7U0 | SERVICIOS PERSONALES | 0.12% | 0.00% | 0.20% | 0.00% |
| 1000 | SERVICIOS PERSONALES | 21.18% | 16.46% | 31.35% | 12.25% |
| 730 | MATERIALES Y REFACCIONES | 4.96% | 12.31% | 20.59% | 14.04% |
| 2000 | MATERIALES Y SUMINISTROS | 4.96% | 12.31% | 20.59% | 14.04% |
| 750 | IMPUESTOS Y DERECHOS | 1.76% | 1.65% | 2.47% | 1.38% |
| 760 | ADQ. DE SERVICIOS | 2.04% | 1.76% | 3.25% | 2.14% |
| 770 | SERVICIOS A TERCEROS | 67.32% | 61.62% | 34.01% | 65.04% |
| 780 | OTROS GASTOS | 0.26% | 0.34% | 0.26% | 0.13% |
| 7N0 | SERVICIOS A TERCEROS PM | 1.96% | 5.09% | 6.47% | 2.44% |
| 7T0 | COMUNICACIÓN SOCIAL | 0.01% | 0.06% | 0.07% | 0.01% |
| 7F0 | ARRENDAMIENTO FINANCIERO | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| 7V0 | VIÁTICOS Y GASTOS | 0.51% | 0.72% | 1.51% | 2.57% |
| 3000 | SERVICIOS GENERALES | 73.86% | 71.24% | 48.04% | 73.71% |
| TOTAL | GASTO CORRIENTE | 100.00% | 100.01% | 99.98% | 100.00% |

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental

A fin de poder analizar de manera objetiva la información resultante, se hace necesario identificar, clasificar y separar las obras de extracción de vapor de las de mantenimiento, mejora, actualización e innovación tecnológica de la infraestructura superficial en los campos geotérmicos.

Aún cuando es posible establecer hipótesis con la información de las Tablas 21 y 22, estas tendrían que ser validadas mediante un análisis más detallado, sin embargo de manera preliminar y de acuerdo con la demanda real de vapor para cada complejo geotermoeléctrico se puede realizar el siguiente análisis comparativo:

| TABLA 23 | | | | |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| PARTE PRESUPUESTAL (M.N.) POR TONELADA ACUMULADA EJERCICIO 2004 | | | | |
| CONCEPTO | RGCP | RLA | RLH | R3V |
| ASIGNACIÓN PRESUPUESTAL ANUAL | \$767,036.04 | \$141,892.70 | \$43,900.01 | \$87,707.46 |
| DEMANDA REAL DE VAPOR (t/h) | 6,010.00 | 1,670.00 | 455.00 | 99.00 |
| DEMANDA ANUAL REAL (t) | 52,647,600 | 14,629,200 | 3,985,800 | 867,240 |
| PARTE SERV. PERS. POR TON | \$3.09 | \$1.60 | \$3.45 | \$12.39 |
| PARTE MAT. Y SUM. POR TON. | \$0.72 | \$1.19 | \$2.27 | \$14.20 |
| PARTE SERV. GRALES. POR TON | \$10.76 | \$6.91 | \$5.29 | \$74.54 |
| PARTE PRESUPUESTAL POR TON | \$14.57 | \$9.70 | \$11.01 | \$101.13 |

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental

La parte presupuestal por tonelada acumulada se obtiene del cociente de la asignación presupuestal del ejercicio y la demanda anual real de toneladas de vapor, por lo que el costo de la tonelada, bajo este criterio, necesitaría considerar los materiales, suministros, componentes y consumos procedentes de almacenes (inventarios).

A efecto de poder analizar de manera objetiva los flujos de efectivo se requiere separar los costos fijos (operación de campo geotérmico) de los costos variables (nueva infraestructura de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor), por lo que posterior a la identificación y clasificación de estas cuentas se elaboró la Tabla 24, en la cual se muestran los montos asignados para las tres cuentas principales: SERVICIOS PERSONALES, MATERIALES Y SUMINISTROS y SERVICIOS GENERALES, se indica también por separado la cuenta correspondiente a obras de extracción, por lo que se obtienen los siguientes resultados:

TABLA 24
FLUJOS DE EFECTIVO PRESUPUESTADOS PARA EL EJERCICIO 2004 POR CONCEPTO DE OPERACIÓN DE CAMPO GEOTÉRMICO

| CTA. | CONCEPTOS | RGCP | RLA | RLH | R3V |
|--------------|-----------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 710 | SALARIOS Y PRESTACIONES | \$52,293.90 | \$8,659.40 | \$5,214.00 | \$3,991.40 |
| 720 | PRESTACIÓN SOCIAL | \$87,751.50 | \$11,165.40 | \$6,656.00 | \$5,376.40 |
| 790 | IMSS SEGURIDAD SOCIAL | \$21,464.60 | \$3,333.00 | \$1,686.25 | \$1,216.60 |
| 7P0 | PREVISIÓN SOCIAL | \$21.00 | \$197.00 | \$120.20 | \$157.50 |
| 7U0 | SERV. PERSONALES | \$936.80 | \$0.00 | \$89.50 | \$0.00 |
| 1000 | SERVICIOS PERSONALES | \$162,467.80 | \$23,354.80 | \$13,765.95 | \$10,741.90 |
| 730 | MATERIALES Y REFACCIONES | \$38,081.70 | \$17,463.40 | \$9,038.24 | \$12,318.50 |
| 2000 | MATERIALES Y SUM. | \$38,081.70 | \$17,463.40 | \$9,038.24 | \$12,318.50 |
| 750 | IMPUESTOS Y DERECHOS | \$13,500.40 | \$2,339.40 | \$1,084.40 | \$1,209.34 |
| 760 | ADQ. DE SERVICIOS | \$15,643.60 | \$2,492.40 | \$1,426.20 | \$1,876.70 |
| 770 | SERVICIOS A TERCEROS | \$78,403.80 | \$29,757.80 | \$14,931.00 | \$14,626.39 |
| 780 | OTROS GASTOS | \$1,959.60 | \$481.70 | \$115.93 | \$113.70 |
| 7N0 | SERVICIOS A TERCEROS PM | \$15,000.00 | \$7,216.20 | \$2,841.71 | \$2,142.80 |
| 7T0 | COMUNICACIÓN SOCIAL | \$75.00 | \$85.00 | \$31.75 | \$10.00 |
| 7F0 | ARRENDAMIENTO FINANCIERO | \$20.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 |
| 7V0 | VIÁTICOS Y GASTOS | \$3,887.14 | \$1,026.30 | \$664.83 | \$2,249.91 |
| 770 | OBRAS DE EXTRACCIÓN | \$437,997.00 | \$57,675.70 | \$0.00 | \$42,418.22 |
| 3000 | SERVICIOS GENERALES | \$128,489.54 | \$43,398.80 | \$21,095.82 | \$22,228.84 |
| TOTAL | GASTO CORRIENTE | \$329,039.04 | \$84,217.00 | \$43,900.01 | \$45,289.24 |

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental

El total de gasto corriente para cada campo geotérmico indica los costos fijos por operación del complejo, notándose que en los campos geotérmicos de Los Humeros y Tres Vírgenes existen solicitudes de asignación que no corresponden a lo que sería un monto normal de acuerdo con la demanda anual de vapor.

A efecto de comparar los costos fijos de operación de cada campo geotérmico se aplican porcentajes relativos sobre el total de asignación, con lo cual se obtiene la Tabla 25 la cual muestra los resultados, y mediante la Tabla 26 se obtiene la parte presupuestal por tonelada para cada centro de producción de vapor, resaltando el costo correspondiente al campo geotérmico de Tres Vírgenes, el cual se dispara en cantidad con respecto a las otros tres:

TABLA 25
PORCENTAJES RELATIVOS A CADA CUENTA PRESUPUESTO EJERCICIO 2004 POR CONCEPTOS DE OPERACIÓN DE CAMPOS GEOTÉRMICOS

| CTA | CONCEPTOS | RGCP | RLA | RLH | R3V |
|--------------|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 710 | SALARIOS Y PRESTACIONES | 15.89% | 10.28% | 11.88% | 8.81% |
| 720 | PRESTACIÓN SOCIAL | 26.68% | 13.26% | 15.16% | 11.87% |
| 790 | IMSS SEGURIDAD SOCIAL | 6.52% | 3.96% | 3.85% | 2.69% |
| 7P0 | PREVISIÓN SOCIAL | 0.01% | 0.23% | 0.27% | 0.35% |
| 7U0 | SERVICIOS PERSONALES | 0.28% | 0.00% | 0.20% | 0.00% |
| 1000 | SERVICIOS PERSONALES | 49.38% | 27.73% | 31.36% | 23.72% |
| 730 | MATERIALES Y REFACCIONES | 11.57% | 20.74% | 20.59% | 27.20% |
| 2000 | MATERIALES Y SUMINISTROS | 11.57% | 20.74% | 20.59% | 27.20% |
| 750 | IMPUESTOS Y DERECHOS | 4.10% | 2.78% | 2.47% | 2.67% |
| 760 | ADQ. DE SERVICIOS | 4.75% | 2.96% | 3.25% | 4.14% |
| 770 | SERVICIOS A TERCEROS | 23.83% | 35.33% | 34.01% | 32.30% |
| 780 | OTROS GASTOS | 0.60% | 0.57% | 0.26% | 0.25% |
| 7N0 | SERVICIOS A TERCEROS PM | 4.56% | 8.57% | 6.48% | 4.73% |
| 7T0 | COMUNICACIÓN SOCIAL | 0.02% | 0.10% | 0.07% | 0.02% |
| 7F0 | ARRENDAMIENTO FINANCIERO | 0.01% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| 7V0 | VIÁTICOS Y GASTOS | 1.18% | 1.22% | 1.51% | 4.97% |
| 3000 | SERVICIOS GENERALES | 39.05% | 51.53% | 48.05% | 49.08% |
| TOTAL | GASTO CORRIENTE | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental

Por lo que, de acuerdo con la demanda real de vapor para cada complejo geotermoeléctrico se puede realizar el siguiente análisis comparativo:

TABLA 26
PARTE PRESUPUESTAL (M.N.) POR TONELADA ACUMULADA EJERCICIO 2004 POR CONCEPTOS DE OPERACIÓN DE CAMPOS GEOTÉRMICOS

| CONCEPTO | RGCP | RLA | RLH | R3V |
|--------------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ASIGNACIÓN PRESUPUESTAL ANUAL | \$329,038.90 | \$84,217.20 | \$43,900.01 | \$45,288.98 |
| DEMANDA REAL DE VAPOR (t/h) | 6,010.00 | 1,670.00 | 455.00 | 99.00 |
| DEMANDA ANUAL REAL (t) | 52,647,600 | 14,629,200 | 3,985,800 | 867,240 |
| PARTE SERV. PERS. POR TON | \$3.09 | \$1.60 | \$3.45 | \$12.39 |
| PARTE MAT. Y SUM. POR TON. | \$0.72 | \$1.19 | \$2.27 | \$14.20 |
| PARTE SERV. GRALES. POR TON | \$2.44 | \$2.97 | \$5.29 | \$25.63 |
| PARTE PRESUPUESTAL POR TON | \$6.25 | \$5.76 | \$11.01 | \$52.22 |

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental

El presupuesto asignado para cada campo contempla ahora únicamente los costos fijos, que de acuerdo con la demanda real de vapor para cada uno de ellos, presentan áreas de mejoras para obtener optimización, por las siguientes razones:

- ▶ Los porcentajes correspondientes a capital humano, **SERVICIOS PERSONALES**, no guardan ninguna relación con la producción de vapor, para el caso de Tres Vírgenes, se observa que el costo de este concepto está excedido con respecto a Los Azufres y Los Humeros, dado el siguiente análisis:

| CONCEPTO | RLA | RLH | R3V |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| DEMANDA ANUAL REAL (t) | 14,629,200 | 3,985,800 | 867,240 |
| PORCENTAJE REFERIDO A RLA | 100.00% | 27.25% | 5.93% |
| COSTO DE SERV. PERSONALES | \$23,354.80 | \$13,765.95 | \$10,741.90 |
| PORCENTAJE REFERIDO A RLA | 100.00% | 58.94% | 45.99% |

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido en la investigación documental.

Como se observa no existe relación entre la producción anual de vapor y el costo de **SERVICIOS PERSONALES**, es decir que para un centro de producción equivalente al 27.25% de lo que produce Los Azufres se tiene un costo del 58.94%, y para otro de 5.93% en producción de vapor se tiene un costo de 45.99%.

- ▶ Con relación a la parte del presupuesto que se aplica en los conceptos de **MATERIALES Y SUMINISTROS** y **SERVICIOS GENERALES**, tampoco se observa que exista relación con la producción anual de vapor.

Esta información será utilizada con más detalle en el punto relativo a Protección de la Rentabilidad del Proyecto.

MODELO DE PAGO.

De acuerdo con la Ley de Obras Públicas y Servicios relacionados con la misma, Artículo 45, los contratos de obras públicas y de servicios relacionados con las mismas podrán ser de tres tipos:

- I. Sobre la base de precios unitarios, en cuyo caso el importe de la remuneración o pago total que deba cubrirse al contratista se hará por unidad de concepto terminado;
- II. A precio alzado, en cuyo caso el importe de la remuneración o pago total fijo que deba cubrirse al contratista será por los trabajos totalmente terminados y ejecutados en el plazo establecido.

Las proposiciones que presenten los contratistas para la celebración de estos contratos, tanto en sus aspectos técnicos como económicos, deberán estar desglosadas por lo menos en cinco actividades principales, y

- III. Mixtos, cuando contengan una parte de los trabajos sobre la base de precios unitarios y otra, a precio alzado.

Las dependencias y entidades podrán incorporar en las bases de licitación las modalidades de contratación que tiendan a garantizar al Estado las mejores condiciones en la ejecución de los trabajos, siempre que con ello no se desvirtúen el tipo de contrato que se haya licitado.

Los trabajos cuya ejecución comprendan más de un ejercicio presupuestal deberán formularse en un solo contrato, por la vigencia que resulte necesaria para la ejecución de los trabajos, quedando únicamente sujetos a la autorización presupuestal para cada ejercicio, en los términos del artículo 30 de la Ley de Presupuesto Contabilidad y Gasto Público Federal.

El modelo de contrato determina las condiciones y obligaciones a que deben sujetarse el contratante y el contratado, la forma como se está aplicando cada uno de los tipos de contrato es la siguiente:

Precios Unitarios

Para este caso, se proporcionan los proyectos arquitectónicos y de ingeniería de cada pozo, indicando la localización, profundidad total, programa de tuberías de revestimiento con sus características, plazo de construcción para cada pozo, requerimientos de calidad en cementaciones y elementos de seguridad, así como en protección ambiental; Los proyectos arquitectónicos y de ingeniería de las instalaciones superficiales y líneas de conducción de vapor; normas de calidad de los materiales y especificaciones generales y particulares de construcción aplicables; relación de materiales y equipo de instalación permanente con su programa de suministros; el procedimiento de ajuste de costos que deberá aplicarse, así como el catálogo de conceptos, cantidades y unidades de medición, la relación de conceptos de trabajo más significativos, de los cuales deberán presentar análisis y relación de los costos básicos de materiales, mano de obra, maquinaria y equipo de construcción que intervienen en dicho análisis.

