

COMISION NACIONAL DE INVESTIGACION
CIENTIFICA Y TECNOLOGICA (CONICYT)
Canadá 308, Casilla 297-V
Santiago, Chile.

00-8

SEMINARIO SOBRE LOS RECURSOS ENERGETICOS DE CHILE

Santiago de Chile, 16-19 Abril 1974

COMPARACION DE LOS CONSUMOS DE DIVERSOS RECURSOS
ENERGETICOS PARA LA GENERACION DE UNA MISMA UNI-
DAD DE ENERGIA ELECTRICA

Raúl A. Bravo E.

Ing. Civil de Industrias, mención Química
Comité Geotérmico CORFO
N. U.



Santiago de Chile 1974

RESUMEN.-

En este breve documento se presenta un análisis respecto de los consumos de combustibles fósiles, y su comparación con el volumen de vapor geotérmico necesario para generar una unidad de energía. Se concluye que un pozo geotérmico de 1 MW equivale a un pozo petrolífero cuya producción sea de 9 m³/día, y también que en las condiciones más desfavorables, se recupera la inversión de un pozo geotérmico en un año sólo en ahorro de combustible.

INTRODUCCION.-

Actualmente existen en Chile dos tipos de centrales eléctricas en explotación: hidráulicas y térmicas. Además de éstas se está desarrollando un programa CORFO-NU con el fin de aprovechar la energía geotérmica para la producción de energía eléctrica; este programa se encuentra en el presente en sus etapas preliminares y se han obtenido hasta el momento resultados positivos.

a) Centrales Térmicas.-

En una planta termoeléctrica hay que consumir una cierta cantidad de combustible en las calderas para producir el vapor necesario para alimentar las turbinas y generar así la energía. Este consumo de combustible por Kw-h generado se presenta en la siguiente tabla.

Tabla Nº 1.- Consumos específicos de combustibles fósiles -
en gr/Kw-h.

Diesel	300
Fuel oil	290
LPG	260
Gas natural	190 (0,26 m ³ /Kw-h)
Carbón	436

Como puede apreciarse sólo existe una pequeña diferencia (3%) entre los gr/Kw-h de los combustibles líquidos, y sería posible considerar un valor medio de 295 gr. por Kw-h generado; evidentemente que esta pequeña diferencia tiene una incidencia mucho mayor en los costos de operación, ya que el diesel tiene un precio de aproximadamente 60 US\$/ton mayor que el fuel oil.

Además de estas plantas convencionales, es decir con calderas y turbinas, existen generadores Diesel cuyo consumo es de 280 gr/kw-h; lógicamente, este consumo es menor que el de una planta convencional alimentada con diesel, puesto que no existen las calderas cuyas eficiencias normalmente son bajas.

b) Centrales Hidráulicas.-

En las centrales hidroeléctricas la potencia -

instaladas en Kw está dada por $QH/102$, valor que, considerando pérdidas y eficiencias, podrían aproximarse a $8 QH$, siendo $Q =$ caudal en m^3/s y $H =$ caída en m.

Este valor de H es muy variable y depende de la zona del país, ya que por ejemplo, en el norte (generalmente caídas grandes) es deseable ubicar las centrales antes de que las aguas entren al valle y evitar pérdidas por evaporación y filtración, aprovechándose al máximo los pequeños caudales. Sin embargo, y para efectos de análisis, consideraremos una altura promedio, ponderando las caídas de las diferentes centrales en explotación por su potencia, obteniéndose un $H = 300$ m.

Finalmente entonces, la potencia de una central hidroeléctrica hipotética estaría dada por $2.400 Q$ Kw; es decir, para tener una potencia instalada de 1 MW, se necesitaría un $Q = 0.5 m^3/s$.

c) Centrales geotérmicas.-

En contraposición a las centrales antes mencionadas, está la posibilidad de usar la energía geotérmica para generar electricidad. La utilización de dicha energía necesita, esquemáticamente pasar por varias etapas:

- Exploración, etapa en la cual se usan disciplinas tales como geología, geofísica, geoquímica; como resultado de

- esto, se determinan los lugares donde se deberán ubicar -- los pozos.
- Perforación, que es el período durante el cual se perforan los pozos, alcanzando la zona productora.
 - Explotación, etapa en que se utiliza la energía geotérmica. Una vez que el pozo se ha terminado y ya se han estabilizado las temperaturas a lo largo de él, se pone en producción descargando un flujo de agua y vapor que entra posteriormente a un separador desde donde el vapor seco es -- conducido a la turbina, generando así energía eléctrica (ver Diag. 1).

