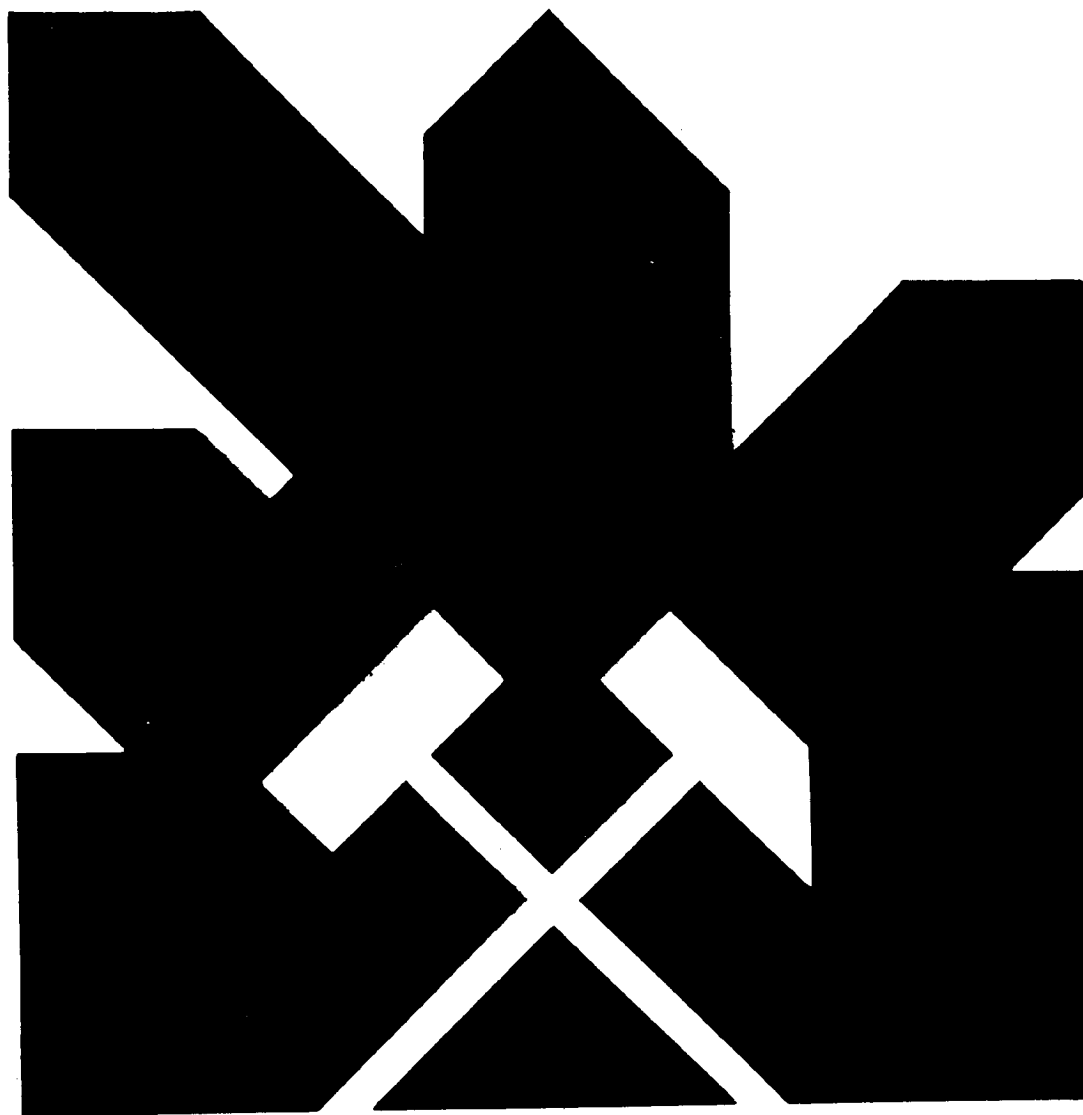


MINISTER
SECRETAR

ANALISIS PREVIO DE VIABILIDAD TECNICO-ECONOMICA
DE LA EXPLOTACION DE ENERGIA GEOTERMICA EN DIS-
TINTAS ZONAS (TENERIFE, LA PALMA, ORENSE Y VA-
LLES). 1984.

INFORME FINAL



52
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

00852

INDICE

	<u>PAG.</u>
1.- ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION	1
2.- OBJETIVOS Y METODOLOGIA	5
3.- TRABAJOS REALIZADOS	9
3.1.- DEFINICION DEL MODELO DE CAMPO	10
3.2.- DEFINICION DEL SISTEMA DE EXPLOTACION	11
3.3.- ESTUDIO DE MERCADO	12
3.4.- ESTUDIO ECONOMICO DE RENTABILIDAD	12
4.- ALTA ENTALPIA. RESULTADOS	14
4.1.- INTRODUCCION	15
4.2.- ESTIMACION DEL RECURSO	15
4.2.1.- Isla de Tenerife	15
4.2.2.- Isla de La Palma	24
4.3.- ESTUDIO DE DEMANDA	29
4.3.1.- Isla de Tenerife	29
4.3.2.- Isla de La Palma	30
4.4.- ESTUDIO DE RENTABILIDAD	31
4.4.1.- Isla de Tenerife	31
4.4.2.- Isla de La Palma	32
4.4.3.- Coste del KW.h producido	35
5.- BAJA ENTALPIA. RESULTADOS	37
5.1.- INTRODUCCION	38
5.2.- ESTIMACION DEL RECURSO	38
5.2.1.- Zona de Orense	38
5.2.2.- Zona del Vallés	45
5.3.- ESTUDIO DE DEMANDA	51
5.3.1.- Zona de Orense	

INDICE (Cont.)

	<u>PAG.</u>
5.3.1.1.- Viviendas	51
5.3.1.2.- Agricultura	57
5.3.2.- Zona del Vallés	63
5.4.- ESTUDIO DE RENTABILIDAD	67
5.4.1.- Zona de Orense	67
5.4.2.- Zona del Vallés	69
6.- RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
6.1.- INTRODUCCION	71
6.2.- RESUMEN DE RESULTADOS	72
6.2.1.- Alta entalpía	72
6.2.1.1.- Isla de Tenerife	72
6.2.1.2.- Isla de La Palma	74
6.2.2.- Baja entalpía	75
6.2.2.1.- Zona de Orense	75
6.2.2.2.- Zona del Vallés	77
6.3.- CONCLUSIONES	79
6.4.- RECOMENDACIONES	82

1.- ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION

La investigación de los recursos geotérmicos iniciada en España de un modo permanente y metodológico a partir de 1975, ha puesto de manifiesto la existencia de recursos de diferentes niveles térmicos en distintas áreas de nuestro territorio.

En otras áreas, si bien no se ha podido aún reconocer el recurso, los estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos permiten realizar una primera estimación de la naturaleza de dichos recursos.

Entre las áreas en que más ha avanzado la investigación se pueden seleccionar por su interés, Cataluña, Galicia y Canarias. Dentro de estas "regiones geotérmicas", se plantea actualmente la investigación mediante el empleo de técnicas y métodos que comportan elevadas inversiones. Como en cualquier otra investigación geológico-minera, éstas inversiones sólo estarán justificadas si los resultados que se estima alcanzar son económicamente rentables.

En Cataluña, el Inventario Nacional de Manifestaciones Termiales, puso de manifiesto el interés de distintas áreas, entre las cuales se seleccionó en primera instancia la depresión del Vallés, en la que se encontraban manifestaciones de muy elevada temperatura (Caldas de Montbui y La Garriga). Esta depresión fue objeto de un detenido estudio, en el que se han venido aplicando distintas técnicas de prospección, que en sus conclusiones permitían estimar la existencia de recursos de media en talpía (130-150°C) en el subsuelo. Las últimas investigaciones

realizadas encaminadas a un reconocimiento de los conductos de salida del agua termal, han permitido conocer la existencia de un almacén superior de 75-80°C con muy buenas características - hidráulicas y favorable extensión.

En Galicia, el primer reconocimiento de las manifestaciones termales, permitía también estimar la existencia de agua caliente (100-140°C) en el subsuelo, aunque se planteaban dudas sobre la existencia de almacenes con suficiente permeabilidad. De las distintas áreas se seleccionó como prioritaria Orense, - donde posteriormente se han desarrollado distintas prospecciones de ámbito geológico, geoquímico y geofísico. Los últimos reconocimientos con sondeos, han puesto de manifiesto los conductos de salida del agua termal, así como el buen comportamiento hidráulico de las fallas reconocidas.

En cuanto a las Islas Canarias, su origen volcánico y la presencia en épocas históricas y muy recientes, de erupciones volcánicas ponen de relieve el potencial interés geotérmico del área. Este potencial se manifiesta de distintas formas en superficie. Por una parte, en las islas con abundantes obras de captación de agua subterránea, como son Tenerife y Gran Canaria, estas aguas reflejan en sus características la existencia de indicadores geotérmicos (elevada temperatura; contenidos altos en sílice, fluor, boro, etc.; abundancia de gases, etc.). - Por otra parte en islas donde han existido erupciones volcánicas históricas, como Lanzarote y La Palma, permanece aún una elevada anomalía térmica ligada a dichas erupciones, de manera que es posible medir temperaturas de 300-400°C, en puntos muy próximos a la superficie. Las investigaciones en las islas Canarias han ido dirigidas fundamentalmente en dos sentidos; por una parte la prospección de los campos de roca caliente seca, iniciándose ello en la isla de La Palma, y por otra, las posibilidades de existencia de yacimientos de alta temperatura, que

tras los estudios preliminares se ha centrado en la isla de Tenerife.

El estado actual de estas investigaciones no permite diseñar un modelo muy avanzado del campo geotérmico, pero sí permite ser optimista en cuanto a las posibilidades en ambos tipos de campo; en especial campos geotérmicos clásicos en la isla de Tenerife.

Por todo lo anterior el Instituto Geológico y Minero de España creyó oportuna y justificada la realización del presente proyecto de "Análisis previo viabilidad técnico-económica de explotación de recursos geotérmicos" en las zonas anteriormente citadas.

2.- OBJETIVOS Y METODOLOGIA

El objetivo fundamental del presente trabajo es definir las condiciones de explotación económica de la energía geotérmica en las zonas contempladas, realizando un análisis muy previo de la futura cuenta de explotación, mediante el cual se pueda determinar la viabilidad de tales operaciones. Este análisis, como se ha dicho, es muy previo debido a que se hace en base a datos de una investigación en marcha. No obstante, para Galicia y Cataluña en el caso de uso de energía de baja temperatura ($T < 100^{\circ}\text{C}$) en aplicaciones directas del calor, se pueden considerar los datos fidedignos.

La metodología empleada en estos análisis de viabilidad es la clásica en este tipo de estudios económicos. Partiendo de un modelo de explotación de campo, se definen las inversiones necesarias para su puesta en producción y mantenimiento, así como los costes originados con dicha explotación. Por otro lado, mediante un análisis del mercado en la zona se determina la aplicación óptima del recurso y los posibles ingresos por dicha utilización. Con estos datos, ingresos, inversiones y costes, se realiza el análisis de rentabilidad económica para un período de 25 años, que se estima como duración de las instalaciones.

El principio básico que preside cualquier análisis económico de una operación o proyecto de inversión es el de la determinación del beneficio máximo posible, dentro de unos límites marcados por la adaptación de los medios puestos en juego a las posibilidades existentes. Aunque este principio del beneficio máximo posible es muy amplio y puede abarcar términos tales co-

mo beneficio social, cultural, ecológico, etc., estos están sujetos a apreciaciones subjetivas de difícil medida y evaluación, por lo que hay que atenerse al análisis puramente económico.

El concepto con el que normalmente se mide la bondad de cualquier proyecto de inversión es su rentabilidad y ésta viene dada por una serie de parámetros entre los cuales los más importantes son:

- Tasa de Rentabilidad Interna (T.I.R.)
- Valor Actualizado Neto (V.A.N.)
- Período de Recuperación del Capital

Para llegar al cálculo de estos parámetros es necesario confeccionar la cuenta anual de explotación prevista, tan detallada como sea posible, con objeto de definir las entradas (cash flow) que va a proporcionar el proyecto y compararlas con las inversiones necesarias. Los datos básicos para la preparación de esta cuenta son:

- Inversiones necesarias tanto en cantidad como su distribución en el tiempo.
- Costes operacionales.
- Costes generales y de amortización.
- Tasas e impuestos.
- Ingresos previsibles.

Con estos datos es posible definir año a año el cash flow. Se puede admitir que este concepto representa la generación de recursos económicos totales conseguida por la explotación en el ejercicio anual. Según esta definición comprendería el beneficio neto final y la recuperación de activo que representa la amortización.

Así pues, las entradas anuales en la cuenta de explotación o cash-flow serán:

$$C.F. = V - C_T - I + A$$

siendo:

V: Ventas totales

C_T : Costes totales, que incluyen los costes operativos, costes indirectos, costes financieros y amortización técnica.

I: Impuestos sobre beneficios.

A: Amortizaciones.

La Tasa de rentabilidad interna (T.I.R.) se define como aquel interés que es capaz de igualar los valores actualizados de las salidas (inversiones) y entradas (cash flow) del proyecto.

El valor actualizado neto (V.A.N.) es una medición del valor de actualización del movimiento de fondos normal (entradas menos salidas) para un determinado interés que fija de antemano el inversor, que se conoce como Coste del Capital.

El V.A.N. es por lo tanto el valor que puede darse al proyecto a la fecha de actualización y al interés fijado.

Por último Período de Recuperación del Capital, es el tiempo en el que la suma de valores actualizados de salidas y entradas se igualan para una tasa de interés fijada por el inversor (la misma que se emplea para obtener el V.A.N.).

3.- TRABAJOS REALIZADOS

Los trabajos desarrollados en el presente estudio se ajustan al programa propuesto en el proyecto administrativo y se han concretado en las siguientes actividades:

3.1.- DEFINICION DEL MODELO DE CAMPO

En base a los estudios llevados a cabo por el Instituto Geológico y Minero de España, en cada una de las zonas estudiadas, se ha definido el tipo de recurso y las posibilidades de existencia. El tipo de recurso viene definido por las condiciones geológicas y geotérmicas del área. Estas condiciones han fijado la profundidad y características físicas del almacén (porosidad, permeabilidad, temperatura) así como las características del fluido geotérmico: salinidad. Definidos estos datos, en los casos en que se han podido medir, en los correspondientes estudios, se podrá abordar las condiciones de explotación del yacimiento.

En los casos en que ello no ha sido posible, se ha realizado una estimación de dichos datos, basada en la experiencia en casos similares, siendo en cualquier caso conservador, como se especificará en la presentación de resultados.

En definitiva, bien con datos reales a partir de reconocimientos realizados o bien a partir de hipótesis estimativas, se ha planteado un modelo conceptual de campo geotérmico que permita fijar las condiciones de explotación.

3.2.- DEFINICION DEL SISTEMA DE EXPLOTACION

En base al modelo de campo propuesto se han definido las características del sistema de explotación de la energía, fundamentalmente de las obras de extracción: sondeos y estación de bombeo. El tipo y acabado de sondeo depende fundamentalmente de los siguientes datos:

- Profundidad
- Corte geológico esperado
- Tipo de almacén
- Caudales de producción estimados

Con estos datos, especialmente caudal y temperatura de producción, se ha evaluado el potencial energético del sondeo, que permitirá fijar la oferta energética disponible.

De la misma manera, una vez definidos los elementos necesarios para la explotación del yacimiento, se ha realizado una estimación de las inversiones totales que implican. Para los casos en que se dispone de experiencia, en cuanto a costes de sondeos, bombas, intercambiadores, etc., esta estimación es bastante aproximada, mientras que para aquellos en que no se dispone de datos, se ha efectuado una extrapolación en base a los datos de otras explotaciones similares pero con otro tipo de energía, o bien explotaciones de energía geotérmica en otros países. Igual criterio se ha seguido en la estimación de los costes operacionales, de más difícil cuantificación previa. No obstante los datos disponibles permiten fijar estadísticamente los costes operacionales anuales en un porcentaje de las inversiones totales que oscila entre el 3% y el 8%.

