e1

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA
COMITE DE COOPERACION ECONOMICA DEL
ISTMO CENTROAMERICANO
SUBCOMITE CENTROAMERICANO DE
ELECTRIFICACION Y RECURSOS HIDRAULICOS

LIMITADO
CCE/SC.5/GREG/I/DI.4
Febrero de 1978

Grupo Regional de Energía Geotérmica (GREG)
Primera Reunión
San Salvador, El Salvador 14 y 15 de febrero de 1978

EVALUACION DEL POTENCIAL GEOTERMICO DE LA REPUBLICA MEXICANA

EVALUACION DEL POTENCIAL GEOTERMICO DE LA REPUBLICA MEXICANA

Ing. Sergio Mercado
C.F.E.

I N T R O D U C C I O N

La presente evaluación del potencial Geotérmico de la República Mexicana está basada en el método descrito en la Circular No. 726 del U.S. Geological Survey: "Assesment of Geothermal Resources of the United States-1975"

En esta Circular se clasifican los Reservorios Geotérmicos en tres categorías principales de las cuales el único sistema que se considera explotable, con las tecnologías actualmente conocidas son los de Convección Hidrotermal.

El método se basa fundamentalmente en la estimación de la temperatura del reservorio utilizando geotermómetros químicos, que son relaciones empíricas de la composición química de los fluidos geotérmicos con la temperatura, o cuando es posible con la medición directa, en la dimensión del reservorio delimitado en su área por las manifestaciones superficiales y en una apreciación de su espesor. Con esta información y con el dato del calor específico medio se calcula el contenido calorífico del reservorio.

Finalmente con esta información y tomando en cuenta el factor de recuperación, el cual varía con el tipo de yacimiento, se calculan los megawats sigle que es posible generar a partir de lo cual se calcula la potencia que es posible instalar para ser explotada en 30 años, que es la vida media de una planta térmica convencional.

Es conveniente hacer notar que este método no toma en cuenta la posible recarga del yacimiento, lo cual es indudable que sucede.

/TABLA 1

TABLA 1.- CATEGORIAS DE LOS RESERVORIOS GEOTERMICOS.

(Con base en el calor existente en el terreno a temperaturas arriba de 15°C a las profundidades especificadas, sean o no explotables.

1.- Sistemas de convección hidrotermales (relativa alta temperatura a baja profundidad, contenido calorífico estimado a sólo 3 Km. de profundidad).	Temperaturas características.	Fuente de Fluido natural.
a) Sistemas de vapor dominante.	> 240°C	Disponible; no siempre explotable.
b) Sistemas de agua caliente.		
(1) Sistemas de alta temperatura.	>150°C	Disponible; no siempre explotable.
(2) Sistemas de temperatura media.	100°C a 150°C	Disponible; no siempre explotable
(3) Sistemas de baja temperatura.	<100°C	Disponible; no siempre explotable.
2.- Sistemas ígneos calientes (de contenido calorífico estimado de 0 a 10 Km. de profundidad).		
a) Supuesto con roca parcialmente fundida.	>600°C	No explotable
b) Supuesto con roca no fundida pero muy caliente (rocas secas calientes).	<600°C	No explotable
3.- Areas dominadas por conducción (de provincias con flujo de calor, utilizando datos de flujos de calor, producción de calor, producción de calor radiogénico y conductividad térmica de las rocas; contenido calorífico estimado para 0 a 3 y 3 a 10 Km. de profundidad.	15 a 1300°C	Explotable en reservorios sedimentarios generalmente inexplotable en otra parte.
Esta categoría incluye los medios geopresurizados).		

/GEOTERMOMETROS

GEOTERMOMETROS DE SILICE (SiO_2) Y SODIO-POTASIO-CALCIO ($NaKCa$) USADOS PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DEL RESERVORIO.

Geotermómetro de Sílice

Kennedy (1950), Morey y Fournier (1967) determinaron experimentalmente la solubilidad del cuarzo en agua con respecto a la temperatura. Los valores obtenidos por ellos una vez graficados se exponen en la figura 1.

Fournier y Rowe (1966) en su publicación sobre la "Estimación de Temperaturas Subterráneas a partir del contenido de sílice de aguas provenientes de manantiales calientes y pozos de gran diámetro", expone cómo el contenido de sílice en los manantiales calientes es controlado por la solubilidad del cuarzo y mediante los valores obtenidos por ellos (que coincidían con los de la fig. 1) sobre dicha solubilidad del cuarzo con respecto a la temperatura concluyen que "el contenido de sílice de aguas descargadas de manantiales calientes así como de pozos de menor tamaño puede ser usada para calcular la temperatura de la profundidad". Con base en esto se calcularon las temperaturas en el subsuelo de nuestras aguas con alteración clorídrica.

