6.3.5 噴気試験

（1）試験概要

噴気試験では、噴気誘導、噴気量測定、噴出流体の採取・分析、噴気停止後の圧力遷移（ビルドアップ）試験を行った。噴出量・発電ポテンシャル・エンタルピーの測定は、リップ圧を用いたジェームズ式を使用した。AMF－1・2では噴気誘導に成功し、約1ヶ月の噴気を行った。また、AMF－3・4でも噴気誘導を行ったが、噴気に至らなかった。

坑井名	蒸気量(t/h)	熱水量(t/h)	エンタルピー(kcal/kg)
AMF-1	40	125	300
AMF-2	55	25	500
AMF-3	噴気に至らず		
AMF-4	噴気に至らず		

（2）試験結果

1）AMF－1

AMF－1の噴気前の坑口圧力（ゲージ圧）は36kg／cm^2の高圧を示し、坑口弁の開放で噴気に至った。噴気期間は1994年6月14日から、同年7月16日までの31日間である（第6.3.29図）。全噴出量は初期には105t／hであったが、終了時には175t／hに増加した。発電ポテンシャルは4.5MWから6.0MWに増加したが、エンタルピーは約300kcal／kgでほぼ一定であった。全噴出量の165t／h時には、蒸気量;40t／h、熱水量;125t／h、蒸気比は0.24で、熱水が卓越した。この時の坑口圧力（ゲージ圧）は11kg／cm^2で、エンタルピーは300kcal／kgであった。温度とエンタルピーの関係より、貯留層内は熱水の単相状態と推定される。

噴気期の坑口圧力（ゲージ圧）は11～17kg／cm^2と高圧であるため、商業発電を想定し、坑口圧力（ゲージ圧）を7 kg／cm^2とした場合の発電ポテンシャルを求めると、6.7MW（全噴出量;190t／h)である（第6.3.30図）。また、噴気停止後の圧力遷移試験では、kh（透水率－層厚積）値は8,200md.m.と見積もられる。

熱水はNa－Cl型で、中性(pH;7）である。蒸気には、CO_2が5,510ppm、H_2Sが80ppm である（第6.3.3 表）。

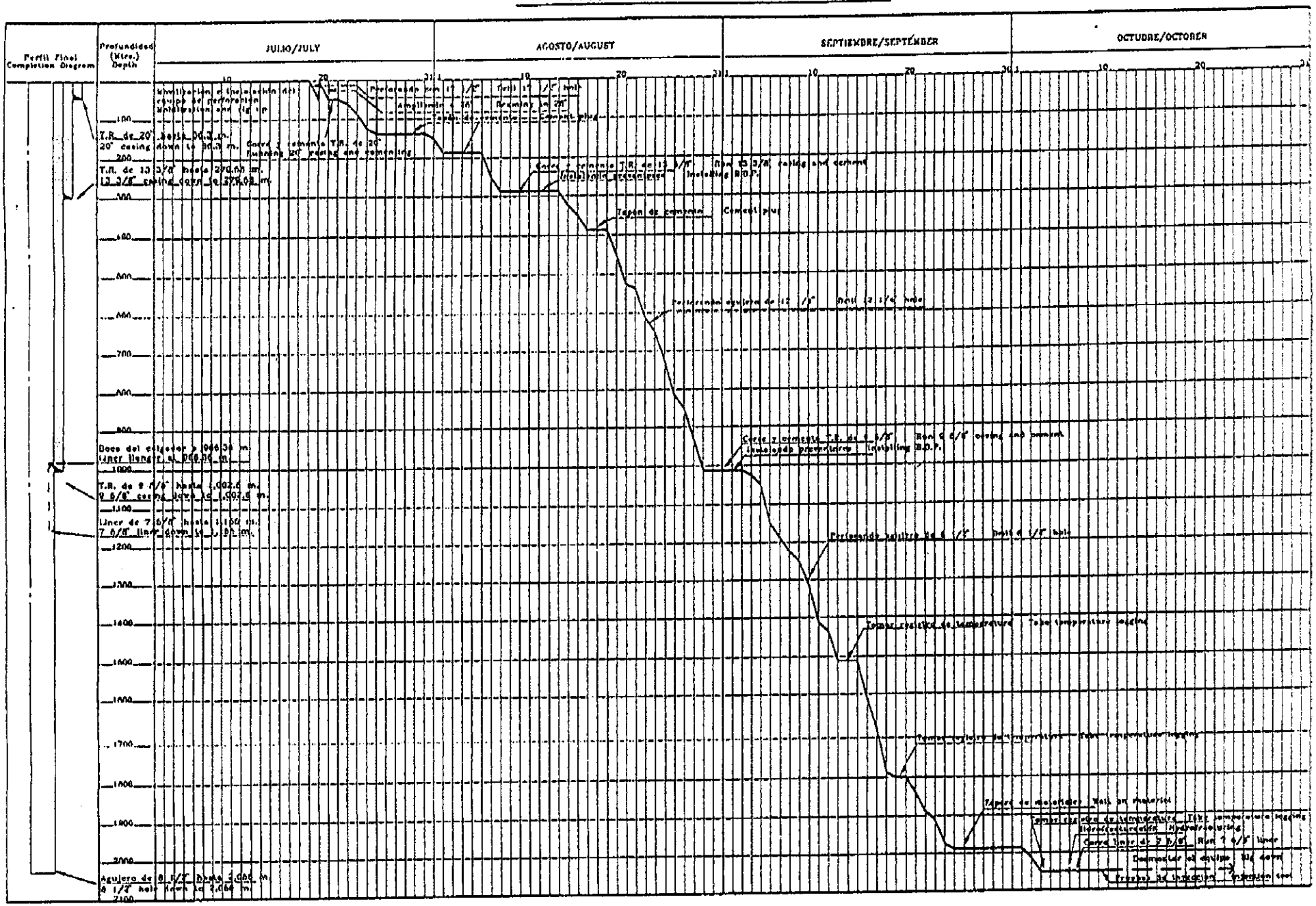
2）AMF－2

AMF－2の噴気前の坑口圧力（ゲージ圧）は52kg／cm^2の高圧を示し、坑口弁の開放で噴気に至った。噴気期間は1994年8月3日から、同年9月3日までの31日間である（第6.3.31図）。全噴出量はほぼ80t／hであったが、発電ポテンシャルは5.5MWから7.0MWに増加し、エンタルピーは約500kcal／kgで安定した。全噴出量の80t／h時には、蒸気量;55t／h、熱水量;25t／h、蒸気比は0.69であった。この時の坑口圧力（ゲージ圧）は8kg／cm^2で、エンタルピーは500kcal／kgであった。温度とエンタルピーの関係より、貯留層内は熱水・蒸気の2相状態と推定される。

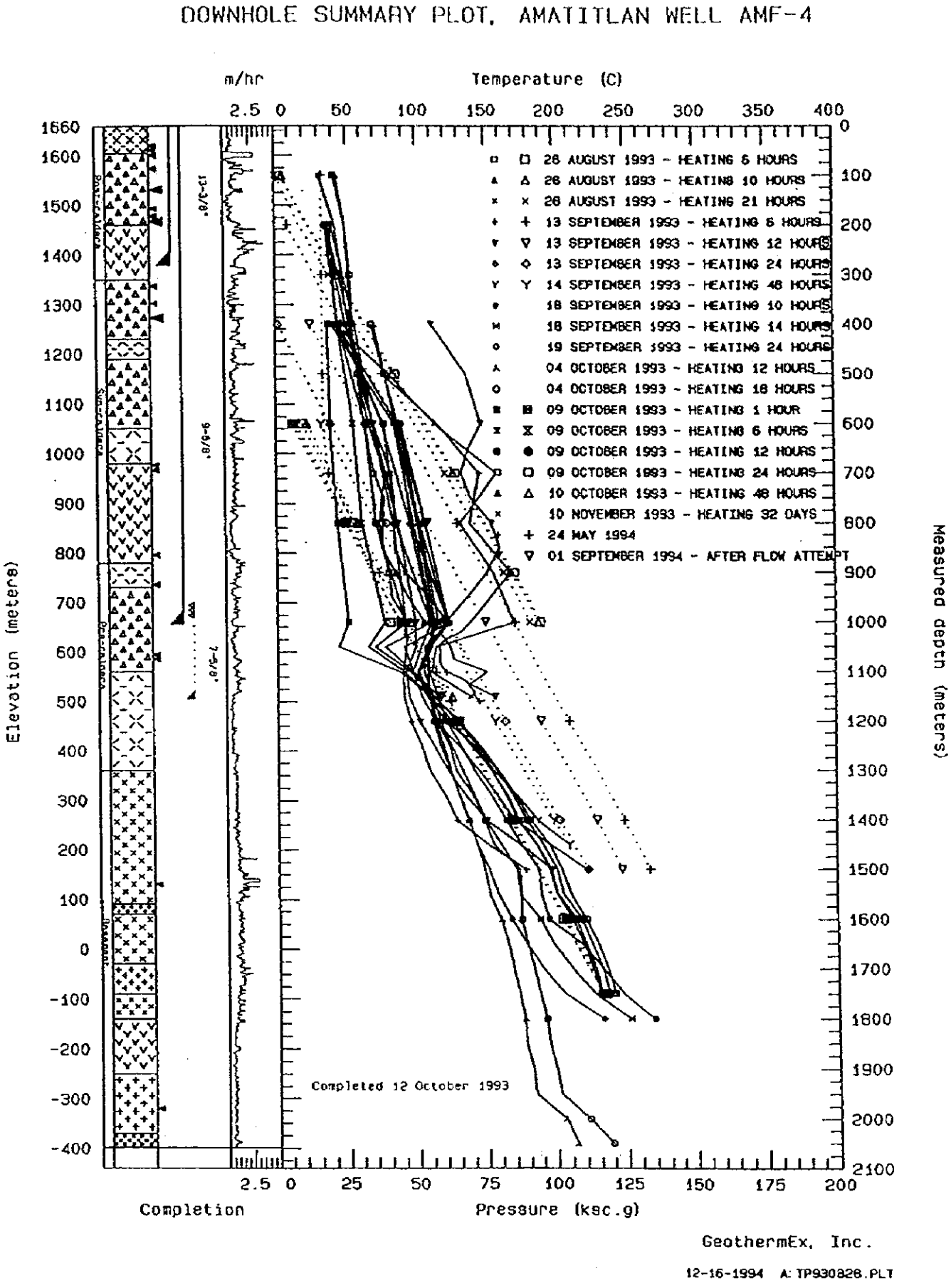
噴気期の坑口圧力（ゲージ圧）は8～37kg／cm^2と高圧であるため、商業発電を想定し、坑口圧力（ゲージ圧）を7kg／cm^2とした場合の発電ポテンシャルを求めると、7.6MW（全噴出量;80t／h）である（第6.3.32図）。また、噴気停止後の圧力遷移試験では、kh（透水率－層厚積）値は1,300md.m.と見積もられる。