El modelo de pago considera un anticipo equivalente a un porcentaje del monto para cada ejercicio, normalmente 30%, a partir del cual se establece un flujo de caja el cual forma parte de la oferta de cada licitante.

Los trabajos objeto de este tipo de contrato se pagan mediante la formulación de estimaciones que abarcan los conceptos de trabajos terminados, siendo la fecha de corte el último día natural de cada mes.

El importe de las estimaciones se cubre dentro de un plazo no mayor a 20 (veinte) días naturales contados a partir de la fecha en que las hubiera autorizado la Residencia de Supervisión correspondiente.

Precio alzado

Para este caso, se proporcionan los proyectos arquitectónicos y de ingeniería de cada pozo, indicando la localización, profundidad total, programa de tuberías de revestimiento con sus características, plazo de construcción para cada pozo, requerimientos de calidad en cementaciones y elementos de seguridad, así como en protección ambiental; Los proyectos arquitectónicos y de ingeniería de las instalaciones superficiales y líneas de conducción de vapor; normas de calidad de los materiales y especificaciones generales y particulares de construcción aplicables; relación de materiales y equipo de instalación permanente con su programa de suministros.

El modelo de pago no considera anticipo.

Los trabajos objeto de este tipo de contrato se pagan una vez que se ha terminado el paquete de obras que conforman la infraestructura de extracción y manejo de vapor, se emite un certificación de aceptación provisional por un plazo de un año, transcurrido este periodo sin problemas en las instalaciones se emite el certificado de aceptación provisional.

Evidentemente, el costo de las obras en un modelo de contrato a precio alzado es más alto que en un contrato a precios unitarios, dado que el periodo aproximado para construir este tipo de obras es de cuatro a cinco meses, por lo que el costo de cada paquete considera los intereses del capital por ese periodo.

La diferencia básica en la práctica, es que en un contrato a precios unitarios se cubren las necesidades adicionales de suministros, dado que no se tiene un conocimiento pleno del subsuelo, y se pagan estas adiciones conforme se requieren en forma mensual; mientras que en un precio alzado el contratista deberá considerar desde la elaboración de su propuesta, las posibles adiciones que se puedan presentar, e incorporarlas en su oferta, esto encarece el monto de las obras.

Actualmente se manejan los dos modelos de contrato en la ejecución de obras de extracción y manejo de vapor endógeno.

6.3 PROTECCIÓN DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO.

Los procesos más importantes dentro del desarrollo de proyectos geotermoeléctricos son los correspondientes a la extracción y manejo de vapor endógeno. Ambos requieren de una infraestructura apropiada, tanto en su diseño como en su operación. De acuerdo con la demanda de vapor anual y la producción de vapor disponible, se calcula en cada complejo la producción de vapor requerida, con lo cual se establece el pronóstico de suministro de vapor correspondiente. El paso siguiente es determinar la infraestructura de extracción de vapor y la de manejo y acondicionamiento.

La extracción de vapor se obtiene mediante dos opciones:

- ▶ La construcción de pozos productores de vapor.
- ▶ La intervención de pozos existentes, con fines de incrementar la producción de vapor en cada uno de ellos.

La construcción de pozos productores de vapor es considerada como una inversión, mientras que la intervención de pozos existentes se considera dentro de los costos de gasto corriente (costos fijos). De acuerdo con el mercado actual, la profundidad y características de cada pozo, los costos de perforación para modelo de precio alzado Obra Pública Financiada en Los Azufres, se presentan de la siguiente manera:

TABLA 28
COSTO DE INFRAESTRUCTURA DE EXTRACCIÓN DE VAPOR.
MODELO PRECIO ALZADO. OBRA PÚBLICA FINANCIADA EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS AZUFRES

| POZO | TIPO | PROF. (m) | COSTO USD | | |
|--------|-------------|--------------|----------------|--------------|-----------------------|
| | | | PERFORACIÓN | EQUIPAMIENTO | TOTAL |
| AZ-64 | VERTICAL | 1,310 | \$3,464,303.44 | \$549,506.68 | \$4,013,810.12 |
| AZ-69D | DIRECCIONAL | 1,312 | \$3,298,626.66 | \$315,197.30 | \$3,613,823.96 |
| AZ-65D | DIRECCIONAL | 1,810 | \$4,559,149.18 | \$946,185.14 | \$5,505,334.32 |
| AZ-66D | DIRECCIONAL | 1,773 | \$4,643,934.45 | \$515,856.25 | \$5,159,790.70 |
| AZ-67 | VERTICAL | 1,910 | \$3,847,215.45 | \$652,287.92 | \$4,499,503.37 |
| | | 1,623 | | | \$4,558,452.49 |

Fuente: Departamento de Perforación, GPG, C.F.E., 2004

De acuerdo con el PUNTO DE EQUILIBRIO, el cual se define como aquel nivel de producción de bienes en que se igualan los ingresos totales y los costos totales; esto es, en donde el ingreso de operación es igual a cero, se tiene lo siguiente:

Consideraciones:

- El análisis considera únicamente el costo de la infraestructura de extracción y manejo de vapor (pozo y equipamiento), sin considerar los costos de operación de campo, dado que estos ya están presentes en la producción actual de los pozos que entregan vapor.
- El análisis solo considera el capital necesario sin incluir el costo del mismo (interés por financiamiento).
- Se considera el costo promedio de la infraestructura de extracción y manejo de vapor (cinco pozos y equipamiento) de \$4,558,452,49 USD, para una profundidad promedio de 1,623 m.
- El precio por tonelada de vapor se considera a \$2 USD.
- Se consideran diferentes producciones de vapor, 20, 35, 45 y 60 t/h.

| TABLA 29 PUNTO DE EQUILIBRIO PARA INFRAESTRUCTURA DE EXTRACCIÓN Y MANEJO DE VAPOR ENDÓGENO EN LOS AZUFRES | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| AÑO | PRODUCCIÓN DE VAPOR EN t/h | | | | COSTO FIJO |
| | 20 | 35 | 45 | 60 | |
| INGRESOS POR PRODUCCIÓN DE VAPOR EN USD | | | | | |
| 1 | \$350,400.00 | \$613,200.00 | \$788,400.00 | \$1,051,200.00 | \$4,558,452.49 |
| 2 | \$700,800.00 | \$1,226,400.00 | \$1,576,800.00 | \$2,102,400.00 | \$4,558,452.49 |
| 3 | \$1,051,200.00 | \$1,839,600.00 | \$2,365,200.00 | \$3,153,600.00 | \$4,558,452.49 |
| 4 | \$1,401,600.00 | \$2,452,800.00 | \$3,153,600.00 | \$4,204,800.00 | \$4,558,452.49 |
| 5 | \$1,752,000.00 | \$3,066,000.00 | \$3,942,000.00 | \$5,256,000.00 | \$4,558,452.49 |
| 6 | \$2,102,400.00 | \$3,679,200.00 | \$4,730,400.00 | \$6,307,200.00 | \$4,558,452.49 |
| 7 | \$2,452,800.00 | \$4,292,400.00 | \$5,518,800.00 | \$7,358,400.00 | \$4,558,452.49 |
| 8 | \$2,803,200.00 | \$4,905,600.00 | \$6,307,200.00 | \$8,409,600.00 | \$4,558,452.49 |
| 9 | \$3,153,600.00 | \$5,518,800.00 | \$7,095,600.00 | \$9,460,800.00 | \$4,558,452.49 |
| 10 | \$3,504,000.00 | \$6,132,000.00 | \$7,884,000.00 | \$10,512,000.00 | \$4,558,452.49 |

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental

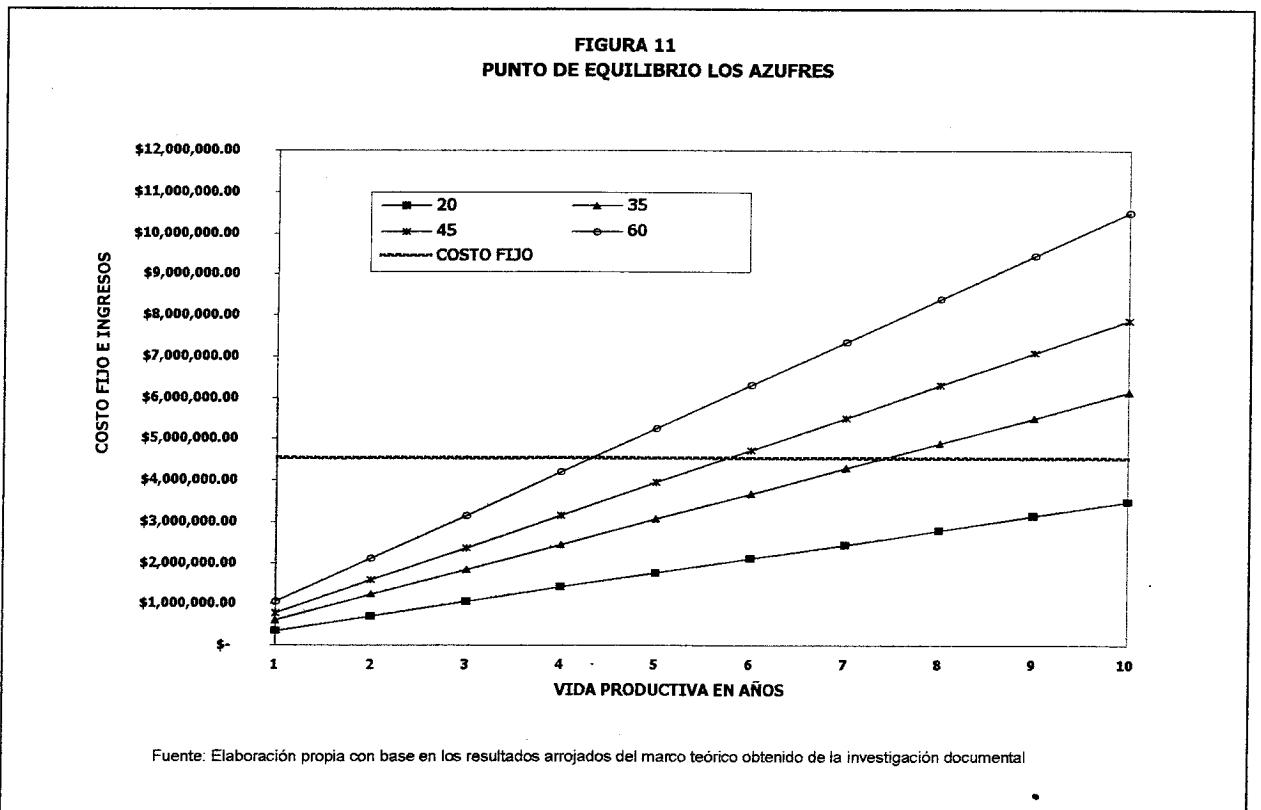
Como se observa en la Tabla anterior, se tienen los siguientes resultados:

- a) Para una producción de 20 t/h de vapor, no se alcanza el punto de equilibrio en 10 años.
- b) Para una producción de 35 t/h el punto de equilibrio se alcanza en el año 8.
- c) Para una producción de 45 t/h de vapor se requiere una vida productiva de 6 años.
- d) Para una producción de 60 t/h se alcanza el punto de equilibrio en 5 años.

Del análisis anterior se puede establecer que las variables a considerar en la determinación del punto de equilibrio son:

- a) El **costo** de la infraestructura de extracción y manejo de vapor.
- b) La **producción** de vapor obtenida.
- c) La **vida productiva** de la infraestructura de extracción y manejo de vapor.
- d) El **precio** de la tonelada de vapor.

Gráficamente se tiene lo siguiente:



Se analiza ahora el PUNTO DE EQUILIBRIO para una modelo de contrato de precios unitarios con recursos propios para el campo de Cerro Prieto, cuyos costos de estructura de extracción y manejo de vapor endógeno están dados de la siguiente manera:

TABLA 30
COSTO DE INFRAESTRUCTURA DE EXTRACCIÓN DE VAPOR. MODELO PRECIOS UNITARIOS. RECURSOS PROPIOS EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE CERRO PRIETO

| POZO | TIPO | PROF. (m) | COSTO USD | | |
|---------|----------|--------------|----------------|--------------|----------------|
| | | | PERFORACIÓN | EQUIPAMIENTO | TOTAL |
| 233 | VERTICAL | 2,650 | \$2,637,920.88 | \$634,135.80 | \$3,272,056.68 |
| M-133 A | VERTICAL | 2,500 | \$2,498,684.11 | \$634,135.80 | \$3,132,819.91 |
| M-121 A | VERTICAL | 2,150 | \$2,307,821.69 | \$634,135.80 | \$2,941,957.49 |
| 114 | VERTICAL | 2,900 | \$2,215,871.17 | \$634,135.80 | \$2,850,006.97 |
| | | 2.550 | | | \$3,049,210.26 |

Fuente: Departamento de Perforación, GPG, C.F.E., 2004

De acuerdo con el PUNTO DE EQUILIBRIO, nivel de producción de bienes en que se igualan los ingresos totales y los costos totales; esto es, en donde el ingreso de operación es igual a cero, se tiene lo siguiente:

Consideraciones:

- a) El análisis considera únicamente el costo de la infraestructura de extracción y manejo de vapor (pozo y equipamiento), sin considerar los costos de operación de campo, dado que estos ya están presentes en la producción actual de los pozos que entregan vapor,
- b) El análisis solo considera el capital necesario sin incluir el costo del mismo (interés por financiamiento).
- c) Se considera el costo promedio de la infraestructura de extracción y manejo de vapor (cuatro pozos y equipamiento) de \$ 3,049,210.26 USD, para una profundidad promedio de 2,250 m.
- d) El precio por tonelada de vapor se considera a \$2 USD.
- e) Se consideran diferentes producciones de vapor, 20, 35, 45 y 60 t/h. .

TABLA 31
PUNTO DE EQUILIBRIO CERRO PRIETO
MODELO PRECIOS UNITARIOS, RECURSOS PROPIOS

| AÑO | PRODUCCIÓN DE VAPOR EN t/h | | | | COSTO FIJO |
|-----------------------------------------|----------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| | 20 | 35 | 45 | 60 | |
| INGRESOS POR PRODUCCIÓN DE VAPOR EN USD | | | | | |
| 1 | \$350,400.00 | \$613,200.00 | \$788,400.00 | \$1,051,200.00 | \$3,049,210.26 |
| 2 | \$700,800.00 | \$1,226,400.00 | \$1,576,800.00 | \$2,102,400.00 | \$3,049,210.26 |
| 3 | \$1,051,200.00 | \$1,839,600.00 | \$2,365,200.00 | \$3,153,600.00 | \$3,049,210.26 |
| 4 | \$1,401,600.00 | \$2,452,800.00 | \$3,153,600.00 | \$4,204,800.00 | \$3,049,210.26 |
| 5 | \$1,752,000.00 | \$3,066,000.00 | \$3,942,000.00 | \$5,256,000.00 | \$3,049,210.26 |
| 6 | \$2,102,400.00 | \$3,679,200.00 | \$4,730,400.00 | \$6,307,200.00 | \$3,049,210.26 |
| 7 | \$2,452,800.00 | \$4,292,400.00 | \$5,518,800.00 | \$7,358,400.00 | \$3,049,210.26 |
| 8 | \$2,803,200.00 | \$4,905,600.00 | \$6,307,200.00 | \$8,409,600.00 | \$3,049,210.26 |
| 9 | \$3,153,600.00 | \$5,518,800.00 | \$7,095,600.00 | \$9,460,800.00 | \$3,049,210.26 |
| 10 | \$3,504,000.00 | \$6,132,000.00 | \$7,884,000.00 | \$10,512,000.00 | \$3,049,210.26 |

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental.