Geotermómetro Na-K-Ca.

Un método empírico desarrollado por Fournier y Truesdell ("An empirical Na-K-Ca Geothermometer for natural Water" 1973) para estimar la temperatura de la interacción agua-roca en la profundidad, está basado sobre las concentraciones iónicas de Na, K y Ca en aguas naturales que se encuentran en diferentes ambientes en un rango de concentraciones que va de 4 a 5000.

Los datos para la mayoría de las aguas consideradas cuando son graficados como una función de log (Na/K) ±log ($\sqrt{Ca/Na}$) contra el recíproco de la temperatura absoluta, se agrupan por la darnos una línea casi recta.

Una vez obtenidas las concentraciones iónicas de Na-K y Ca mediante análisis químicos del agua de manantiales, se puede aplicar la siguiente ecuación para obtener las temperaturas en la profundidad:

$$T(C) = \frac{1647}{\log(Na/K) + \beta \log(\sqrt{Ca/Na}) + 2.24} - 273$$

Para simplificar hacemos:

$a = \log (Na/K)$
$b = \beta \log (\sqrt{Ca/Na})$

Donde β puede ser 1/3 ó 4/3 dependiendo de que el agua se encuentre en equilibrio arriba o abajo de los 100°C

$\beta = 1/3$ ó $4/3$

Por lo que sustituyendo tendremos la ecuación simplificada, para obtener la temperatura (°C) en la profundidad, utilizada en nuestra evaluación.