3.3.- ESTUDIO DE MERCADO

Fijadas las condiciones de producción, el paso siguiente era determinar las condiciones de venta de la energía producida. Estas condiciones varían según la aplicación, que a su vez es función de las características del yacimiento ya comentadas. Así, mientras que para alta temperatura el producto vendido es la energía eléctrica producida en la central, para baja temperatura, en calefacción de viviendas, o en agricultura el producto vendido es el calor aportado a los recintos, siendo las ventas totales evaluadas globalmente, como el valor en termias del calor aportado; al precio de la termia de combustible tradicional o bien como el valor del combustible ahorrado al sustituir la energía tradicional por energía geotérmica.

Se ha realizado una prospección de mercado en cada área con vistas a seleccionar la solución más favorable tanto desde el punto de vista del recursos existente como del posible utilizador. Dado el estado preliminar de este estudio la prospección de mercado no ha sido demasiado detallada.

Una vez elegida la solución o soluciones, se ha evaluado el posible precio de venta del producto final, que como se acaba de decir puede ser energía eléctrica ó energía calorífica. Esta evaluación se ha realizado en base a datos actuales de mercado.

3.4.- ESTUDIO ECONOMICO DE RENTABILIDAD

Como se ha citado en el apartado de Metodología, el análisis de rentabilidad realizado ha ido encaminado a la determinación de los parámetros o índices de rentabilidad para cada uno de los casos citados, para lo cual se ha planteado la cuenta de explotación a lo largo de 25 años.

Esta cuenta de explotación considera las inversiones, ingresos y costes de explotación calculados en apartados anteriores. En el capítulo de las inversiones se considera siempre una hipótesis de desarrollo en el tiempo de dichas inversiones, lo más adaptada posible a la idea que se tiene actualmente de las posibilidades de desarrollo del campo geotérmico. El inicio de la producción y por lo tanto de los ingresos se adapta también a las expectativas de desarrollo actuales.

A partir de la cuenta de explotación y de la evolución del movimiento de fondos se ha calculado la T.I.R. así como el V.A.N. para distintas tasas de actualización. Por último se ha calculado el período de recuperación de capital.

Para el caso de baja temperatura y usos agrícolas, se ha considerado que la explotación de la energía geotérmica es realizada por los mismos consumidores, por lo que en la cuenta de explotación no se ha tenido en cuenta los impuestos sobre beneficios.

El período de recuperación se ha calculado como el cociente entre las inversiones totales y el ahorro anual neto, es decir, ingresos o valor de energía sustituida menos costos de explotación.

4.- ALTA ENTALPIA. RESULTADOS

4.1.- INTRODUCCION

Las zonas de alta entalpía se centran, como ha quedado expuesto anteriormente en algunas áreas de las islas Canarias. En concreto se ha realizado el estudio para la isla de Tenerife y para la de La Palma. En la primera, la hipótesis que se está barajando en los estudios que lleva a cabo el IGME es la existencia de un campo de agua y vapor en el subsuelo de algunas zonas de la isla. En la segunda, toda la investigación va encaminada a la evaluación final de un campo de roca caliente seca muy superficial, constituido por el calor residual de la última erupción que tuvo lugar en el Sur de la isla, en el T.M. de Fuencaiente y que dio lugar al volcán Teneguía en 1971.

4.2.- ESTIMACION DEL RECURSO

4.2.1.- Isla de Tenerife

Modelo Geológico

Las investigaciones llevadas a cabo hasta la fecha por el IGME se pueden encuadrar en lo que se conoce como fase de pre-factibilidad o de selección de campos, en la que se estudia detalladamente un área seleccionada en el reconocimiento a nivel nacional.

Se puede considerar esta isla como el único punto del territorio nacional en el que han tenido lugar fenómenos erupti-

vos de magmas diferenciados en épocas suficientemente recientes (menos de un millón de años), de tal manera que se pueda pensar que la cámara magmática de la que salieron los materiales permanezca aún, a profundidades relativamente someras, constituyendo un foco de calor activo. Como es sabido, la emisión de materiales sálicos, tipo traquitas y fonolitas, procedentes de magmas diferenciados indican la existencia de una cámara evolucionada que se ha aproximado a la superficie, en contraposición con la emisión de materiales básicos, tipo basaltos, que proceden generalmente de zonas bastante más profundas de la corteza terrestre. Estos últimos son los materiales emitidos en las erupciones más recientes que se han registrado en otras áreas (islas de Lanzarote y La Palma en Canarias o zonas de Olot, Ciudad Real y Murcia en territorio peninsular).

Estas emisiones de materiales sálicos citados en la isla de Tenerife han tenido lugar además en la zona central de la isla, ligadas a un fenómeno tectónico típico, que en otras partes del planeta va relacionado con campos geotérmicos: la caldera de colapso. En efecto, la Caldera de las Cañadas del Teide, - constituye una amplísima caldera de colapso que según los pocos datos disponibles parece que tuvo lugar en un plazo que va desde los 500.000 a los 200.000 años. Con posterioridad comienzan a emitirse una gran cantidad de materiales en el interior de la caldera, que con sus últimas erupciones históricas, han dado lugar a un gran edificio central en el que predominan los materiales traquíticos y fonolíticos.

El estudio geovolcanológico que actualmente lleva a cabo el IGME, parece indicar una reducción sustancial de la cámara magmática, que tendría hoy día una componente vertical fundamental y estaría desplazada hacia la zona norte de la caldera, bajo la vertical del Teide.

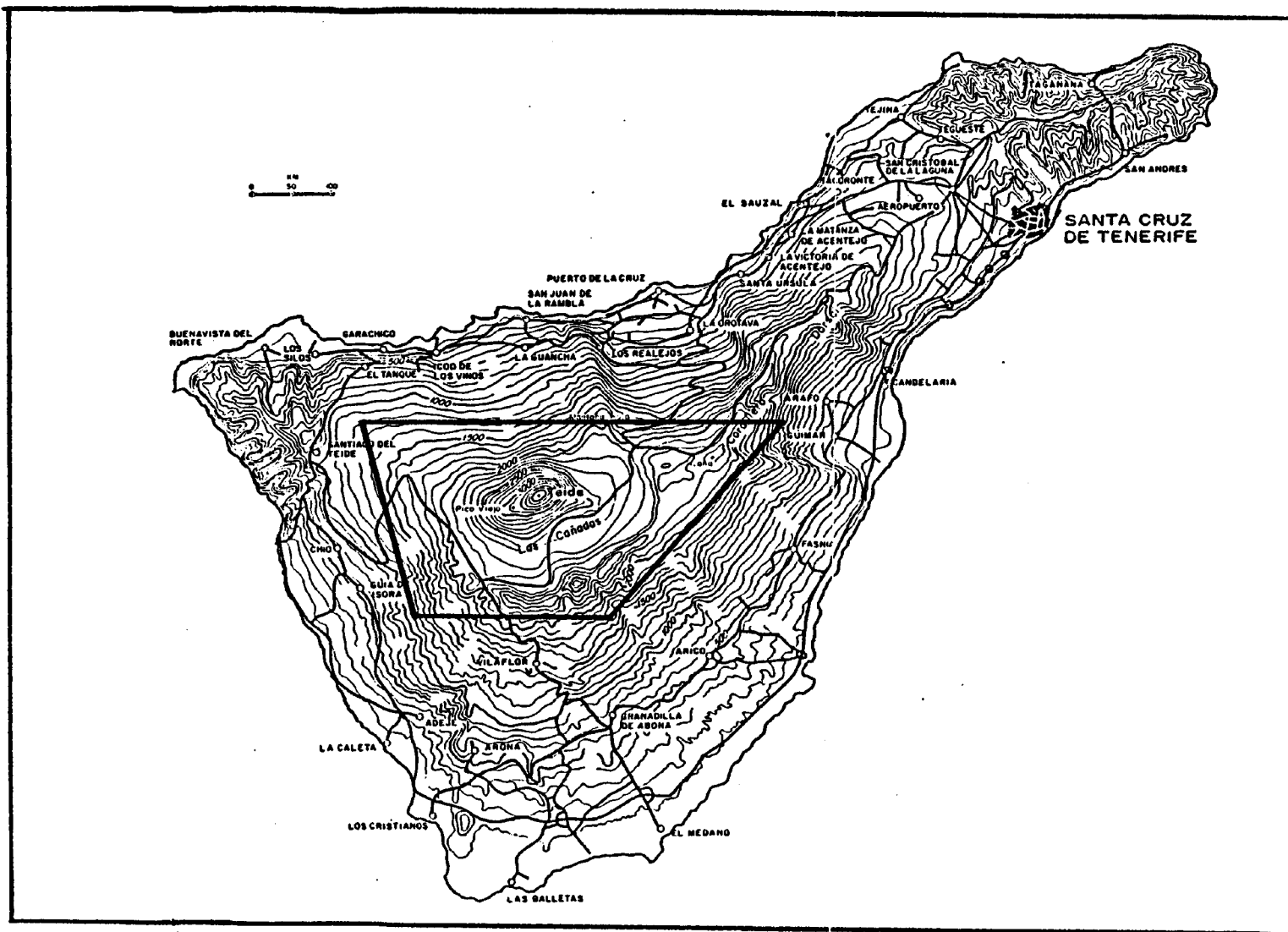


FIGURA 1.- ZONA ESTUDIADA EN TENERIFE

1

Parece pues que según este esquema se tendría asegurada una de las condiciones necesarias para la existencia de yacimiento geotérmico de alta temperatura: Foco de calor activo.

El estudio geoquímico que igualmente lleva a cabo el IGME pone en evidencia, que en determinadas áreas de la isla, las aguas subterráneas captadas mediante galerías y pozos llevan consigo pequeñas cantidades de indicadores geotérmicos (SiO_2 , Boro, Amoníaco, Fluor), que pueden estar mostrando la existencia en el subsuelo de los citados yacimientos.

Estas áreas anómalas, en general se sitúan bordeando la caldera central y agrupadas según unas direcciones que coinciden con las direcciones estructurales principales de la isla NE-SW y NW-SE.

Estos hechos vendrían a explicar cómo están constituidos los almacenes geotérmicos. Por un lado el colapso de la caldera da lugar a una fracturación tangencial, con fallas normales. Estas grandes fracturas posteriormente han podido servir como conducto de emisión de nuevos magmas, y también han dado lugar a una amplia zona de fracturación.

Por otro lado en zonas externas a la caldera ha habido posteriormente erupciones de tipo básico y que se producen en alineaciones coincidentes con las direcciones estructurales citadas y tangenciales a la caldera, lo que puede indicar una persistencia en la actividad de las grandes fracturas citadas.

Las zonas de confluencia de fracturas pertenecientes a las citadas familias de direcciones se pueden considerar como las más favorables para la existencia de zonas permeables y por lo tanto los puntos de localización de almacenes geotérmicos.

Por último en cuanto a la tercera condición necesaria para el yacimiento geotérmico, es decir, la existencia de cobertura, es conocido que en numerosos campos existentes en el mundo, esta cobertura se ha producido por el mismo campo, mediante un autosellado por precipitación de depósitos minerales, fundamentalmente sílice, que cierran las fracturas en la parte superior del almacén.

Así pues se tiene un bosquejo geológico de las condiciones que se dan en la isla de Tenerife y que permiten plantear la hipótesis de existencia de campo geotérmico, que ha de ser confirmada mediante el empleo de técnicas geoquímicas y geofísicas.

Modelo de campo

Al no existir ninguna perforación que haya atravesado el posible almacén, el planteamiento del modelo de campo se ha de basar en hipótesis más o menos fundadas, en base a los datos actualmente conocidos.

Los dos primeros datos que hay que definir son: profundidad estimada del almacén y temperatura del mismo. El estudio geovolcanológico parece indicar una profundidad de la Cámara Magnética en el rango de 2-3 km, y en la vertical del Teide. Según el bosquejo geológico, el almacén se encontraría en zonas fracturadas de los terrenos precaldera, y a una profundidad suficiente para que sus posibles escapes no alcancen la superficie ya que no se tiene indicios directos en superficie, lo cual se puede explicar por el enmascaramiento que supone el aporte de lluvias y la existencia de un nivel piezométrico muy elevado.

Así pues, presumiblemente, dado que la cámara se supone con una forma vertical y muy concentrada en planta, la transmisión de calor puede estar teniendo lugar lateralmente y el almacén podría encontrarse a una profundidad de 2.000-2.500 metros.

La temperatura es igualmente difícil de valorar. Los datos geoquímicos de aguas y gases permiten mediante técnicas geotermométricas calcular una temperatura del orden de 250-400°C. Al no existir un escape líquido directo del almacén es extremadamente ambigua la temperatura geotermométrica. A efectos de hipótesis de cálculo se va a suponer una entalpía de 250-280 kcal/kilogramo en el fluido geotérmico.

Como ya se ha citado en el bosquejo geológico la parte superior del almacén geotérmico se ha podido transformar en covertera de dicho almacén por el efecto de los depósitos de sílice y otros minerales.

El almacén o yacimiento estará constituido por una masa de rocas fracturadas, y por lo tanto de permeabilidad muy variable dentro de la misma masa. No obstante también es posible plantear alguna hipótesis sobre caudal de producción estimado. Tomando como base los sondeos que existen de explotación de aguas en terrenos similares a los que se suponen forman el almacén, que generalmente no cortan zonas de gran fracturación, se puede suponer que el caudal extraíble con una buena penetración en almacén puede ser entre 150 y 250 m³/hora. Para esta primera hipótesis se va a tomar un caudal de 200 m³/hora, es decir, 200.000 kg/hora de fluido, por cada sondeo de producción.

En cuanto a la calidad química del agua, aunque los datos existentes de aguas subterráneas en la isla indican que las aguas captadas por galerías son muy poco mineralizadas, se supo

ne que al adquirir temperatura aumentará la mineralización por lo que se plantea como hipótesis la producción de un fluido con una concentración en sales de 5 a 10 gramos por litro.

Así pues resumiendo, las condiciones del hipotético campo geotérmico serían:

- Almacén: Rocas precaldada fracturadas.
- Cobertura: Autosellado por depósitos minerales.
- Profundidad de almacén: 2.000-2.500 metros.
- Entalpía: 270 Kcal/kg.
- Caudal de producción por pozo: 200.000 kg/hora
- Salinidad: 5-10 g/litro.

Sistema de explotación

A la vista de las condiciones de campo expuestas se puede concretar su explotación en los siguientes términos.

Para extracción del fluido se pueden realizar sondeos de perfil clásico: 0-400 metros, perforado en 17 $\frac{1}{2}$ ' y entubado en 13 $\frac{3}{8}$ '; entre 400 y 2.000 metros perforado en 12 $\frac{1}{4}$ ' y entubado en 9 $\frac{5}{8}$ ' y almacén perforado en 8 $\frac{1}{2}$ ', sin entubar, hasta la profundidad de 2.500-2.600 metros.

Dadas las características de producción supuestas 200 m³/hora de fluido con 270 kcal/kg, suponiendo una temperatura de salida del fluido residual de 100°C, se podría disponer de una potencia térmica total por sondeo de aproximadamente 35.000 kW. Si se supone un rendimiento global del 12% en la transformación en energía eléctrica, se tendrá una potencia neta total de 4.200 kW por sondeo. En principio y dada la temperatura supuesta, se tendrá como fluido vapor húmedo, por lo que las plantas a elegir serán del tipo de ciclo semidirecto con flashing y condensa-

ción. Estas son las centrales más abundantes en el mundo.