Cada pozo geotérmico descarga esta mezcla de agua y vapor a una cierta presión en la cabeza del pozo (WHP), y el consumo de vapor por Kw-h generado en una planta de este tipo es función de esta WHP, que lógicamente se traduce en una presión de entrada a la turbina. El consumo de vapor en lb/kw-h puede observarse en el Diag. 2.-

Existe una presión óptima de trabajo de los pozos en relación al control de la descarga del yacimiento, y que es de aproximadamente 80 psig., lo que implica un consumo de vapor en la turbina de alrededor de 8 Kg/Kw-h (considerando las pérdidas en la transmisión desde el pozo hasta la entrada a la turbina). Esta presión de 80 psig. es posible ob

tenerla colocando una placa orificio en la tubería de des -
carga del pozo.

d) Conclusiones.-

Actualmente existen en Chile pozos geotérmicos de 1 MW, 3 MW y 7 MW. Basándose en los antecedentes dados, y considerando que las plantas estarán en operación 330 ds. al año es posible desarrollar la siguiente tabla.

Tabla Nº 2.- Comparación de centrales térmicas, hidráulicas y geotérmicas para diferentes potencias instaladas .

Potencia instalada	Consumo aproximado de combustible en ton/año Planta Térmica						Planta (1) Geotérmica	Valores de Q en M ³ /s Planta Hidráulica		Planta (2) Geotérmica
	Diesel caldera	Diesel Genera.	Fuel Oil	LPG	Gas	Carbón		QH	Q para H=300 m	
1	2.500	2.200	2.250	2.000	1.500	3.500	65.000	125	0.5	8.000
3	7.500	6.600	6.750	6.000	4.500	10.500	195.000	375	1.5	24.000
7	17.500	15.400	15.750	14.000	10.500	24.500	455.000	875	3.5	56.000

(1) Vapor en ton/año proveniente del pozo a WHP = 80 psig

(2) Vapor en Kg/h con WHP = 80 psig

Basándonos en los consumos de combustibles derivados del petróleo, presentados en la Tabla Nº 2, es posible concluir, que si tenemos un pozo geotérmico de 1MW, éste equivaldría a un pozo petrolífero que produjera aproximadamente 9 m³/ día; ahora bien, si se trata de un pozo de 7-MW, como es el caso del Pozo Nº7 de El Tatio, la producción del pozo petrolífero debería ser de 63 m³/día.

Haciendo un pequeño análisis económico también se desprende la ventaja de usar energía geotérmica:

Tabla Nº 3.- Precios de los combustibles fósiles en US\$/ton.

Diesel	175
Fuel Oil	115
LPG	250
Gas Natural	115
Carbón	25

Un pozo geotérmico, cualquiera sea su potencia, tiene un costo aproximado de US\$ 150.000. Ahora, considerando los consumos de la Tabla Nº 2 y los precios de la Tabla Nº 3, podemos ver que para un pozo de 1 MW necesitamos gastar en combustibles derivados del petróleo por lo menos US\$ 172.500 es decir, el pozo se paga en un año y queda en excedente de aproximadamente US\$ 20.000 (esta diferencia se ha-