Como se observa en la Tabla anterior, se tienen los siguientes resultados:

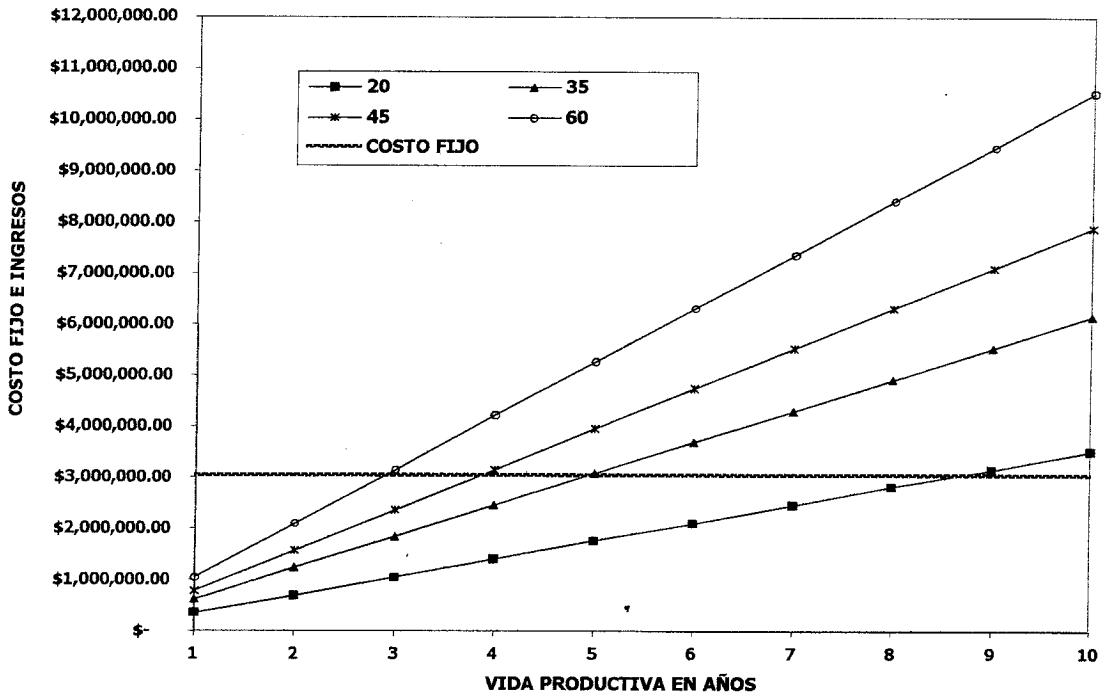
- a) Para una producción de 20 t/h de vapor, se alcanza el punto de equilibrio en año 9.
- b) Para una producción de 35 t/h el punto de equilibrio se alcanza en el año 5.
- c) Para una producción de 45 t/h de vapor se requiere una vida productiva de 4 años.
- d) Para una producción de 60 t/h se alcanza el punto de equilibrio en 3 años.

Del análisis anterior se observa que al disminuir el costo de la infraestructura de extracción y manejo de vapor endógeno, el punto de equilibrio para las diferentes producciones de vapor disminuyó significativamente, con lo cual se protege la rentabilidad del proyecto, por cual se confirma que las variables a considerar en la determinación del punto de equilibrio son:

- a) El **costo** de la infraestructura de extracción y manejo de vapor.
- b) La **producción** de vapor obtenida.
- c) La **vida productiva** de la infraestructura de extracción y manejo de vapor.
- d) El **precio** de la tonelada de vapor.

Gráficamente se tiene:

FIGURA 12
PUNTO DE EQUILIBRIO CERRO PRIETO
MODELO PRECIOS UNITARIOS, RECURSOS PROPIOS



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental

Se analiza ahora el PUNTO DE EQUILIBRIO para una modelo de contrato a precio alzado, obra pública financiada para el campo de Cerro Prieto, cuyos costos de estructura de extracción y manejo de vapor endógeno están dados de la siguiente manera:

- ▶ Número de pozos: 30
- ▶ Profundidad promedio: 2,840.67 m
- ▶ Costo promedio pozo: \$2,517,983.99 EEUU Dólares
- ▶ Costo promedio equipamiento: \$976,942.45 EEUU Dólares
- ▶ Costo promedio infraestructura de extracción y manejo de vapor: \$3,494,881.44 EEUU Dólares.

Consideraciones:

- El análisis considera únicamente el costo de la infraestructura de extracción y manejo de vapor (pozo y equipamiento), sin considerar los costos de operación de campo, dado que estos ya están presentes en la producción actual de los pozos que entregan vapor,
- El análisis solo considera el capital necesario sin incluir el costo del mismo (interés por financiamiento).
- Se considera el costo promedio de la infraestructura de extracción y manejo de vapor (cuatro pozos y equipamiento) de \$ 3,494,881.44 EEUU Dólares, para una profundidad promedio de 2,840.67 m.
- El precio por tonelada de vapor se considera a \$2 EEUU Dólares.
- Se consideran diferentes producciones de vapor, 20, 35, 45 y 60 t/h.

TABLA 32
PUNTO DE EQUILIBRIO PARA INFRAESTRUCTURA DE EXTRACCIÓN
Y MANEJO DE VAPOR ENDÓGENO EN CERRO PRIETO
PRECIO ALZADO. OBRA PÚBLICA FINANCIADA

| AÑO | PRODUCCIÓN DE VAPOR EN t/h | | | | COSTO FIJO |
|-----|-----------------------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| | 20 | 35 | 45 | 60 | |
| | INGRESOS POR PRODUCCIÓN DE VAPOR EN USD | | | | |
| 1 | \$350,400.00 | \$613,200.00 | \$788,400.00 | \$1,051,200.00 | \$3,494,881.44 |
| 2 | \$700,800.00 | \$1,226,400.00 | \$1,576,800.00 | \$2,102,400.00 | \$3,494,881.44 |
| 3 | \$1,051,200.00 | \$1,839,600.00 | \$2,365,200.00 | \$3,153,600.00 | \$3,494,881.44 |
| 4 | \$1,401,600.00 | \$2,452,800.00 | \$3,153,600.00 | \$4,204,800.00 | \$3,494,881.44 |
| 5 | \$1,752,000.00 | \$3,066,000.00 | \$3,942,000.00 | \$5,256,000.00 | \$3,494,881.44 |
| 6 | \$2,102,400.00 | \$3,679,200.00 | \$4,730,400.00 | \$6,307,200.00 | \$3,494,881.44 |
| 7 | \$2,452,800.00 | \$4,292,400.00 | \$5,518,800.00 | \$7,358,400.00 | \$3,494,881.44 |
| 8 | \$2,803,200.00 | \$4,905,600.00 | \$6,307,200.00 | \$8,409,600.00 | \$3,494,881.44 |
| 9 | \$3,153,600.00 | \$5,518,800.00 | \$7,095,600.00 | \$9,460,800.00 | \$3,494,881.44 |
| 10 | \$3,504,000.00 | \$6,132,000.00 | \$7,884,000.00 | \$10,512,000.00 | \$3,494,881.44 |

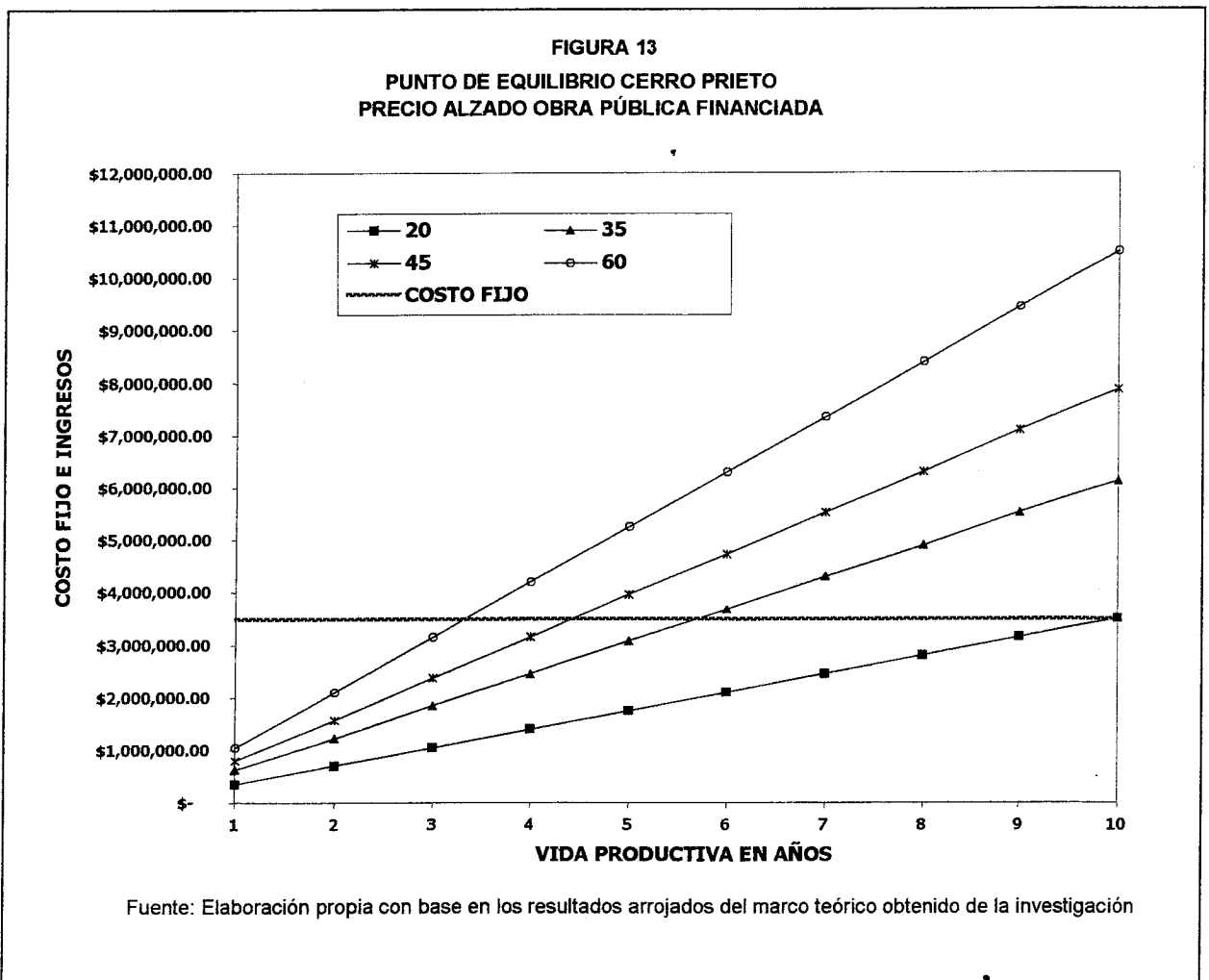
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental

Como se observa en la Tabla anterior, se tienen los siguientes resultados:

- a) Para una producción de 20 t/h de vapor, se alcanza el punto de equilibrio en el año 10.
- b) Para una producción de 35 t/h el punto de equilibrio se alcanza en el año 6.
- c) Para una producción de 45 t/h de vapor se requiere una vida productiva de 5 años.
- d) Para una producción de 60 t/h se alcanza el punto de equilibrio en 4 años.

Como se observa, es concluyente que las variables que permitirán la protección de la rentabilidad en este tipo de proyectos son: **costo** de la infraestructura de extracción y manejo de vapor, **producción** de vapor obtenida, **vida productiva** de la infraestructura de extracción y manejo de vapor y **precio** de la tonelada de vapor.

Gráficamente se tiene:



En lo correspondiente a infraestructura de extracción y manejo de vapor, con fines de proteger la rentabilidad del proyecto, se deberán poner en explotación las zonas de mayor producción de vapor, preferentemente en los sitios de menor declinación, buscando la minimización de costos, y aplicando un sistema total de calidad que permite vida productiva de por lo menos 6 años.

En lo correspondiente a operación de campos geotérmicos, deberá aplicarse un procedimiento de Mantenimiento, Mejora, Actualización e Innovación Tecnológica de la infraestructura de manejo y acondicionamiento de vapor que cumpla con las siguientes metas:

- ▶ Producción de vapor demandada.
- ▶ Eficiencia y optimización de los procesos.
- ▶ Minimización de costos.
- ▶ Cumplimiento de observaciones de auditoría ambiental.
- ▶ Incorporación de innovación tecnológica que permita el cumplimiento de las metas anteriores.

Con los dos puntos anteriores se garantiza que el capital aplicado no va en otra dirección a la necesaria para proteger la rentabilidad del proyecto.

6.4 PRESUPUESTO MAESTRO.

Los parámetros a considerar son los siguientes:

- ▶ Demanda anual real de vapor endógeno.
- ▶ Producción de vapor endógeno disponible.
- ▶ Producción de vapor endógeno faltante.
- ▶ Infraestructura de extracción y manejo de vapor endógeno necesaria para satisfacer la demanda anual real.
- ▶ Costos de operación de campo geotérmicos,

Elementos que al ser considerados garantizarán que los centros de producción para suministro de vapor endógeno cuenten en su presupuesto con el programa de inversiones a mediano plazo para satisfacer la demanda de vapor endógeno a las centrales de generación geotermoeléctrica, Todos estos parámetros serán considerados, posterior a su análisis, dentro de las corridas financieras correspondientes a cada campo geotérmico.

6.5 ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS.

A fin de que exista una relación congruente entre los flujos de efectivo, protección de la rentabilidad y la evaluación financiera en los proyectos de inversión, se revisará a partir de la teoría de administración la situación actual de los proyectos de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno, indicándose en el capítulo 8 su resultado.

La administración es un proceso muy particular consistente en las actividades de planeación, organización, ejecución y control, desempeñadas para determinar y alcanzar los objetivos señalados con el uso de seres humanos y otros recursos, se puede señalar lo siguiente con relación a su importancia y universalidad:

- ▶ Es aplicable a cualquier tipo de empresas y organizaciones.
- ▶ Es útil en todo tiempo y contexto organizacional.
- ▶ Permite a los individuos realizar su mejor contribución para el logro de los objetivos grupales.
- ▶ Interesa a todos los niveles de la organización.
- ▶ Es esencial para la coordinación de los esfuerzos individuales.

El propósito de la administración es lograr la eficacia y la eficiencia en la acción colectiva. Tradicionalmente la administración ha sido analizada a partir de cuatro funciones básicas: Planeación, Organización, Dirección y Control.

PLANEACIÓN

DEFINICIONES

- Elección de los fines a corto y largo plazo y de las tareas que deben ser realizadas para alcanzarlos, especificando la manera y el tiempo de ejecución, como y para qué utilizar los recursos.
- Diseñar los objetivos y metas de la organización.
- Diseñar estrategias para alcanzarlos.
- Y elegir los cursos futuros de acción.