熱水はNa－Cl型で、中性(pH;7）である。蒸気には、CO_2が17,200ppm 、H_2Sが233ppm である（第6.3.3 表）。

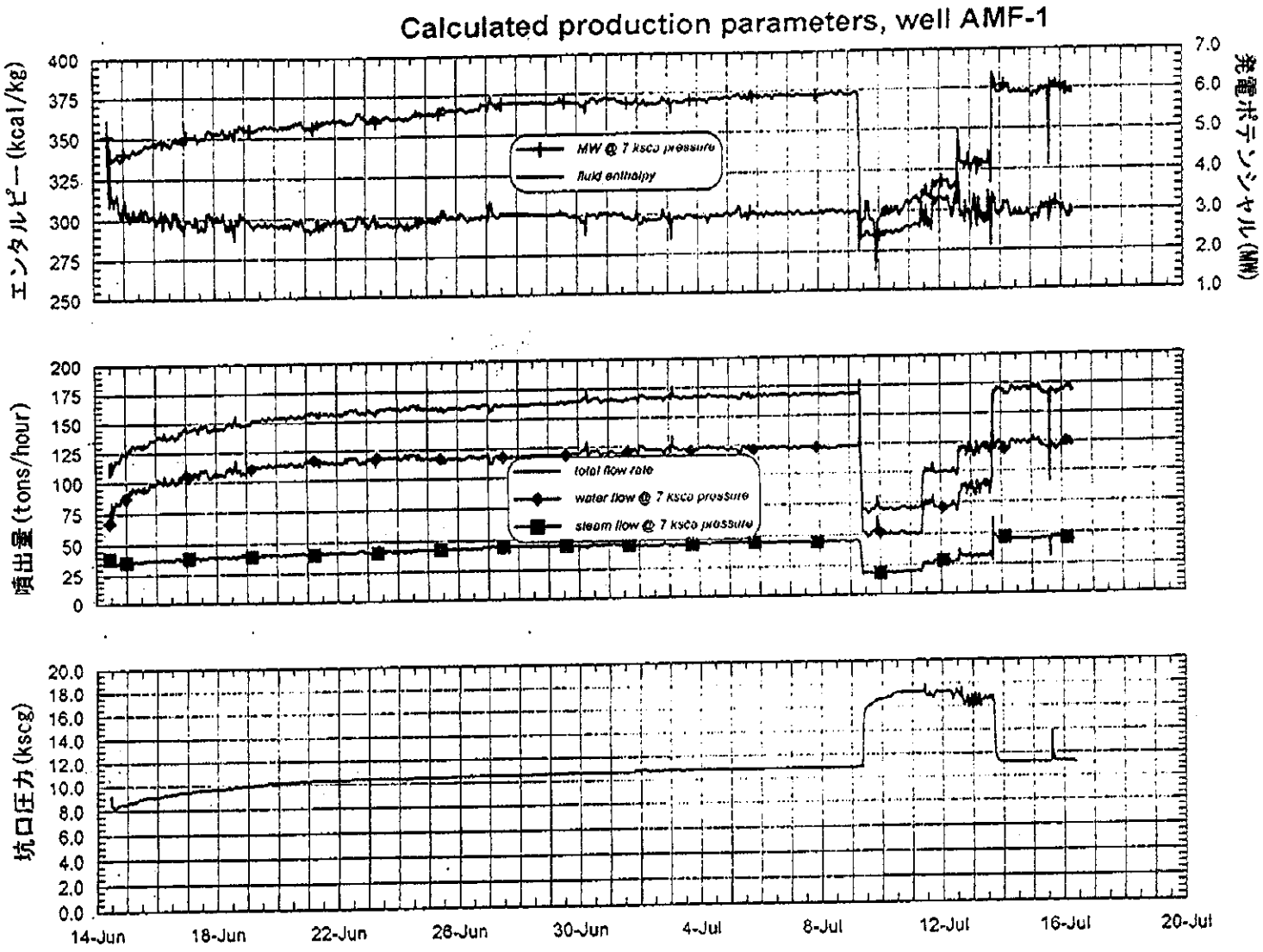
DIAGRAMA DE PERFORACION DEL POZO AMF-4
DRILLING DIAGRAM OF WELL AMF-4



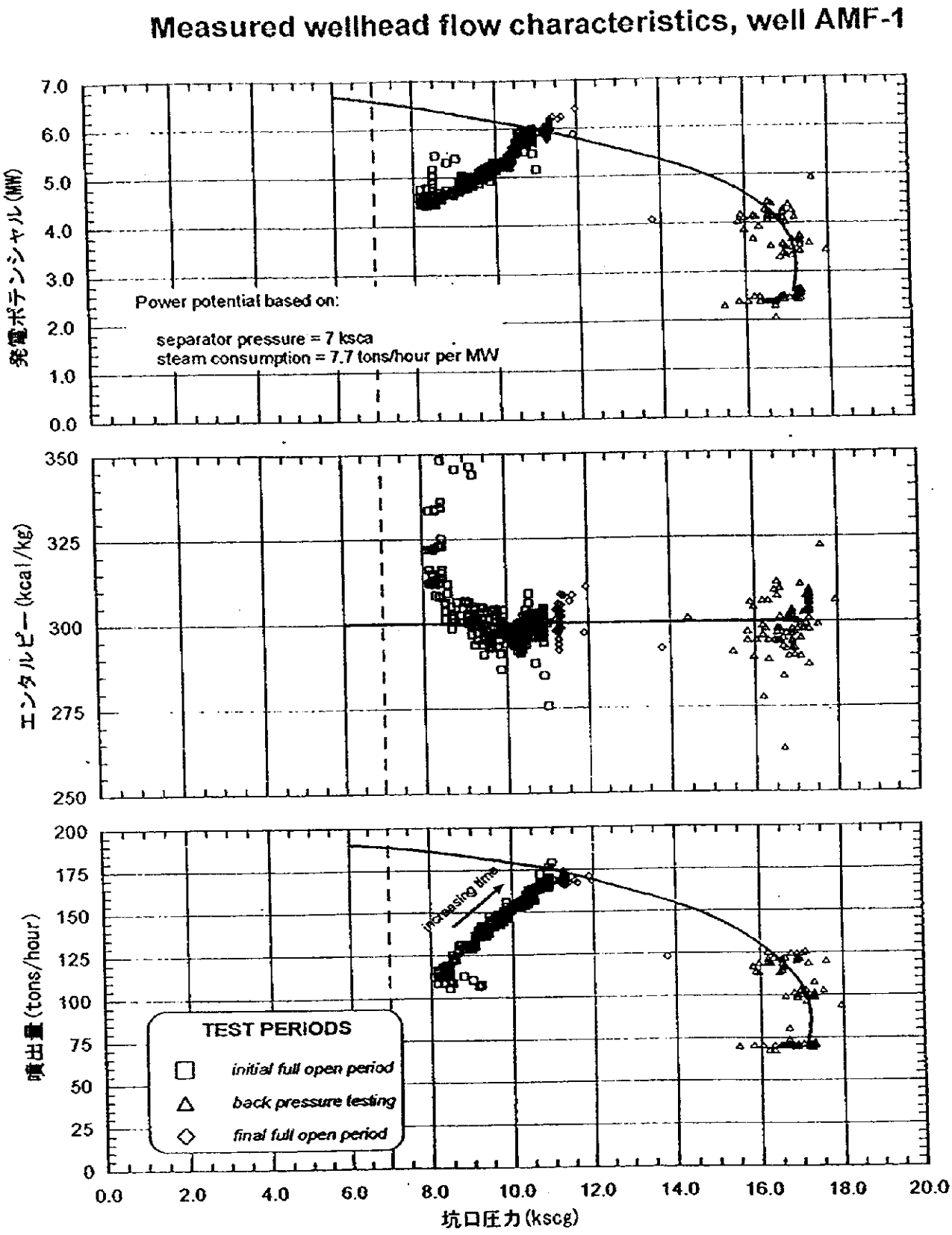
第6.3.27図　ＡＭＦ－４のドリリングチャート



第6.3.28図　ＡＭＦ－４の坑井調査結果



第6.3.29図　ＡＭＦ－１の噴気試験結果図



第6.3.30図　ＡＭＦ－１の坑口圧力と発電ポテンシャルの関係図

第6.3.3 表　ＡＭＦ－１・２の地熱流体分析結果

δD	-50.10	-47.50
δO^{18}	-4.11	-3.33
pH	7.01	6.51
Ca	79.21	62.10
Mg	-0.16	1.22
Na	2,298.00	2,188.00
K	495.00	448.00
Li	15.70	12.55
HCO_3	38.00	39.00
SO_4	28.00	27.00
Cl	4,049.00	3,797.00
SiO_2	567.00	935.00
B	43.28	63.19
Fe	0.13	0.29
F	1.03	0.96
As	7.59	7.75
TDS	7,610.00	6,950.00
CO_2 ▫	5,510.00	17,200.00
H_2S ▫	79.70	233.00

3）AMF－3

AMF－3 の噴気前の坑口圧力（ゲージ圧）は 0kg／cm^2 で、コンプレッサーを使用しエアリフトによる噴気誘導を行ったが噴気に至らなかった。

4）AMF－4

AMF－4 の噴気前の坑口圧力（ゲージ圧）は 35kg／cm^2 の高圧を示し、坑口弁を開放したが、透水性の不良のため噴気に至らなかった。

6.3.6 資源量評価

資源量評価のため、INDE により数値シミュレーションが行われている。シミュレーション範囲は東西 10km、南北 14km である（第 6.3.33 図）。この範囲で垂直方向の 5 層に分割され、各層でも格子状に分割され、1,220 個のブロックからなる。各層の分割は大口径試験井掘削地点の周辺は 100～200m の細かい間隔とし、周辺部は 1～2km の粗い間隔になっている。各層の層厚は、1・2・3・4 層が各 300m 、5 層が 400m である。使用されたシミュレータは LBL(Laurence Berkeley Laboratory) により開発されたシミュレータ「TOUGH2」を改良した「GEOSIM6」を用いている。各ブロックには、初期温度・圧力、岩石物性（比熱、密度、空隙率、熱伝導率、透水性など）のパラメータが与えられている。