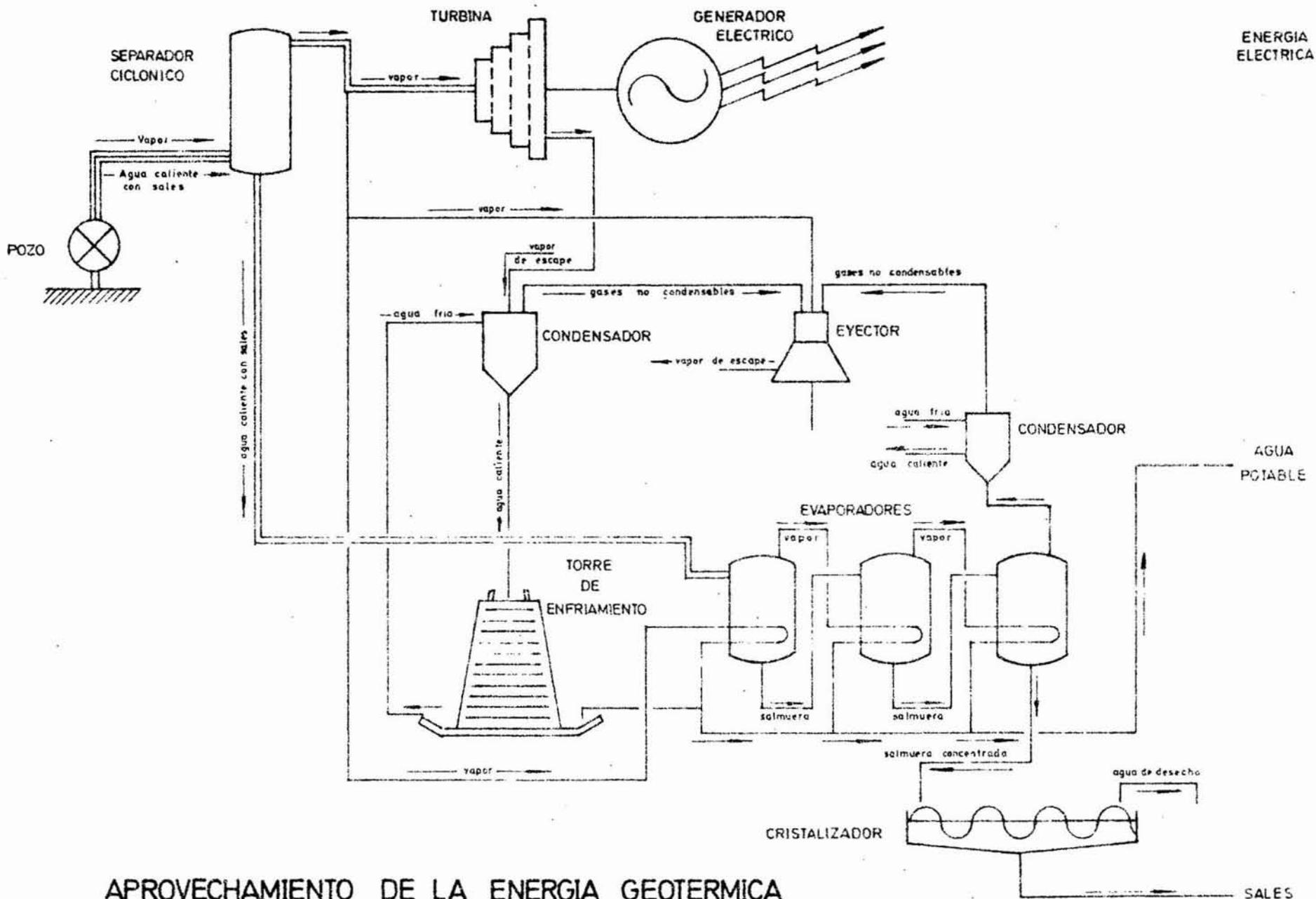
ce mucho mayor si hacemos la comparación con el Pozo Nº 7 - de El Tatio); este análisis es sin considerar ningún otro - costo, como sería el caso de las calderas en una central -- termoeléctrica. Al comparar con el carbón parecería que no es tan atractiva la planta geotérmica, desde el punto de -- vista del consumo de combustible solamente, pero esto es só lo si el pozo es de 1 MW; si tenemos 3 MW de potencia instalados nuevamente se ve ventajosa esta nueva forma de energía.

Resumiendo: el usar la energía geotérmica para generar electricidad se traduce en un gran ahorro en el consumo de combustibles fósiles (ahorro volumétrico que podría destinarse a otros usos, y ahorro de divisas ya que el país importa aproximadamente un 70% del petróleo que consume); además resalta el hecho de no estar limitados a buscar ciertos valores de Q x H.

Hay que agregar a lo anterior que en una planta de tipo geotérmico no existen los problemas de almacenamiento y transporte de los combustibles fósiles, como tampoco hay que construir represas y aducciones como en el caso hidroeléctrico.