Planear es pensar en el futuro, los objetivos y las metas están definidas a corto plazo, por lo que hay que planear a mediano plazo, considerando el programa de inversiones necesario, primero para alcanzar la producción de vapor que satisfaga la demanda, segundo mantener esa producción al menor costo de operación de campos geotérmicos.

Los principios de la administración son verdades fundamentales de aplicación general que sirven como guías de conducta a observarse en la acción administrativa, siendo los siguientes:

Factibilidad.

Lo que planee deber ser realizable; es inoperante elaborar planes demasiado ambiciosos u optimistas que sean imposibles de lograr. La planeación debe adaptarse a la realidad y a las condiciones objetivas que se presentan en el medio ambiente.

Objetividad y cuantificación.

La planeación requiere basarse en datos reales, razonamientos precisos y exactos, no en opiniones subjetivas, especulaciones o cálculos arbitrarios. Este principio establece la necesidad de utilizar datos objetivos como estadísticas, estudios de mercado, estudios de factibilidad, cálculos probabilísticos, entre otros. La planeación será más confiable en tanto pueda ser cuantificada, expresada en tiempo, dinero, cantidades y especificaciones.

Flexibilidad.

Toda planeación requiere establecer márgenes de holgura que permitan afrontar situaciones imprevistas y que proporcionen nuevos cursos de acción para ajustarse a las nuevas condiciones.

Unidad.

Todos los planes particulares o específicos de la empresa deben integrarse a un plan general y ser dirigidos al logro de los propósitos y objetivos generales, sin perder el enfoque, y la armonía entre el equilibrio y la interrelación que debe existir entre ellos.

Cambio de estrategias.

En caso de que el plan se extienda con relación al periodo determinado, será necesario ajustarlo. Esto no significa el abandono de los propósitos, sino que la empresa tiene que modificar los cursos de acción y estrategias, así como las políticas, programas, procedimientos y presupuestos.

Un simple proceso simplificado de planeación estratégica permite determinar lo siguiente:

Revisión de objetivos. Establecer los objetivos, o en su caso verificar que estos son los adecuados para que se obtenga eficacia y eficiencia, y se garantice el suministro de vapor a las centrales.

Análisis del contexto general. Entorno de los centros de producción de vapor, relación con autoridades externas, derechos de tierra, incertidumbre ambiental.

Análisis sectorial. Factores que afectan la competitividad de la geotermia en particular y su arca de referencia con otras centrales generadoras de electricidad.

Elaboración de estrategias. Con el análisis de los puntos anteriores se elaboran las estrategias.

Se considera de valioso apoyo se realice el análisis interno, a fin de orientar a la valorización de la capacidad estratégica de la organización: recursos, competencias, habilidades, entre otras, lo que definen la competitividad, incluyendo lo siguiente:

Examen de recursos.

Tipo, cantidad y naturaleza de recursos físicos, humanos, financieros e intangible.

Análisis de la cadena de valor.

Consiste en determinar la utilización de los recursos. Identificar los elementos esenciales del proceso productivo, determinar el valor añadido que proporciona cada uno de ellos y revisar los vínculos y articulaciones entre los elementos que participan en el proceso.

Análisis comparativo.

Comparación sobre cualquier marcador de creación de valor, con otros sistemas, desde perspectivas históricas, sectoriales o de la mejores prácticas. Ingresos/empleados, producción/empleo con otras empresas en el ámbito mundial.

Balance de recursos.

Revisión de la complementariedad de actividades, portafolio de negocios, equilibrio de recursos o razones financieras y la capacidad de reacción ante incertidumbres.

Análisis FODA.

Resumen comparativo de Fuerzas (situación interna), Oportunidades (situación externa), Debilidades (situación interna) y Amenazas (situación externa), a fin de relacionar aspectos internos y externos.

HERRAMIENTAS DE PLANEACIÓN.

Presupuesto.

Expresar los objetivos y actividades en términos monetarios. Especificar los recursos (dinero, infraestructura, capital humano, materiales, entre otros) que se destinarán a las

diferentes actividades durante un periodo determinado y la estimación de beneficios esperados de la realización de actividades.

Evaluación de proyectos.

La realización de los planes implica un costo. Este costo debe compararse de alguna manera con los beneficios que se generarán. La evaluación de los proyectos consiste precisamente en comparar costos y beneficios, a través de indicadores de rentabilidad.

Flujo de caja.

Resumen de los conceptos de egresos e ingresos que se generarán con un proyecto. Difiere de un estado de resultados proforma porque considera los periodos en que ocurrirán efectivamente los desembolsos e ingresos. No refleja niveles de utilidad sino flujos previstos, lo que permite conocer, entre otras cosas, las necesidades de financiamiento.

Indicadores de rentabilidad.

A partir del flujo de caja previsto, es posible evaluar la rentabilidad de un plan o proyecto, los instrumentos de análisis más utilizados son:

- ▶ Punto de equilibrio.
- ▶ Valor presente neto.
- ▶ Tasa interna de retorno.
- ▶ Periodo de retorno.
- ▶ Costo anual equivalente.
- ▶ Análisis de sensibilidad.

Análisis de decisiones.

Administrar equivale a tomar decisiones, planear significa la selección de los cursos de acción más apropiados, por lo que planear es un problema de decisiones.

Si los objetivos están definidos y el contexto ha sido analizado, el proceso de decisión podría consistir en:

- Definición del problema.
- Identificación de criterios de decisión.
- Ponderación de los criterios.
- Desarrollo de las alternativas.
- Análisis de las alternativas.
- Selección de las alternativas.
- Implantación y evaluación.

Esta concepción del proceso de decisión asume que:

- El problema está definido claramente.
- Todas las consecuencias de cada una son conocidas.
- Las preferencias son claras y estables.
- No hay restricciones de tiempo y costo para la información.
- El decisor es único y racional.

PROGRAMACIÓN

Es la calendarización de las actividades a realizar. Comúnmente resulta en un diagrama de Gantt, el cual consiste en una serie de barras que representan la duración de las actividades. Este diagrama se puede construir directamente, a partir de la lista de actividades y de la duración estimada de cada una de ellas. Una manera más elaborada de construirlo es a través de la ruta crítica.

La ruta crítica es una técnica de programación basada en la identificación de las relaciones secuenciales de las actividades de un proyecto, se puede dividir de la siguiente forma:

- Identificación de actividades y eventos.
- Orden de realización de los eventos.

- Diagrama de fechas (eventos conectados por actividades).
- Tiempo estimado de ejecución (promedio).
- Identificación de la ruta crítica.
- Ajustes (compresión/descompresión/solución óptima).
- Plan de recursos (uso de holguras).
- Control del proyecto.

ORGANIZACIÓN

DEFINICIONES

- Asignación de las tareas planeadas a individuos o grupos y creación de mecanismos de ejecución. Organizar supone también estructurar las relaciones entre los miembros de la organización.
- Organizar es la estructura de las relaciones que deben existir entre las funciones, niveles y actividades de los elementos materiales y humanos de un organismo social, con el fin de lograr su máxima eficiencia dentro de los planes y objetivos señalados.
- Organizar es agrupar y ordenar las actividades necesarias para alcanzar los fines establecidos, creando unidades administrativas, asignando en su caso funciones, autoridad, responsabilidad y jerarquía, estableciendo las relaciones que entre dichas unidades debe existir.

Con relación a la organización, se deben revisar los siguientes conceptos a fin de determinar el nivel en que se están manejando:

Idea básica: el trabajo es más efectivo si todos los involucrados saben que parte les toca desempeñar y conocen la relación entre sus funciones.

Propósito: diseñar y sostener un sistema de funciones intencional y formalizado.

Organización informal: una red de relaciones personales y sociales más o menos espontáneas que existen junto a la organización formal.

Identificación y clasificación de las actividades requeridas: agrupación de las actividades; asignación de los grupos de actividades junto con la autoridad necesaria; especificación de las relaciones de autoridad e información (coordinación).

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Se debe contar con una apropiada estructura organizacional, y deberá tenderse a la implantación y aplicación de unidades estratégicas de negocios, las cuales son unidades empresariales completas dentro de una organización mayor, con una misión propia, competidores definidos y administración de sus recursos clave.

AMBIENTE ORGANIZACIONAL

Revisión de prácticas que deben evitarse, tales como:

Obsolescencia de la estructura.

Estructuras en función de las personas.

Relaciones confusas (autoridad y responsabilidad).

Renuencia a delegar autoridad.

Confusión de líneas de autoridad con líneas de información.

Delegación de autoridad sin responsabilidad o viceversa.

Exceso de autoridad en el personal.

Exceso de autoridad funcional.

Sobreorganización (exceso de niveles o de procedimiento).

Suborganización (excesos de comités).

Por lo que la revisión debe contemplar la implementación de programas que permitan lo siguiente:

Diseñar la organización ideal.

En función primero de las metas y actividades y luego de personas, adecuada a las circunstancias específicas de la empresa.

Mantener y explotar la flexibilidad.

Replantear periódicamente el diseño ideal.

Estar atentos a los cambios significantes del contexto o de la empresa.

Realizar ajustes moderados continuos.

Hacer que el grupo de trabajo funcione eficazmente.

Distinguir claramente las relaciones de autoridad de línea y personal.

Alentar la consulta al grupo de trabajo por parte de los administradores de línea.

Mantener informado al grupo de trabajo sobre los asuntos de su competencia.

Exigir al personal trabajo exhaustivo en sus propuestas.

Clarificar la estructura.

Establecer las principales líneas de autoridad en un organigrama.

Mantener actualizados los organigramas.

Distinguir entre el nivel en el organigrama e importancia dentro de la organización.

Elaborar descripciones de los puestos (funciones, áreas de resultados, reportes).

Asegurarse de la comprensión de la organización.

Redactar manuales de organización (visión, planes, organigramas, descripción de puestos).

Reconocer y aprovechar la organización informal.

Promover una cultura organizacional apropiada.

Reforzar los valores mediante símbolos e incentivos.

Estimular la participación, el autocontrol, la comunicación abierta y la meritocracia.

DIRECCIÓN

DEFINICIONES

- Conducción de las actividades de los miembros en las direcciones apropiadas. Dirigir implica ejercer liderazgo, motivar e influenciar.
- Comprende la influencia interpersonal del administrador a través de la cual logra que sus subordinados obtengan los objetivos de la organización, mediante la supervisión, la comunicación y la motivación.
- Consiste en dirigir las operaciones mediante la cooperación del esfuerzo de los subordinados, para obtener altos niveles de productividad mediante la motivación y supervisión.

La Dirección debe establecer planes que permitan influir en las personas para que contribuyan al cumplimiento de las metas organizacionales. Esto es, crear y mantener condiciones adecuadas para el trabajo en conjunto, al tiempo que se satisfacen las necesidades de las personas y se utiliza su potencial.

CONTROL

DEFINICIONES

- El control es un proceso mediante el cual la administración se cerciora si lo que ocurre concuerda con lo que se programó que ocurriera, de lo contrario, será necesario realizar los ajustes que permitan cumplir con los objetivos. El propósito del control es contribuir al logro de las metas de la organización.

Se deben analizar los controles establecidos a fin de contribuir al logro de las metas de la organización. Por lo que se debe garantizar mediante un adecuado sistema de vigilancia, que las actividades se desarrollan conforme a lo planeado y poder corregir cualquier desviación evidente. Dado que el control es el último vínculo de la cadena funcional de la administración, éste deberá realizarse de manera tal que asegure el cumplimiento de las metas.

7. FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE INVERSIONES PARA CADA PROYECTO GEOTERMOELÉCTRICO.

EVALUACIÓN FINANCIERA EN LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN.

Una de las funciones más relevantes en el área de finanzas, es el análisis de los proyectos de inversión, la cual se realiza con el fin de seleccionar las mejores alternativas de los recursos de que dispone una empresa, una organización o un país.

El mejor aprovechamiento de los recursos con los cuales cuenta una empresa, hace necesario establecer criterios de evaluación, los cuales permitan planear, organizar, dirigir y controlar los montos presupuestados para costos de operación de campos geotérmicos y de inversión para nueva infraestructura de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno. De esta forma, el punto de partida debe ser precisar los objetivos a corto y largo plazo, que permitan la generación de flujos encaminados a la satisfacción de la demanda de vapor endógeno en cada uno de los campos geotérmicos.

A fin de optimizar los recursos y lograr minimización de costos, así como disminución de riesgos, se requiere que los análisis de presupuestos sean más profundos y justificados. La evaluación de un proyecto permite visualizar lo que va a ocurrir una vez hecha la inversión, si de acuerdo con la inversión inicial los flujos que se generarán aportarán utilidades. Para la evaluación de los proyectos de inversión, se requiere conocer la siguiente información:

- a) La inversión inicial requerida.
- b) El horizonte del proyecto (vida útil estimada por el proyecto).
- c) El valor de salvamento de la inversión.
- d) Los flujos de fondos estimados para cada periodo, en el horizonte del proyecto.
- e) El rendimiento mínimo aceptable por la empresa o inversionista (costo de capital).

Existen varios métodos para la evaluación, los cuales son agrupados en dos:

- a) **Métodos de evaluación simple.** No consideran el valor del dinero en el tiempo y normalmente, utilizan información derivada de estados financieros como el Balance General y el Estado de Resultados.
- b) **Métodos de evaluación complejos.** Sí toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo y se basan, normalmente, en información derivada de flujos de efectivo.

Frecuentemente los proyectos de inversión suponen ingresos en diferentes periodos de tiempo, cuando esto sucede, es conveniente analizar sus ingresos y sus gastos dentro de cada periodo y posteriormente, compararlos sobre una misma base de tiempo, lo cual significa que se tiene que descontar a un factor X esas cantidades para determinar un valor neto en el momento de tomar la decisión, para el año cero actualizar el valor del dinero. Dentro de estos métodos están:

Valor Actual (VA). Conocido también como valor presente (VP), este método consiste en actualizar los flujos de efectivo, traerlos a valor presente, uno a uno, descontándolos a una tasa de interés igual al costo de capital (k) y sumar éstos, comparar dicha suma con la inversión inicial (I_0), de tal forma que: si el valor actual de la suma de los flujos es mayor o igual al de la inversión, el proyecto se acepta como viable, en caso contrario se rechaza.

Valor Actual Neto (VAN). Conocido también como valor presente neto (VPN), este método consiste en restar al valor actual (VA) la inversión inicial (I_0), de tal forma que si esta diferencia es cero o mayor de cero, el proyecto se considera viable y se acepta, caso contrario se rechaza.

Tasa Interna de Retorno (TIR). Este método consiste en igualar la inversión inicial, con la suma de los flujos actualizados a una tasa de descuento (i) supuesta, que haga posible su igualdad, si la tasa de interés (i) que hizo posible la igualdad es mayor o igual al costo de capital (k), el proyecto se acepta, de lo contrario se rechaza..

Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI). Este método consiste en determinar el tiempo que tarda un proyecto en ser pagado y se determina mediante restas sucesivas de uno por uno de los flujos de efectivo a la inversión original (I₀), hasta que ésta queda saldada, de tal forma que si la inversión (I₀) se amortiza en un tiempo menor o igual al horizonte del proyecto, éste se considera viable y se acepta, caso contrario se rechaza.