$$T(°C) = \frac{1647}{a+b} - 273$$

/Figura 1

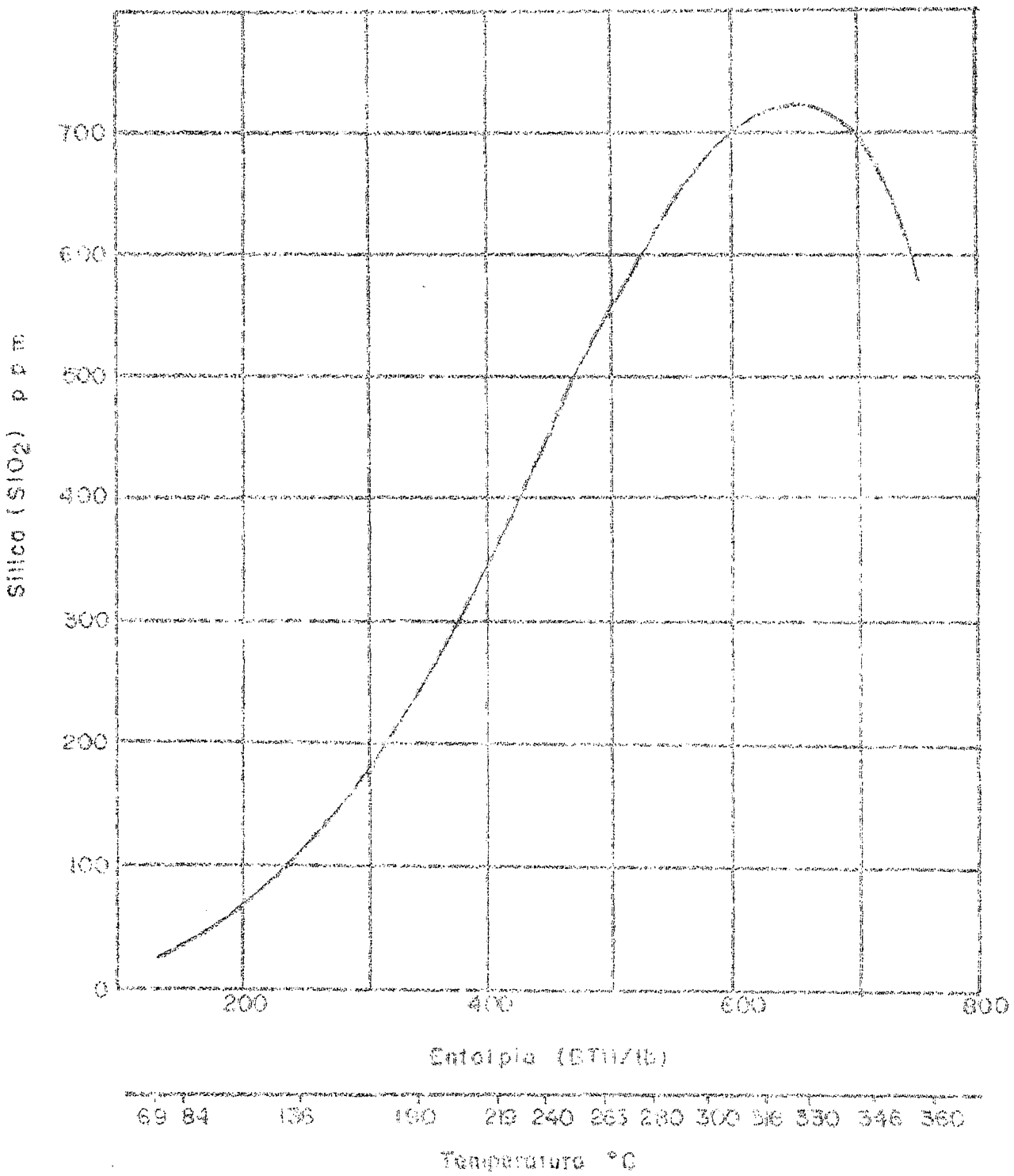

FIG. 1.- GRAFICA UTILIZADA PARA OBTENER LA TEMPERATURA EN EL SUBSUELO POR MEDIO DEL CONTENIDO DE SILICE DETERMINADO MEDIANTE ANALISIS QUIMICO DEL AGUA DESCARGADA POR LAS MANIFESTACIONES GEOTERMALES.

/TABLA 2

TABLA 2.- UNIDADES METRICAS USADAS EN LA EVALUACION, FACTORES DE CONVERSION A OTRAS UNIDADES Y VALORES SUPUESTOS PARA ALGUNOS PARAMETROS FISICOS (C. 7pf).

Longitud:	1 metro (m)=3.281ft; 1 Km (km)=3.243ft=0.6214 mi; 1 centímetro (cm)=0.3937 in = 6.214x10-6 mi.
Area:	1 Km^2= 10^6 m^2=3.386mi^2=247.1 acres.
Volumen:	1 Km^3=0.239mi^3=10^{12}l; 1 litro (l)=0.2642 gal. 1 l/min=5.886x10-4 ft^3/seg.
Temperatura:	°C= 5/9 (°F-32); 0°C=255.15°K.
Gradiente de Temperatura:	1°C/Km=10^{-3}Cm proporción de incremento de temperatura con la profundidad;el gradiente de conducción es directamente proporcional al flujo de calor e inversamente proporcional a la conductividad térmica de la roca.
Presión:	1Bar=0.9869 atm=1.020 Kg/cm^2=14.5 psi=10^6 dinas/cm^2=0.1 meganewtons/m^2. Todas las presiones absolutas,con 1.01 bar sumado a las presiones manométricas al nivel del mar y a áreas geotérmicas de bajas altitudes.
Calor/Potencial:	1cal=4.186joules=3.968x10^{-3}BTU=0.001 kcal=0.00 1m Watt; 1 cal/gal=1.80 BTU/lb;1Mw (eléctrico). - Sólo = 7.53x10^{14} cal (toneles/O_2), en donde es la eficiencia de conversión. Para el carbón se toma un potencial de contenido calorífico de 7.5x10^3 cal/g. Un barril de petróleo (42 gal) se toma con un potencial de calor de combustión de 1.44x10^7 calorías=5.8x10^6 BTU= 0.833 toneladas cortas de carbón. En la presente evaluación, el contenido calorífico se expone en unidades de 10^{18} calorías, por lo cual cada unidad equivale a 600 millones de barriles de petróleo ó 1.4 billones de toneladas cortas de carbón.
Flujo de calor:	1x10^{-6} cal/cm^2 seg=4.18x10^{-2} W/m^2 (Watts por metro cuadrado); el flujo de calor terrestre medio es de aproximadamente 1.5x10-6 cal/cm^2.
Conductividad Térmica:	1 x 10^{-3} cal/cm seg °C = 0.418 W/m°K
Peso:	1g=10^{-3} Kg=10^{-6} ton. métricas=2.2x10^{-3}lb=1.103x 10-6 toneladas cortas.
Calor específico volumétrico:	El calor específico volumétrico de agua pura a temperatura y presión estándar es 1.0 Cal/cm^3 °C y para el valor medio de las rocas se toma 0.6 cal/cm^3/°C. El valor del magma granítico a 900°C cristalizado y enfriado a 25°C produce 300 cal/g equivalente a 0.7x10^{18} ergios. El calor equivalente en [illegible] a 1,000 es 370 cal/g.