初めに計算された生産開始前の自然状態の温度分布は、AMF－1～4 により確認された温度に良く一致している（第 6.3.34 図）。この自然状態モデルから、AMF－1・2 で噴気試験で得た蒸気量の生産を行うと、12MW で 30 年の発電が可能であるという結果を得た。また、AMF－2 の南方及びび南東方に 3 本の追加井を掘削し、1 坑井あたり 38.6t／h の蒸気を生産することにより、25MW で 30 年の発電が可能であるという結果を得ている。

6.3.7 評価

既存調査結果について、INDE と討論し、以下のように評価した。

（1）地質調査

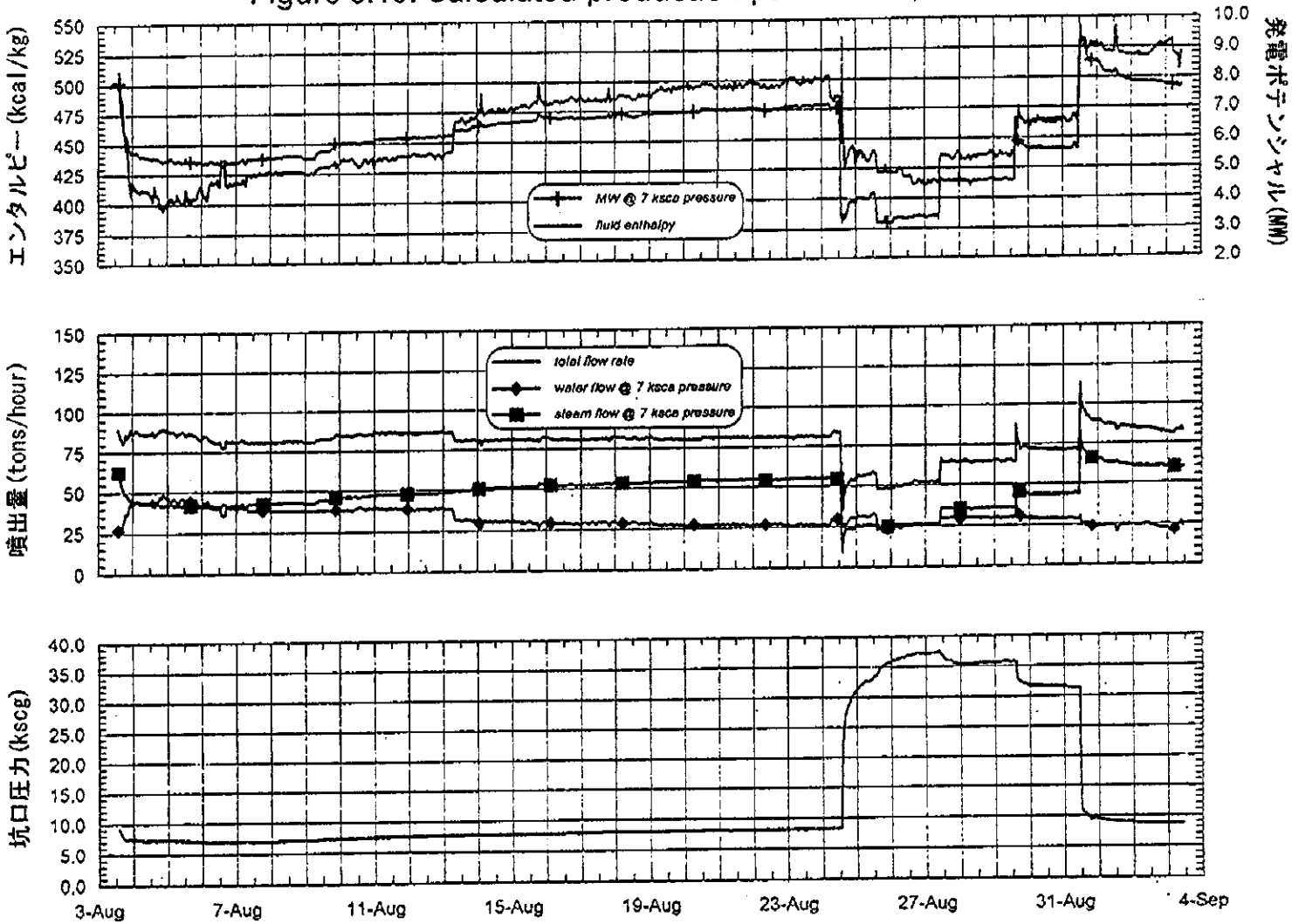
地質層序はほぼ完成しているが、Amatitlan カルデラの構造がまだ完全には解明されていない。また、Amatitlan カルデラと Pacaya 火山の関係の解明は、本地域の熱源の評価になると考えられる。

今回、本地域の変質帯分布図及び変質帯分帯図を確認できなかったが、熱水活動の変遷を把握するためにも、地熱変質帯に関する調査は急務を考えられる。

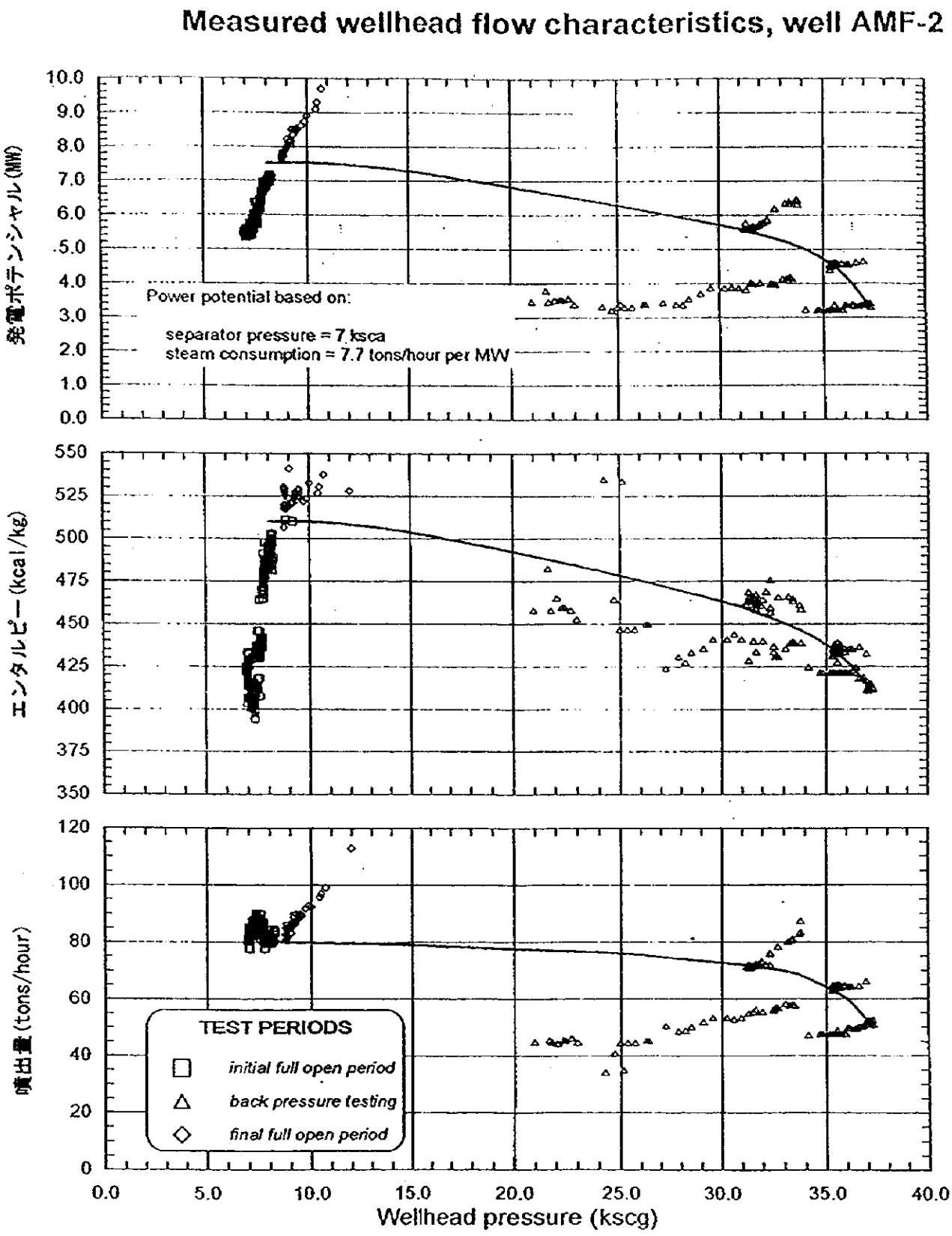
（2）地化学調査

AMF－1・2 で地熱流体が確認され、これらと周辺温泉水との関係を明確にする必要がある。今回得た資料では両者は同一起源のものと推定しているが、各種の関係図の作成、温泉ガス・噴気ガス及び AMF－1・2 のガスの同位体分析が必要と考えられる。