7.1 PROGRAMA DE INVERSIONES Y CORRIDA FINANCIERA EN CERRO PRIETO, B.C.

Para este análisis se considerará la asignación presupuestal autorizada para el ejercicio de 2004, la cual muestra los siguientes montos:

| TABLA 33 PRESUPUESTO DE GASTO CORRIENTE EJERCICIO 2004 CERRO PRIETO | | |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------|
| CTA | CONCEPTOS | CIFRAS |
| 1000 | SERVICIOS PERSONALES | \$162,467,758.00 |
| 2000 | MATERIALES Y SUMINISTROS | \$38,081,686.00 |
| 3000 | SERVICIOS GENERALES | \$128,489,550.00 |
| 3000 | OBRAS DE EXTRACCIÓN DE VAPOR | \$437,997,000.00 |
| TOTAL | | \$767,035,994.00 |

Fuente: Residencia General de Cerro Prieto, GPG, C.F.E., 2004

Los costos por operación mantenimiento de campo geotérmico asignados al ejercicio de 2004 ascienden a un monto de \$329, 038, 994, cantidad que se asumirá constante en el presente ejemplo.

Los costos de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno se obtienen mediante los costos de mercado actuales, punto 6.3 PROTECCIÓN DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO, y de acuerdo con el pronóstico de vapor elaborado para este campo:

Bajo las siguientes consideraciones:

- a) Inversión inicial requerida: inversiones anuales de acuerdo a la producción de vapor demanda.
- b) Horizonte del proyecto (vida útil estimada del proyecto): 6 años.
- c) Valor de salvamento de la inversión: 10%.
- d) Flujos de fondos estimados para cada periodo, en el horizonte del proyecto.
- e) Rendimiento mínimo aceptable por la empresa (costo de capital): 12%

Se obtiene la **CORRIDA FINANCIERA N° 1** preliminar aplicando Valor Actual Neto (VAN), cuyo resultado indica una VAN de \$50,556,841.74, el proyecto es viable y se acepta.

Esta corrida financiera preliminar tiene como objetivo principal establecer el nivel de referencia para optimizar los recursos empleados, dado que las consideraciones empleadas establecen un marco en el cual el costo de la tonelada/hora de vapor se obtiene de dividir los costos totales del campo geotérmico entre la producción anual acumulada de toneladas de vapor, y el flujo neto considera un rendimiento mínimo aceptable por la empresa del 12%.

Bajo este análisis y de acuerdo con los costos de operación y de extracción y manejo de vapor endógeno el programa de inversiones es rentable. Sin embargo, existen áreas de mejora en los procesos y productos que permiten mejoras en la economía y rentabilidad del proyecto.

Considerando un precio de tonelada/hora de dos dólares a una tipo de cambio de \$11.50, se realizó **CORRIDA FINANCIERA N° 2** aplicando Valor Actual Neto (VAN), manteniendo los costos de operación de campo geotérmico y los de extracción de vapor, dando como resultado un VAN de \$672,269,334.13; por lo que se puede concluir que a este precio se tiene rentabilidad en el proyecto.

7.2 PROGRAMA DE INVERSIONES Y CORRIDA FINANCIERA EN LOS AZUFRES, MICH.

Para este análisis se considerará la asignación presupuestal autorizada para el ejercicio de 2004, la cual muestra los siguientes montos:

| TABLA 34 PRESUPUESTO DE GASTO CORRIENTE EJERCICIO 2004 LOS AZUFRES | | |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------|
| CTA | CONCEPTOS | CIFRAS |
| 1000 | SERVICIOS PERSONALES | \$23,335,046.00 |
| 2000 | MATERIALES Y SUMINISTROS | \$17,463,392.00 |
| 3000 | SERVICIOS GENERALES | \$43,398,743.00 |
| 3000 | OBRAS DE EXTRACCIÓN DE VAPOR | \$57,675,500.00 |
| TOTAL | | \$141,872,681.00 |

Fuente: Residencia Los Azufres, GPG, C.F.E., 2004

Los costos por operación mantenimiento de campo geotérmico asignados al ejercicio de 2004 ascienden a un monto de \$84,217,181, cantidad que se asumirá constante en el presente ejemplo.

Los costos de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno se obtienen mediante los costos de mercado actuales, punto 6.3 PROTECCIÓN DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO, y se consideran los montos necesarios para cubrir una declinación anual del 1.5% en la producción de vapor endógeno.

Bajo las siguientes consideraciones:

- a) Inversión inicial requerida: inversiones anuales de acuerdo a la producción de vapor demanda.
- b) Horizonte del proyecto (vida útil estimada del proyecto): 6 años.
- c) Valor de salvamento de la inversión: 10%.
- d) Flujos de fondos estimados para cada periodo, en el horizonte del proyecto.
- e) Rendimiento mínimo aceptable por la empresa (costo de capital): 12%

Se obtiene la **CORRIDA FINANCIERA N° 3** preliminar aplicando Valor Actual Neto (VAN), cuyo resultado indica una VAN de \$5,902,842.84, por lo que el proyecto es viable y se acepta.

Esta corrida financiera preliminar tiene como objetivo principal establecer el nivel de referencia para optimizar los recursos empleados, dado que las consideraciones empleadas establecen un marco en el cual el costo de la tonelada/hora de vapor se obtiene de dividir los costos totales del campo geotérmico entre la producción anual acumulada de toneladas de vapor, y el flujo neto considera un rendimiento mínimo aceptable por la empresa del 12%.

Bajo este análisis y de acuerdo con los costos de operación y de extracción y manejo de vapor endógeno el programa de inversiones es rentable. Sin embargo, existen áreas de mejora en los procesos y productos que permiten mejoras en la economía y rentabilidad del proyecto.

Considerando un precio de tonelada/hora de dólares a una tipo de cambio de \$11.50, se realizó **CORRIDA FINANCIERA N° 4** aplicando Valor Actual Neto (VAN), manteniendo los costos de operación de campo geotérmico y considerando los de extracción de vapor para satisfacer una declinación anual del 1.5%, se obtiene como resultado un VAN de \$973,517,965.69; por lo que se puede concluir que a este precio se tiene rentabilidad en el proyecto.

7.3 PROGRAMA DE INVERSIONES Y CORRIDA FINANCIERA EN LOS HUMEROS, PUEBLA.

Para este análisis se considerará la asignación presupuestal autorizada para el ejercicio de 2004, la cual muestra los siguientes montos en cada una las cuentas correspondientes, separando los costos de extracción de vapor:

| TABLA 35 PRESUPUESTO DE GASTO CORRIENTE EJERCICIO 2004 LOS HUMEROS | | |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| CTA | CONCEPTOS | CIFRAS |
| 1000 | SERVICIOS PERSONALES | \$13,765,958.00 |
| 2000 | MATERIALES Y SUMINISTROS | \$9,038,243.00 |
| 3000 | SERVICIOS GENERALES | \$21,095,798.00 |
| 3000 | OBRAS DE EXTRACCIÓN DE VAPOR | \$0.00 |
| TOTAL | | \$43,899,999.00 |

Fuente: Residencia Los Humeros, GPG,C.F.E., 2004

Los costos por operación mantenimiento de campo geotérmico asignados al ejercicio de 2004 ascienden a un monto de \$43,899,999, cantidad que se asumirá constante en el presente ejemplo.

No se presentan costos de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno para cubrir declinación anual, dado que se cuenta con excedentes en la producción de vapor.

Bajo las siguientes consideraciones:

- a) Inversión inicial requerida: inversiones anuales de acuerdo a la producción de vapor demanda.
- b) Horizonte del proyecto (vida útil estimada del proyecto): 6 años.
- c) Valor de salvamento de la inversión: 10%.
- d) Flujos de fondos estimados para cada periodo, en el horizonte del proyecto.
- e) Rendimiento mínimo aceptable por la empresa (costo de capital): 12%

Se obtiene la **CORRIDA FINANCIERA N° 5** preliminar aplicando Valor Actual Neto (VAN), cuyo resultado indica una VAN de \$2,294,351.28, por lo que el proyecto es viable y se acepta.

Esta corrida financiera preliminar tiene como objetivo principal establecer el nivel de referencia para optimizar los recursos empleados, dado que las consideraciones empleadas establecen un marco en el cual el costo de la tonelada/hora de vapor se

obtiene de dividir los costos totales del campo geotérmico entre la producción anual acumulada de toneladas de vapor, y el flujo neto considera un rendimiento mínimo aceptable por la empresa del 12%.

Bajo este análisis y de acuerdo con los costos de operación el programa de inversiones es rentable. Sin embargo, existen áreas de mejora en los procesos y productos que permiten mejoras en la economía y rentabilidad del proyecto.

Considerando un precio de tonelada/hora de dos dólares a una tipo de cambio de \$11.50, se realizó **CORRIDA FINANCIERA N° 6** aplicando Valor Actual Neto (VAN), manteniendo los costos de operación de campo geotérmico, se obtiene como resultado un VAN de \$208,065,615.85; por lo que se puede concluir que a este precio se tiene rentabilidad en el proyecto.

7.4 PROGRAMA DE INVERSIONES Y CORRIDA FINANCIERA EN LAS TRES VÍRGENES, B.C.S.

Para este análisis se considerará la asignación presupuestal autorizada para el ejercicio de 2004, la cual muestra los siguientes montos en cada una las cuentas correspondientes, separando los costos de extracción de vapor:

| TABLA 36 PRESUPUESTO DE GASTO CORRIENTE EJERCICIO 2004 TRES VÍRGENES | | |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| CTA | CONCEPTOS | CIFRAS |
| 1000 | SERVICIOS PERSONALES | \$10,741,802.00 |
| 2000 | MATERIALES Y SUMINISTROS | \$12,138,450.00 |
| 3000 | SERVICIOS GENERALES | \$22,228,730.00 |
| 3000 | OBRAS DE EXTRACCIÓN DE VAPOR | \$42,418,220.00 |
| TOTAL | | \$87,527,202.00 |

Fuente: Residencia Tres Vírgenes, GPG, C.F.E., 2004

Los costos por operación mantenimiento de campo geotérmico asignados al ejercicio de 2004 ascienden a un monto de \$45,288,982, cantidad que se asumirá constante en el presente ejemplo.

Los costos de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno se obtienen mediante los costos de mercado actuales, punto 6.3 PROTECCIÓN DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO, y se consideran los montos necesarios para alcanzar la producción de vapor necesaria de acuerdo al programa indicado en la corrida financiera.

Bajo las siguientes consideraciones:

- a) Inversión inicial requerida: inversiones anuales de acuerdo a la producción de vapor demanda.
- b) Horizonte del proyecto (vida útil estimada del proyecto): 6 años.
- c) Valor de salvamento de la inversión: 10%.
- d) Flujos de fondos estimados para cada periodo, en el horizonte del proyecto.
- e) Rendimiento mínimo aceptable por la empresa (costo de capital): 12%

Se obtiene la **CORRIDA FINANCIERA N° 7** preliminar aplicando Valor Actual Neto (VAN), cuyo resultado indica una VAN de -\$160;193,592.39 M.N., por lo que el proyecto no es viable y se rechaza.

En esta corrida financiera preliminar se ha considerado precio de tonelada/hora de dos dólares a una tipo de cambio de \$11.50, las consideraciones empleadas establecen un marco en el cual el costo de la tonelada/hora de vapor se obtiene de dividir los costos totales del campo geotérmico entre la producción anual acumulada de toneladas de vapor, y el flujo neto considera un rendimiento mínimo aceptable por la empresa del 12%. Bajo este análisis y de acuerdo con los costos de operación y de extracción y manejo de vapor endógeno el programa de inversiones no es rentable.

A efecto de determinar los costos de operación de campo geotérmico que permitan rentabilidad al proyecto se realizó **CORRIDA FINANCIERA N° 8** aplicando Valor Actual Neto (VAN), modificando mediante ensayos los costos de operación de campo geotérmico y considerando los de extracción de vapor para satisfacer la demanda de vapor, se obtiene como resultado un VAN de \$9,493.00; por lo que se puede concluir que bajo estas consideraciones se tiene rentabilidad en el proyecto.

Es conveniente resaltar que en este tipo de proyectos, los índices de rentabilidad que se calculan consideran los precios de transferencia del suministro de energía eléctrica, es decir el servicio que se proporciona incluye los costos de operación de las centrales generadoras, lo cual eleva la rentabilidad del proyecto, sin embargo para una misma condición de precio de tonelada/hora de vapor para los cuatro complejos de extracción de vapor, el campo geotérmico de Tres Vírgenes está en una situación de pérdidas.

CORRIDA FINANCIERA N° 1

VALOR ACTUAL NETO (VAN) PARA EL PROGRAMA DE INVERSIONES EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE CERRO PRIETO

- a) La inversión inicial requerida: inversiones anuales de acuerdo a la producción de vapor demanda
- b) El horizonte del proyecto (vida útil estimada por el proyecto): 6 años
- c) El valor de salvamento de la inversión: 10 %
- d) Los flujos de fondos estimados para cada periodo, en el horizonte del proyecto.
- e) El rendimiento mínimo aceptable por la empresa o inversionista (costo de capital): 12%

| No. DE PERIODOS | INGRESOS | | | | | |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | 1 2004 | 2 2005 | 3 2006 | 4 2007 | 5 2008 | 6 2009 |
| COSTO TON VAPOR | \$18.88 | \$20.23 | \$24.69 | \$17.52 | \$18.92 | \$18.15 |
| DEMANDA ANUAL DE VAPOR (T/H) | 5,567.35 | 5,567.35 | 5,567.35 | 5,567.35 | 5,567.35 | 5,567.35 |
| DEMANDA ANUAL ACUMULADA (T) | 48,770,000.00 | 48,770,000.00 | 48,770,000.00 | 48,770,000.00 | 48,770,000.00 | 48,770,000.00 |
| INGRESOS | \$1,031,314,556.21 | \$1,104,772,805.01 | \$1,348,712,862.39 | \$956,987,514.95 | \$1,033,299,015.27 | \$991,194,989.85 |
| PRECIO TON VAPOR | \$21.15 | \$22.65 | \$27.65 | \$19.62 | \$21.19 | \$20.32 |

| OBRAS DE EXTRACCION DE VAPOR | |
|----------------------------------|-------------------------|
| PERFORACIÓN DE POZOS PRODUCTORES | \$371,942,919.22 |
| PERFORACIÓN DE POZOS INYECTORES | \$83,774,914.61 |
| INTERVENCIÓN DE POZOS | \$136,059,829.50 |
| TOTAL OBRAS DE EXTRACCIÓN | \$591,777,663.33 |

| COSTOS DE OPERACION DE CAMPO | |
|----------------------------------|-------------------------|
| SERVICIOS PERSONALES (1000) | \$162,467,758.00 |
| MATERIALES Y REFACCIONES (2000) | \$38,081,686.00 |
| SERVICIOS GENERALES (3000) | \$128,489,550.00 |
| TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN | \$329,038,994.00 |

| | | | | | | |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| GASTOS FINANCIEROS | | | | | | |
| TOTAL EGRESOS | \$920,816,657.33 | \$986,404,290.19 | \$1,204,207,912.85 | \$854,453,138.35 | \$922,588,406.49 | \$884,995,526.65 |
| FLUJO NETO | \$110,497,998.88 | \$118,368,514.82 | \$144,504,949.54 | \$102,534,376.60 | \$110,710,608.78 | \$106,199,463.20 |