BASES PARA OBTENER LOS DATOS DE LA ENERGIA ELECTRICA APROVECHABLE (C. 7%)

Los cálculos de la energía eléctrica recuperable de los sistemas de convección hidrotermales de alta temperatura incluyen aproximadamente tres pasos:

1.- Estimación de la que parte del sistema es comercial y aprovechable.

2.- Estimación de la fracción de calor almacenado en el volumen poroso y permeable que puede ser recuperado en la superficie.

3.- Cálculos de la eficiencia de la energía térmica + la entalpía del pozo que puede convertirse en electricidad en la planta generadora.

Los factores de recuperación usados para sistemas hidrotermales convectivos están basados en técnicas para extraer energía de rocas porosas y permeables. Los volúmenes tabulados en la columna (6) de la tabla 4 son los volúmenes de los reservorios calientes. La parte porosa permeable del reservorio caliente puede tener de sólo una pequeña fracción hasta cerca de todo el calor del reservorio. En los cálculos expuestos se tomó supuestamente que sólo el 50% del reservorio caliente es poroso y permeable. Los cálculos de los recursos hidrotermales convectivos están basados enteramente en la extracción del calor almacenado en un volumen de roca porosa y permeable, despreciando la recarga de calor por conducción o movimiento de agua. El potencial del calor de recarga se desprecia porque es muy pequeño, comparado con el que se puede extraer de cualquier volumen de roca del orden de miles de kilómetros cúbicos. Por otro lado los sistemas en los cuales la recarga de calor sea importante, la capacidad estimada se verá aumentada de acuerdo a dicha recarga.

Para los factores de recuperación expuestos en la tabla 4, se tienen analizados dos métodos de extracción de la energía del líquido oculto en las rocas porosas y permeables. El primer método presupone que el volumen poroso permeable está virtualmente cerrado a flujos de agua y la extracción se efectúa por ebullición del agua pasando a vapor por medio de la energía existente en la roca. El segundo método presupone que recargas de agua natural y artificial son usadas para recuperar la mayor parte del calor del reservorio por medio de un proceso de barrido.

La fracción de la energía almacenada que se puede recuperar en el primer proceso, depende de la densidad y presión del vapor producido, los cuales son determinados por la porosidad y la temperatura inicial del sistema respectivamente. La presión del vapor producido debe ser suficientemente alta para mandar el vapor a través del medio poroso y elevarlo en el pozo en cantidad apreciable. Una suposición razonable es de que el vapor tenga al menos 4 bar (Palmenson 1975). A una temperatura del reservorio dada, esta restricción restringe el rango de porosidad en la cual la cualquier representa una recuperación viable. A 200°C el límite superior para la porosidad es de 0.05, y la fracción obtenida de la energía almacenada es de alrededor de 0.2. A 250°C el límite superior para la porosidad es alrededor de 0.12 y la fracción obtenida de la

energía almacenada es de alrededor de 0.4. A porosidades abajo de este límite la fracción obtenida de la energía almacenada decrece al decrecer la porosidad de las rocas casi líquidas. Este tipo de producción es generalmente limitado si las fuentes recargas de agua al reservorio, la reconocimiento por ebullición es posible solamente si se produce vapor en la zona seca y adicionalmente se almacena agua en la zona de recarga de manera que se permita la ebullición en nuevas regiones del reservorio.