A la vista de las conclusiones del estudio de mercado - que se presentará más adelante, se piensa en una central con una potencia total de 20 MW instalados, para 1990-92. Se puede cubrir esta central con tres unidades de 7 MW cada una, que podrán ir entrando en funcionamiento de una manera escalonada, - siendo alimentada cada unidad con el fluido producido por dos sondeos, con lo que serán necesarios un total de 6 sondeos de producción cuando se tengan las tres unidades en marcha, existiendo un exceso de fluido de un 20% aproximadamente.

Dado que el fluido residual tendrá una salinidad de 5-10 gramos por litro habrá que evacuarlo al mar por lo que será necesaria una tubería o canal de transporte, que como hipótesis de base se supone de 25 km de longitud.

Inversiones y costes de explotación

En el estado actual de conocimientos es difícil evaluar estos datos. No obstante, considerando las estadísticas de datos económicos disponibles, de centrales de dimensiones parecidas, se podría plantear el siguiente cuadro de inversiones para cada unidad de 7 MW. Se considera como inversión de cara a la central, todas aquellas necesarias para la puesta en producción del campo, una vez que se ha demostrado la existencia del recurso. Las inversiones anteriores a esta puesta en evidencia se supondrán recuperables en parte, como un canon sobre la producción que se tendrá en cuenta a la hora de establecer los costos operativos. Por otra parte una vez demostrada la existencia del campo y para llevar a cabo la primera evaluación, habrá que considerar la realización de campañas geofísicas, sondeos exploratorios (2) y pruebas de producción, antes de acometer la realización de los sondeos de explotación definitivos.

Inversiones comunes a todo el campo

- Evaluación del campo	.....	600 MP
- Línea de evacuación de fluido	.....	400 MP

Inversiones para cada unidad de 7 MW

- Sondeos de producción (2)	.....	600 MP
- Equipos auxiliares fluido geotérmico	.....	280 MP
- Central generadora	.....	380 MP
- Equipos auxiliares energía eléctrica	.....	105 MP
- Obra civil, montajes, transportes e indemnizaciones	.....	210 MP
- Dirección de obra y gastos generales	.....	<u>100 MP</u>
TOTAL	.....	1.675 MP

Al carecer de datos más concretos y siguiendo una práctica común, los costes operacionales han de suponerse como un porcentaje de las inversiones iniciales. Según esto y atendiendo nuevamente a la estadística de otros campos geotérmicos, los costes anuales operacionales oscilan entre 3 y 4% de la inversión total. Estos costes incluirían los correspondientes a mano de obra y mantenimiento de la central eléctrica y del campo geotérmico, así como gastos generales, consumos energéticos, gastos de reposición, seguros e impuestos.

Para el presente caso, tomando el 3,5%, tendremos como costes operacionales anuales comunes para toda la central y mantenimiento de red de evacuación: 14 MP y como costes operacionales anuales para cada unidad de 7 MW: 60 MP.

4.2.2.- Isla de La Palma

Modelo geológico y de campo

Las investigaciones llevadas a cabo hasta la fecha por el IGME, apuntan la posibilidad de existencia de una masa de roca caliente seca en la isla de La Palma, en el área de la última erupción del Teneguía.

En esta área, se reconoció mediante un estudio de termografía aérea con infrarrojo, la existencia de zonas con temperaturas superficiales, extremadamente elevadas, 300-350°C, coincidiendo con algunas fracturas por las que salió el magma fundido en 1971.

Un estudio termométrico posterior puso de manifiesto la existencia de gradientes y flujos de calor muy elevados en una zona relativamente extensa.

La similitud de este caso con el de Lanzarote, ha llevado al IGME a proseguir los estudios en esta zona mediante sondeos de reconocimiento semiprofundos, que actualmente se llevan a cabo, con la finalidad de medir el gradiente geotérmico en zonas más profundas del subsuelo, ya que la malla termométrica se limitó a profundidades de 10 y 40 metros.

Según los conocimientos actuales, los materiales emitidos en 1971 lo habrían sido a través de un sistema de fracturas N-S y NE-SW que se cortarían en la zona del actual Teneguía. Una vez emitidos dichos materiales, se mantendría a cierta profundidad una masa de roca fundida que se va enfriando lentamente y que transmite su temperatura y calor hacia la superficie por dos sistemas: uno conductivo y otro convectivo. En este último ha de intervenir como fluido el aire que circula por estos materiales de gran permeabilidad.

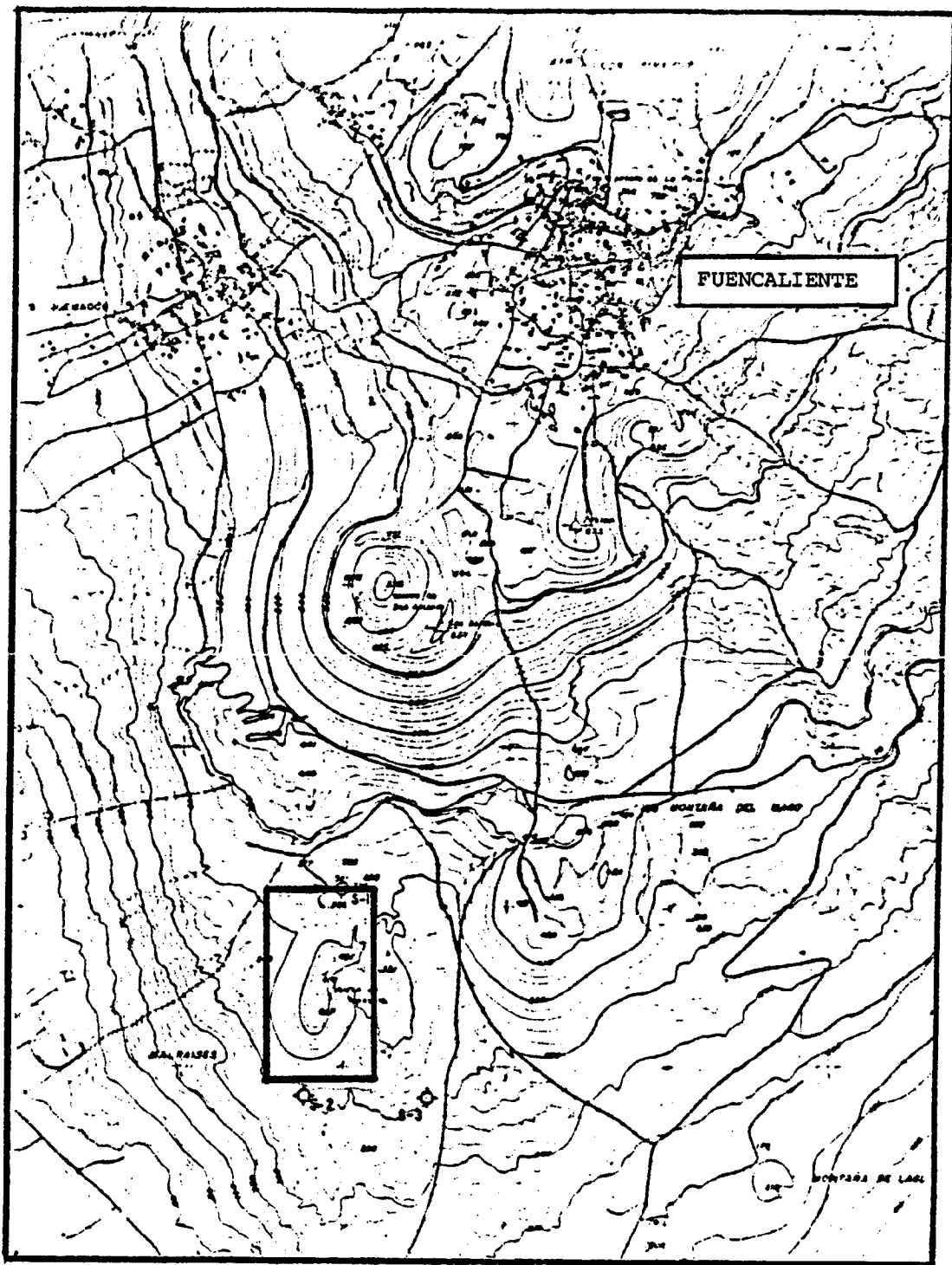


FIGURA 2.- ZONA ESTUDIADA EN LA PALMA

Según este esquema, se tendría un modelo de campo de roca caliente seca, en el que la masa de roca está relativamente superficial y hacia la superficie se difunde a través de las fracturas del terreno por la circulación de aire. Esto origina la existencia de puntos muy localizados en superficie con temperaturas muy elevadas. Estos puntos coinciden con fracturas - abiertas por las que es fácil la circulación del aire.

En este esquema de campo, se plantea una diferencia conceptual con los yacimientos de roca caliente seca que hasta ahora se han venido estudiando en el mundo. Mientras que en estos últimos se trata de grandes masas de roca caliente a profundidades de 2-3 km, en el caso de Canarias se trata de áreas no demasiado extensas con temperaturas muy elevadas a poca profundidad (400-600 metros).

En principio pues, se supone que habría una primera zona entre 0 y 400 metros en la que existen puntualmente zonas calientes (en general según fracturas), que aumentan su densidad con la profundidad. A partir de los 400 metros se piensa que la zona caliente sea más densa y continua.

Dada la situación de las zonas anómalas en superficie y a poca profundidad, se estima que la masa caliente continua, con temperaturas de 250-300°C, pueda tener una superficie en planta de 150.000-250.000 m². Esta estimación es, por supuesto, muy ambigua con los conocimientos actuales.

Sistema de explotación

En el estado de conocimientos actuales, es por supuesto, muy aventurado plantear un sistema de explotación que en cualquier caso debe ser experimentado suficientemente, con anterior-

ridad a la puesta en práctica. No obstante, tratándose de un estudio de premabilidad se plantea a continuación una hipótesis posible.

Los sistemas tradicionales de roca caliente seca explotan masas de roca mediante fracturación artificial y doblete de sondeos, uno de inyección de agua y otro de extracción de calor. En estos campos se piensa que se pueda extraer del orden de 3-4 MW eléctrico por cada operación que puede estar formada de varios dobletes (2-4). Este tipo de explotación no parece viable en Canarias, ya que la masa de roca caliente es limitada, sobre todo en su anchura, por lo que si las fracturas superan estas zonas, el fluido se perdería en gran parte por la permeabilidad de las rocas que rodean a la masa caliente.

Otra posibilidad es la instalación de intercambiadores - en sondeos que penetrasen bastantes metros en la masa caliente (300-500 metros). Esta solución ha sido experimentada a nivel de pruebas en magmas casi fundidos, habiéndose extraído potencias de 500-700 KW por sondeo. Sin embargo, no existe información sobre el enfriamiento ocasionado en los alrededores del sondeo y por lo tanto en la evolución de la energía extraída con el tiempo. Esta solución parece adaptarse mejor al modelo de campo planteado para el caso de La Palma, aunque con las reservas naturales en cuanto a su efectividad.

Por ello, y siempre en el campo de la hipótesis se propone una explotación mediante sondeos que actúen de intercambiador, que atraviesen la masa de roca caliente entre los 400 y los 900 metros y extraigan una potencia de 600.000 kcal/hora cada uno. La limitación de esta potencia térmica viene dada por el enfriamiento que pueda causar en los alrededores del sondeo.

El fluido producido (vapor), a una temperatura de 300-350°C, podría convertirse en electricidad con un rendimiento global aproximado de 0,2-0,24 por lo que se podría obtener una potencia eléctrica por sondeo de aproximadamente 150 KW. A la vista de la demanda de potencia eléctrica que se presentará más tarde para la isla de La Palma se propone como potencia total instalada de la central a estudiar 2 MW eléctricos. Con vistas a mejorar la rentabilidad de las inversiones se propone la instalación progresiva de los 2.000 KW en tres fases de 700 KW cada una. Cada una de estas fases se abastecerá con el producto de 5 ó 6 sondeos.

Inversiones y costes operacionales

De una manera similar a lo planteado en la hipótesis de campo de Tenerife, las inversiones se van a estimar en base a informaciones de estadísticas de otras zonas, en lo referente a unidades de generación de electricidad. No se dispone de datos económicos en cuanto a los intercambiadores, pero se van a estimar de una manera global. Los sondeos se estimarán en base a datos actuales de perforación y acabado, así como también se hará en el caso de las redes de transporte superficial.

Inversiones comunes a las tres unidades previstas

- Evaluación de la zona en dimensiones 60 MP

Inversiones por cada unidad de 700 KW

- Sondeos de "producción" (6) 200 MP
 - Intercambiador (6) 80 MP
 - Equipos auxiliares distribución fluido 40 MP

- Central eléctrica y equipo eléctrico	110 MP
- Obra civil, montajes, desmontajes, etc.	40 MP
- Gastos generales	<u>15</u> MP
TOTAL	485 MP

En cuanto a los costes operativos, se estiman de igual manera que para el caso anterior, como un porcentaje de las inversiones. En este caso se suponen un 2,5%, lo que supone una cantidad anual de 12,5 MP.

4.3.- ESTUDIO DE DEMANDA

4.3.1.- Isla de Tenerife

El estudio de demanda en Tenerife, en su aspecto de selección de posibles utilizadores viene claramente definido ya que la energía hipotéticamente disponible es transformable en electricidad.

Por lo tanto el estudio habría que dirigirlo en el sentido de conocer el estado actual de potencia eléctrica instalada y su evolución futura con vistas a poder predecir la posible instalación de una central geotérmica.

Según la información recogida y contenida en el Plan Estratégico de UNELCO, UNION ELECTRICA DE CANARIAS, S.A., en 1982 la potencia total instalada era de 182 MW. En 1983 entraría en función un nuevo grupo de 40 MW y se retiraría de trabajo otro antiguo de 22 MW, con lo que la potencia instalada total sería de 200 MW aproximadamente. Con ello se cubre la curva de puntos máximos de potencias demandadas que para 1983 se supone del orden de 125 MW.

El plan futuro supone la estabilización de la potencia - instalada hasta 1990 en que la curva de puntos máximos alcance los 150 MW, y se prevé entonces poner en funcionamiento dos nuevos grupos de 15 MW y retirar otro de 22 MW con lo que la potencia instalada será de 213 MW al final de 1990.

Ante este panorama de la planificación existente hoy día, se puede deducir como objetivo de la investigación de energía geotérmica en Tenerife la sustitución de parte de los 30 MW que se tiene previsto instalar en 1990. En el estado actual de conocimientos y sin tener una estimación, al menos aproximada, de la potencia del posible campo, se ha pensado que un objetivo posible puede ser alcanzar los 20 MW de potencia instalada, que cubrirían los 2/3 del aumento previsto.

4.3.2.- Isla de La Palma

Para esta isla no se ha dispuesto una planificación en cuanto a instalaciones futuras, pero por similitud con Tenerife, se supone que los 20 MW instalados en 1982, habrán de verse incrementados en 1990-92 en un 15-20% para satisfacer el aumento de demanda.

Se marca como objetivo de la energía geotérmica en cuanto a roca caliente seca, la experimentación de los métodos de producción de electricidad a partir de esta energía y la puesta en producción de 2 MW instalados que vengán a sustituir energía de origen convencional. El precio de venta utilizado en el estudio de rentabilidad será el mismo que para el caso de Tenerife, es decir, 11-12 pts/KW hora. Para ambos casos si se realiza un estudio de rentabilidad a pesetas variables, es decir, considerando una variación por inflación tanto en las ventas como

en los costes de producción, habría que estimar un incremento anual del precio de venta del KW.h del 8-10%, margen al que parece tender dicho incremento en los dos últimos años.

4.4.- ESTUDIO DE RENTABILIDAD

4.4.1.- Isla de Tenerife

A la vista de las inversiones a realizar se ha planteado el siguiente esquema o secuencia de acciones, con vistas a poder cumplir el objetivo marcado de 20 MW nuevos entre 1991 y 1994.