VAN (VPN) \$505,568,417.41

CORRIDA FINANCIERA N° 2

VALOR ACTUAL NETO (VAN) PARA EL PROGRAMA DE INVERSIONES EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE CERRO PRIETO

- a) La inversión inicial requerida: inversiones anuales de acuerdo a la producción de vapor demanda
- b) El horizonte del proyecto (vida útil estimada por el proyecto): 6 años
- c) El valor de salvamento de la inversión: 10 %
- d) Los flujos de fondos estimados para cada periodo, en el horizonte del proyecto.
- e) El rendimiento mínimo aceptable por la empresa o inversionista (costo de capital): 12%

| INGRESOS | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| No. DE PERIODOS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| AÑO | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| COSTO TON VAPOR | \$21.15 | \$22.65 | \$27.65 | \$19.62 | \$21.19 | \$20.33 |
| DEMANDA ANUAL DE VAPOR (T/H) | 5,567.35 | 5,567.35 | 5,567.35 | 5,567.35 | 5,567.35 | 5,567.35 |
| DEMANDA ANUAL ACUMULADA (T) | 48,770,000.00 | 48,770,000.00 | 48,770,000.00 | 48,770,000.00 | 48,770,000.00 | 48,770,000.00 |
| INGRESOS | \$1,121,710,000.00 | \$1,121,710,000.00 | \$1,121,710,000.00 | \$1,121,710,000.00 | \$1,121,710,000.00 | \$1,121,710,000.00 |
| PRECIO TON VAPOR | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 |

| OBRAS DE EXTRACCION DE VAPOR | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| PERFORACIÓN DE POZOS PRODUCTORES | \$371,942,919.22 | \$535,147,153.29 | \$790,543,655.79 | \$305,579,400.24 | \$471,331,269.59 | \$471,331,269.59 |
| PERFORACIÓN DE POZOS INYECTORES | \$83,774,914.61 | | | \$83,774,914.61 | | |
| INTERVENCIÓN DE POZOS | \$136,059,829.50 | \$122,218,142.90 | \$84,625,263.06 | \$136,059,829.50 | \$122,218,142.90 | \$84,625,263.06 |
| TOTAL OBRAS DE EXTRACCIÓN | \$591,777,663.33 | \$657,365,296.19 | \$875,168,918.85 | \$525,414,144.35 | \$593,549,412.49 | \$555,956,532.65 |

| COSTOS DE OPERACION DE CAMPO | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| SERVICIOS PERSONALES (1000) | \$162,467,758.00 | \$162,467,758.00 | \$162,467,758.00 | \$162,467,758.00 | \$162,467,758.00 | \$162,467,758.00 |
| MATERIALES Y REFACCIONES (2000) | \$38,081,686.00 | \$38,081,686.00 | \$38,081,686.00 | \$38,081,686.00 | \$38,081,686.00 | \$38,081,686.00 |
| SERVICIOS GENERALES (3000) | \$128,489,550.00 | \$128,489,550.00 | \$128,489,550.00 | \$128,489,550.00 | \$128,489,550.00 | \$128,489,550.00 |
| TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN | \$329,038,994.00 | \$329,038,994.00 | \$329,038,994.00 | \$329,038,994.00 | \$329,038,994.00 | \$329,038,994.00 |

| | | | | | | |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| GASTOS FINANCIEROS | | | | | | |
| TOTAL EGRESOS | \$920,816,657.33 | \$986,404,290.19 | \$1,204,207,912.85 | \$854,453,138.35 | \$922,588,406.49 | \$884,995,526.65 |
| FLUJO NETO | \$200,893,342.67 | \$135,305,709.81 | -\$82,497,912.85 | \$267,256,861.65 | \$199,121,593.51 | \$236,714,473.33 |

VAN (VPN) \$672,269,334.13

CORRIDA FINANCIERA N° 5

VALOR ACTUAL NETO (VAN) PARA EL PROGRAMA DE INVERSIONES EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS

- a) La inversión inicial requerida: inversiones anuales de acuerdo a la producción de vapor demanda
- b) El horizonte del proyecto (vida útil estimada por el proyecto): 6 años
- c) El valor de salvamento de la inversión: 10 %
- d) Los flujos de fondos estimados para cada periodo, en el horizonte del proyecto.
- e) El rendimiento mínimo aceptable por la empresa o inversionista (costo de capital): 12%

| INGRESOS | | | | | | |
|------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| No. DE PERIODOS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| AÑO | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| COSTO TON VAPOR | \$11.01 | \$11.01 | \$11.01 | \$11.01 | \$11.01 | \$11.01 |
| DEMANDA ANUAL DE VAPOR (T/H) | 455.00 | 455.00 | 455.00 | 455.00 | 455.00 | 455.00 |
| DEMANDA ANUAL ACUMULADA (T) | 3,985,800.00 | 3,985,800.00 | 3,985,800.00 | 3,985,800.00 | 3,985,800.00 | 3,985,800.00 |
| INGRESOS | \$49,167,998.88 | \$49,167,998.88 | \$49,167,998.88 | \$49,167,998.88 | \$49,167,998.88 | \$49,167,998.88 |
| PRECIO TON VAPOR | \$12.34 | \$12.34 | \$12.34 | \$12.34 | \$12.34 | \$12.34 |

| OBRAS DE EXTRACCION DE VAPOR | |
|----------------------------------|---------------|
| PERFORACION DE POZOS PRODUCTORES | |
| PERFORACION DE POZOS INYECTORES | |
| INTERVENCIÓN DE POZOS | |
| TOTAL OBRAS DE EXTRACCIÓN | \$0.00 |

| COSTOS DE OPERACION DE CAMPO | |
|----------------------------------|------------------------|
| SERVICIOS PERSONALES (1000) | \$13,765,958.00 |
| MATERIALES Y REFACCIONES (2000) | \$9,038,243.00 |
| SERVICIOS GENERALES (3000) | \$21,095,798.00 |
| TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN | \$43,899,999.00 |

| | | | | | | |
|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| GASTOS FINANCIEROS | | | | | | |
| TOTAL EGRESOS | \$43,899,999.00 | \$43,899,999.00 | \$43,899,999.00 | \$43,899,999.00 | \$43,899,999.00 | \$43,899,999.00 |
| FLUJO NETO | \$5,267,999.88 | \$5,267,999.88 | \$5,267,999.88 | \$5,267,999.88 | \$5,267,999.88 | \$5,267,999.88 |

VAN (VPN) \$22,943,512.84

CORRIDA FINANCIERA N° 6

VALOR ACTUAL NETO (VAN) PARA EL PROGRAMA DE INVERSIONES EN EL CAMPO GEOTÉRMICO DE LOS HUMEROS

- a) La inversión inicial requerida: inversiones anuales de acuerdo a la producción de vapor demanda
- b) El horizonte del proyecto (vida útil estimada por el proyecto): 6 años
- c) El valor de salvamento de la inversión: 10 %
- d) Los flujos de fondos estimados para cada periodo, en el horizonte del proyecto.
- e) El rendimiento mínimo aceptable por la empresa o inversionista (costo de capital): 12%

| INGRESOS | | | | | | |
|------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| No. DE PERIODOS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| AÑO | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| COSTO TON VAPOR | \$12.34 | \$12.34 | \$12.34 | \$12.34 | \$12.34 | \$12.34 |
| DEMANDA ANUAL DE VAPOR (T/H) | 455.00 | 455.00 | 455.00 | 455.00 | 455.00 | 455.00 |
| DEMANDA ANUAL ACUMULADA (T) | 3,985,800.00 | 3,985,800.00 | 3,985,800.00 | 3,985,800.00 | 3,985,800.00 | 3,985,800.00 |
| INGRESOS | \$91,673,400.00 | \$91,673,400.00 | \$91,673,400.00 | \$91,673,400.00 | \$91,673,400.00 | \$91,673,400.00 |
| PRECIO TON VAPOR | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 |

| OBRAS DE EXTRACCION DE VAPOR | |
|-------------------------------------|---------------|
| PERFORACION DE POZOS PRODUCTORES | |
| PERFORACION DE POZOS INYECTORES | |
| INTERVENCION DE POZOS | |
| TOTAL OBRAS DE EXTRACCION | \$0.00 |

| COSTOS DE OPERACION DE CAMPO | |
|-------------------------------------|------------------------|
| SERVICIOS PERSONALES (1000) | \$13,765,958.00 |
| MATERIALES Y REFACCIONES (2000) | \$9,038,243.00 |
| SERVICIOS GENERALES (3000) | \$21,095,798.00 |
| TOTAL COSTOS DE OPERACION | \$43,899,999.00 |

| | | | | | | |
|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| GASTOS FINANCIEROS | | | | | | |
| TOTAL EGRESOS | \$43,899,999.00 | \$43,899,999.00 | \$43,899,999.00 | \$43,899,999.00 | \$43,899,999.00 | \$43,899,999.00 |
| FLUJO NETO | \$47,773,401.00 | \$47,773,401.00 | \$47,773,401.00 | \$47,773,401.00 | \$47,773,401.00 | \$47,773,401.00 |

VAN (VPN) \$208,065,615.85

CORRIDA FINANCIERA N° 7

VALOR ACTUAL NETO (VAN) PARA EL PROGRAMA DE INVERSIONES EN EL CAMPO GEOTÉRMICO TRES VÍRGENES

- a) La inversión inicial requerida: inversiones anuales de acuerdo a la producción de vapor demanda
- b) El horizonte del proyecto (vida útil estimada por el proyecto): 6 años
- c) El valor de salvamento de la inversión: 10 %
- d) Los flujos de fondos estimados para cada período, en el horizonte del proyecto.
- e) El rendimiento mínimo aceptable por la empresa o inversionista (costo de capital): 12%

| INGRESOS | | | | | | |
|------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| No. DE PERIODOS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| AÑO | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| COSTO TON VAPOR | \$66.54 | \$92.58 | \$60.29 | \$52.22 | \$60.29 | \$52.22 |
| DEMANDA ANUAL DE VAPOR (T/H) | 99.00 | 99.00 | 99.00 | 99.00 | 99.00 | 99.00 |
| DEMANDA ANUAL ACUMULADA (T) | 867,240.00 | 867,240.00 | 867,240.00 | 867,240.00 | 867,240.00 | 867,240.00 |
| INGRESOS | \$19,946,520.00 | \$19,946,520.00 | \$19,946,520.00 | \$19,946,520.00 | \$19,946,520.00 | \$19,946,520.00 |
| PRECIO TON VAPOR | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 |

| OBRAS DE EXTRACCION DE VAPOR | |
|-------------------------------------|------------------------|
| PERFORACIÓN DE POZOS PRODUCTORES | \$35,000,000.00 |
| PERFORACIÓN DE POZOS INYECTORES | |
| INTERVENCIÓN DE POZOS | \$7,000,000.00 |
| TOTAL OBRAS DE EXTRACCIÓN | \$42,000,000.00 |

| COSTOS DE OPERACION DE CAMPO | |
|-------------------------------------|------------------------|
| SERVICIOS PERSONALES (1000) | \$10,741,802.00 |
| MATERIALES Y REFACCIONES (2000) | \$12,318,450.00 |
| SERVICIOS GENERALES (3000) | \$22,228,730.00 |
| TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN | \$45,288,982.00 |

| | | | | | | |
|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| GASTOS FINANCIEROS | | | | | | |
| TOTAL EGRESOS | \$57,707,202.00 | \$80,288,982.00 | \$45,288,982.00 | \$45,288,982.00 | \$52,288,982.00 | \$45,288,982.00 |
| FLUJO NETO | -\$37,760,682.00 | -\$60,342,462.00 | -\$25,342,462.00 | -\$25,342,462.00 | -\$32,342,462.00 | -\$25,342,462.00 |

VAN (VPN) -\$160,193,592.39

CORRIDA FINANCIERA N° 8

VALOR ACTUAL NETO (VAN) PARA EL PROGRAMA DE INVERSIONES EN EL CAMPO GEOTÉRMICO TRES VÍRGENES

- a) La inversión inicial requerida: inversiones anuales de acuerdo a la producción de vapor demanda
- b) El horizonte del proyecto (vida útil estimada por el proyecto): 6 años
- c) El valor de salvamento de la inversión: 10 %
- d) Los flujos de fondos estimados para cada período, en el horizonte del proyecto.
- e) El rendimiento mínimo aceptable por la empresa o inversionista (costo de capital): 12%

| | INGRESOS | | | | | | |
|------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | No. DE PERIODOS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| AÑO | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | |
| COSTO TON VAPOR | | | | | | | |
| DEMANDA ANUAL DE VAPOR (T/H) | \$25.57 | \$49.78 | \$17.50 | \$9.43 | \$17.50 | \$9.43 | \$9.43 |
| DEMANDA ANUAL ACUMULADA (T) | 867,240.00 | 867,240.00 | 867,240.00 | 867,240.00 | 867,240.00 | 867,240.00 | 867,240.00 |
| INGRESOS | \$19,946,520.00 | \$19,946,520.00 | \$19,946,520.00 | \$19,946,520.00 | \$19,946,520.00 | \$19,946,520.00 | \$19,946,520.00 |
| PRECIO TON VAPOR | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 | \$23.00 |

| OBRAS DE EXTRACCION DE VAPOR | |
|----------------------------------|-----------------------|
| PERFORACIÓN DE POZOS PRODUCTORES | \$35,000,000.00 |
| PERFORACIÓN DE POZOS INYECTORES | |
| INTERVENCIÓN DE POZOS | \$7,000,000.00 |
| TOTAL OBRAS DE EXTRACCIÓN | \$7,000,000.00 |

| COSTOS DE OPERACION DE CAMPO | |
|----------------------------------|-----------------------|
| SERVICIOS PERSONALES (1000) | \$5,000,000.00 |
| MATERIALES Y REFACCIONES (2000) | \$1,175,000.00 |
| SERVICIOS GENERALES (3000) | \$2,000,000.00 |
| TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN | \$8,175,000.00 |

| | |
|----------------------|------------------------|
| GASTOS FINANCIEROS | |
| TOTAL EGRESOS | \$43,175,000.00 |
| FLUJO NETO | -\$2,228,480.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |
| | \$4,771,520.00 |
| | \$15,175,000.00 |
| | \$8,175,000.00 |
| | \$11,771,520.00 |

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES

HIPÓTESIS GENERAL

Con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido en la investigación documental, se realizaron cálculos y análisis y evaluaciones financieras, con los que se concluye que se cumple la hipótesis planteada, en el sentido de que a través de un programa de inversiones a mediano plazo es factible planear, organizar, controlar y dirigir el diseño y construcción de la infraestructura de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno a centrales generadoras que permita satisfacer la demanda de las centrales generadoras existentes, de manera rentable y sin perder de vista cinco metas básicas.

En la evaluación financiera, mediante empleo del índice de Valor Presente Neto, se aplicó un precio de 2 Dólares de los Estados Unidos de América por tonelada/hora de vapor, el cual procede de un contrato de suministro de vapor ejercido en el campo geotérmico de Cerro Prieto por un periodo de 10 años asignado a una empresa privada, resultando que los complejos de generación geotermoeléctrica de Cerro Prieto, B.C., Los Azúfres, Mich. y Los Humeros, Puebla, son rentables. Sin embargo el complejo de generación geotermoeléctrica de Tres Vírgenes no resulta rentable.