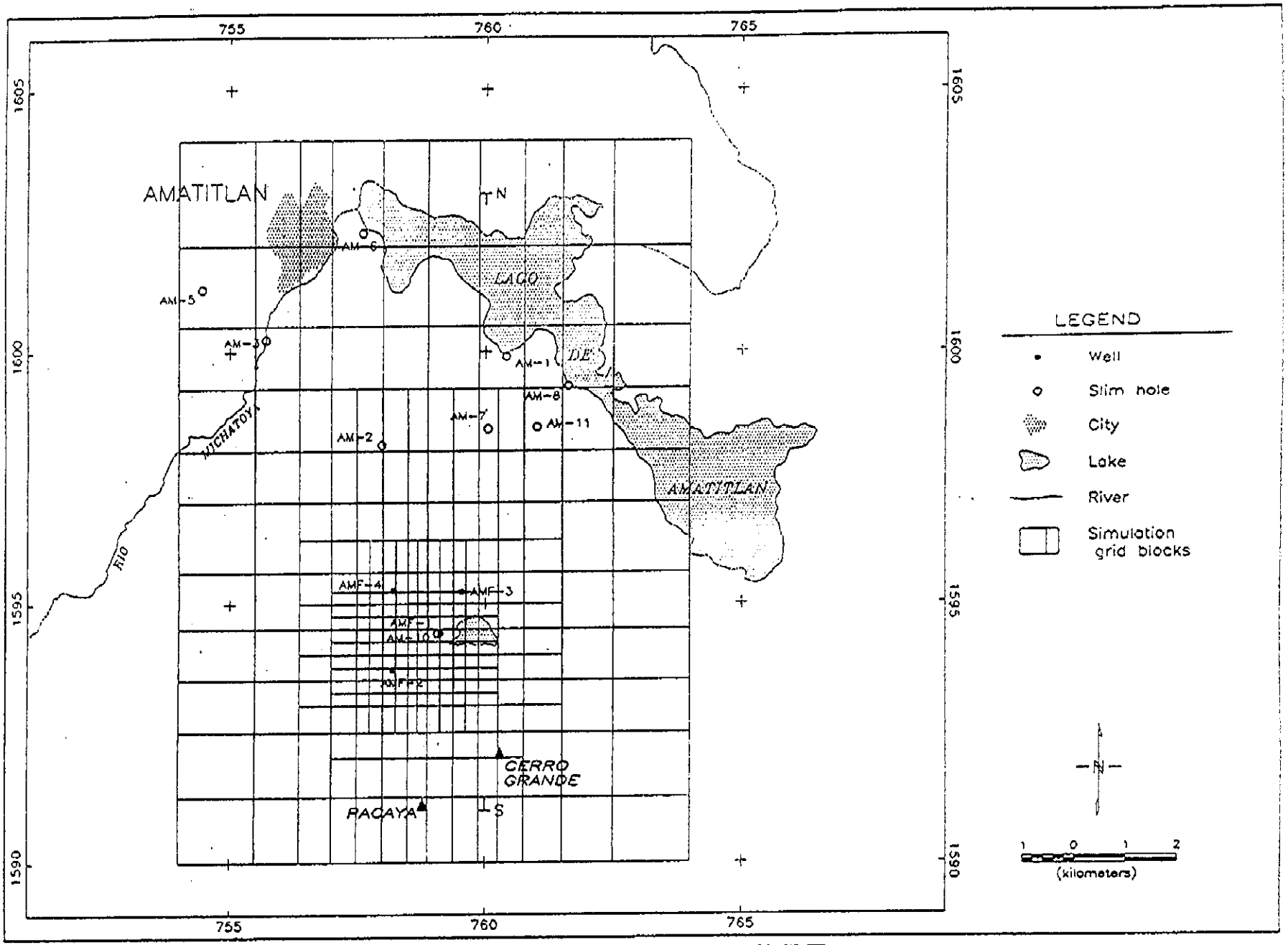
Figure 5.10: Calculated production parameters, well AMF-2



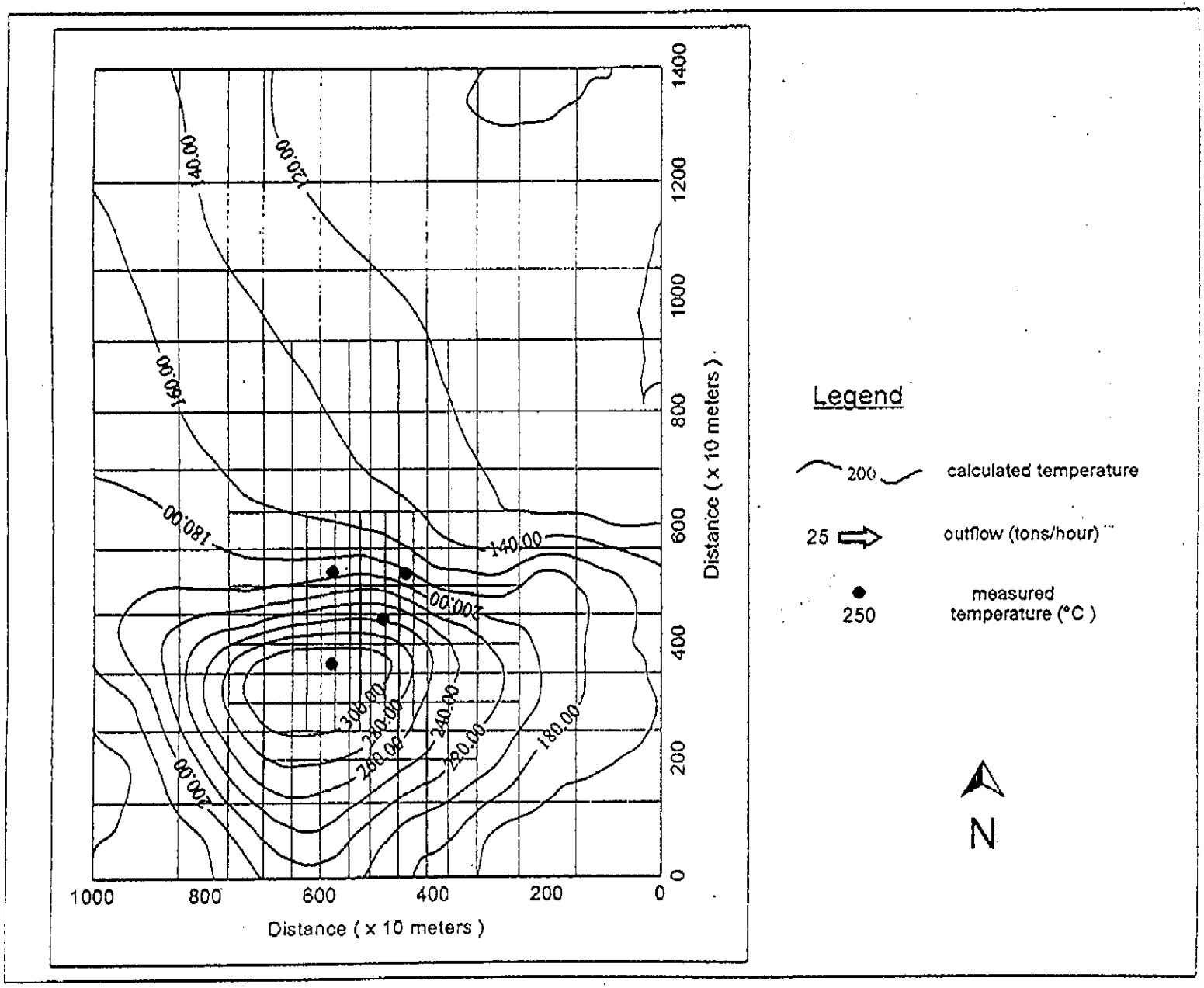
第6. 3. 31図　ＡＭＦ－２の噴気試験結果図



第6.3.32図　ＡＭＦ－２の坑口圧力と発電ポテンシャルの関係図



第6.3.33図　数値シュミレーション範囲図



第6.3.34図　数値シュミレーションにおける自然状態の地下温度分布図

（3）物理探査

物理探査法には重力、磁気、電気、電磁、地震探査などがあり、地熱探査にはこのうち主に重力と電磁探査が適応されることが多い。重力探査は、地下の密度構造の変化による重力変化から地下構造を解析するものである。深部の基盤構造、断層構造、密度の異なる地層変化などが解析される。また、地熱資源探査には電気探査、電磁探査が最も良く利用されている。シュランベルジャー法による直流法電気探査では、電気を流す電極の間隔を広げることにより、深部の比抵抗の情報をとるものである。一方、最近比抵抗法の主流となっている電磁探査では、送信する信号の周波数を変えることにより深度情報を観測するものである。これには、人工信号源を用いた CSAMT 法、自然の信号源を用いたMT法などがある。前者は1km以浅の比較的浅い構造、後者は数km以上の深部構造の解明に用いられている。

本地域の物理探査は実施時期が古く、旧式の探査機器の使用やデータ解析に問題がある。今後、再調査・再解析の必要がある。Worden 重力計は 1960 年代に用いられた魔法瓶型の重力計であり、クランプを持たないためドリフトが大きく、その後普及した La Coste 重力計に比較するとはるかに性能が低い。本地域では、重力探査によりカルデラ構造を解明すること、特に、その縁辺部の階段状構造を明らかにすることが重要である。このため、南部地域に重点をおいた重力探査が必要である。

磁気探査の結果については、時間的制約より十分な平面図の説明がなかった。調査結論には、岩石の帯磁率測定をしていないが、残留磁気が感応磁気に比較して強いことなどが記載されている。

（4）坑井調査

大口径調査井の掘削・仕上げは、我国の地熱発電所の蒸気生産井とほぼ同一仕様である。AMF－1・2 の噴気期間は約 1 ヶ月で、安定した噴出量・エンタルピー・発電ポテンシャルのデータを取得している。AMF－1 の発電ポテンシャルは噴気中は4.5～6.0MW（坑口圧力(ゲージ圧)；11～17kg／cm^2）で、坑口圧力(ゲージ圧)を7kg／cm^2とすると 6.7MW である。AMF－2 の発電ポテンシャルは噴気中は5.5～7.0MW（坑口圧力(ゲージ圧)；8～37kg／cm^2）で、坑口圧力(ゲージ圧)を 7 kg／cm^2とすると 7.6MW である。これらのことから、両坑井の坑口圧力(ゲージ圧)を 7 kg／cm^2とすると、発電ポテンシャルは安全をみて約 12MW と評価される。

（5）資源量評価

数値シミュレーションでは、AMF－2 の南方及び南東方の調査データが殆どない範囲も対象にしており、調査データの空白地域を埋め、精度向上をはかるべきである。

（6）調査全体

我国でも実施されている調査プログラムに従って調査が進められており、これらの調査結果は妥当である。高温が確認された AMF－1・2 周辺は、調査地域の南縁に位置し、調査精度が低いため、新規調査により貯留層の南方への広がりを確認する必要がある。

6.4 地熱資源及び地熱ポテンシャルの評価

6.4.1 地熱資源および開発調査有望地域

（1）地熱資源

INDE 所有の試験井 AMF－1・2 の熱水は、中性で H_2S（硫化水素）濃度が低く地熱発電に支障のないものである。蒸気は高温で、その発電ポテンシャルが高く両坑井で約 12MW と見積もられる。これらの坑井で確認されている地熱貯留層の深度は 800～1,500m 間である。INDE では、これらの坑井を含む地域の数値モデルを作成し、シュミレーションを行なっている。シュミレーショの範囲は調査地域外も含まれ、設定条件に仮定が多い。また、シュミレータは世界的に使用されている TOUGH2 の改良版である。この結果では、あと 3 本の坑井を掘削した場合（合計で 5 本の坑井を使用した場合）、25MW で 30 年の発電が可能である。ただし、追加井の掘削位置はまだ選定されていない。

今回、INDE より地熱系概念モデルが説明された（第 6.4.1 図）。この概念モデルの要素は、Pacaya 火山を熱源とし、マグマ水と天水の混合したものが加熱され地熱流体をなっている。地熱流体は Amatitlan カルデラ縁辺部の断層帯（透水性の良好な箇所）で上昇し、地熱貯留層を形成している。一部の地熱流体は Amatitlan カルデラ内を北方に流動している。