El segundo método de producción incluye la recarga natural o artificial de agua fría para forzar que el agua caliente del reservorio salga a los pozos de producción. Como el agua pasa a través de la roca caliente su temperatura se eleva al cedirse energía de la roca. La influencia del calor de conducción en este proceso, toma lugar en dos escalas diferentes. La primera en la microescala de poros llenos con agua en la roca caliente, en la cual la conducción hace que la temperatura en la roca y los poros estén en equilibrio en unos cuantos segundos y la segunda sobre la escala de un volumen de roca de varios cientos de metros por lado teniendo una zona de agua y roca fría y una segunda zona de agua y roca caliente, en la cual la conducción sin movimiento de fluidos, provoca inicialmente un cambio brusco en la temperatura y posteriormente pasa a una etapa de transición suave que sólo toma de orden en un período de una década (Mainguy 1977)

Los procesos examinados no pueden ser realizados exclusivamente pero pueden tomarse como base para estimar que sólo la mitad de la energía almacenada en un reservorio de rocas porosas y permeables en un sistema de agua caliente puede ser aprovechada. Pensando en cuenta por otro lado, que probablemente sólo la mitad de un reservorio de este tipo es porosa y permeable, la fracción del recurso hasta, estimado por Fournier, White y Williams, que puede ser aprovechado como energía calorífica en la superficie es de 0.25.

En los reservorios de vapor dominante se supone que se tiene vapor como la fase controladora de presión, con agua líquida inmovilizada en los poros mediante fuerzas de tensión (Truesdell y White, 1973). La producción resulta inicialmente de la ebullición del agua contenida en los poros, la cual pasa a la fase vapor, aunque en las últimas etapas, puede haber ebullición de agua profunda almacenada. Debido a que la fracción de líquido en un reservorio de vapor dominante es pequeña, la presión y la temperatura del vapor producido en los procesos de ebullición están generalmente cerca de los valores iniciales para un sistema en el cual la presión es lo suficientemente alta para impulsar al vapor hacia los pozos. La fracción de la energía almacenada que puede ser recuperada, se calcula mediante un balance de energía para los procesos de ebullición y depende del procesado de saturación del líquido, como se ha indicado en los valores de la tabla 3.

Las eficiencias para la conversión de un calor térmico a energía eléctrica para diferentes tecnologías superficiales han sido calculadas por Nathanson (1975). La fracción del ciclo óptimo depende de la temperatura del reservorio eficiencia de conversión, costo y propiedades especiales del reservorio tales como sólidos disueltos y factores ambientales. La tecnología actual para sistemas de agua caliente consiste en una evaporación instantánea en una sola etapa de la mezcla agua-vapor, se separa el vapor del

agua y se utiliza el vapor en una turbina. Una planta con evaporación instantánea [illegible] en el sistema Petrocarbono de Zeolita (Arbuzov y Sorin, 1976) y [illegible] la decisión y utilidad de una tecnología por un color puede determinar si se aprueba dado es normalmente [illegible] una decisión requiere del conocimiento detallado de las características del sistema y del reservorio y sobre las ventajas económicas de las diferentes tecnologías de conversión. Ya que generalmente nunca se dispone de un conocimiento detallado del reservorio y el desarrollo de las tecnologías de conversión está en un estado de cambio rápido, no se realizan a fondo los estudios individuales. En lugar de utilizar sistemas de agua caliente se usan las características de conversión correspondientes [illegible] para la temperatura [illegible] de 150°C [illegible] a el [illegible] (Kaplan, 1979).

Los sistemas dominados por vapor ofrecen un desempeño mejor en el rango de temperaturas que va de [illegible] la eficiencia de conversión [illegible] a [illegible] de temperatura [illegible] aproximadamente [illegible] 150°C.

Definiendo η como el calor almacenado [illegible] de [illegible] CO_2 en el factor de recuperación, [illegible] la [illegible] se define como:

$$E = \eta \, [illegible] \quad (1)$$

(para η en [illegible] siglo XXI [illegible]). Las fórmulas de conversión dadas en la tabla 4, son válidas para comparar el valor almacenado o energía potencial efectiva de los sistemas hidrotermales convencionales arriba [illegible] los cuales se [illegible] en la tabla 4. El campo geotérmico de los [illegible] Mich. (Table 4A) considerando como de vapor dominante fue evaluado tomando como pozo la estimación efectuada para el campo de los geysers U.S.A., en el cual para efectuar los cálculos se tomó básicamente un contenido de agua del 5 por ciento.

Los sistemas de conversión hidrotermales de alta temperatura son tecnológicamente explotables y por lo tanto su contenido recuperable de calor es considerado como un recurso. Si el calor de un sistema dado no puede ser recuperado debido a que el reservorio no es poroso ni permeable, después el sistema se considera que forma parte de un recurso futuro, más que de un recurso prontamente disponible, hasta que se tenga tecnología disponible para su explotación. Actualmente en Rusia contamos con la tecnología para explotar los sistemas de conversión de media y alta temperatura y está bajo estudio la exploración de los sistemas de baja temperatura. En la presente evaluación se consideraron como explotables los 3 sistemas.