Existen áreas de mejoras en las actividades de planear, organizar, controlar y dirigir el diseño y construcción de la infraestructura de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno a centrales generadoras. De acuerdo con los resultados arrojados por los análisis comparativos entre cada uno de los complejos de generación, no existe priorización en las obras y no se tienen establecidas las metas que permitan llegar a los objetivos planteados, por lo que existe la oportunidad de lograr eficiencia y eficacia en la ejecución de los procesos y realización de los productos, si estos se dirigen al cumplimiento de las cinco metas básicas propuestas: Producción de vapor demandada, Eficiencia y optimización de los procesos, Minimización de costos, Cumplimiento de normatividad ambiental, Incorporación de innovación tecnológica que permita el cumplimiento de las metas anteriores.

Con relación al complejo de generación de Tres Vírgenes, deben ser analizado a detalle los costos de operación y de producción de vapor, dado que con los actuales no es rentable.

Con respecto al planteamiento de las hipótesis de trabajo, se obtuvieron los siguientes resultados:

H₁ El programa de supervisión y aseguramiento de calidad existente garantiza que los procesos y productos necesarios para cubrir la demanda de vapor sean rentables y eficientes.

Esta hipótesis se cumple de manera positiva para tres de los complejos de extracción de vapor: Cerro Prieto, Los Azufres y Los Humeros, sin embargo para Tres Vírgenes resulta negativa.

Aun cuando el Sistema de Gestión de Calidad ha logrado la obtención del certificado correspondiente a la Norma NMX-CC-9001-IMNC-2000, se han identificado áreas de mejora significativas, principalmente en la incorporación de procedimientos que permitan establecer la necesidad real de las obras y servicios de mantenimiento, mejora, actualización e innovación tecnológica de la infraestructura superficial en los campos geotérmicos, así como la incorporación de análisis de justificación económica, a efecto de incluir los costos dentro del Sistema de Calidad. En este particular resalta la necesidad de identificar el nivel óptimo de costos que permitan obtener la calidad necesaria, dentro de la misión establecida.

H₂ La estructura organizacional correspondiente a cada centro de producción de vapor endógeno es la más conveniente, de acuerdo con la misión, política de calidad y objetivos de calidad.

Esta hipótesis resulta negativa, la estructura organizacional correspondiente a cada centro de producción de vapor endógeno no es la más adecuada. Se puede concluir que existe un distanciamiento entre los componentes de los Sistemas de Calidad establecidos: Misión, Política de Calidad, Objetivos de la Calidad con las estructuras organizacionales correspondientes a cada centro de trabajo.

De acuerdo con los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental se tiene lo siguiente:

a) GERENCIA DE PROYECTOS GEOTERMOELÉCTRICOS

De acuerdo con la Tabla 9 el capital humano de la gerencia de proyectos geotermoeléctricos presenta la distribución mostrada en la Figura 3 al aplicar porcentajes relativos, en la cual se observa que el porcentaje más alto de capital humano le corresponde a la Administración con un 36.63%, lo cual se interpreta como un porcentaje elevado de acuerdo con la misión de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos; el correspondiente a la Subgerencia de Estudios se considera elevado con respecto a las Subgerencias de Perforación y de Proyectos.

b) RESIDENCIA GENERAL DE CERRO PRIETO

Las características del capital humano que conforma la Residencia General de Cerro Prieto se indican en Tabla 11, por lo que de acuerdo con los porcentajes relativos, se obtiene que los porcentajes más altos corresponden a las Residencias de Suministro de Vapor, operación y mantenimiento, lo cual está acorde con la misión de la Residencia, sin embargo el porcentaje correspondiente a Administración se considera alto con relación a las Residencias de Construcción, Perforación y Estudios.

c) RESIDENCIA DE LOS AZUFRES

Las características del capital humano que conforma la Residencia de Los Azufres se indican en la tabla 13, por lo que de acuerdo con los porcentajes relativos obtenidos resulta que, el porcentaje más alto corresponde a la Administración con el 28.42%, el cual no está de acuerdo con el Sistema de Gestión de Calidad, en segundo término los porcentajes más altos corresponden a las Residencias de Suministro de Vapor (operación), de Estudios y Suministro de Vapor (mantenimiento), lo cual está acorde con la misión de la Residencia en lo concerniente a Suministro de Vapor, sin embargo el porcentaje correspondiente a Estudios se considera alto con relación a la Residencia de Construcción.

d) RESIDENCIA DE LOS HUMEROS

Las características del capital humano que conforma la Residencia de Los Humeros se indican en la Tabla 15, de acuerdo con esto, el porcentaje más alto corresponde a la Residencia de Suministro de Vapor (operación), lo cual está de acuerdo con el Sistema de Gestión de Calidad, en segundo término el porcentaje más alto corresponde a la Administración lo cual no está acorde con la misión de la Residencia. La suma de los porcentajes de la Administración y de la Residencia de Estudios dan como resultado 42.05%, lo cual está fuera de contexto de acuerdo con la Misión y la demanda de vapor anual.

e) LAS TRES VÍRGENES

Las características del capital humano que conforma la Residencia de Tres Vírgenes se indican en la tabla 17, aplicando porcentajes relativos, De acuerdo con esto, el porcentaje más alto corresponde a la Residencia de Suministro de Vapor (operación), lo cual está de acuerdo con el Sistema de Gestión de Calidad, en segundo término los porcentajes más altos corresponden a la Administración lo cual no está acorde con la misión de la Residencia; el porcentaje correspondiente a Estudios se considera alto con relación a la Residencia de Suministro de Vapor (mantenimiento) y de Construcción.

Tomando ahora una referencia entre la estructura organizacional de cada centro de producción de vapor se tiene lo siguiente:

| ÁREA | CANTIDAD | TIPO DE CONTRATO | | | GENERO | | % POR ÁREA |
|----------------|------------|------------------|------------|------------|------------|------------|----------------|
| | | CONF. | SIND. | TEMP. | M | F | |
| GPG | 202 | 66 | 106 | 30 | 139 | 63 | 22.00% |
| RGCP | 493 | 53 | 279 | 161 | 421 | 50 | 53.70% |
| RLA | 108 | 15 | 24 | 69 | 93 | 15 | 11.76% |
| RLH | 62 | 10 | 17 | 35 | 59 | 11 | 6.75% |
| R3V | 53 | 10 | 11 | 32 | 45 | 6 | 5.77% |
| TOTALES | 918 | 154 | 437 | 327 | 757 | 145 | 100.00% |

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental

De acuerdo con esto, el porcentaje más alto corresponde a la Residencia General de Cerro Prieto, y el segundo pertenece a la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, lo cual se considera un desbalance de acuerdo con la Misión de cada centro de trabajo, es decir el porcentaje correspondiente a la Gerencia se considera elevado.

Por otra parte, de acuerdo con la producción de vapor de cada centro de trabajo, con relación al la capital humano se tiene lo siguiente:

| TABLA 38 COMPARATIVO ENTRE PRODUCCIÓN Y CAPITAL HUMANO POR CENTRO DE TRABAJO | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----|------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| CENTRO | PRODUCCIÓN | C H | RELACIÓN | % COMP. VS RGCP PRODUCCIÓN | % COMP. VS RLA PRODUCCIÓN | % COMP. VS RGC CAPITAL HUMANO | % COMP. VS RLA CAPITAL HUMANO |
| RGCP | 52,647,600.00 | 493 | 106,790.26 | 1.00 | 3.60 | 1.00 | 4.56 |
| RLA | 14,629,200.00 | 108 | 135,455.56 | 0.28 | 1.00 | 0.22 | 1.00 |
| RLH | 3,985,800.00 | 62 | 64,287.10 | 0.08 | 0.27 | 0.13 | 0.57 |
| R3V | 867,240.00 | 53 | 16,363.02 | 0.02 | 0.06 | 0.11 | 0.49 |

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental.

Lo anterior indica que la relación entre capital humano y producción anual es mayor en el campo geotérmico de Los Azufres, por cada trabajador se producen 135,455.56 toneladas de vapor al año, y el porcentaje comparativo producción indica la relación que guarda cada campo con respecto a la producción, es decir, Los Azufres equivalen en producción al 28% de Cerro Prieto, Los Humeros al 27% de Los Azufres y Las Tres Vírgenes al 6% de Los Azufres, sin embargo con relación al porcentaje comparativo capital humano los porcentajes no guardan relación, dado que Los Azufres equivalen al 22% de Cerro Prieto, y Los Humeros al 57% de Los Azufres y Las Tres Vírgenes al 40% de Los Azufres.

Por lo anterior, se puede concluir que no existe un modelo de estructura organizacional para este tipo de proyectos y que la organización actual en cada centro de trabajo no es la más adecuada, dado que la distribución de personal por área no obedece al Sistema de Gestión de Calidad.

Por otra parte los porcentajes comparativos de capital humano de cada centro de producción con respecto a los porcentajes comparativos de producción de vapor anual no presentan relación alguna; por ejemplo Los Humeros producen el 27% de vapor que Los Azufres con el 57% del personal de ese campo, Las Tres Vírgenes producen el 11% de vapor que Los Azufres, pero requieren del 49% del personal de Los Azufres.

H₃ El Sistema de Gestión de Calidad es el apropiado de acuerdo con la misión, política de calidad y objetivos de la calidad.

De acuerdo con la investigación realizada esta hipótesis tiene que ser considerada positiva. Sin embargo, el Sistema de Gestión de Calidad tiene que ser modificado de acuerdo con la estructura organizacional apropiada para cumplir la misión, la política de calidad y los objetivos de la calidad.

H₄ La estructura organizacional se involucra con el proceso de suministro de vapor de manera total y adecuada.

Esta hipótesis resulta negativa: los procesos de desarrollo de centrales y de suministro de vapor no involucran a toda la estructura organizacional de manera adecuada.

De acuerdo con los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental, el mayor porcentaje de la estructura organizacional está en las áreas de Administración y de Estudios, lo cual no concuerda con la misión, dado que los procesos principales de esta empresa son el suministro de vapor y el desarrollo de centrales.

H₅ El sistema de costeo que se aplica permite diferenciar claramente los costos fijos y variables en cada uno de los proyectos geotermoeléctricos.

Esta hipótesis resulta negativa. De acuerdo con los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental, dado que aun cuando se cuenta con una metodología para elaborar presupuestos, no existe un criterio definido para establecer y priorizar las necesidades de adquisiciones, obras y servicios en cada campo geotérmico.

Se tomó como referencia el presupuesto asignado para el ejercicio 2004, separando los costos de operación de campo, de los costos de extracción de vapor, y se aplicó el método de porcentajes relativos, con lo cual se obtuvieron las Tablas 24 y 25; Por lo que, de acuerdo con la demanda real de vapor para cada complejo geotermoeléctrico, se pudo realizar el siguiente análisis comparativo:

| CONCEPTO | RGCP | RLA | RLH | R3V |
|--------------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ASIGNACIÓN PRESUPUESTAL ANUAL | \$329,038.90 | \$84,217.20 | \$43,900.01 | \$45,288.98 |
| DEMANDA REAL DE VAPOR (t/h) | 6,010.00 | 1,670.00 | 455.00 | 99.00 |
| DEMANDA ANUAL REAL (t) | 52,647,600 | 14,629,200 | 3,985,800 | 867,240 |
| PARTE SERV. PERS. POR TON | \$3.09 | \$1.60 | \$3.45 | \$12.39 |
| PARTE MAT. Y SUM. POR TON. | \$0.72 | \$1.19 | \$2.27 | \$14.20 |
| PARTE SERV. GRALES. POR TON | \$2.44 | \$2.97 | \$5.29 | \$25.63 |
| PARTE PRESUPUESTAL POR TON | \$6.25 | \$5.76 | \$11.01 | \$52.22 |

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental

El presupuesto asignado para cada campo contempla únicamente los costos fijos, que de acuerdo con la demanda real de vapor para cada uno de ellos, presentan áreas de mejoras para obtener optimización, por las siguientes razones:

- ▶ Los porcentajes correspondientes a capital humano, **SERVICIOS PERSONALES**, no guardan ninguna relación con la producción de vapor, para el caso de Tres Vírgenes, se observa que el costo de este concepto está excedido con respecto a Los Azufres y Los Humeros, dado el siguiente análisis:

| CONCEPTO | RLA | RLH | R3V |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| DEMANDA ANUAL REAL (t) | 14,629,200 | 3,985,800 | 867,240 |
| PORCENTAJE REFERIDO A RLA | 100.00% | 27.25% | 5.93% |
| COSTO DE SERV. PERSONALES | \$23,354.80 | \$13,765.95 | \$10,741.90 |
| PORCENTAJE REFERIDO A RLA | 100.00% | 58.94% | 45.99% |

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental

Como se observa no existe relación entre la producción anual de vapor y el costo de SERVICIOS PERSONALES, es decir que para un centro de producción equivalente al 27.25% de lo que produce Los Azufres se tiene un costo del 58.94%, y para otro de 5.93% en producción de vapor se tiene un costo de 45.99%.

- ▶ Con relación a la parte del presupuesto que se aplica en los conceptos de MATERIALES Y SUMINISTROS y SERVICIOS GENERALES, tampoco se observa que exista relación con la producción anual de vapor.

El presupuesto asignado para cada campo contempla costos fijos y costos variables, sin embargo salta a la vista que no hay optimización en los flujos de efectivo presupuestados, por las siguientes razones:

- ▶ En el campo de los Humeros, Puebla no se contempla la realización de infraestructura de extracción de vapor para el presente ejercicio, por lo que este flujo de efectivo debe representar el costo de operación del campo geotérmico, el cual puede considerarse bajo cierto criterio costo fijo; sin embargo la parte proporcional a SERVICIOS GENERALES representa el 48.04 %, que en comparación con los demás campos, los cuales si consideran la realización de infraestructura de extracción de vapor, se percibe elevada.
- ▶ Con relación a la cuenta SERVICIOS PERSONALES, capital humano, se percibe que el campo geotérmico de Tres Vírgenes está excedido, dado que en Los Humeros para una suministro de vapor de 43.9 millones de toneladas acumuladas se requiere una nómina un poco mayor, siendo que en Tres Vírgenes la producción acumulada de vapor anual es del orden de 0.87 millones de toneladas.

H₆ Se realiza una adecuada administración de los proyectos geotermoeléctricos.

Considerando las respuestas a los planteamientos anteriores, la hipótesis resulta negativa. No se puede considerar que se esté realizando una adecuada administración de los proyectos geotermoeléctricos, dado que no existe una estructura organizacional adecuada a la razón de ser de la empresa, y no existe un modelo de costeo, lo cual

impide conocer y optimizar los costos de operación de cada centro de producción, por otra parte no existe un procedimiento aplicado para determinar las prioridades de las adquisiciones, obras y servicios.

H₇ Las inversiones programadas en cada ejercicio fiscal están encaminadas a cumplir con el propósito de la empresa.

De acuerdo con la situación actual resulta positiva esta hipótesis. Se cuenta con la infraestructura necesaria para satisfacer la demanda de vapor de las centrales generadoras, y el programa de inversiones permite alcanzar estos objetivos, con excepción del campo geotérmico de Tres Vírgenes. Cabe resaltar que un ordenamiento en los programas de adquisiciones, obras y servicios permitirá minimizar costos, y determinar las necesidades reales en cada campo geotérmico.