この概念モデルに関し、INDE と協議した。この結果、地熱貯留層は大規模な Amatitlan カルデラの構造に支配されていること、高温域及び透水性の良好な箇所はカルデラ構造の縁辺に広がることが推定される。これに基づくと、INDE が確認している地熱貯留層分布域は、さらにその南方及び東西方に広がっていると想定される。開発調査対象地域は、INDE の調査地域外にも広げる必要がある。

（2）開発調査有望地域

INDE との協議により、開発調査対象地域として INDE 調査地域の南部を含む東西 7km、南北 4km の 28km^2 の範囲を選定した（第 6.4.2 図）。

（3）現地調査

現地調査は INDE の地熱技術者の案内で、地熱開発調査対象地域（以下、対象地域とする）を、以下の視点で視察した（第 6.4.2 図）。

（4）アクセス

グァテマラ市から対象地域（Amatitlan 地熱地域の南部）までは、舗装された主要幹線（国道 CA9）を Amatitlan 市街を通過して南西に走り、San Vicente Pacaya 市街への道に入る。グァテマラ市からこの分岐までは約 25km である。国道から現地への山岳道路は未舗装で、東へ約 10km 入る。道路は約 4m 幅で特にヘアピンカーブもなく、機材、プラントの輸送に問題はない。雨期に備えて、簡易舗装を施せば、通勤、輸送はさらに便利になる。分岐から San Vicente Pacaya 市街までの 5km は近日舗装される計画があるという。

（5）地形

対象地域の標高は、グァテマラ市より 300～1,000m 以上高い 1,800～2,500m であり、Pacaya 火山の北麓に位置している。対象地域の地形は、標高 2,000m より下は比較的緩やかであり、植生も粗く、畑作地、未利用地になっている。地熱開発地域としては良好な地形である。

（6）掘削基地及び掘削用水

AMF－2の掘削地点は、San Francisco de Sales集落に近く、十分な掘削用地を確保して実施されている。また、AMF－1の掘削地点は、Laguna de Calderas（カルデラ湖）の西側で掘削されており、敷地内に5MWのテストプラントの建設中であった。既存のアクセス道があるめ、掘削基地の選択は容易と考えらる。また、アクセス道からの進入道は、傾斜掘りも考慮すると、短距離ですむと考えられる。

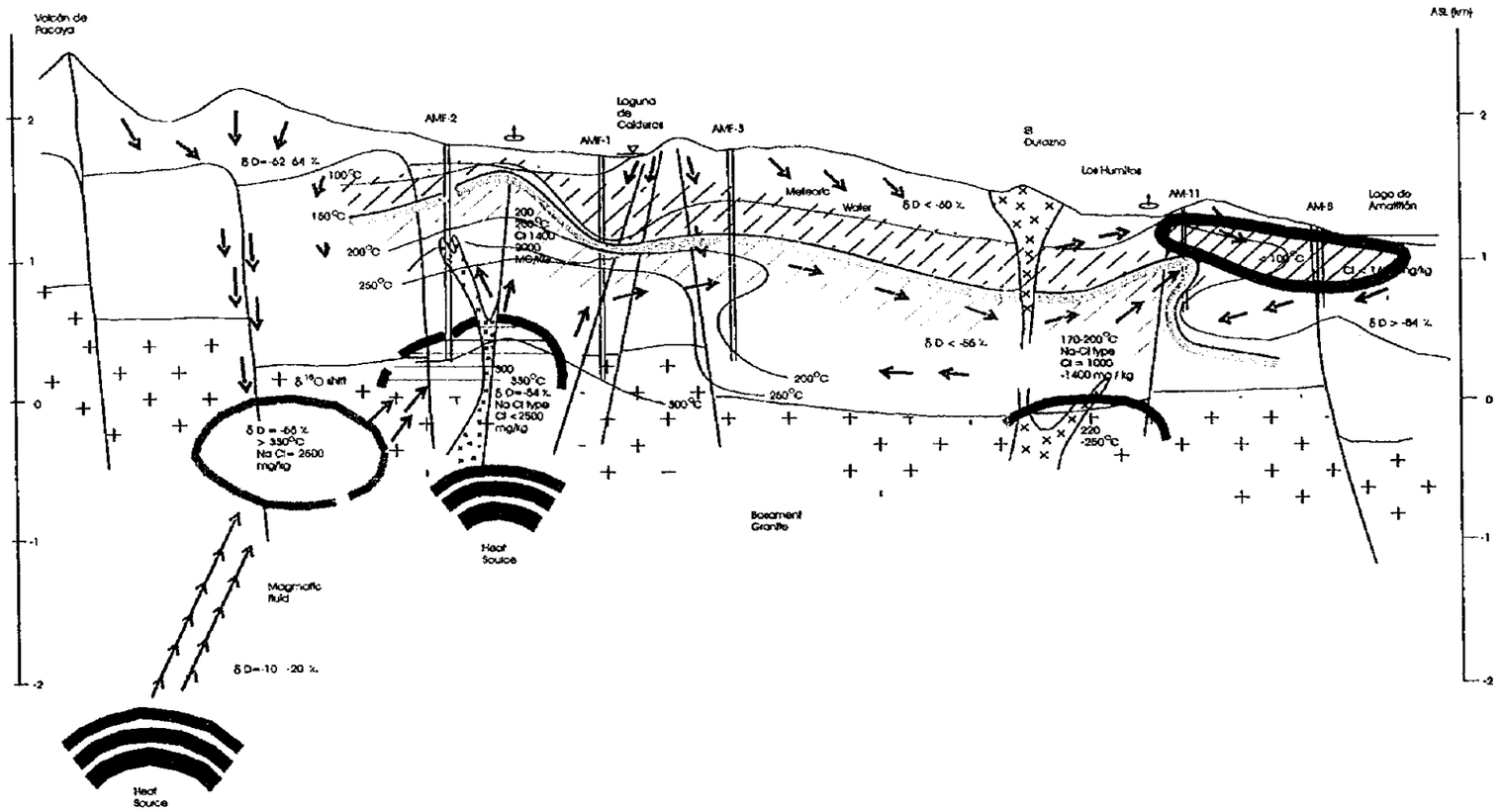
掘削用水は、河川水が利用できないため、AMF－1などはLaguna de Calderasから揚水して掘削している。今後の掘削においても、従来通り湖水の利用は可能であり、INDEが地域住民の了解を得て取水することになる。

6.4.2 環境問題

対象地域を含む周辺域での INDE の長年の調査活動により、周辺住民との問題が生ずる可能性は低い。また、対象地域は農業開発地域であるため、新たな森林破壊は生じない。懸念される貴重な動・植物は確認されていない。

水については、環境に影響を及ぼさないように特に掘削時の配慮が必要である。また、調査井からの熱水は全量地下還元を行うものとする。噴気ガスに含まれるH_2S（硫化水素）濃度も低いため、周辺住民への影響はないと思われるが、地形的な盆状構造にガスが停滞することのないように発電所の設計、建設時には配慮が必要であろう。どちらにせよ、発電、配管による土地利用、噴気試験の騒音などもあるため、周辺住民の理解を十分に得ることは肝要である。

対象地域の南端の Pacaya 火山は、最近の溶岩流は山頂から南へ流下している。風向が北または北東であることが多いため、地域への降灰はない。噴火活動が活発になった場合、溶岩は南へ流れ、北側には Cerro Chico, Cerro Chiquito, Cerro Grande の山々があるため、対象地域が直接被害を受けることは少ない。しかしながら、AMF－2 の掘削地点は活火山の火口から直線距離で 3km に位置しているため、防災対策は必要であろう。本格的な開発調査の開始を機に微小地震の観測を行い、火山活動との関連も把握しておくことが望ましい。



LEGEND

- Low temperature reservoir
- Intermediate temperature reservoir
- High temperature reservoir
- Parental fluid of the Amatitlan geothermal system
- 200°C Isothermal line
- Cap rock
- Thermal fluid flow
- Meteoric water flow

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACION
INDE-GUATEMALA, C.A.

PROYECTO GEOTERMICO DE AMATITLAN
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD/FEASIBILITY STUDY
AMATITLAN GEOTHERMAL PROJECT

R/F

MODELO GEOQUIMICO CONCEPTUAL
CONCEPTUAL GEOCHEMICAL MODEL

第6.4.1 図　Amatitlan 地域の地熱系概念モデル

第6.4.2 図　Amatitian 地域の開発調査有望地域

第7.2.1 表　グァテマラにおける坑井掘削コスト

SUMMARY OF DRILLING COSTS IN GUATEMALA (US$)

Well	Year	Drilling	Materials	Platforms	Total	Depth. (m)	MW	US$/m	US$/MW	Remmarks
Zunil ZCQ-1	1980				993,000	1,310	0.0	758		Average costs
Zunil ZCQ-2	1980				993,000	812		1,223		Average costs
Zunil ZCQ-3	1980				993,000	1,041	2.4	954	413,750	Average costs
Zunil ZCQ-4	80-81				993,000	1,025	2.8	969	354,643	Average costs
Zunil ZCQ-5	1981				993,000	1,080		919		Average costs
Zunil ZCQ-6	1981				914,584	1,142	3.6	870	275,833	Average costs
Zunil ZCQR-1	1992				2,014,159	1,500	0.0	610		
Zunil ZD-1	90-91	1,216,395	660,597	137,167	2,154,118	1,516	12.0	1,329	167,847	Directional Well
Zunil ZD-2	1991	1,482,168	641,422	30,528	2,443,793	1,784	9.5	1,207	226,749	Directional Well
Zunil ZD-3	91-92	1,645,170	646,471	152,152	1,496,924	2,370	4.0	1,031	610,948	Directional Well
Amatitlán AMF-1	93-94	746,015	614,101	136,808	1,165,273	1,581	6.0	947	249,487	
Amatitlán AMF-2	1993	562,132	464,791	138,350	1,165,000	1,502	6.0	776	194,212	
Amatitlán AMF-3	1993	560,000	465,000	140,000	1,677,189	1,500	0.0	777		Estimated costs
Amatitlán AMF-4	1993	727,055	752,380	197,754		2,058	0.0	815		
		Average		**133,251**	**1,356,360**	**1,444**	**5.8**	**942**	**311,684**	**Average of producer wells**

7　計画策定のための提案

7 計画策定のための提案

7.1 必要となる本格調査

INDE が長期にわたり開発調査を実施している Amatitlan 地域の南部に有望な地熱貯留層が確認されている。Amatitlan地域の南部は、開発調査範囲の南端に当たり、調査データの少ない地域である。また、有望な地熱貯留層はさらに南方に向かって拡大していることが推定されるが、その広がりは確認されていない。