Se supone que la puesta en evidencia del recurso tendrá lugar entre 1987 y 1988. Con ello en 1988 comienza la evaluación del campo mediante la realización de campañas geofísicas, perforación de sondeos y ensayos de producción. En 1989, se realiza ya uno de los sondeos de producción de la primera unidad, mientras que en 1990, se termina el segundo sondeo y se inician las obras de infraestructura, tubería de evacuación de fluido residual, central eléctrica, etc., que terminan durante 1991 para poner en producción a finales de este año la primera unidad.

Las inversiones de la segunda unidad comienzan en 1990 para concluir en 1992 en que se ponen en marcha. Los de la tercera unidad comienzan en 1992 y terminan en 1994.

Con el comienzo de la producción en 1992, empieza a obtenerse ingresos por la venta de energía.

Se puede presentar, en resumen, el siguiente cuadro de inversiones, ventas y costes operacionales para los 8 primeros años de operación. En los veinte restantes se repite la secuen

cia del octavo, ya sin inversión. Se ha supuesto el precio de venta de 11,5 pts/KW.h actual, y los costes presentados en el apartado 4.2.1.

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8
Inversiones MP	300	600	1.500	1.350	1.200	700	375	
Ingresos MP					563,5	1.127	1.127	1.690,5
Costes operacionales MP					74	134	134	194

Se ha supuesto una utilización de la central geotérmica de 7.000 horas al año, actuando como central de base.

4.4.2.- Isla de La Palma

De la misma manera que en la isla de Tenerife, se ha supuesto un desarrollo gradual de la potencia total proyectada.

A la vista del estado actual de las investigaciones y de la poca experiencia que se tiene en materia de intercambiadores, se plantea que para 1988 se puede acometer ya la evaluación de dimensiones del campo, siendo los años 89-90 para poner en producción la primera unidad a 700 KW que venderá energía en 1991. La segunda unidad podrá vender energía en 1993 y la tercera en 1995.

El cuadro de inversiones, ventas y costes sería el siguiente para los ocho primeros años.

TENERIFE: CENTRAL TERMoeLECTRICA

CUENTA DE EXPLOTACION Y CALCULO DE MOV. DESCONTADO DE FONDOS PARA T.I.R.

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	.....	.....	.....	27	28
Inversión Fija	300	600	1.500	1.350	1.200	700	375	-	-	.....	.....	.....	-	-
Inversión Circ.	-	-	-	-	25	18	-	22	-	.....	.....	.....	-	(65)
TOTAL INVERSION	300	600	1.500	1.350	1.225	718	375	22	-	.....	.....	.....	-	(65)
Cap. Social														
Subvención														
Créditos														
TOTAL FINANCIAC.														
Ingresos	-	-	-	-	563,5	1.127	1.127	1.690	1.690	.....	.....	.....	1.690	1.690
Costes operac.	-	-	-	-	74	134	134	194	194	.....	.....	.....	194	194
Amortización	-	-	-	-	251	251	251	251	251	.....	.....	.....	251	251
Interés y Fin.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.....	.....	.....	-	-
Resultado Br.	-	-	-	-	238,5	742	742	1.245	1.245	.....	.....	.....	1.245	1.245
F. de Agotam.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.....	.....	.....	-	-
Base Imponible	-	-	-	-	238,5	742	742	1.245	1.245	.....	.....	.....	1.245	1.245
Impuestos(36%)	-	-	-	-	85,9	267,1	267,1	448,2	448,2	.....	.....	.....	448,2	448,2
Benef. Neto	-	-	-	-	152,6	474,9	474,9	796,8	796,8	.....	.....	.....	796,8	796,8
Cash Flow	-	-	-	-	403,6	725,9	725,9	1.047,8	1.047,8	.....	.....	.....	1.047,8	1.047,8
Amort. créditos														
Cash Flow Neto														
M.D.F. TIR Abs.	(300)	(600)	(1.500)	(1.350)	(821,4)	7,9	350,9	1.025,8	1.047,8	.....	.....	.....	1.047,8	1.112,8
M.D.F. TIR Pond.														

T.I.R. Absoluta después de impuestos = 13,9%

V.A.N.: Tasa 10% = 1.651,5 MP

V.A.N.: Tasa 12% = 675,2 MP

V.A.N.: Tasa 15% = (304,9) MP

Pay Back: Año 12º de Proyecto
equivalente al 8º de producción

LA PALMA: CENTRAL TERMoeLECTRICA

CUENTA DE EXPLOTACION Y CALCULO DE MOV. DESCONTADO DE FONDOS PARA T.I.R.

AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	.....	.....	.....	27	28
Inversión Fija	60	250	235	250	235	250	235	-	-	.....	.....	.....	-	-
Inversión Circ.	-	-	-	4	-	4,3	-	4,2	-	.....	.....	.....	-	(12,5)
TOTAL INVERSION	60	250	235	254	235	254,3	235	4,2	-	.....	.....	.....	-	(12,5)
Cap. Social														
Subvención														
Créditos														
TOTAL FINANCIAC.														
Ingresos	-	-	-	56,3	56,3	112,7	112,7	169	169	.....	.....	.....	169	169
Costes operac.	-	-	-	12,5	12,5	25,0	25,0	37,5	37,5	.....	.....	.....	37,5	37,5
Amortización	-	-	-	60,6	60,6	60,6	60,6	60,6	60,6	.....	.....	.....	60,6	60,6
Interés y Fin.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.....	.....	.....	-	-
Resultado Br.	-	-	-	(16,5)	(16,5)	27,1	27,1	70,9	70,9	.....	.....	.....	70,9	70,9
F. de Agotam.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.....	.....	.....	-	-
Base Imponible	-	-	-	(16,5)	(16,5)	27,1	27,1	70,9	70,9	.....	.....	.....	70,9	70,9
Impuestos (36%)	-	-	-	-	-	-	7,6	25,5	25,5	.....	.....	.....	25,5	25,5
Benef. Neto	-	-	-	(16,5)	(16,5)	27,1	19,5	45,4	45,4	.....	.....	.....	45,4	45,4
Cash Flow	-	-	-	44,1	44,1	87,7	80,1	106,0	106,0	.....	.....	.....	106,0	106,0
Amort. créditos														
Cash Flow Neto														
M.D.F. TIR Abs.	(60)	(250)	(235)	(209,9)	(190,9)	(166,6)	(154,9)	101,8	106,0	.....	.....	.....	106,0	118,5
M.D.F. TIR Pond.														

T.I.R. Absoluta después de impuestos = 4,4%

V.A.N. Tasa 3% = 211,3 MP

V.A.N. Tasa 5% = (81,2) MP

V.A.N. Tasa 10% = (444,2) MP

Pay Back: Año 19º del proyecto
o 16º de producción

Año	1	2	3	4	5	6	7	8
Inversiones MP	60	250	235	250	235	250	235	
Ingresos MP				56,3	56,3	112,7	112,7	169
Costes operacionales MP				12,5	12,5	25	25	37,5

Desde el año 8 hasta el 28 se repiten los datos. También se ha supuesto una utilización de 7.000 horas al año. La cuenta de explotación y los parámetros de rentabilidad se presentan en los cuadros anexos.

4.4.3.- Coste del KW.h producido

Al objeto de tener un dato comparativo con otro tipo de centrales se ha realizado una estimación aunque sólo aproximativa del coste de generación del KW.h producido en cada una de las dos centrales. Aunque el dato hay que tomarlo con las debidas reservas dada la previabilidad del estudio, es sin embargo una base orientativa válida.

Este coste de generación se puede considerar como resultado de dos sumandos: coste de inversión y costes operacionales. Estos últimos incluyen los costes energéticos. No existen costes de combustibles y se consideran nulos los costes de desmantelamiento.

Para los cálculos del coste de inversión se ha supuesto una vida útil de las instalaciones de 25 años y una tasa de des

cuento real del 8%. Asimismo se han considerado tres hipótesis de utilización o funcionamiento de la central de 7.000, 6.500 y 6.000 horas al año.

Los costes calculados son los siguientes en pesetas/KW . hora.

<u>Horas/año</u>	<u>Tenerife</u>			<u>La Palma</u>		
	<u>C.I.</u>	<u>C.O.</u>	<u>C.T.</u>	<u>C.I.</u>	<u>C.O.</u>	<u>C.T.</u>
7.000	4.04	1.38	5.42	10.1	2.68	12.78
6.500	4.40	1.49	5.89	10.92	2.88	13.80
6.000	4.72	1.62	6.34	11.82	3.12	14.94

C.I. - Coste de inversión
C.O. - Coste operacional
C.T. - Coste total

5.- BAJA ENTALPIA. RESULTADOS

5.1.- INTRODUCCION

Las zonas de baja entalpía se centran como ya se ha comentado en la introducción, en Cataluña y Galicia. En ambas zonas el estado de conocimiento es más avanzado en cuanto a evaluación del recurso se refiere, de lo que era en el caso de alta entalpía en Canarias, pues ya se ha puesto de manifiesto la existencia de almacén y se tienen datos objetivos de sus características hidráulicas de manera que se puede suponer con bastante más seguridad las condiciones de explotación.

Actualmente las investigaciones van encaminadas al descubrimiento y evaluación de recursos de media temperatura - ($100^{\circ}\text{C} < T < 150^{\circ}\text{C}$), que en ambas zonas se podrían aplicar en usos industriales o a la producción de electricidad con ciclos binarios, técnica que aunque hoy todavía no es rentable, podría llegar a serlo en un plazo de cinco a diez años.

En el presente estudio sólo se ha contemplado la rentabilidad de la explotación de recursos de baja entalpía.

5.2.- ESTIMACION DEL RECURSO

5.2.1.- Zona de Orense

Bosquejo geológico

La abundancia de manifestaciones termales con elevadas

temperaturas en la provincia de Orense, concentró allí los estudios de investigación por parte del IGME.

Geológicamente, igual que el resto de Galicia, esta zona de Orense forma parte del macizo hercínico. Se sitúa dentro de la zona IV (Galicia Media - Tras Os Montes), de las que se suele dividir el Noroeste de la Península Ibérica. La mayor parte del área se encuentra ocupada por rocas granitoides de variada composición y de características sin y poscinemáticas.

También se encuentran presentes los materiales de dos grandes unidades, la precámbrica-cámbrica y la cámbrico-silúrica. La primera formada por micaesquistos y neises glandulares y la segunda por sericito-esquistos y cuarcitas.

Toda la zona se encuentra sometida a un alto grado de fracturación, de una gran homogeneidad. Existen cuatro direcciones principales de fracturación: N35, N125, N163 y N80. Las fracturas de la primera familia son no sólo las más importantes por su abundancia, sino también las de mayor longitud.

A estas redes de fracturación se adapta la importante red fluvial, que a su vez origina la circulación y alimentación de agua en dichas fracturas.

La mayoría de los manantiales termales están ligados a dichas fracturas y están próximos a ríos importantes. Los datos de los estudios geoquímicos hacen presumir la existencia de aguas a temperaturas de 100°C o más en profundidad, lo cual sólo es posible si dichas fracturas son de gran envergadura y permeabilidad.

Esto tiene su explicación, si se piensa que estas grandes fracturas, aunque muy antiguas y originadas en la orogenia her-

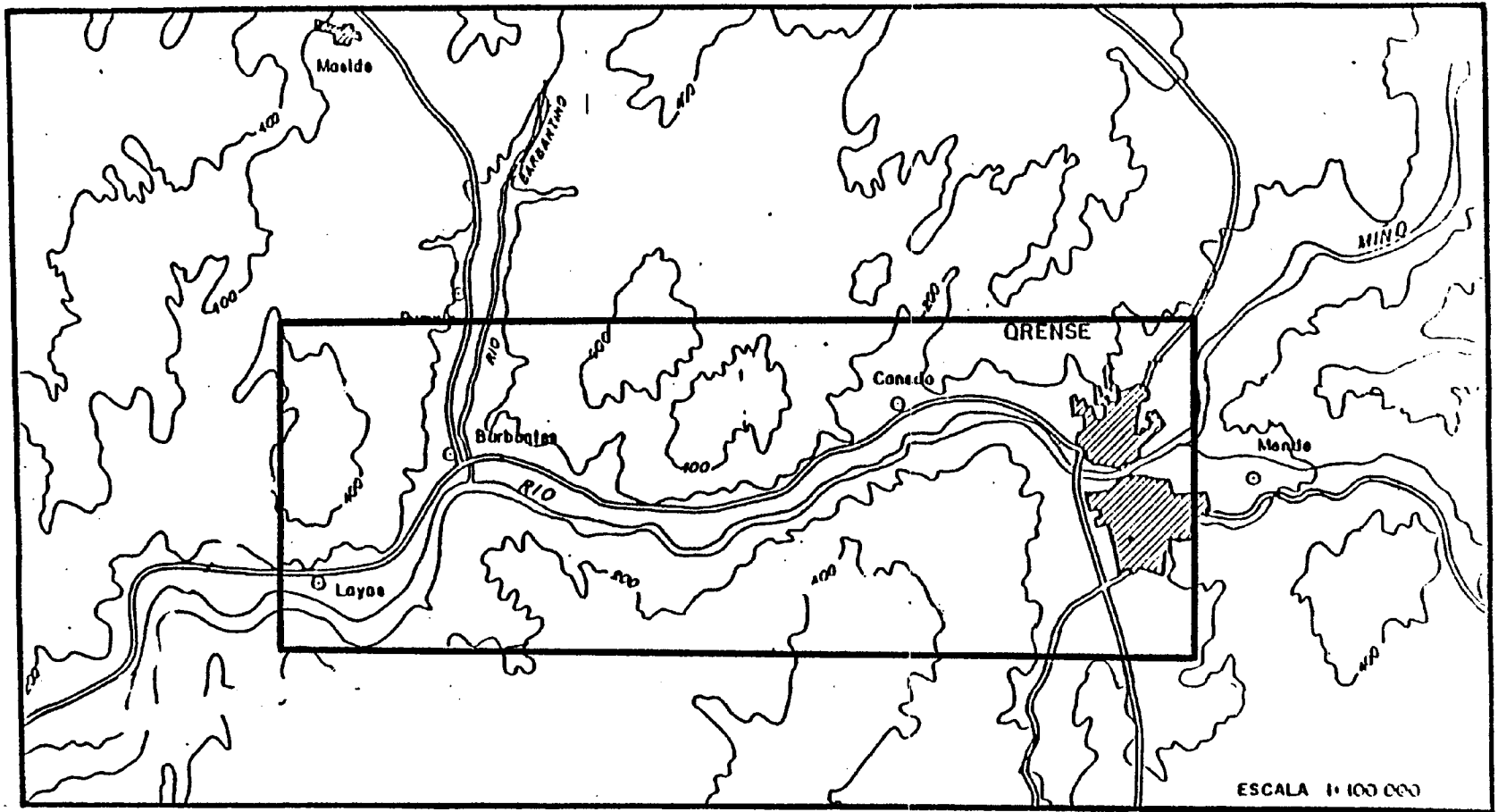


FIGURA 3.- ZONA ESTUDIADA EN ORENSE

cínica, ha sufrido una reactivación en la orogenia alpina, llegándose en algunas áreas a originarse fosas terciarias.

Modelo de campo

En el bosquejo geológico que se acaba de presentar, se ha definido prácticamente cómo es el campo geotérmico considerado. Por otra parte, la perforación de sondeos semiprofundos, que está llevando a cabo el IGME para reconocimiento de las zonas anómalas, ha servido para confirmar los datos que se habían supuesto. Según el esquema actual, las aguas de circulación superficial se infiltran a través de las grandes fallas que afectan a los materiales hercínicos, alcanzando grandes profundidades - 1.500-2.000 metros en donde presumiblemente alcanzan temperaturas de 80-90°C o más, estableciendo posteriormente circuitos de salida, por las mismas fallas pero en distintas áreas. El agua termal aflora en superficie a temperaturas muy variables que van desde 25-30°C hasta los 65-66°C.