H₈ Los parámetros que se tienen que cumplir para poder realizar un análisis de rentabilidad de manera confiable y oportuna en cada uno de los proyectos geotermoeléctricos está establecidos e identificados de manera conveniente.

Con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental, esta hipótesis resulta negativa. Aun cuando existen los parámetros, no se aplican análisis de rentabilidad en cada una de las obras que se programan, y no existe un programa a mediano plazo que involucre las necesidades totales en orden de prioridad de cada uno de los sistemas y procesos que conforman este tipo de proyecto.

H₉ Están definidos los parámetros que permitan proteger la rentabilidad de cada inversión que se programa para cada uno de los proyectos geotermoeléctricos existentes en México.

Esta hipótesis resulta negativa, los parámetros no están presentes en ninguno de los documentos que forman parte de la toma de decisiones en este tipo de proyectos, no se presentan en el Sistema de Control de Calidad, ni forman parte de los análisis para determinar la necesidad de nuevas adquisiciones, obras y servicios.

H₁₀ El programa de inversiones que forma parte del presupuesto anual para cada uno de los campos geotérmicos de México garantiza que se cubrirá la demanda de vapor geotérmico requerida por las centrales de generación en cada uno de los centros de generación de energía eléctrica.

Con base en los resultados arrojados del marco teórico obtenido de la investigación documental, esta hipótesis resulta positiva. El programa de inversiones garantiza que se cubrirá la demanda de vapor geotérmico requerida, sin embargo no se considera óptimo, lo cual se determina de la lectura de los porcentajes asignados a cada cuenta, dado que no se presenta un análisis a detalle que confirme la necesidad y prioridad de cada adquisición, obra y servicio.

RECOMENDACIONES

Como resultado de las investigaciones, estudios y análisis realizados, así como de las conclusiones emitidas, se consideran las siguientes recomendaciones:

► PROGRAMA DE SUPERVISIÓN Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.

Aún cuando se cuenta con la certificación en la norma NMX-CC-9001-IMNC-2000, es necesario que el Sistema de Gestión de Calidad se aplique en todo su alcance, estableciendo los procedimientos y registros de calidad que permitan entrelazar los costos de operación de cada campo geotérmico, así como incluir el análisis y justificación a detalle de cada adquisición, obra y servicio.

Por lo que respecta al programa de adquisiciones, obras y servicios para mantener en operación adecuada la infraestructura de extracción, manejo y acondicionamiento de cada centro de producción de vapor, se han incorporado, como parte de los resultados de este trabajo, dos procedimientos denominados:

“MANTENIMIENTO, MEJORA, ACTUALIZACIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE LA INFRAESTRUCTURA SUPERFICIAL EN LOS CAMPOS GEOTÉRMICOS”

“PROCEDIMIENTO PARA PLANEAR, PROGRAMAR Y COORDINAR LA INFRAESTRUCTURA DE EXTRACCIÓN DE VAPOR”

Con esto se pretende establecer la liga entre los costos de operación y el Sistema de Gestión de Calidad, buscando establecer los niveles óptimos de operación, lo cual debe ser destinado a las siguientes cinco metas básicas establecidas.

Por otra parte se han implementado los programas correspondientes a establecer la calidad total dentro de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, a efecto de que se cuente de manera integrada con los Sistemas de Gestión de Calidad, Gestión de Seguridad, y Gestión de Protección Ambiental.

► ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Sobre este particular, es necesario que se realice un análisis que permita concordancia entre el Sistema de Gestión de Calidad y la Estructura Organizacional, así como se establece la necesidad de establecer un modelo de estructura que permite la optimización de los recursos humanos, dado que no existe equilibrio entre las estructuras de cada centro de producción de vapor.

► ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

Sobre este concepto, es necesario que la cultura organizacional incluya en los niveles de mando medio y superior la implantación y aplicación del proceso administrativo. La percepción sobre este particular es que las áreas administrativas no conocen los procesos y productos que realiza la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, y por su parte las áreas de investigación, ingeniería, técnicas y operativas no contemplan en el desarrollo de sus actividades los elementos básicos del proceso administrativo, se requiere una motivación que permita el compromiso de cada una de las áreas que conforman la empresa.

Aún cuando el propósito del Sistema de Gestión de calidad contempla los siguientes elementos: visión, misión, objetivos y metas, el contexto contemplado no detalla la magnitud de lo correspondiente a la infraestructura total: infraestructura de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno; infraestructura de caminos y accesos;

infraestructura de oficinas, talleres y laboratorios; infraestructura de comunicaciones, entre otras. Es necesario determinar la prospectiva correspondiente y los pronósticos necesarios, a fin de determinar a que nivel se pretende tener la infraestructura colateral, dado que no existe un procedimiento que regule las solicitudes de presupuesto en cada centro de producción de vapor, quedando al criterio y creencia personal de cada nivel de mando su elaboración.

Lo anterior hace necesario una clara separación de los planes estratégicos que contemplan alcanzar la producción de vapor demandada, de los planes de operación, mantenimiento y mejora de la infraestructura de extracción y manejo de vapor. Esto último requiere de una planeación adecuada y oportuna, en la cual deben considerarse los recursos necesarios y los siguientes elementos: análisis interno, evaluación de proyectos y presupuestación. Las opciones deberán contemplar: Diseño de estrategias para mantener en adecuada operación el sistema, análisis de decisiones y optimización de recursos.

La ejecución deberá considerar un readecuamiento y mejora del diseño organizacional, tanto para los programas de incorporación de nueva infraestructura, como para la existente; establecer planes de mediano plazo, a fin de solventar la necesidad inmediata de producción de vapor y mantener en operación adecuada todo el sistema de suministro de vapor, lo cual permitirá realizar la mejora continua y garantizar la máxima eficiencia de recursos, conllevando de manera directa a un mejor análisis de decisiones.

► PROTECCIÓN DE LA RENTABILIDAD

A efecto de lograr que los programas de inversión sean rentables, deben establecerse los procedimientos que permitan jerarquizar las adquisiciones, obras y servicios relacionados con la construcción de infraestructura de extracción, manejo y acondicionamiento de vapor endógeno, así las correspondientes a mantenimiento, mejora, actualización e innovación tecnológica de la infraestructura superficial en los campos geotérmicos.

► COMENTARIOS ADICIONALES

Durante cerca de 30 años en los cuales han estado en explotación los complejos de extracción de vapor endógeno, se ha logrado un crecimiento significativo dentro del mercado del suministro de energía eléctrica, los precursores de este tipo de proyectos han sido, en su gran mayoría, profesionales en la disciplina de ingeniería, sin embargo como se desprende del presente trabajo, es tiempo de que se apliquen disciplinas en materia de administración.

Existen áreas de mejora plenamente identificadas en este tipo de proyectos, las cuales pueden llevar a una optimización de los recursos financieros, humanos y materiales. Determinar la ventaja de realizar perforaciones ante la recurrente intervención de pozos, podrá sentar los criterios y parámetros que permitan la eficacia y la eficiencia de la infraestructura existente y de la por construir.

La incorporación de innovación tecnológica, así como la aplicación de mejora continua, reingeniería, y calidad total permitirán asegurar las mejores prácticas en la realización de los procesos y productos que conforman la razón de ser de este tipo de proyectos.

BIBLIOGRAFIA

- ATLAS UNIVERSAL READER'S DIGEST, 1995.
- DEVERAUX, STEVE, PRACTICAL WELL PLANNING AND DRILLING MANUAL, PENNWELL PUBLISHING COMPANY, 1998.
- DOCUMENTOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD, GERENCIA DE PROYECTOS GEOTERMOELÉCTRICOS, 2003.
- HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, ABRAHAM Y HERNÁNDEZ VILLALOBOS, ABRAHAM, FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN. 4a Edición, ECAFSA, 2001.
- HORNGREN, CHARLES T., FOSTER, GEORGE, DATAR, M. SRIKANT, CONTABILIDAD DE COSTOS, UN ENFOQUE GERENCIAL, OCTAVA EDICIÓN, PRENTICE HALL, 1996.
- LEET Y JUDSON, FUNDAMENTOS DE GEOLOGÍA FÍSICA, EDITORIAL LIMUSA, MÉXICO 1975.
- LEY DE OBRA PÚBLICA Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LA MISMA, 2003.
- RAMÍREZ PADILLA, DAVID NOEL, CONTABILIDAD ADMINISTRATIVA, MC GRAW HILL, SEXTA EDICIÓN, 2001.
- SILVA, LÓPEZ RAÚL, APUNTES DE TEORÍA DE LA ADMINISTRACIÓN, MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN, UVAQ, 2002.

- THOMAS B. JOHANSSON, HENRY KELLY, AMULYA K.N. REDDY, ROBERT H. WILLIAMS, RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR FUELS AND ELECTRICITY, ISLAND PRESS, 1993.
- VACA, JAIME M.E., ANÁLISIS DE PRUEBAS DE PRESIÓN EN POZOS GEOTÉRMICOS, TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO PETROLERO, MÉXICO, D.F., 1980.

RELACIÓN DE TABLAS, FIGURAS Y CORRIDAS FINANCIERAS

TABLA

| | | |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 | Clasificación de las Rocas Sedimentarias..... | 26 |
| Tabla 2 | Clasificación de Yacimientos Geotérmicos..... | 46 |
| Tabla 3 | Capacidad Geotermoeléctrica Mundial..... | 51 |
| Tabla 4 | Tipos de Proyectos de Inversión..... | 58 |
| Tabla 5 | Complejo de Generación Geotermoeléctrica Cerro Prieto, Baja California..... | 67 |
| Tabla 6 | Complejo de Generación Geotermoeléctrica Los Azufres, Michoacán..... | 68 |
| Tabla 7 | Complejo de Generación Geotermoeléctrica Los Humeros, Puebla..... | 68 |
| Tabla 8 | Complejo de Generación Geotermoeléctrica Las Tres Vírgenes, Baja California Sur..... | 69 |
| Tabla 9 | Características del Capital Humano de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos..... | 84 |
| Tabla 10 | Resumen de pozos en el C.G. Cerro Prieto..... | 87 |
| Tabla 11 | Características del Capital Humano de la Residencia General de Cerro Prieto..... | 90 |
| Tabla 12 | Suministro de vapor (t/h) por pozo unidades generadoras en Los Azufres..... | 91 |
| Tabla 13 | Características del Capital Humano de la Residencia de Los Azufres..... | 93 |
| Tabla 14 | Suministro de vapor (t/h) por pozo unidades generadoras en Los Humeros..... | 94 |
| Tabla 15 | Características del Capital Humano de la Residencia de Los Humeros..... | 96 |
| Tabla 16 | Resumen de pozos Las Tres Vírgenes..... | 96 |
| Tabla 17 | Características del Capital Humano de la Residencia de Las Tres Vírgenes..... | 98 |

| | | |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 18 | Clasificación de actividades por área, factor de costos y tipo de costos proceso: extracción de vapor..... | 122 |
| Tabla 19 | Clasificación de actividades por área, factor de costos y tipo de costos proceso: manejo y acondicionamiento de vapor..... | 124 |
| Tabla 20 | Principales activos y proceso correspondiente en un proyecto de suministro de vapor..... | 124 |
| Tabla 21 | Efectivo presupuestado para el ejercicio 2004..... | 126 |
| Tabla 22 | Porcentajes relativos a cada cuenta presupuesto ejercicio 2004..... | 127 |
| Tabla 23 | Parte presupuestal (M.N.) por tonelada acumulada ejercicio 2004..... | 128 |
| Tabla 24 | Flujos de efectivo presupuestados para el ejercicio 2004 por concepto de operación de campo geotérmico..... | 129 |
| Tabla 25 | Porcentajes relativos a cada cuenta presupuesto 2004 por concepto de operación de campos geotérmicos..... | 130 |
| Tabla 26 | Parte presupuestal por tonelada acumulada ejercicio 2004 por concepto de operación de campos geotérmicos..... | 130 |
| Tabla 27 | Comparativo de servicios personales..... | 131 |
| Tabla 28 | Costo de infraestructura de extracción de vapor, modelo precio alzado, obra pública financiada en el campo geotérmico de Los Azufres..... | 135 |
| Tabla 29 | Punto de equilibrio para infraestructura de extracción y manejo de vapor endógeno en Los Azufres..... | 136 |
| Tabla 30 | Costo de infraestructura de extracción de vapor, modelo precios unitarios, recursos propios en el campo geotérmico de Cerro Prieto..... | 138 |
| Tabla 31 | Punto de equilibrio Cerro Prieto modelo precios unitarios, recursos propios..... | 139 |
| Tabla 32 | Punto de equilibrio para infraestructura de extracción y manejo de vapor endógeno en Cerro Prieto precio alzado, obra pública financiada..... | 141 |
| Tabla 33 | Presupuesto de gasto corriente ejercicio 2004 Cerro Prieto..... | 156 |
| Tabla 34 | Presupuesto de gasto corriente ejercicio 2004 Los Azufres..... | 158 |
| Tabla 35 | Presupuesto de gasto corriente ejercicio 2004 Los Humeros..... | 160 |
| Tabla 36 | Presupuesto de gasto corriente ejercicio 2004 Tres Vírgenes..... | 161 |

| | | |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 37 | Capital humano total GPG..... | 175 |
| Tabla 38 | Comparativo entre producción y capital humano por centro de trabajo.. | 176 |
| Tabla 39 | Comparativo de demanda real vs costos de servicios personales..... | 178 |

FIGURA

| | | |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1 | Localización de los proyectos geotermoeléctricos en México..... | 69 |
| Figura 2 | Estructura organizacional de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos..... | 82 |
| Figura 3 | Porcentaje por área GPG..... | 85 |
| Figura 4 | Pronóstico de vapor en Cerro Prieto, B.C..... | 88 |
| Figura 5 | Estructura organizacional de la Residencia General de Cerro Prieto..... | 89 |
| Figura 6 | Estructura organizacional de la Residencia de Los Azufres..... | 92 |
| Figura 7 | Estructura organizacional de la Residencia de Los Humeros..... | 95 |
| Figura 8 | Estructura organizacional de la Residencia de Tres Vírgenes..... | 98 |
| Figura 9 | Modelo del sistema de gestión de calidad..... | 101 |
| Figura 10 | Flujograma de actividades del sistema de gestión de calidad..... | 112 |
| Figura 11 | Punto de equilibrio para Los Azufres..... | 137 |
| Figura 12 | Punto de equilibrio Cerro Prieto modelo precios unitarios, recursos propios..... | 140 |
| Figura 13 | Punto de equilibrio Cerro Prieto precio alzado obra pública financiada..... | 142 |

CORRIDAS FINANCIERAS

| | | |
|------|---------------------------------------|-----|
| CF 1 | Valor neto presente Cerro Prieto..... | 164 |
| CF 2 | Valor neto presente Cerro Prieto..... | 165 |
| CF 3 | Valor neto presente Los Azufres..... | 166 |
| CF 4 | Valor neto presente Los Azufres..... | 167 |
| CF 5 | Valor neto presente Los Humeros..... | 168 |

| | | |
|------|----------------------------------------|-----|
| CF 6 | Valor neto presente Los Humeros..... | 169 |
| CF 7 | Valor neto presente Tres Vírgenes..... | 170 |
| CF 8 | Valor neto presente Tres Vírgenes..... | 171 |