JICA の本格調査では、Amatitlan 南部地域（第 6.4.2 図）を対象にし、地上調査により有望な地熱貯留層の広がりを明確にし、調査井掘削により地熱貯留層の特性を明確にする必要がある。これらの調査結果を総合解析することにより、Amatitlan地域の発電計画が明確になると考えられる。本格調査では、以下の調査を提案する。

- 地質調査
- 地化学調査
- 重力・磁気探査
- 電磁探査
- 大口径調査井掘削

7.2 本格調査の内容

7.2.1 地質調査

地質調査では、対象地域及び周辺域において地質踏査及び室内試験により、Amatitlan カルデラの構造を解明し、Amatitlan カルデラと Pacaya 火山の関係を明確にする。これらをもとに、本地域の熱源を評価する。また、熱水活動の変遷を把握するため、対象地域及び周辺域において地質踏査及び室内試験により、変質帯分布図及び変質帯分帯図を作成する。

7.2.2 地化学調査

地化学調査では AMF－1・2 で地熱流体、対象地域及び周辺域の温泉の温泉ガス・噴気ガス同位体分析を行い、地熱流体と周辺温泉水との関係を明確にする。

7.2.3 重力・磁気探査

重力探査は既存の重力探査図面を利用し、これを補完して Amatitlan地域の重力探査図を完成させる必要がある。INDE の重力探査は Worden 重力計で実施されているので、これによる重力異常を確認するための補足探査と、対象地域の重力構造を明らかにするための重力精査を実施する。使用機器は、Scintrex 社製 CG－3 型または La Coste & Romberg社製 G 型以上の性能を有する重力探査機を使用する必要がある。

重力測定点の水準測量は、GPS を用いた重力探査精度の水準測量の実施が必要である。地形補正のための地形図は 1／50,000 図しかないため、これを 1／25,000 図に拡大して使用することにより補正を行うことになる。重力探査測点は、対象地域及び周辺域において 200～300 点とする。

INDEは重力探査とともに磁気探査の実施を希望している。磁気探査の実施にあたっては、磁性が強いと思われる火成岩の帯磁率を測定するとともに、出来れば残留磁気を測定することが望ましい。測定器は、INDE が Geometrix 社製 G－816 型プロトン磁力計を所有しているので、測定は INDE側が担当するのが望ましい。日変化のモニターを合わせて実施する必要がある。磁気探査測点は合計 300～500 点とする。

7.2.4 電磁探査

対象地域を中心として高密度に MT 法探査を実施する。観測周波数は従来と同様に少なくとも 100HNz～0.01Hz を含めた周波数領域とし、原則として電場 2 成分、磁場 3 成分を測定するものとする。測定は深夜を含め少なくとも 12時間測定し、十分な品質のデータが取得出来ないときは再測定を実施するものとする。但

し、民家が近いためノイズが大きいことが危惧されるので、CSMT 法の併用も検討する必要がある。測点は合計 50～80 点とする。

7.2.5 大口径調査井掘削

上記の地上調査の結果を総合解析した地熱概念モデルを作成し、調査井の掘削ターゲットを選定する。調査井の掘削深度は 1,500m とし、本数は 1～2 本とする。

坑井掘削・仕上げは INDE の AMF－1～4 の仕様にもとづき、4 段とする。第一段は約 40m まで 26"で掘削し、20"のケーシングを挿入後セメンチングを行う。第二段は約 300m まで 17 1／2"で掘削し、13 3／8"のケーシングを挿入後セメンチングを行う。第三段は約 800m～1,000m まで 12 1／4"で掘削し、9 5／8"のケーシングを挿入後セメンチングを行っている。最終段の第四段は、1,500m まで 8 1／2"で掘削し、第三段のケーシング尻より 7 5／8"の孔明管をハンガーで吊る。

坑井調査として、地質（カッティングス）調査、温度・圧力検層、注水試験、噴気試験、地熱坑口圧力(ゲージ圧)を 7kg／cm^2 と流体採取を行う。これらの仕様も INDE の AMF－1～4 の仕様に従う。

本開発調査では大口径調査井掘削費が開発調査経費の多くを占めるため、INDE が行った大口径調査井掘削の経費を調査した（第 7.2.1 表）。メートル当たりの単価は近年 800～1,000 米ドルで安定している。掘削費には、リグの運搬費が計上されていないため、実際の見積には運搬費が上乗せになる。また、中央アメリカではインフレーションを考慮する必要があり、年間 5 %の上昇をみる必要がある。INDE からの聞き取りでは、AMF－1～4 を掘削したメキシコの業者を採用した場合、はじめの 1 本の掘削を 1,500 m とすると、運搬費も入れて 1,500,000 米ドル（1,500,000×130 円＝1.95 億円）で、次の 1 本は 800 米ドル／m×1,500 m（1）と見積もっている。ただし、これには坑井掘削管理者（スーパーバイザー）の費用を加算しなければならない。

添付資料

MERCADO DE ENERGÍA 1991-1997

En el ámbito nacional, en 1991, el índice de electrificación alcanzaba el 46.1%, con una cobertura del 89.3% y 22.8% en las áreas urbanas y rurales, respectivamente; mientras que para finales de 1997, este índice señala que el 63.5% de la población goza de energía eléctrica; con una cobertura del 90.4% y 48.9% en las áreas urbanas y rurales, respectivamente. Ello es producto que en el área urbana se han conectado un promedio de 16,100 nuevos usuarios, mientras, en el área rural tal número es del orden de los 59,400 nuevos usuarios.

1 MERCADO ELÉCTRICO

1.1 Capacidad Instalada y Firme

Actualmente, la capacidad instalada es del orden de los 1,101.9 MW, siendo la capacidad firme cerca de 954 MW.

De la capacidad firme el 48.6% es de tipo hidroeléctrica y el 34.4% pertenece a empresas privadas.

1.2 Demanda de Potencia

La demanda de potencia incrementó de 495 a 822 MW, en el período indicado, con una tasa anual del 8.8%.

La reserva de potencia (sin considerar el programa de mantenimiento), si bien fluctuó entre el 25% y el 30%, se redujo en algunas ocasiones a tal punto de provocar continuos racionamientos. Dicha reducción se debió a que la capacidad firme varió continuamente por la obsolescencia y/o por falta de mantenimiento preventivo y correctivo de las centrales termoeléctricas pertenecientes al INDE y a la EEGSA, por lo que se encontraron regularmente con un alto índice de salidas forzadas.

1.3 Producción y Disponibilidad de Energía

La producción de energía del parque generador presentó un crecimiento del 8.9% anual, llegando a un valor de 4,255 GWh en 1997.

El intercambio energético con El Salvador, el cual se realiza en forma marginal para resolver problemas coyunturales de los sistemas eléctricos nacionales, fue en general favorable a Guatemala (192 GWh en el período).

La producción ha sido deficitaria en los años 1994 y 1995, en los cuales fue necesaria la importación de energía de El Salvador en el orden de 11.2 y 37.5 GWh, respectivamente, para cubrir el suministro energético; a pesar de las importaciones, se estima que en el año de 1995 existió un déficit de 15 GWh. El clímax de los racionamientos ocurrió en el año de 1991, en el cual cerca 40 GWh no se sirvieron. Dichos déficit de energía fueron consecuencia de los efectos meteorológicos provocados por la "Corriente del Niño", que indujeron una baja en la producción hidroeléctrica; pero que pudieron evitarse si el parque termoeléctrico hubiese estado en condiciones óptimas de operación.

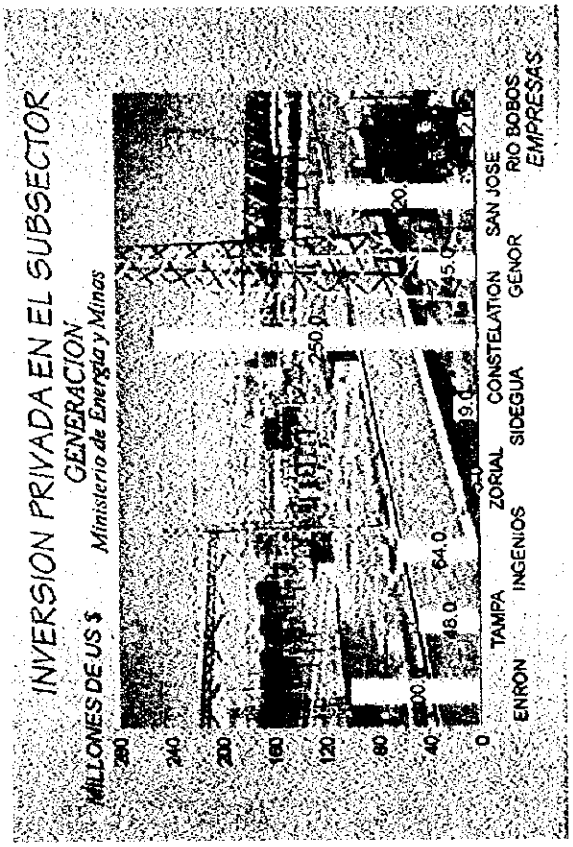
1.4 Consumo y Pérdidas de Energía

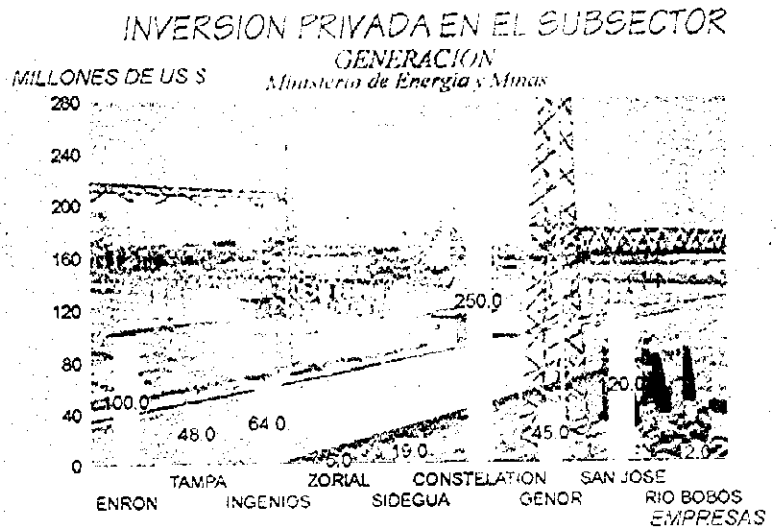
El consumo de energía en el Sistema Nacional Interconectado creció a una tasa anual del 9.8%, pasando de un valor de 2,058 GWh en 1991 a 3,605 GWh en 1997.