El objetivo de la investigación es encontrar las zonas permeables en donde el agua se encuentra a temperaturas de 70-80°C.

Los sondeos de reconocimiento que han alcanzado los 300-350 metros de profundidad han cortado las fallas con producción de agua a 60-65°C. La permeabilidad de los terrenos cortados - varía de un punto a otro, habiéndose conseguido producciones de hasta 20 litros/segundo.

El agua extraída es, en general, de buena calidad, con conductividades que apenas alcanzan como máximo los 1.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

Con vistas, por lo tanto, a una explotación futura no es necesario inyectarse el agua fría, a no ser que los estudios posteriores del yacimiento lo aconsejen por problemas de mantenimiento de presiones. Se puede en resumen definir los yacimientos de baja temperatura como zonas de elevada permeabilidad en las grandes fallas, de dirección predominante N35, a profundidades variables entre 200 y 500 metros, que contienen agua de baja salinidad a temperaturas de 60-80°C.

Sistemas de explotación

A la vista del estudio de demanda realizado y que se presentará posteriormente, se ha seleccionado como mejor uso de la energía geotérmica su aplicación a la calefacción de recintos habitables (viviendas) o recintos agrícolas (granjas e invernaderos).

En ambos casos el sistema de explotación estará compuesto por el siguiente circuito:

- Sondeos de producción
- Bombas de extracción
- Intercambiador
- Red de distribución

De estas instalaciones, la única que requiere especificaciones no habituales son las bombas de extracción que han de resistir las elevadas temperaturas (60-80°C) supuestas. La red de distribución así como el intercambiador es similar a las utilizadas en calefacción centralizada.

Para el caso de calefacción de viviendas los sondeos se pueden proyectar de una profundidad total de 600 metros, con una cámara de bombeo de 0 a 200 m, perforada en 450 mm de diámetro

y entubada con una tubería de 380 mm. El almacén se perforaría en 350 mm, pudiéndose entubar finalmente con tubería suficientemente ranurada de 280-300 mm.

Suponiendo un caudal de producción para cada sondeo de 40 litros/segundo a 70°C, y una temperatura residual en el agua de 35°C, se tiene una potencia térmica disponible de

$$P = Q (T_p - T_R)$$

en la que:

- P : Potencia en termias/hora
- Q : Caudal en m³/hora
- T_p : Temperatura de producción
- T_R : Temperatura residual

Para el presente caso, se tendrá P = 5.000 termias/hora.

Con esta potencia instantánea se podría acometer la calefacción de 1.000 viviendas, con una cobertura de la energía geotérmica del 50% de la potencia total instalada, que dará lugar, con la curva de demanda característica de esta zona, a una cobertura del 85-90% de la energía total consumida en un año.

Para el caso de calefacción de granjas, se va a proyectar los sondeos con una profundidad total de 200 m, suponiendo un caudal de 20 l/s a 55°C y una temperatura residual de 25°C, se tendrá una potencia térmica disponible de 2.160 termias/hora.

Con esta potencia se podrá acometer la calefacción de 30.000 m² de granja con una cobertura de potencia del 100%.

Inversiones y costes de explotación

El cálculo de inversiones en el caso de una explotación de este tipo es relativamente fácil para las instalaciones de extracción de fluido, pero no así para las de distribución de energía que dependerán del caso concreto que se vaya a realizar.

Para el caso de calefacción de viviendas, suponiendo que haya problemas de localización para el punto de perforación se ha supuesto la necesidad de alejar el sondeo del centro de consumo una distancia de 500-1.000 m, debido sobre todo a la densidad de población en algunas zonas.

Las instalaciones definidas en el apartado anterior comportan las siguientes inversiones:

Sondeo de producción	.....	25 MP
Bombas de extracción	.....	5 MP
Intercambiador	.....	7 MP
Red de conexión	.....	<u>20</u> MP
Inversiones totales	.....	57 MP

Los costes de explotación anuales, siguiendo el criterio apuntado en el apartado metodológico se pueden evaluar como un porcentaje de las inversiones que se puede fijar en el 8% para la explotación de energía geotérmica de baja temperatura. En el presente caso, se pueden fijar en 4,5 MP anuales.

Para el caso de calefacción de granjas el punto de perforación se situaría en el centro de la explotación.

Las instalaciones suponen las siguientes inversiones:

- Sondeo de producción	.....	5 MP
- Bomba de extracción	.....	2 MP
- Intercambiador	.....	2 MP
- Red de distribución	.....	2 MP
- Imprevistos	.....	<u>2</u> MP
Inversiones totales	.....	11 MP

Los costes de explotación anuales para la central geotérmica se pueden evaluar en 1 MP.

5.2.2.- Zona del Vallés

Bosquejo geológico

La depresión del Vallés en la provincia de Barcelona es ámbito de existencia de aguas termales con las temperaturas más elevadas en superficie en España. Estas surgencias se sitúan en la falla que limita por el Oeste a la depresión prelitoral. La fosa presenta una estructura geológica favorable a la existencia de almacenes geotérmicos y al mismo tiempo se encuentra en clavada en una comarca con gran desarrollo económico.

La depresión forma parte del amplio sistema distensivo - de horst y grabens del Mediterráneo catalán y constituye la mi tad norte de la fosa prelitoral, separada por el Llobregat de la mitad sur o depresión del Penedés.

Se trata como se ha dicho de una fosa de distensión asimétrica, cuyo zócalo presenta un hundimiento axial hacia el SW y un basculamiento en dirección NW. De esta manera la falla oc cidental presenta un salto bastante más acusado que la orien tal, llegando a representar según los datos geofísicos un total de 3.000 metros.

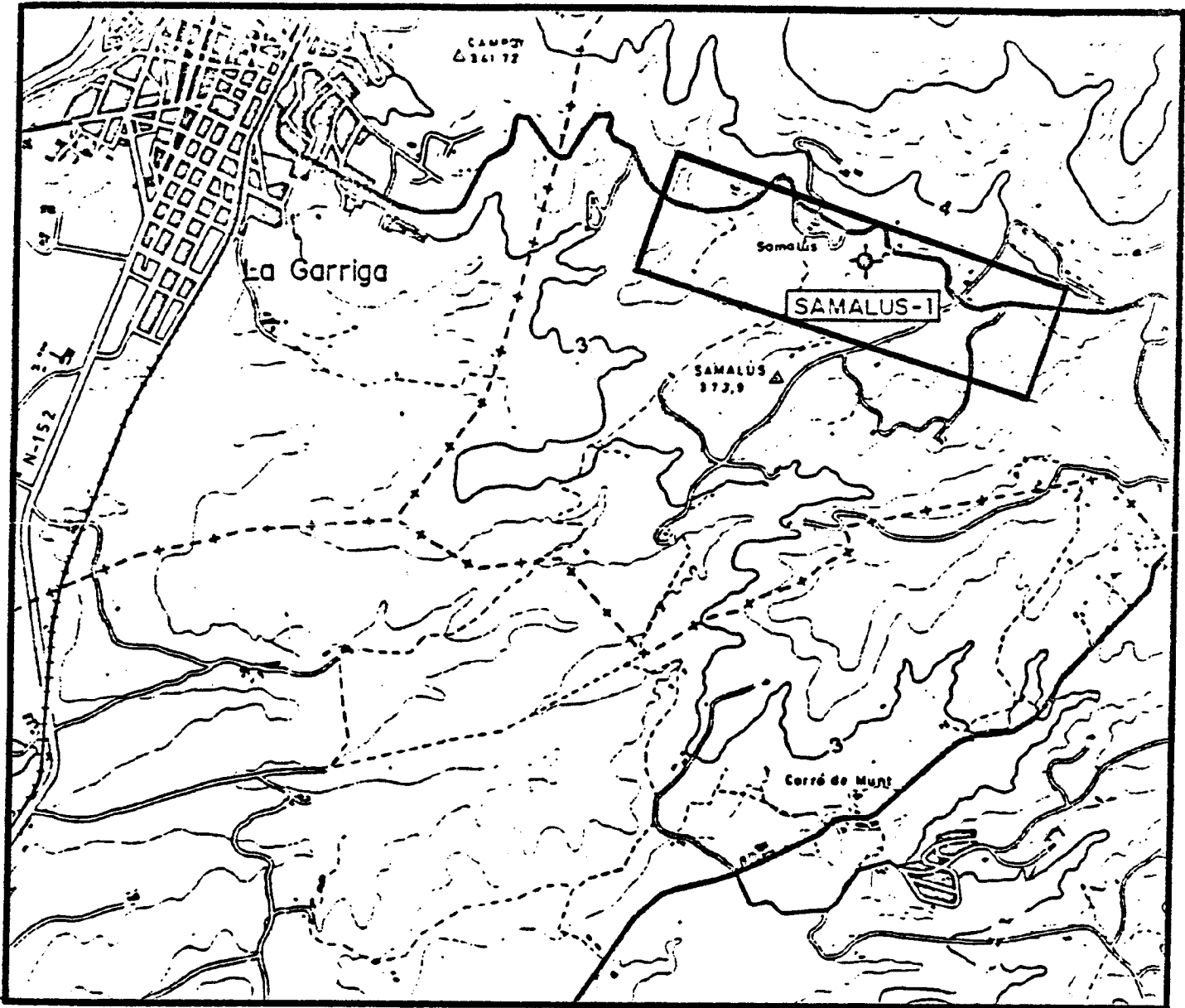


FIGURA 4.- ZONA ESTUDIADA EN EL VALLES

La fosa es de edad neógena, siendo el relleno fundamentalmente de Mioceno continental detrítico. La actividad tectónica ha persistido hasta el Pliocuaternario como lo ponen de manifiesto las erupciones volcánicas producidas en el NE y la importante actividad sísmica que está teniendo lugar en época histórica.

El zócalo en la zona del Vallés es fundamentalmente granítico y/o pizarroso. El relleno está formado fundamentalmente por materiales arcóscicos, con intercalaciones conglomeráticas, apoyado todo sobre los niveles arcillosos del Mioceno basal.

La falla NW del Vallés, área objeto del presente estudio ha funcionado durante el Eoceno Superior y Oligoceno como inversa o de cabalgamiento en la fase compresiva de la orogenia alpina. Posteriormente en la fase distensiva ha actuado como falla normal dando lugar a la depresión actual. Este juego compresivo-distensivo ha dado lugar a una amplia zona de milonitización, lo que a su vez ha originado una elevada permeabilidad secundaria en los terrenos que actúan como almacén.

La existencia de volcanismo cuaternario refleja la presencia de un flujo calorífico regional anómalo típico de las áreas distensivas en las que se produce un acortamiento de la corteza terrestre y una aproximación a la superficie de la isoterma de la discontinuidad de Moho.

Modelo de campo

Las primeras investigaciones realizadas en la zona apuntaban ya a la existencia de un yacimiento geotérmico contenido en las zonas de fractura del zócalo de la fosa del Vallés. Este yacimiento tiene su manifestación superficial en los manantiales termales de Caldas de Montbui y La Garriga. Por ello en prin

cipio se apuntaba esta área como la de mayores posibilidades.

Los estudios geológicos, hidrogeológicos, geoquímicos, isotópicos, etc. apuntaban a que el almacén es alimentado por la infiltración de aguas de lluvia en la cordillera prelitoral adyacentes.

El fluido contenido en el almacen es teóricamente agua poco mineralizada, según el quimismo de las fuentes termales que son una representación directa, sin mezclas, del fluido geotérmico. Los estudios teóricos también predicen una buena porosidad en el almacén.

Las prospecciones llevadas a cabo posteriormente, han ido concretando los datos de dicho almacén, al tiempo que han puesto de relieve la existencia de una zona superior, que contiene agua a 80°C y que constituye un importante yacimiento de baja temperatura. Este yacimiento ha sido reconocido por varios sondeos por lo que es posible decir que su conocimiento es muy bueno, de tal manera que es el que se va a considerar en el presente estudio. El almacén profundo de media temperatura (130-170°C) ha sido "confirmado" mediante todas las técnicas geoquímicas aplicadas. Todos los geotermómetros aplicados (tanto de fase líquida como gaseosa) así como los criterios petrológicos indican que existe un almacén a temperaturas comprendidas entre 130 y 170°C. Esta temperatura es confirmada por las alteraciones hidrotermales detectada en los testigos extraídos del almacén superior. Este almacén, se confirma que está contenido en materiales de zócalo, fracturado, y presumiblemente, en el área de milonitización de la gran falla que limita la depresión. Esta área de milonitización sería la conjunción de dos zonas de milonita, una ligada al cabalgamiento Eoceno y otra a la falla normal Miocena. Por los últimos datos deducidos de los sondeos, la falla (o mejor la amplia zona de milonitización) obedecería a un pla-

no que forma 70-75° con la horizontal. Los datos de gradiente conocidos y su previsible evolución permiten suponer que la temperatura de 100°C se alcanzará a una profundidad variable según las zonas entre 800 y 1.300 metros. La temperatura de 120-150°C supuesta de equilibrio debe alcanzarse entre 1.200 y 2.000 metros.

Como ya se ha dicho en el presente estudio se va a considerar la explotación del almacén superior por ser mejor conocido. Este almacén contiene fluido a temperaturas de 78-82°C y de baja salinidad (conductividad de 620-630 μScm^{-1}). Se encuentra a profundidad entre 300 y 600 metros, pudiéndose suponer que continúa en profundidad con aumento de temperatura. El nivel estático del acuífero se encuentra a la cota aproximada de 250 metros, que coincide prácticamente con la cota de los manantiales de La Garriga. No existen datos sobre los posibles caudales de extracción. No obstante, a la vista de datos obtenidos en sondeos realizados en la falla Este del Vallés, en terrenos de milonita similares, se puede suponer que con un sondeo de buen acabado hidráulico se conseguiría un caudal del orden de 50 l/s.

Sistema de explotación

Aunque el estudio de demanda realizado, ha sido muy somero al no encontrarse actualmente grandes centros de consumo en la zona, el importante desarrollo económico de la comarca permite pensar en la utilización del recurso de baja temperatura para usos agrícolas, especialmente calefacción de invernaderos. En la misma provincia de Barcelona existen importantes explotaciones agrícolas en invernaderos calefactados.

Desde este punto de vista es posible suponer el sistema de explotación. Como el agua es prácticamente dulce no se hace necesaria la inyección del agua fría, si bien ello podría ser necesario para mantener las presiones de almacén. El agua podrá

circular por los elementos calefactores e incluso podrá ser utilizada para riegos si ello fuera necesario.

El sistema de explotación, en su parte de producción de energía, estará formado por los siguientes elementos:

- Sondeo de producción
- Bomba de extracción
- Red de distribución

Los sondeos han de ser construidos con una cámara de bombeo de 250-300 metros con un diámetro de tubería de 350 a 400 m/m. El almacén puede ser perforado en un diámetro de 300 m/m y entubado con tubería ranurada de 250 m/m de diámetro.

Dados los caudales supuestos de explotación del almacén y consiguiendo mediante uso en cascada una temperatura residual de 25-30°C, se tendrá una potencia térmica disponible de aproximadamente

$$P = Q (T_p - T_R) = 9.000 \text{ termias/hora}$$

que supone una disponibilidad energética muy importante.

Inversiones y costes de explotación

Refiriéndose exclusivamente a la producción de energía y suponiendo que los centros de consumo se encuentran o situarán en un diámetro máximo de 2 km, respecto del sondeo de explotación, se puede dar el siguiente cuadro de inversiones necesarias para la puesta en explotación del recurso.