TABLA 3.- FACTORES DE RECUPERACIÓN PARA CENTRALES ELÉCTRICAS.
([illegible])

SISTEMAS DE VAPOR HÚMEDO (ARRIBA DE 200°C)				
Contenido de agua como una fracción del volumen total	0.01	0.02	0.04	0.08
Fracción de vapor de almacenamiento recuperado como calor *	0.01	0.020	0.050	0.097
e_r = factor de recuperación de energía almacenada, recuperable como energía eléctrica a una eficiencia de conversión de 0.3 *.	0.004	0.008	0.012	0.014
* Volumen de la parte porosa recuperable como la mitad del volumen del reservorio caliente.				
SISTEMAS DE AGUA CALIENTE				
Rango de temperatura.	[illegible]	100-250	[illegible]	
Eficiencia de conversión	0.08	0.10	0.12	
e_r factor de recuperación de energía almacenada, recuperable como energía eléctrica **.	0.02	0.025	0.03	
** Volumen de la parte porosa recuperable como la mitad del volumen del reservorio caliente. La cantidad de la energía térmal en la parte porosa recuperable consuma como recuperable para dar una recuperación neta del [illegible] de la energía térmal.				

EJEMPLO DE CALCULO DE LOS DATOS EXPUESTOS EN LA TABLA 4.

Area Geotérmica de la Primavera, Jalisco.

a.- Con el contenido de sílice determinado por análisis químico de diversos manantiales y usando la Fig. 1, se obtiene una temperatura de SiO2 de 170°C (columna 2). Con el contenido de Na, K y Ca usando la ecuación propuesta por Giggenbach se obtuvo 175°C de temperatura (columna 2). Debido a que es más preciso la determinación del sodio mediante el nomograma Na-K-Ca, además de que la presencia de bicarbonato tendió por ausencia con ácido bórico, se tomó como dato los del sodio, teniendo así el valor de la columna 2, igual a la temperatura del yacimiento.

b.- Para obtener el 3 ra del nomograma anterior, se tomó como dato el ya calculado por las geotermómetros anteriormente (columna 2).

c.- El volumen se calcula con el área conocida y suponiendo un espesor de 1.5 km, siendo este el espesor medio tomado en la diversas campos geotérmicos en explotación en el mundo (columna 3).

d.- Con los datos anteriores el contenido calorífico se calcula de la siguiente forma:

$$(175-15)^{\circ}C \times 2.5 \frac{calorías}{cm^3 \, °C} \times 10^{15} \, cm^3 = 1.6 \times 10^{18} \, calorías.$$

Obteniéndose así el dato de la columna 4.

e.- La capacidad de carga con esos datos con la ecuación 1 y con el factor de mantenimiento expuesto en la tabla 5.

$$1317 \times 1.01 \, (2) \times 0.02 \, cm^3 = 26.12 \, cm^3.$$

Obteniéndose con esto los datos de la columna 5, con los cuales pueden concluir los a primeros 30 años se tendrá que una MW, sigue pudiendo ser proporcionado a razón de 0.33 MW por 30 años, obteniéndose 8 MW con esto el dato de la columna 6 de 33 MW, 24 años para la primera

/Tabla 4

TABLA 4: EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RESERVORIOS GEOTÉRMICOS CON BASE EN GEOTERMÓMETROS DE SiO_2 Y NaKCa