MERCADO DE ENERGÍA 1991-2004

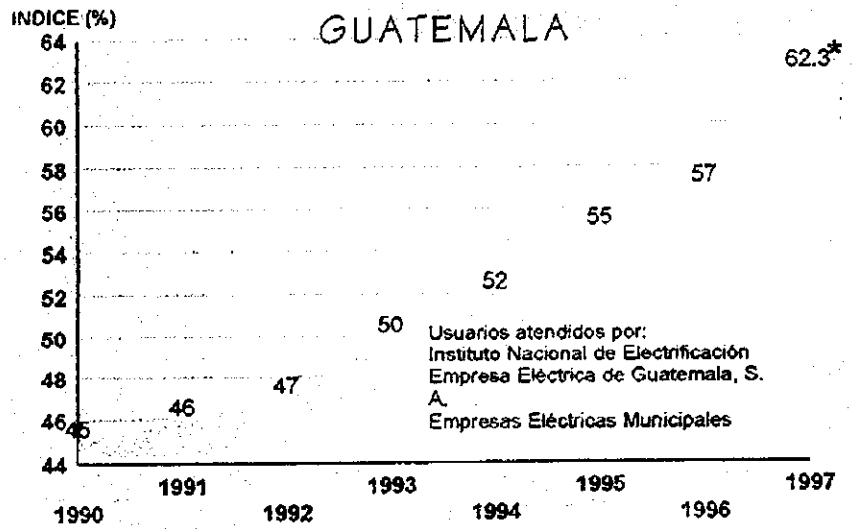
SISTEMA ELECTRICO NACIONAL
TOTAL DE LA REPUBLICA
MERCADO DE ENERGIA

Año	Número de Usuarios	Consumo GWh	Usuario KWh/usuario	Pérdidas GWh	%	Disponibilidad de Energía GWh	Ventas El Salvador GWh	Generación Neta GWh	Consumo Propio %	Generación Bruta GWh	Factor de Carga %	Demanda de Potencia GW	Indice de Electrificación %
1991	739,413	2,058	2,784	342	14.3	2,401	5.1	2,406	2	2,443	55.3	495	46.1
1992	801,254	2,370	2,958	355	13.0	2,725	54.4	2,779	2	2,824	57.8	538	48.7
1993	873,668	2,581	2,954	366	12.4	2,947	79.3	3,026	2	3,075	57.5	585	51.7
1994	923,205	2,847	3,084	375	11.7	3,222	-11.2	3,211	2	3,284	57.3	641	53.2
1995	1,011,656	3,113	3,068	392	11.2	3,506	-35.7	3,470	2	3,543	54.4	736	57.0
1996	1,068,732	3,316	3,103	417	11.2	3,733	20.6	3,754	2	3,830	56.7	752	58.4
1997	1,186,073	3,579	3,017	490	12.0	4,069	79	4,148	2	4,253	56.5	822	63.2
1998	1,273,178	3,967	3,116	562	12.4	4,529		4,529	2	4,643	58.2	888	66.0
1999	1,374,756	4,372	3,180	588	11.9	6,960		4,960	2	5,085	58.2	976	70.0
2000	1,475,768	4,807	3,257	613	11.3	5,420		5,420	2	5,557	57.8	1,070	72.6
2001	1,568,977	5,264	3,355	635	10.8	5,899		5,899	2	6,049	57.6	1,170	75.2
2002	1,654,955	5,731	3,463	672	10.5	6,404		6,404	2	6,566	57.3	1,275	77.3
2003	1,738,753	6,167	3,547	700	10.2	6,868		6,868	2	7,042	57.2	1,371	79.2
2004	1,838,064	6,613	3,598	730	9.9	7,343		7,343	2	7,529	57.0	1,471	81.6

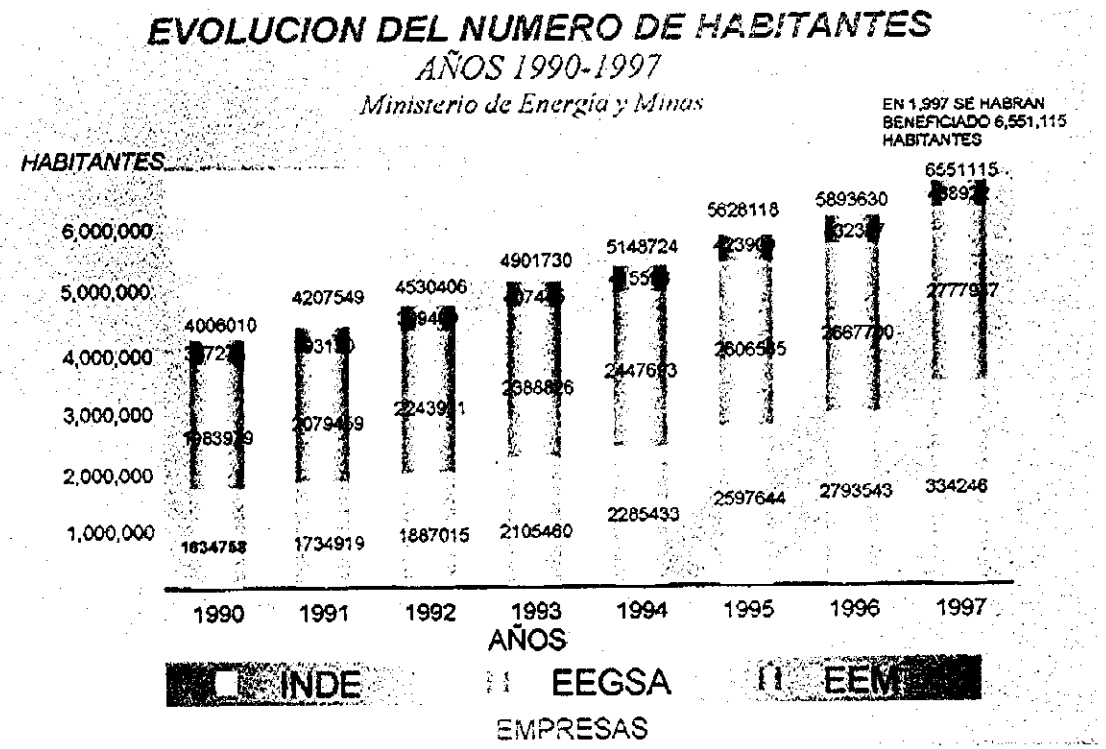

INVERSION PRIVADA EN EL SUBSECTOR
GENERACION
MILLONES DE US $
Ministerio de Energía y Minas
280
240
200
160
120
80
40
0
ENRON
INGENIOS
TAMPA
ZORIAL
SIDEGUA
CONSTELATION
GENOR
SAN JOSE
RIO BOBOS
EMPRESAS
250.0
64.0
48.0
9.0
45.0
20.
EMPRESAS

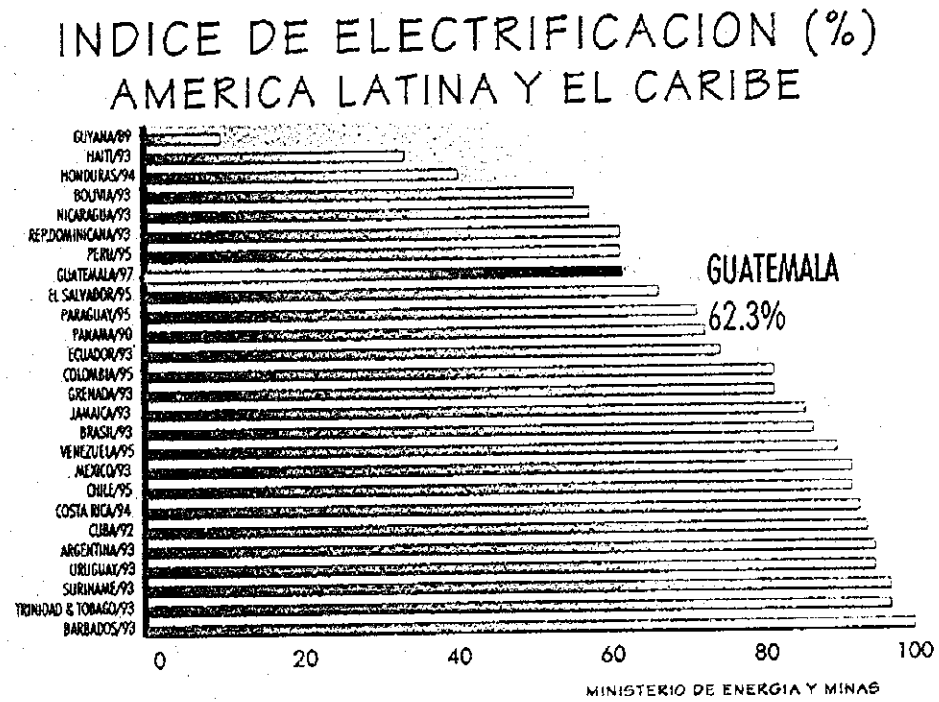

INVERSION PRIVADA EN EL SUBSECTOR
GENERACION
Ministerio de Energía y Minas
MILLONES DE US $
280
240
200
160
120
80
40
0
100.0
48.0
64.0
6.0
19.0
250.0
45.0
20.0
2.0
ENRON
TAMPA
INGENIOS
ZORIAL
SIDEGUA
CONSTELLATION
GENOR
SAN JOSE
RIO BOBOS
EMPRESAS