- Sondeo de producción de 700 metros	....	40 MP
- Bomba de extracción e instalaciones anejas		10 MP
- Red de distribución primaria	.....	<u>20</u> MP
TOTAL	.....	70 MP

La última partida es muy variable en función del sistema de aprovechamiento que se utilice finalmente.

Los costes operacionales anuales, siguiendo el criterio establecido se evalúan en un 8% de la inversión inicial por lo que ascienden a 5,6 MP anuales.

5.3.- ESTUDIO DE DEMANDA

5.3.1.- Zona de Orense

Un primer análisis del tipo de recurso disponible, su ubicación y la potencia disponible por punto de explotación, ha servido para orientar el estudio de demanda en la zona de Orense hacia utilidades en calefacción de viviendas y de granjas de pollos. Se ha investigado igualmente la calefacción de invernaderos que podría ser también un empleo muy rentable de la energía disponible, pero al no existir actualmente hábitos de calefacción en los invernaderos, no se ha considerado finalmente esta posibilidad en los estudios de rentabilidad.

5.3.1.1.- Viviendas

Datos generales

La ciudad de Orense, que cuenta actualmente con 97.000 habitantes, se encuentra situada en el valle formado por los Ríos Miño y Barbaña. Tiene un núcleo antiguo bien conservado, en el que destacan la Catedral, las Burgas y la Plaza Mayor. Me

dernameⁿte se ha extendido hacia el norte del casco antiguo, en las margenes del río Miño, donde se han realizado edificaciones modernas, que por sus características podrían ser susceptibles de aplicación de la energía geotérmica.

La previsión de crecimiento de la población de Orense se cifra en unos 7.000 habitantes cada 5 años.

Dentro del área que se ha citado como de crecimiento de la ciudad de Orense se pueden distinguir dos zonas bien diferenciadas. La primera, se localiza en la margen izquierda del río y comprende los barrios de "Vista Hermosa", "Ensanche", "Las Lagunas" y "Tras Hospital". La segunda, en la margen derecha del río comprende fundamentalmente el barrio del Puente.

De la primera zona, el estudio de mercado ha puesto en evidencia los siguientes datos.

En el barrio de "Las Lagunas", las viviendas, construidas por cooperativas privadas, son bloques abiertos con alturas de 4 plantas en general (exceptuando algunos de 12 plantas), de 150 m² de superficie media y todas ellas dotadas de calefacción central. Cuentan con abundante espacio abierto.

En el "Ensanche", predominan las alturas de ocho plantas con superficie media de las viviendas de 150 m² y cuentan en su mayoría con calefacción central. En esta zona están ubicados la mayoría de los edificios oficiales, existiendo un proyecto de polígono residencial de 600 viviendas.

En el barrio "Tras Hospital" las viviendas de tipo medio-económico, tienen una superficie media de 90 m², con tres plantas y en general calefacción individual.

En cuanto a la segunda zona, los edificios son en general de 4 plantas, con viviendas de 80 a 90 m² y en un 60% con calefacción individual. En esta zona existen abundantes talleres, almacenes y pequeñas industrias.

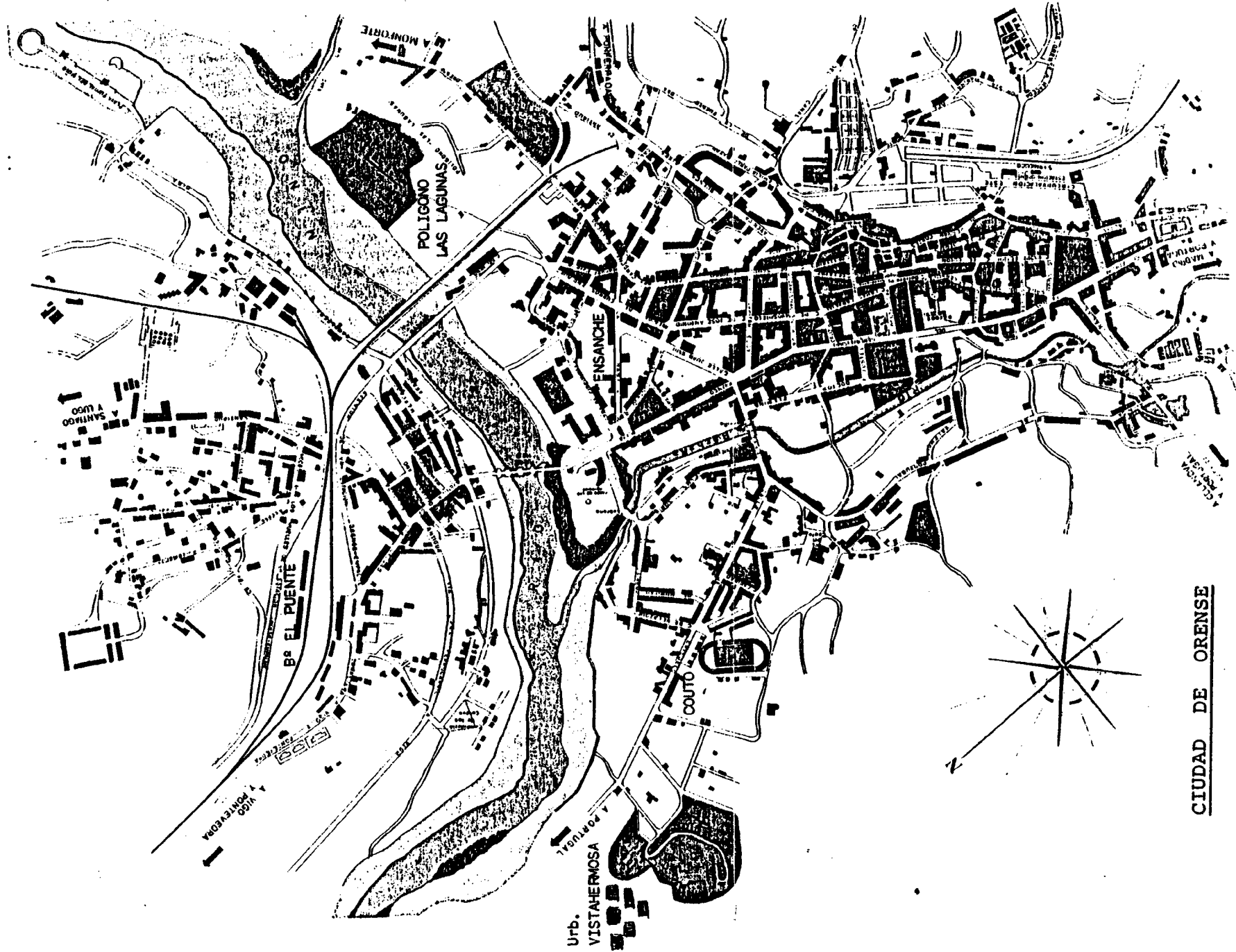
En la figura se presenta un plano de Orense con la situación de las zonas y en los cuadros siguientes se resume todos los datos obtenidos en las visitas realizadas a las zonas.

RESUMEN DE DATOS DE VIVIENDAS DE CONSTRUCCION

RECIENTE EN ORENSE

ZONA: MARGEN IZQUIERDA RIO MIÑO-ORENSE

URBANIZACION	TIPO	PLANTAS	m ²	CALEFACCION CENTRAL	OBSERVACIONES
Vistahermosa	Económico Med.-Bajo	4	100	-	
Bº Couto	Medio	6	100	40%	
Ensanche	Med-Alto	8	150	80%	Edif.oficiales
Lagunas	Residencial Med-Alto	4	100 150 200	100%	Bloques abier.
Tras Hospital	Económico Med-Bajo	3	90	20%	



CIUDAD DE ORENSE

RESUMEN DE DATOS DE VIVIENDAS DE CONSTRUCCION
RECIENTE EN ORENSE (Cont.)

ZONA: MARGEN DERECHA RIO MIÑO - ORENSE

URBANIZACION	TIPO	PLANTAS	m ²	CALEFACCION CENTRAL	OBSERVACIONES
El Puente	Económico medio	4	100	40%	
Bellado	"	4	90	30%	
El veintiuno	"	4	90	30%	

ESTADO ACTUAL DE CADA ZONA

SITUACION	NOMBRE	SITUACION ACTUAL	TOTAL Nº DE VIVIENDAS
CONSTRUIDAS O EN CONSTRUCCION	Urb. Vistahermosa	70% construido 30% a construir	750
	Bº Couto	75% construido 25% a construir	1.300
	Ensanche	80% construido 20% a construir	2.700
	Polígono Las Lagunas	90% construido 10% a construir	1.100
	Bº El Puente	75% construido 25% a construir	3.600
PREVISTO	Proceso de desdensificación del casco actual	Previsto en el Plan de Ordenación de la Ciudad de Orense (Pendiente de aprobación)	

A la vista de estos datos se deduce que las posibles operaciones geotérmicas de calefacción de viviendas habrían de centrarse fundamentalmente en los barrios o polígonos de Ensanche y Las Lagunas. Estas posibles operaciones habrían de dirigirse además con prioridad a viviendas de nueva construcción a las que se les puede dotar de una infraestructura de distribución de calor mínima. Para estos casos se recomienda iniciar estudios de tallados que fijen ya en casos concretos los datos necesarios para proponer las operaciones.

Características de las instalaciones de calefacción y agua caliente

La mayor parte de los edificios de Orense que disponen de calefacción central, tienen generalmente una caldera para cada inmueble, que cubre las necesidades tanto de calefacción como de agua caliente sanitaria.

Las instalaciones de las distintas viviendas tienen radiadores cuyas temperaturas teóricas de partida son 80-90°C. No obstante, dado que las instalaciones están habitualmente sobredimensionadas, las temperaturas de trabajo son menores.

El combustible utilizado es gasóleo C, con un poder calorífico de 8.000-8.500 Kcal/litro.

En el muestreo realizado de varias instalaciones se ha deducido una potencia de calderas de 15.000-20.000 Kcal/hora por vivienda, que están a todas luces sobredimensionadas ya que para la climatología de la zona esta potencia no debe exceder las 10.000 Kcal/hora ó 10 termias/hora para calefacción y agua caliente.

Este dato estaría también más de acuerdo con los consumos actuales de gasóleo por vivienda que oscilan entre 1.000 y

1.500 litros/año y que suponen para los 1.400 grados día de Orense una potencia nominal entre 7.300 y 10.500 Kcal/hora aproximadamente.

Conclusiones del estudio de mercado en viviendas

De las visitas efectuadas a la zona de los datos anteriormente presentados se pueden deducir las siguientes conclusiones de interés:

- En la ciudad de Orense existen 2 áreas o barrios con especial interés como potencial mercado de energía geotérmica: "Las Lagunas" y "El Ensanche".
- Existe un programa de construcción de 2.400 viviendas en el próximo cuatrienio, que preferentemente tendrá lugar en zonas interesantes en principio. Actualmente están en construcción 800 viviendas.
- Dada la climatología de la zona de Orense la potencia térmica necesaria para calefacción y agua caliente por vivienda es de 7.000-10.000 Kcal/hora, según la superficie de vivienda entre 90 y 150 m².
- El consumo actual de combustible (gasóleo) por vivienda y año es variable entre 1.000 y 1.500 litros, similar al consumo de gran parte de las ciudades del territorio nacional con climatología parecida a la de Orense.
- Con una potencia geotérmica disponible de 5.000 termias/hora ó 5.000.000 Kcal/hora será posible emprender una operación que abarque 1.000 viviendas, con una cobertura en potencia del 50%. Esta cobertura, podrá a su vez asegurar, según la curva de potencia demandada a lo largo del año, un suministro del

85-90% de la energía total consumida en calefacción y agua caliente, siendo el 10-15% restante cubierto con energía convencional en las instalaciones tradicionales. Con ello se tendrá que la energía geotérmica suministrada por el sondeo proyectado sustituirá al año 850 m³ de gasóleo C equivalentes a 722 T.E.P. que al precio actual del gasóleo suponen 38,3 MP.

5.3.1.2.- Agricultura

Datos generales

La provincia de Orense con una superficie agraria de 685.000 ha, el 94% de la superficie total, tiene una producción total al año de veintinueve mil millones de pesetas, que significa el 14% de la renta agraria de Galicia y el 1,2% de la renta agraria de España.

Dentro de la estructura económica de la economía gallega uno de los rasgos fundamentales viene dado por la gran importancia del sector agrario en cuanto a volumen de empleo, lo que no es indicativo de una gran productividad. Se puede decir que la agricultura ocupa el 37% de la población activa frente al 17% de media en España, sin embargo la producción por persona ocupada sólo significa 210.000 pts/año de valor añadido bruto frente a una media nacional de 450.000 pts/año.

La aportación a la renta agraria gallega por subsectores es significativamente mayor para la ganadería que representa el 65% frente a la agricultura que sólo alcanza el 25%. Orense se encuadra dentro de esas mismas cifras significativas.

La comarca de Orense donde se ubica la zona de estudio ocupa el 30% de la provincia. En esta comarca el 64% de su superficie está dedicada a monte y el 12% a prados y pastizales.-

De la superficie labrada 8.678 ha están en regadío, centradas fundamentalmente en las riberas de los ríos.

En relación al volumen de censo ganadero de la provincia posee la comarca el 42% del ganado bovino (70.000 cabezas), el 25% del ganado ovino (21.000 cabezas), el 15% del ganado caprino (45.000 cabezas), el 60% del ganado porcino (100.000 cabezas) y un millón y medio de gallinas, el 80% del total provincial.

Se ha realizado una visita muestreo a las explotaciones que o bien están realizando aporte energético a las cosechas o a la ganadería, o bien están en condiciones y posibilidades de hacerlo.

De este rápido análisis "de visu" se desprende que las dos producciones agrarias que pueden necesitar calefacción de forma económicamente factible, son: los invernaderos y las granjas para pollos de engorde.

El área de encuesta se ha limitado a la ribera del río Miño entre las poblaciones de Orense y Rivadavia donde se ha localizado la mayor parte de las anomalías del gradiente geotérmico.

Aplicación para calefacción de invernaderos

La zona mencionada en el epígrafe anterior ocupa una extensión de 36.949 ha, distribuida entre los nueve municipios. El 60% mantiene una cubierta forestal y el regadío significa una pequeña superficie de 1.707 ha distribuidas como sigue:

	<u>S (ha)</u>	<u>S (%)</u>
- Cultivos herbáceos	986	58
- Barbecho de regadío ...	55	3
- Cultivos leñosos	2	0,1
- Prados regados	<u>664</u>	<u>39</u>
	1.707	100

Encuadrados en los cultivos herbáceos de regadío empieza a hacerse notar la presencia de algunas superficies cubiertas con invernaderos. Hay una superficie cubierta de 110.000 m² que representa el 80% de la superficie en invernaderos de la provincia. Se prevé un crecimiento de 20.000-30.000 m² al año en los próximos años.

Los cultivos fundamentales en invernaderos van en dos vertientes:

- Horticultura: Lechuga, tomate, pimiento y judías.
- Floricultura: Rosas y claveles.

Los invernaderos para cultivo de hortalizas son a base de tuneles de hierro galvanizado, cubiertas de polietileno térmico de larga duración (2-3 años) o de copolimero EVA (3-4 años). A pesar de la mayor resistencia a vientos de esta última se han visto un buen porcentaje de la superficie cubierta destruida por el huracán Hortensia.

El esquema clásico de producción es el siguiente:

- | | | |
|-------------------------------|-------|---|
| - Septiembre-noviembre | ..... | lechugas |
| - Diciembre-marzo | ..... | lechugas |
| - Abril-agosto (o septiembre) | | tomate y/o judías
verdes y/o pimientos |

Se puede conseguir una tercera producción de lechugas apretando el ciclo. La cosecha media alcanza las 16-20 unidades/m² a yb precio medio en parcela de 25 pts/unidad. A partir del mes de abril los precios caen por lo que no resulta rentable su cultivo en invernadero.