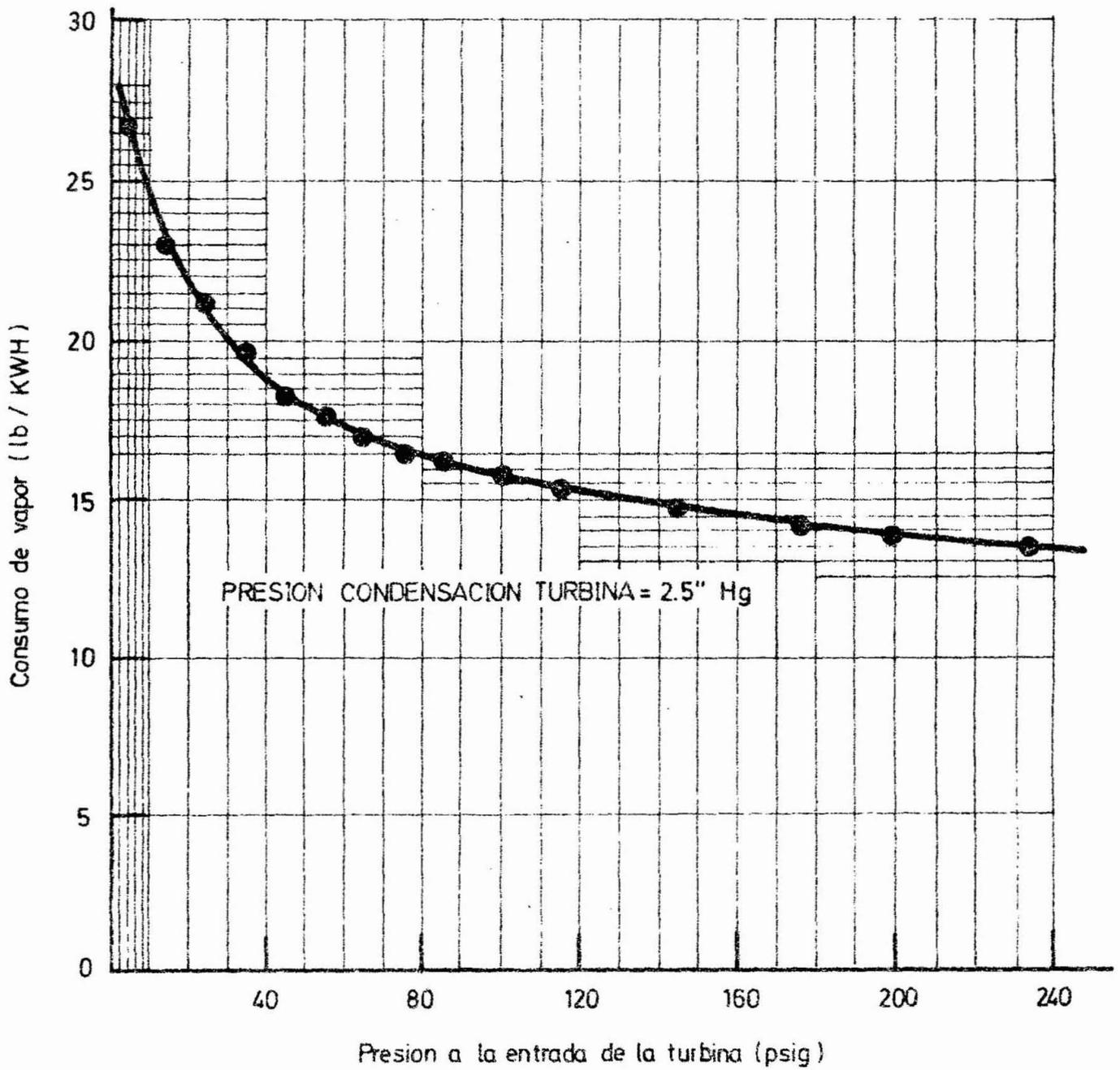
Finalmente hay que decir que al explotar este-

recurso para generar electricidad, es posible obtener subproductos como son: agua (muy importante en la zona norte del - país) y sales minerales cuya recuperación debe estudiarse.-



APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA GEOTERMICA

COMITE GEOTERMICO CORFO-NU
 DIAGRAMA 1



PRESION V/S CONSUMO DE VAPOR SECO
 (HALDANE WOOD Y ARMSTEAD 1958)

COMITE GEOTERMICO CORFO - NU
 DIAGRAMA 2

B I B L I O G R A F I A

- 1.) Producción y consumo de energía en Chile 1971. Gerencia de Explotación, Oficina de Información y Control de Resultados de Explotación, ENDESA.
- 2.) Serie de comunicaciones personales en ENDESA, ENAP e INTEC (CORFO).