Nombre	Localización Latitud N	Localización Longitud W	Temperatura °C Superficial (1)	Temperatura °C Geotermométrica SiO_2 (2)	Temperatura °C Geotermométrica NaKCa (3)	Temperatura °C Subsuelo (9)	Reservorio supuesto Area Km^2 (4)	Reservorio supuesto Espesor Km (5)	Reservorio supuesto Volumen Km^3 (6)	Reservorio supuesto Contenido calorífico 10^{18} calorías (7)	Capacidad MW_e 5 (8)	Capacidad MW_e 30 (9)
Baja Calif.												
Cerro Prieto A*	32°25'	115°16'	100	225	278	278	38.5	1.5	57.7	9.1	362	1 206
Cerro Prieto B**	32°25'	115°16'	-			345	50	2	100	19.7	784	2 610
Tulichek	32°30'	115°29'	100	135	283	283	7	1.5	10.5	1.7	44	147
											828	2 757
Jalisco												
La Primavera	20°40'	103°35'	89	170	170	170	7.0	1.7	11.9	1.56	36	92
La Soledad	22°52'	105°25'	100	193	201	201	4.6	1.5	7.0	0.78	24	38
Los Negros	20°15'	103°30'	96	193	211	211	11.1	1.5	16.5	1.39	45	218
Atotonilco	20°48'	103°35'	96	147	158	182	10.5	1.5	15.7	1.62	37	135
Los Negros	20°24'	103°35'	96	118	170	170	9.0	1.5	13.5	1.36	29	111
Volcanes La Mesa	25°38'	102°59'	90	154	198	198	5.0	1.5	7.5	1.10	7	13
Agua Caliente	20°29'	103°48'	45	131	151	151	2.5	1.5	3.7	0.38	13	33
Nido Corona	20°24'	103°37'	40	120	163	164	10.3	1.5	15.4	0.77	5	18
San Isidro Mazat.	20°33'	104°55'	35	133	171	171	4.8	1.5	7.2	0.67	1	6
Mezcrepa	22°36'	103°34'	55	167	159	159	1.5	1.5	2.2	0.17	1	16
Loseldé	20°17'	103°24'	32	109	134	134	1.0	1.5	1.5	0.07	11	31
Ixtapa	20°16'	103°39'	30	143	198	198	3.0	1.5	5.5	0.61	12	79
Colimilla	20°40'	103°18'	40	130	171	171	1.0	1.5	1.5	0.13	4	21
Cazahuate	20°04'	103°10'	33	125	217	217	17.0	1.5	26.5	3.17	103	341
Los Conejos	20°06'	103°25'	32	131	214	214	1.5	1.5	2.2	0.23	4	24
											915	3 275

(1) Max. Temp. encontrada superficialmente, manantial o domicilio.
(2) Temp. calculada con base en geotermómetros químicos.
(3) Temp. probable con base en los datos existentes.
(4) Area estimada de alteración: 1.5 Km^2 en manifestaciones estudiadas.
(5) Techo supuesto a 1.5 Km de prof. (si no hay datos) Fondo supuesto a 3 Km para efectos de conversión.
(6) Calculado del área y espesor supuestos.
(7) Calculado como producto del volumen por espacíficos volumétricos de 2.5 calorías/cm^3 °C y Temp. en °C arriba de 100°C (Contenido calorífico: cifras de la columna 7 x 10^{18} calorías).
(8) Mexicali: Stolp. (9) M. Elec. a 30 años.
* Cerro Prieto A.- Evaluación preliminar con base en las manifestaciones superficiales: área de 38.5 Km^2 y espesor de 1.5 Km.
** Cerro Prieto B.- Evaluación tomando datos conocidos de los pozos perforados: características máximas (mayo 1-57): Temp. de 345°C; Area de 50 Km^2 y espesor de 2 Km.

TABLA 4A. EVALUACION PRELIMINAR DEL RESERVORIO GEOTERMICO DE LOS AZUFRES, MICH.

NOMBRE	LOCALIZACION		TEMPERATURA °C				RESERVORIO SUPUESTO				CAPACIDAD	
	LAT. N	LONG. W	Superficial	Lecturas-- cutánea SiO_2	$NaKCa$	subsuelo	Área Km^2	Espesor	Volumen	Cont. Cal. 10^{15} Cal.	MW_e 5	MW_e 30
			(1)	(2)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Los Azufres, Mich.	19°47'	100°37'	115	Co Aplicada		290	35.7	1.5	53	7.22	192	306

(1) Max. Temp. encontrada superficialmente. Manantial o escape de vapor.
(2) Temp. Calculada con base en geotermómetros químicos.
(3) Temp. probable con base en los datos existentes.
(4) Area estimada de alteración 1.5 Km^2 en manifestaciones aisladas.
(5) Techo supuesto a 1.5 km. de la superf. fondo supuesto a 3 Km. para efectos de correlación.
(6) Calculado por área y espesor supuestos.
(7) Calculado como producto del volumen supuesto, calor específico volumétrico de 0.6 Cal/(°C) m^3 y temp. en la arcilla de 150°C (Intervalo calorífico: Cifras de la columna 3 menos 1 calorías).
(8) MW/Elec. Siglo
(9) MW/Elec. 30 años

(Se tomó como base el método empleado en "Assessment of Geothermal Resources of the United States" - 1975, para evaluar Los Geysers y otros campos con predominio de vapor).