Los tomates se trasplantan del semillero en el mes de abril, la 1ª cosecha se obtiene en el mes de junio o últimos de mayo y continua hasta agosto. La falta de demanda competitiva y la bajada de temperaturas y la humedad condicionan la retirada de la plantación. Se alcanzan producciones totales de 12 kg/m² en algunos invernaderos. La media está sobre 8-10 kg/m².

En menor proporción y al unísono se pueden cultivar judías verdes que alcanzan buenos precios de mercado. El pimiento es un cultivo secundario y poco conocido en la zona y se alcanzan producciones de 5 a 10 kg/m².

No se utiliza calefacción de apoyo en los invernaderos - para ningún cultivo aunque en algunos invernaderos está instalada calefacción antihelada a base de resistencias eléctricas.

La aplicación de un tipo de energía barata para proporcionar calefacción de apoyo permitirá hacer el trasplante de los tomates en enero o febrero ganando dos meses en precocidad con la consiguiente repercusión en los precios de ventas. La producción precoz se podría colocar a 140-160 pts/kg en los meses de abril-mayo. Se podría pasar de 5-7 MP/ha actuales de producción a 10-12 MP/ha, lo que unido a una ligera mejora en calidad y producción en el cultivo de las lechugas implicaría unos ingresos brutos medios del orden de 15-18 MP/ha y año.

En cuanto a la floricultura se restringe a algunos invernaderos de cubierta de poliéster, o de polietileno térmico o de EVA, que cultivan rosas y claveles.

En rosal están dando producciones de 7-9 docenas/m² con unos precios de venta, bajos para cultivos en invernadero entre 300 pts/docena (mayo) a 120 pts/docena en junio-julio. La época de recolección es sólo primavera. La falta de luz y de temperatura no permiten ampliar el ciclo al otoño-invierno.

En clavel con producciones en verano e invierno se consiguen precios desde 190 pts/docena (noviembre) y 120 pts/docena (abril-mayo) a 50 pts/docena (agosto). El rendimiento es elevado de 20-35 docenas/m² pero en un 50% se produce en los tres meses de verano cuando los precios son más bajos. La posibilidad de utilizar energía geotérmica para calefacción induciría a centrar la producción en los meses de invierno y primavera, con lo que se podría aumentar en un 100% los rendimientos hasta alcanzar o superar en ingresos brutos las 4.000 pts/m² (40 MP/ha).

Otros cultivos florícolas que se podrían introducir con utilización de calefacción son los ornamentales de maceta. En este caso las inversiones a realizar serían más altas, se multiplicarían por tres o cuatro, aunque los ingresos brutos a obtener podrían ser mucho mayores. Sin embargo, tendrían que tener una adecuada red comercial y una buena estructura de producción, mejorando en mucho lo existente hoy.

Aplicación para calefacción de granjas avícolas de pollos de engorde

La producción de carne de pollo de la comarca significa cerca del 5% del total nacional. En las granjas de engorde de pollos se precisa una calefacción de apoyo para mantenerlas a temperatura óptima para el desarrollo y crecimiento de las crias.

A este fin se está utilizando tres tipos de combustible, carbón, gasóleo y leña con los consumos medios anuales que se reflejan a continuación, deducidos de las entrevistas realizadas con industriales del ramo, especialmente COREN:

Fuente Calorífica	Consumo año/m ²	Precio	Coste de la calefacción pts/m ² /año	Coste de la calefacción pts/pollo
Carbón	16 kg	17 pts/kg	260	7
Leña	0,008 m ³	1.000 pts/m ³	80	2
Gasóleo	10 l	41 pts/l	410	11

Estos datos son meramente indicativos de diferentes granjas de la zona, en otras los consumos se pueden reducir en la mitad con un buen aislamiento, lo que implica por otra parte una mayor inversión en la construcción de las granjas.

Conclusiones del estudio de mercado agrícola

- La zona de la provincia de Orense, próxima a los yacimientos geotérmicos conocidos tiene un importante desarrollo agrícola y ganadero.
- La superficie total de invernaderos actualmente es de 110.000 m². El crecimiento de los últimos años prevé una evolución de 20.000-30.000 m² más de superficie cada año.
- Por ahora, ante el elevado coste del combustible, no se considera la posibilidad de una calefacción continua de los invernaderos. Sólo esporádicamente y en caso de heladas se utiliza.
- Los cultivos desarrollados en invernaderos son fundamentalmente hortalizas y flores.
- En la comarca estudiada se produce el 5% de la carne de pollo nacional. Las granjas de engorde cuentan con calefacción de apoyo.

- Actualmente los gastos por calefacción suponen entre 100 y 400 pts/m² año aproximadamente, según el tipo de combustible, dimensiones y calidad de construcción de la granja.
- Considerando un coeficiente de pérdidas volumétricas horarias de 1,8-1,9 kcal/hora qC m³ para el tipo de construcción de las granjas, una temperatura mínima interior de 14°C, se necesita para granjas de 50 x 20 metros una potencia térmica del orden de 70.000 kcal/hora.
- Con la potencia geotérmica disponible de 2.160 termias/hora - se puede acometer la calefacción de 30.000 m² de granjas con una cobertura de potencia y energía del 100%, con lo que se sustituye o ahorra una cantidad de combustible equivalente a 5 millones de pesetas, considerando un coste de la calefacción intermedia entre los que se han deducido en el estudio de los datos recogidos.

5.3.2.- Zona del Vallés

En las primeras visitas realizadas a la zona en que se ha puesto de manifiesto el recurso geotérmico, se pudo comprobar que en estos momentos no existe en el lugar un mercado óptimo para la utilización del recurso.

Los núcleos urbanos importantes (La Garriga, Granollers) estan relativamente alejados de la zona de Samalus (para la que se piensa pueda ponerse en explotación los recursos reconocidos). Por otra parte no existe en la zona, actualmente, un desarrollo agrícola considerable con experiencia en cultivos de invernaderos.

Posibilidades de implantación de invernaderos

No obstante, existe en la provincia de Barcelona, en otras áreas, un importante desarrollo de agricultura con invernaderos

y es posible predecir, a la vista de las conversaciones mantenidas con agricultores de diversas áreas así como con organismos oficiales que se podrían implantar en el área de Samalús explotaciones agrícolas con invernaderos, siempre que se contase con una energía económicamente atractiva.

El Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Generalidad, ha estudiado la implantación de invernaderos calentados con agua termal en otros puntos de la comarca del Vallés (S.Cugat), llegando a proponer como muy convenientes la implantación de los mismos para cultivo de flores y planta ornamental, basándose para ello en un estudio detallado de las posibilidades de desarrollo futuro del sector español de plantas ornamentales.

Existe por otra parte un interés patente en entidades como Cámara de Comercio y Mercado de la Flor, en ampliar la producción, llevando a otros puntos de Cataluña estructuras similares a las que se dan actualmente en la comarca del Maresme, aunque ello necesitaría como es lógico una apertura de mercados exteriores.

El sector de la producción de flores y plantas ornamentales tiene un gran desarrollo en Cataluña, alcanzando un 6% de la producción agrícola total, y un 25% de la producción de este sector (flores y plantas ornamentales) en toda España.

La superficie dedicada a estos cultivos ha pasado en Cataluña de 605 ha en 1973 a 685 ha en 1980.

En Barcelona actualmente existen 1.170 ha de cultivos protegidos en invernaderos de las que 300 ha son para cultivos de flores y el resto para cultivos de hortalizas.

Como se observa en el cuadro adjunto, las mayores superficies están ocupadas por el fresón (460 ha) seguido a distancia por tomates, pepinos, melón, etc. En cuanto a flores el primer lugar lo ocupa el clavel (180 ha) seguido de rosales y ornamentales en macetas. Es de resaltar que el clavel del Maresme tiene fama de ser de una calidad muy superior al producido en otras zonas de España.

También puede verse que la utilización de calefacción, allí donde se realiza, supone un importante aumento de los rendimientos.

CULTIVOS PROTEGIDOS EN INVERNADEROS EN LA PROVINCIA DE BARCELONA (1982)

CULTIVOS	SUPERFICIE (ha)	RENDIMIENTO MEDIO PROV. (Kg/m ²)	PRODUCCION EN EXPLOTACION CON CALEFACCION	
			Kg/m ²	pts/m ²
Fresón	460	3,0	-	-
Melón	80	2,7	-	-
Tomates	60	6,0	9 - 12	1.100 - 1.500
Pepinos	60	2,6	8 - 10	320 - 500
Calabacín	50	3,5	-	-
Lchuga	30	4,0	8 - 10	200 - 300
Pimiento	10	4,0	-	-
Judías verdes	10	2,0	-	-
Guisantes	10	1,5	-	-
Claveles	180	13 (1)	25 (1)	1.500 - 2.000
Rosas	50	6 (1)	8 (1)	3.000 - 4.000
Otras flores	40	6 (1)	14(1) y (2)	2.000 (2)
Ornamentales	30	-	-	4.000 - 4.500

(1) docenas flores/m²; (2) Gerbera

FUENTE: ANUARIO DE LA PRODUCCION AGRARIA y otras

El cultivo de invernadero supone ya un seguro de cosecha para horticultura y floricultura en cuanto a volumen de producción, calidad y precios de mercado. No obstante parece necesario optimizar este tipo de explotación con un control de factores climáticos, sobre todo, manteniendo temperatura óptima o al menos mínima comercial.

Esta necesidad tropieza con el alto coste de la energía obtenida a partir de combustibles tradicionales, que sólo hace rentable la operación para cultivos de alto valor económico.

La posibilidad de utilizar energías más baratas puede proporcionar un aumento en los rendimientos económicos de las explotaciones actuales, así como la puesta en explotación de cultivos no contemplados hasta hoy.

Datos térmicos

Los datos disponibles actualmente han permitido cuantificar las potencias térmicas necesarias de los invernaderos para cultivos de hortalizas y cultivos de flores, así como las necesidades anuales de calefacción.

Estos datos medios se pueden establecer en:

- Potencia térmica:

. Horticultura	..	87 Kcal/hora . m ²	= 870 termias/hora.ha
. Floricultura	..	130 " " "	= 1.300 " "

- Consumo de combustible (gasóleo)

. Horticultura	.....	100 m ³ /año . ha
. Floricultura	.....	230 " " "

Con estos datos medios y las previsiones de recurso geotérmico disponible (9.000 termias/hora), se puede estimar que es factible dar calefacción a 4 ha de invernaderos de hortalizas y 4 ha de invernaderos de flores, con una cobertura de potencia del 100%.

Mediante el desarrollo de esta operación se pondría en explotación un equivalente a $1.320 \text{ m}^3/\text{año}$ de gasóleo sustituido es decir 1.122 T.E.P./año.

El planteamiento del estudio de rentabilidad se va a hacer, por lo tanto, considerando una sustitución de 1.122 T.E.P./año en gasóleo.

5.4.- ESTUDIO DE RENTABILIDAD

5.4.1.- Zona de Orense

Como se ha comentado en el estudio de mercado existen dos posibilidades de explotación de energía geotérmica inmediatas en la zona de Orense: Calefacción de granjas de pollos y calefacción de viviendas.

Para ambos casos es posible, una vez tomada la decisión y estando construidas tanto las viviendas como las granjas, desarrollar la operación y puesta en marcha en un plazo de dos años, por lo que las inversiones totales se han distribuido en los dos primeros años. La cuenta de explotación podría proyectarse con ingresos a partir del tercer año.

Estos ingresos, como ya se ha comentado en otro capítulo se cuantifican como el valor económico del combustible sustituido o ahorrado en la operación.

Se puede presentar el siguiente cuadro de inversiones, - ingresos y costes de explotación para los tres primeros años de operación, siendo para los restantes años los datos similares al tercero, pues la cuenta de explotación se plantea a pesetas constantes. La explotación se plantea para una vida de 20 años.

Calefacción de granjas de pollos

	1 ^{er} año	2 ^o año	3 ^{er} año y sig.
Inversiones M.P.	7	4	
Ingresos M.P.			5
Costes M.P.			1

La tasa interna de retorno calculada es del 30,3% y un período global de recuperación de capital de 2,75 años.

Calefacción de viviendas

	1 ^{er} año	2 ^o año	3 ^{er} año y sig.
Inversiones M.P.	30	27	
Ingresos M.P.			38,3
Costes M.P.			4,5

La tasa interna de retorno calculada es de 47,4% y el período global de recuperación del capital es de 1,7 años.

5.4.2.- Zona del Vallés

En esta zona la utilización planteada de los recursos geotérmicos puestos en evidencia, como más probable es la calefacción de invernaderos dedicados al cultivo de hortalizas, flores y plantas ornamentales.

Como se ha citado en el apartado de estudio de mercado, sería posible acometer una operación con 4 ha de hortalizas y otras 4 ha de flores y plantas ornamentales.

Una vez decidida la operación y si están construidos los invernaderos se podría desarrollar los trabajos en un periodo de 2 años con lo que, al tercero ya se comenzaría la explotación. Así pues las inversiones a realizar se dividen en los dos primeros años. La duración de la explotación se prevé en 20 años.

Con los datos disponibles se puede elaborar el siguiente cuadro:

	1 ^{er} año	2 ^o año	3 ^{er} año y sig.
Inversiones M.P.	45	25	
Ingresos M.P.			58,7
Costes M.P.			5,6

Con este cuadro de valores económicos se produce una tasa interna de retorno de las inversiones (T.I.R.) del 55,8% y un periodo global de recuperación de capital de 1,3 años.

6.- RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- INTRODUCCION

La investigación geotérmica llevada a cabo en España - desde 1975 ha conducido en la actualidad al conocimiento de la existencia de recursos geotérmicos explotables en diversas áreas del territorio nacional, así como la presunción de existencia en otras zonas.

Entre estas áreas destacan por las perspectivas de desarrollo futuro: Cataluña, Galicia y Canarias. Habiéndose llegado en el proceso de investigación a nudos decisivos sobre el camino a tomar en un futuro, se hace necesario la realización de estudios de viabilidad que marcando las características técnicas de la explotación hagan un balance de inversiones, ingresos y costes de explotación, con vistas de determinar las características económicas del proyecto.

Es muy importante resaltar en este punto, que estos estudios de viabilidad, se realizan en base a hipótesis, a veces poco contrastadas, pero que en todo caso son los únicos datos disponibles para efectuar el primer análisis de rentabilidad.

A medida que se avanza en la investigación de una zona estos datos se hacen más concretos y el análisis previo de viabilidad se va convirtiendo en un estudio de factibilidad preexplotación.

Esta incertidumbre en la hipótesis planteada puede afectar a todo tipo de datos: unas veces serán las características del almacén y el potencial explotable; otras veces el sistema de utilización o conversión de la energía geotérmica en energía directamente utilizable; otras veces, en fin, las incógnitas - estarán en el lado de la demanda.

De las zonas estudiadas en el presente proyecto se da esta incertidumbre en las hipótesis de partida en diferente grado: así para Tenerife, el prematuro estado de la investigación no permite poder fijar con demasiada certeza las características del posible yacimiento geotérmico: localización, profundidad, temperatura, etc.; para La Palma, la mayor incógnita reside en el sistema de explotación de la roca caliente seca y la valoración de las inversiones; para la zona del Vallés, el recurso está demostrado y prácticamente evaluado, pero existe algún problema en encontrar mercado a la energía geotérmica y por consiguiente valorar los ingresos en la explotación. Por último en el caso de Orense parece que actualmente se está en condiciones más próximas a la explotación, reduciéndose la incógnita a la evaluación del comportamiento del almacén ante una explotación prolongada.