CONCLUSIONES.

Como evaluación preliminar se considera bastante consistente y como ejemplo tenemos los datos de Cerro Prieto, para cuyo caso se hizo una evaluación tomando como parámetros el cono cilíndrico de las manifestaciones superficiales, obteniéndose una capacidad del orden de 1200 MW durante 30 años, con un factor de planta del 100% que es una cifra similar a la obtenida por otros métodos utilizados desde los mencionados.

Como se puede apreciar en la tabla 5, para Baja California, se obtiene con esta evaluación una capacidad de 2157 MW (30 años) y 1[illegible] en el Estado de Jalisco una capacidad de [illegible] MW, (30 años). Sumando el potencial con [illegible] de las áreas analizadas se obtiene un total de 300 [illegible] MW. Como de las [illegible], 81 [illegible] se tienen 6,600 MW (30 años) de capacidad.

Por otro lado tenemos en el eje Neovolcánico en México, como en otras zonas al lado del Pacífico, [illegible] de las áreas analizadas más de 100 zonas con alto valor térmico, posibles de explotar económicamente, con lo cual tomando como base la capacidad media de los campos del estado de Jalisco de 85 MW se tienen del orden de 8,500 MW de capacidad, los cuales sumados a los 6,600 de las áreas analizadas, nos dan un total de 15,100 MW de capacidad, que representa una cantidad similar a la capacidad instalada actualmente en el país.

TABLA 4A. EVALUACION PRELIMINAR DEL RESERVORIO GEOTERMICO DE LOS AZUFRES, MICH.

NOMBRE	LOCALIZACION		TEMPERATURA °C				RESERVORIO SUPUESTO				CAPACIDAD	
	LAT. N	LONG. W	Superficial	Geotermométrica SiO_2	Geotermométrica NaKCa	Subsuelo	Area Km^2	Espesor	Volumen	Cont. Cal. 10^{18} Cal.	MW_e 5	MW_e 30
			(1)	(2)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Los Azufres, Mich.	19°47'	100°37'	115	No Aplicable		240	55.7	1.5	83	7.22	182	606

(1) Max. Temp. encontrada superficialmente. Manantial o escape de vapor.
(2) Temp. Calculada con base en geotermometros químicos.
(3) Temp. original con base en los datos existentes.
(4) Area estimada por alteración. 1.5 Km^2 en manifestaciones aisladas
(5) Techo supuesto a 1.5 Km. de prof. fondo supuesto a 3 Km. para sistemas de convección.
(6) Calculado del area y espesor supuestos.
(7) Calculado como producto del volumen supuesto, calor específico volumétrico de 0.6 Cal/(cm³ °C) y temp. en la arcilla de 15°C (Contenido calorífico Cifras de la columna 7 según calorías).
(8) MW/Elec. Siglo
(9) MW/Elec. a 30 años

(1) Se tomó como base el método empleado en "Assessment of Geothermal Resources of the United States" - 1975, para evaluar Los Geysers y otros campos con predominio de vapor 1.

CONCLUSION.

Como evaluación preliminar se considera bastante consistente y como ejemplo [illegible] los pozos de Cerro Prieto, para cuya evaluación se hizo una evaluación tomando como base únicamente el conocimiento de las manifestaciones superficiales, obteniéndose una capacidad del orden de 1200 MWe durante 30 años, con un factor de planta del 100% que es con otros similares a la obtenida por otros métodos utilizando datos de los pozos perforados.

Como se puede apreciar en la tabla 4, para Baja California, se obtiene con esta evaluación una capacidad de 2157 MWe (30 años) y para el Estado de Jalisco una capacidad de 1775 MWe (30 años). Sumando el potencial geotérmico de las áreas analizadas de estos dos Estados más 600 MW del [illegible] de los Estados, Mich. se tienen 4,530 MWe (30 años) de capacidad.

Por otro lado hacia el Eje Neovolcánico de México, como en diversos años atrás, del 9-16, se vienen ubicando de las áreas analizadas más de 100 áreas con alta actividad hidrotermal, posibles de explotar económicamente, por lo tanto tomando como base la capacidad media de los campos del Estado de Jalisco de 81 MW se tienen del orden de 8,100 MW de capacidad, los cuales sumados a los 4,530 MW de las áreas analizadas, nos dan un total de 12,630 MW de capacidad, que representa una cantidad similar a la capacidad instalada actualmente en el país.