6.2.- RESUMEN DE RESULTADOS

6.2.1.- Alta entalpía

6.2.1.1.- Isla de Tenerife

La isla de Tenerife es la única zona del territorio nacional en que los estudios realizados permiten predecir la existencia de recursos de alta temperatura en su concepción clásica de yacimiento de vapor. Ello es así por la presencia de un foco de calor activo constituido por una cámara magmática a po

ca profundidad. Según los estudios geológicos esta cámara estaría situada a profundidades de unos 3 km bajo la vertical del edificio volcánico del Teide.

La geoquímica de las aguas y gases presentes en el subsuelo parecen predecir la existencia de almacenes conteniendo fluidos de alta entalpía. Estos almacenes estarían constituidos por las zonas fracturadas de borde de caldera, que obedecen a las direcciones estructurales presentes en la isla de Tenerife y en todo el archipiélago.

La profundidad a la que se ha supuesto el almacén es de 2-2,5 km y se estima que la temperatura del fluido será de 250-300°C. Por analogía con explotaciones de agua en formaciones similares se estima el caudal de producción en 200 m³/hora por sondeo de producción. Por último en cuanto a calidad química del fluido se estima que el contenido total de sales alcance los 5-10 gramos/litro.

El sistema de explotación previsto es el convencional de yacimientos de vapor humedo, con flashing en una o más etapas y condensación. El condensado residual se prevé eliminarlo al mar, por ser un fluido de menor salinidad que el agua de mar.

Se ha previsto, dados el caudal y temperaturas supuesto, una potencia por sondeo del orden de 4 MW. En total se espera obtener del hipotético campo geotérmico una potencia eléctrica de 20 MW. Se ha supuesto un desarrollo gradual de estos 20 MW de manera que se instalen 3 unidades de 7 MW cada una que se escalonarían en el tiempo.

La fecha prevista de puesta en funcionamiento de la primera unidad es 1992, siendo la segunda y tercera puestas en fun

cionamiento en 1993 y 1995 respectivamente.

Se han calculado unas inversiones para evaluación del campo, previas a las de explotación propiamente dichas de 600 MP. Las inversiones para explotación se han calculado en 1.675 MP, por cada unidad y una inversión común de 400 MP para las tres unidades. Los costes operacionales calculados se cifran en 60 MP/año por cada unidad y 14 MP/año comunes a las tres unidades.

Suponiendo un funcionamiento como central de base, se han calculado para 7.000 horas al año una producción anual por unidad de 49.000 MW . h. El precio de venta del KW . h se ha supuesto en 11,5 pts.

Con estos datos económicos la T.I.R. calculada a partir de la cuenta de explotación es de 13,9% siendo el periodo global de recuperación de las inversiones de 8 años a partir del inicio de la producción.

Esta central, con el funcionamiento previsto, supone una sustitución de 40.000 T.E.P./año.

6.2.1.2.- Isla de La Palma

Los estudios llevados a cabo hasta la fecha apuntan la posibilidad de existencia de una masa de roca caliente seca en el Sur de La Palma. La elevada temperatura medida en superficie y en sondeos someros, permite pensar en la existencia de zonas con flujo de calor muy elevado.

Según el esquema geológico, entre 0 y 400 m se encontrarían zonas puntuales de elevada temperatura (300-350°C), que se harían continuas a partir de 400.

Se piensa que esta masa de roca caliente, sin fluido geotérmico, pueda ser explotada mediante sondeos que actúen de intercambiador. Dentro del desconocimiento que se tiene sobre los problemas de enfriamiento que se puedan causar en una explotación de este tipo, se piensa que se pueda obtener del orden de 150 KW de potencia eléctrica instalada neta por cada sondeo intercambiador.

El objetivo marcado es poder instalar un total de 2.000 KW, en tres fases de 700 KW cada una, que a su vez serán abastecidas por 5 ó 6 sondeos. Como fechas de puesta en funcionamiento de cada una de ellas se piensa en 1991, 1993 y 1995.

Las inversiones estimadas para esta puesta en producción son: 150 MP comunes a las tres unidades y 535 MP para cada unidad. Los costes operacionales se han estimado en 12,5 MP/año. Suponiendo el funcionamiento como central de base, de 7.000 horas al año, se ha calculado una producción anual de 14.000 MW . h que se venderán al precio de 11,5 pts el KW.h.

Con estos datos la T.I.R. del proyecto es de 4,4% y el periodo global de recuperación de inversión de 16 años a partir del inicio de la producción.

Esta central con el funcionamiento previsto supone una sustitución de 3.500-4.000 T.E.P./año.

6.2.2.- Baja entalpía

6.2.2.1.- Zona de Orense

La provincia de Orense cuenta con abundantes manifestaciones termales de elevada temperatura. Las investigaciones llevadas a cabo por el IGME, han puesto de manifiesto la exis

tencia de almacenes geotérmicos con temperaturas de 50-70º C, de los cuales las manifestaciones citadas son escapes naturales.

La concentración de puntos es especialmente importante en las proximidades de Orense y en la propia ciudad, con lo que las investigaciones se centraron en dicha zona. Los sondeos efectuados han permitido localizar, como se acaba de citar, almacenes constituidos por zonas graníticas falladas, con importante milonitización. El agua contenida en estos almacenes se encuentra a temperaturas a veces superiores a 60º C y es de buena calidad química.

El estudio geotermométrico predice temperaturas de equilibrio en profundidad superiores a 90º C.

A la vista del estudio de demanda se ha analizado la aplicación de estos recursos para dos fines: calefacción de granjas de pollos, sector del que Orense produce más del 5% nacional y calefacción de viviendas.

El esquema de explotación previsto es muy simple dada la calidad del agua y se prevé sondeos de 200 m de profundidad para el caso de granjas de pollo y 600 metros para el caso de viviendas. Los caudales se han estimado en base a los resultados de algunas pruebas efectuadas en los sondeos de reconocimiento. No obstante, este es el dato menos conocido en esta zona. Para el caso del sondeo de 200 metros se supone un caudal de 20 l/s a 55º C y para los de 600 m un caudal de 40 l/s a 70º C.

En base a estos datos y al estudio de demanda efectuado se puede prever que con un sondeo de 200 metros se daría calefacción a 3 ha de granjas de pollos con una cobertura del 100%

en potencia y energía. Para las viviendas se piensa que se pueda dar calefacción a 1.000 viviendas con una cobertura del 50% en potencia y 85-90% en energía anual.

Las inversiones totales calculadas para el suministro de estas potencias térmicas serían de 11 MP en el primer caso y 57 MP en el segundo. Los costes operacionales se han estimado en 1 MP/año y 4,5 MP/año respectivamente.

El ahorro anual que supone la utilización de esta energía es para el primer caso de 5 MP/año y en el segundo de 38,3 MP/año.

Con estos datos se obtiene una T.I.R. del 30,3% para la calefacción de la granja de pollos con un periodo global de recuperación de inversiones de 2,75 años. Para la calefacción de viviendas se obtiene una T.I.R. del 47,4% y un periodo global de recuperación de 1,7 años.

Estas operaciones suponen una sustitución de 100 T.E.P./año y 722 T.E.P./año respectivamente.

6.2.2.2.- Zona del Vallés

La depresión del Vallés en la provincia de Barcelona es ámbito de existencia de manifestaciones termales muy importantes. Por ello ha sido desde el inicio de las investigaciones, un objetivo de primer orden en la actividad del IGME.

Esta depresión es una fosa de distensión asimétrica, con zócalo paleozoico-granítico, cuya falla occidental, ámbito de las principales manifestaciones, tiene un salto calculado de 3.000 metros. En esta zona ha persistido una actividad tectónica hasta el Pliocuaternario, como lo pone de manifiesto las

erupciones volcánicas producidas en el NE de la depresión y la persistente actividad sísmica.

Las investigaciones efectuadas apuntan a la existencia de un almacén de media temperatura (120-150°C) en las fracturas del zócalo. Este almacén, serviría de fuente de alimentación térmica a otro más superficial cuya temperatura comprobada es de 80°C. (Cabe también la posibilidad que el almacén más caliente sea una continuación en profundidad del de 80°C).

El almacén detectado está constituido por una amplia zona milonitizada que acompaña a la falla. La profundidad a que se encuentra la zona permeable varia desde 300 m a 600-700 m y las temperaturas estan entre 60 y 80°C. El agua es de muy buena calidad química. Aunque no se tienen datos actualmente, se piensa por analogía con otras zonas similares que un sondeo con buen acabado hidráulico podría suministrar 50 l/s.

Con el estudio de demanda realizado se piensa que la mejor aplicación para este fluido descubierto pueda ser la calefacción de invernaderos de hortalizas, flores y plantas ornamentales.

El esquema de explotación proyectado supone la realización de un sondeo de 650-700 metros, dotado de una buena cámara de bombeo hasta 300 metros.

Este sondeo, para los datos previstos de caudal y temperatura podría suministrar una potencia térmica de unas 9.000 termias/hora.

Con esta potencia, en base a los datos disponibles del estudio de demanda, es posible dar calefacción a 4 ha de invernaderos de hortalizas y 4 ha de invernaderos de flores y plan-

erupciones volcánicas producidas en el NE de la depresión y la persistente actividad sísmica.

Las investigaciones efectuadas apuntan a la existencia de un almacén de media temperatura (120-150°C) en las fracturas del zócalo. Este almacén, serviría de fuente de alimentación térmica a otro más superficial cuya temperatura comprobada es de 80°C. (Cabe también la posibilidad que el almacén más caliente sea una continuación en profundidad del de 80°C).

El almacén detectado está constituido por una amplia zona milonitizada que acompaña a la falla. La profundidad a que se encuentra la zona permeable varia desde 300 m a 600-700 m y las temperaturas estan entre 60 y 80°C. El agua es de muy buena calidad química. Aunque no se tienen datos actualmente, se piensa por analogía con otras zonas similares que un sondeo - con buen acabado hidráulico podría suministrar 50 l/s.

Con el estudio de demanda realizado se piensa que la mejor aplicación para este fluido descubierto pueda ser la calefacción de invernaderos de hortalizas, flores y plantas ornamentales.

El esquema de explotación proyectado supone la realización de un sondeo de 650-700 metros, dotado de una buena cámara de bombeo hasta 300 metros.

Este sondeo, para los datos previstos de caudal y temperatura podría suministrar una potencia térmica de unas 9.000 termias/hora.

Con esta potencia, en base a los datos disponibles del estudio de demanda, es posible dar calefacción a 4 ha de invernaderos de hortalizas y 4 ha de invernaderos de flores y plan-

ta ornamental, con una cobertura del 100% en potencia y energía.

Las inversiones calculadas para conseguir esta energía se calculan en 70 MP. Los costes de explotación que originaría la operación se cifran en 5,6 MP. El ahorro anual que supondría esta operación con respecto a una operación similar con combustible convencional es del orden de 58,7 MP.

Con estos datos se ha calculado para el proyecto una T. I.R. del 55,8% y un periodo global de recuperación del capital de 1,3 años.

6.3.- CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha llevado a cabo un análisis previo de viabilidad de explotación geotérmica en dos zonas de alta entalpía y en dos zonas de baja entalpía.

Para las zonas de alta entalpía se ha planteado la producción y venta de electricidad como objetivo del proyecto, - mientras que para los de baja entalpía se ha supuesto la sustitución de energía procedente de combustibles tradicionales en aplicaciones directas del calor. En estos casos se ha previsto que la operación es emprendida por los mismos consumidores de la energía, con lo que más que una venta existe una sustitución.

Los resultados finales se expresan en el cuadro adjunto en el que se representan:

I : inversiones totales necesarias en millones de pesetas.

E: energía sustituida al año en T.E.P./año.

A: ahorro neto en millones de pesetas al año.

I/E: inversión por T.E.P. sustituida al año en pesetas.

T.I.R.: tasa interna de retorno en %

T: periodo global de recuperación de inversión en años.

- La aplicación de la energía geotérmica de baja temperatura - en usos directos, para los tres casos estudiados presenta características económicas muy favorables.
- Mientras que en los casos de aplicaciones agrícolas (granja de pollos en Orense e invernaderos en Vallés) habría que salvar el escollo de creación de la estructura consumidora (para lo que, no obstante, se cuenta en principio con una buena disposición de los inversores); para el caso de aplicaciones urbanas (viviendas en Orense) la estructura esta ya en parte creada y en otra parte en planificación.
- Los tres casos estudiados no presentan, por otra parte, complicaciones técnicas en su planteamiento.
- La explotación de roca caliente seca en la isla de La Palma se presenta en la actualidad con muchas incógnitas sin resolver por lo que las hipótesis de estudio son muy ambiguas. Para realizar estudios más detallados es necesario avanzar en dos puntos: evaluación de las dimensiones del cuerpo caliente y sistemas de extracción de la energía.
- Económicamente, con las hipótesis planteadas, la operación no es favorable. No obstante, las implicaciones de insularidad y dependencia energética, podrían aconsejar el desarrollo de la operación si se despejaran favorablemente las incógnitas técnicas.

RESUMEN DE DATOS ECONOMICOS

Nivel Térmico	Localización	Uso	I M.P.	E T.E.P./año	A M.P./año	I/E Pts/T.E.P.	T.I.R.	T Años
Alta temperatura 250°C-350°C	Tenerife	Electricidad	6.050	40.000	1.300	151.250	13,9	8
	La Palma	Electricidad	1.515	4.000	130	378.750	4,4	16
Baja temperatura 55°C-80°C	Orense	Calefacción granjas	11	100	5	110.000	30,3	2,75
	Orense	Calefacción viviendas	57	722	38,3	78.940	47,4	1,7
	Vallés	Calefacción invernaderos	70	1.122	58,7	62.388	55,8	1,3

I : Inversión total necesaria en M.P.

E : Economía de energía anual en T.E.P./año

A : Ahorro anual en M.P./año

I/E : Inversión por T.E.P. economizada

TIR : Tasa Interna de Retorno

T : Periodo global de recuperación de inversiones

- Los conocimientos actuales sobre las posibilidades de existencia de yacimiento de vapor en Tenerife y las hipótesis que se pueden deducir de ellos, apuntan a que la producción de electricidad de origen geotérmico podría ser un proyecto rentable económicamente.
- El coste del KW.h deducidos en base a dichas hipótesis es totalmente competitivo con los costes actuales en centrales convencionales.
- Las principales incógnitas actuales y que podrían alterar las hipótesis de partida se refieren a las condiciones de existencia del yacimiento, su temperatura, su productividad, etc.

6.4.- RECOMENDACIONES

A la vista de los datos presentados en el presente capítulo parece conveniente sugerir las siguientes recomendaciones:

- Promocionar el empleo de la energía geotérmica en usos agrícolas en las zonas de Orense y Vallés, mediante la difusión de información sobre esta posibilidad entre los posibles utilizadores y apoyando cualquier iniciativa en este sentido.
- Realizar un estudio de factibilidad detallado de la calefacción de viviendas con energía geotérmica en los barrios de Ensanche y Las Lagunas, de la ciudad de Orense, en el que se definan: viviendas que se puedan contemplar en el proyecto, modificaciones que hay que introducir en las instalaciones actuales, redes de distribución necesarias, energía total que se puede sustituir, situación óptima y características de los sondeos a ejecutar, evaluación de las inversiones y costes de explotación que se pueden originar en la futura operación, disposición actual de los posibles utilizadores así como de los

organismos regionales y locales hacia este tipo de operación, y por último, propuesta de montaje jurídico y financiero.

- Proseguir la investigación en la isla de La Palma con vistas a definir la importancia de la masa de roca caliente seca, llevando a cabo, al mismo tiempo una investigación tecnológica sobre el aprovechamiento del calor contenido en las rocas.

- Proseguir e intensificar la investigación en la isla de Tenerife, con vistas a concretar los datos, actualmente muy ambiguos, que permitan ulteriormente plantear con mayor rigurosidad y precisión el estudio económico de la explotación. Estas investigaciones han de concretarse en: localización de las zonas con mayores posibilidades y definición de las características del posible almacén: profundidad, temperatura, presión, etc.