COMPORTAMIENTO HISTORICO DEL INDICE DE ELECTRIFICACION DE GUATEMALA

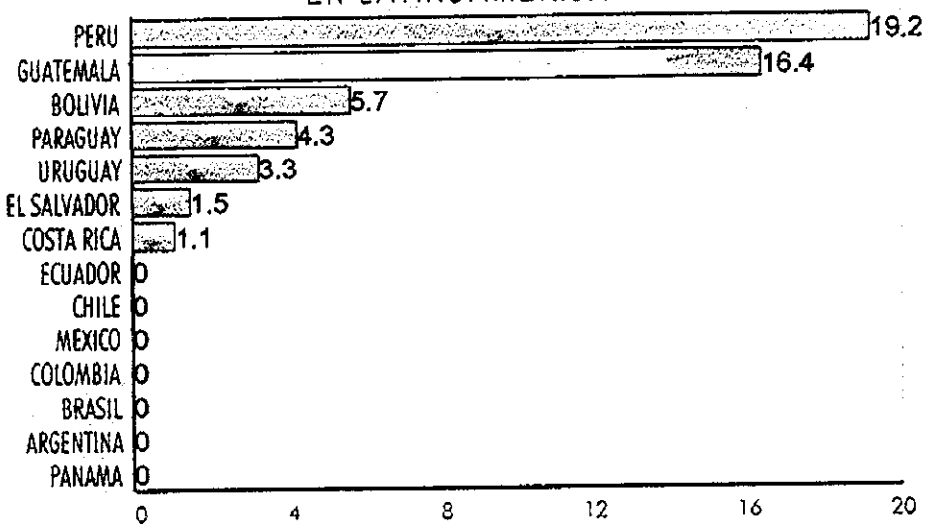


MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS


EVOLUCION DEL NUMERO DE HABITANTES
AÑOS 1990-1997
Ministerio de Energía y Minas
EN 1,997 SE HABRAN BENEFICIADO 6,551,115 HABITANTES
HABITANTES
6,000,000
5,000,000
4,000,000
3,000,000
2,000,000
1,000,000
4006010
4207549
4530406
4901730
5148724
5628118
5893630
6551115
1634758
1734919
1887015
2105460
2285433
2597644
2793543
334246
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
AÑOS
INDE
EEGSA
EEM
EMPRESAS


INDICE DE ELECTRIFICACION (%)
AMERICA LATINA Y EL CARIBE
GUYANA/89
HAITI/93
HONDURAS/94
BOLIVIA/93
NICARAGUA/93
REP.DOMINICANA/93
PERU/95
GUATEMALA/97
EL SALVADOR/95
PARAGUAY/95
PANAMA/90
ECUADOR/93
COLOMBIA/95
GRENADA/93
JAMAICA/93
BRASIL/93
VENEZUELA/95
MEXICO/93
CHILE/95
COSTA RICA/94
CUBA/92
ARGENTINA/93
URUGUAY/93
SURINAME/93
TRINIDAD & TOBAGO/93
BARBADOS/93
GUATEMALA
62.3%
0
20
40
60
80
100
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

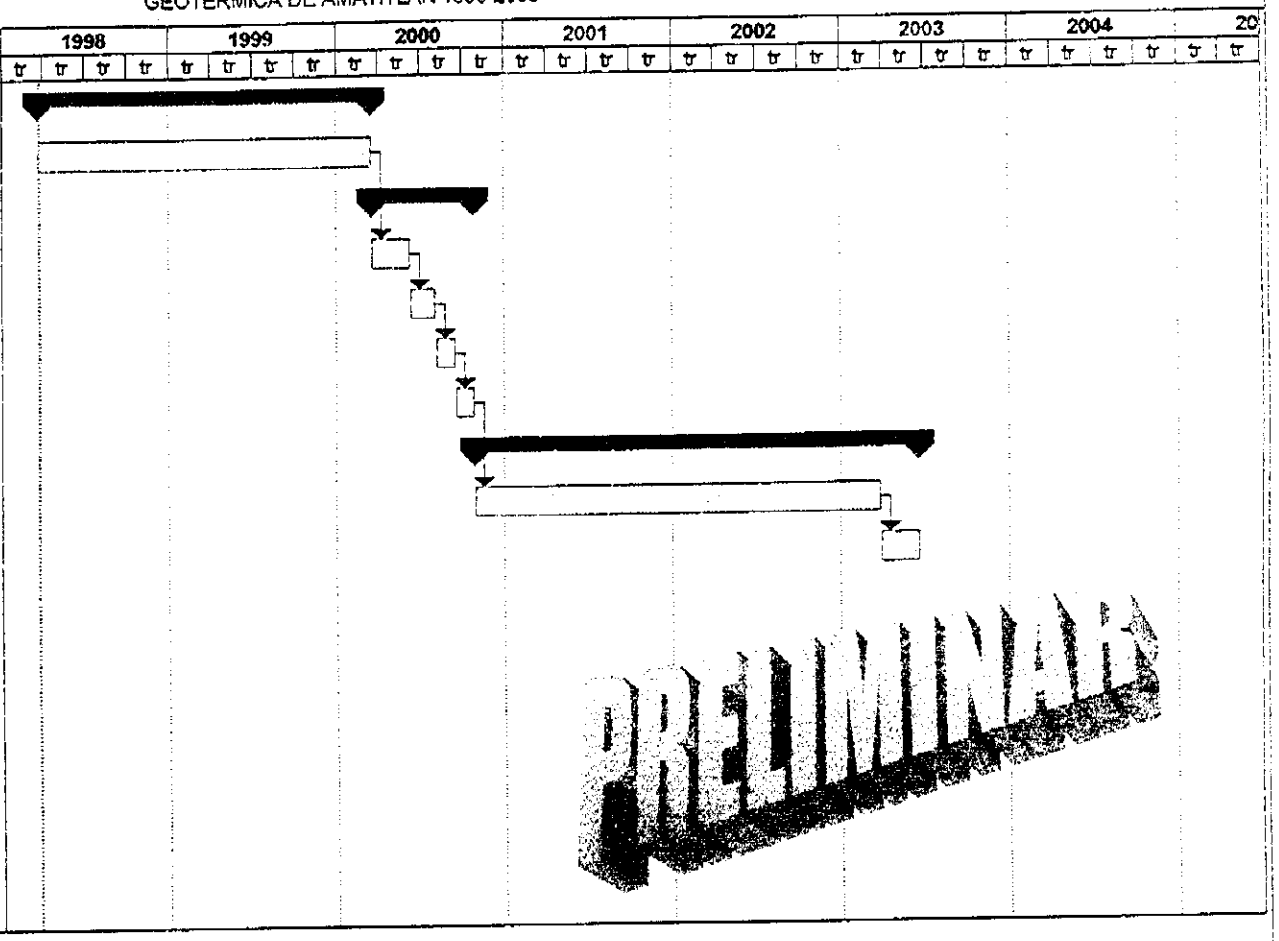
TASA DE CRECIMIENTO DEL INDICE DE ELECTRIFICACION DE 1995 A 1997 (%) EN LATINOAMERICA



MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

ESTUDIO DE EXTENSION, EVALUACION, CONTRATACION Y PUESTA EN SERVICIO
GEOTERMICA DE AMATITLAN 1998-2003

ID	Task Name	Duration
1	**Asistencia Técnica y Financiera**	**520d**
2	Estudios y Perforación	520d
3	**Licitación y Adjudicación**	**160d**
4	Bases de Licitación	60d
5	Invitación a Cotizar	40d
6	Calificación y Adjudicación	30d
7	Firma de Contrato	30d
8	**Construcción y Puesta en Operación**	**690d**
9	Construcción	630d
10	Puesta en Servicio	60d

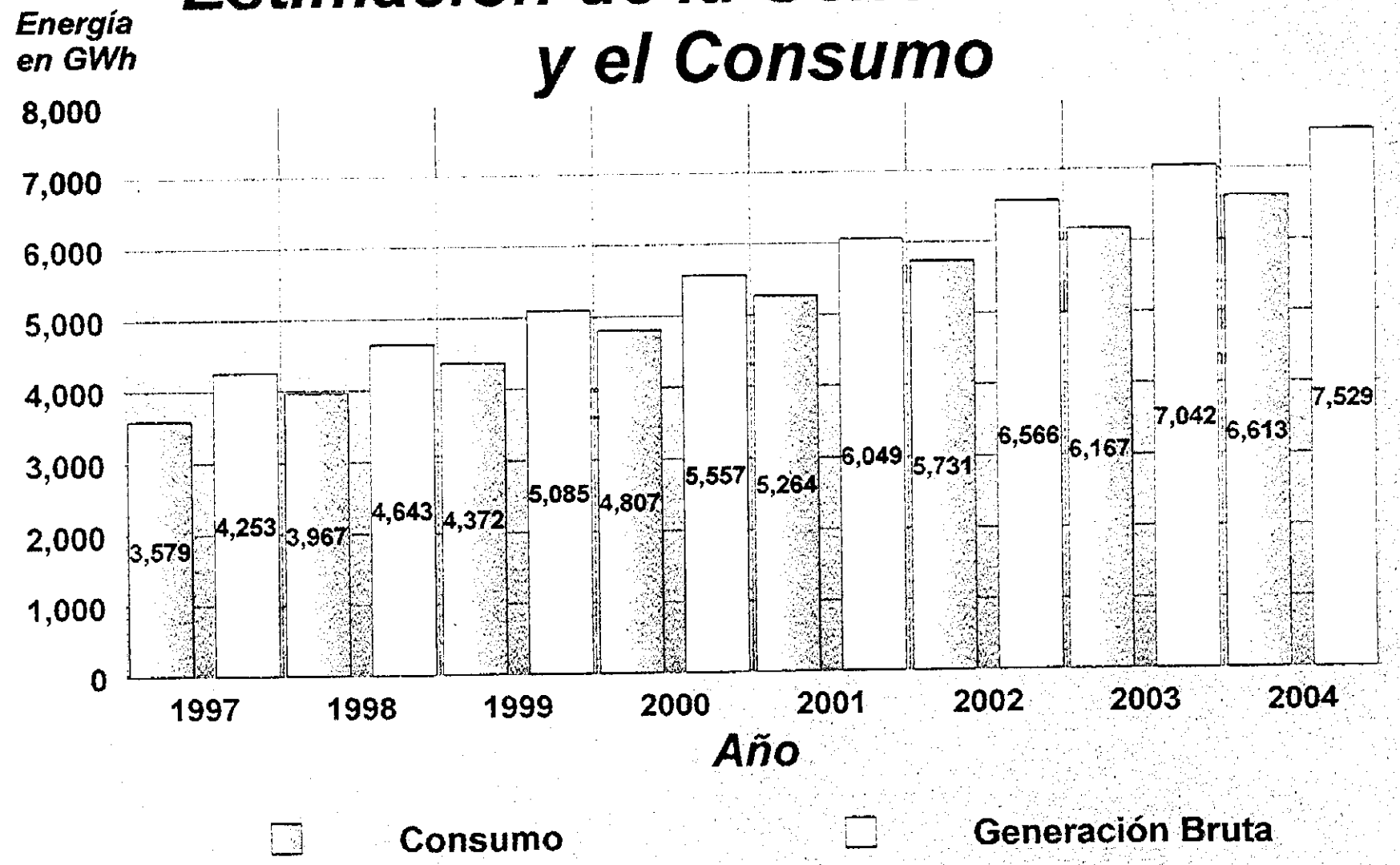


MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS
DIRECCION GENERAL DE ENERGIA

Task | Progress | Milestone | Summary | Rolled Up Task | Rolled Up Milestone | Rolled Up Progress

Page 1

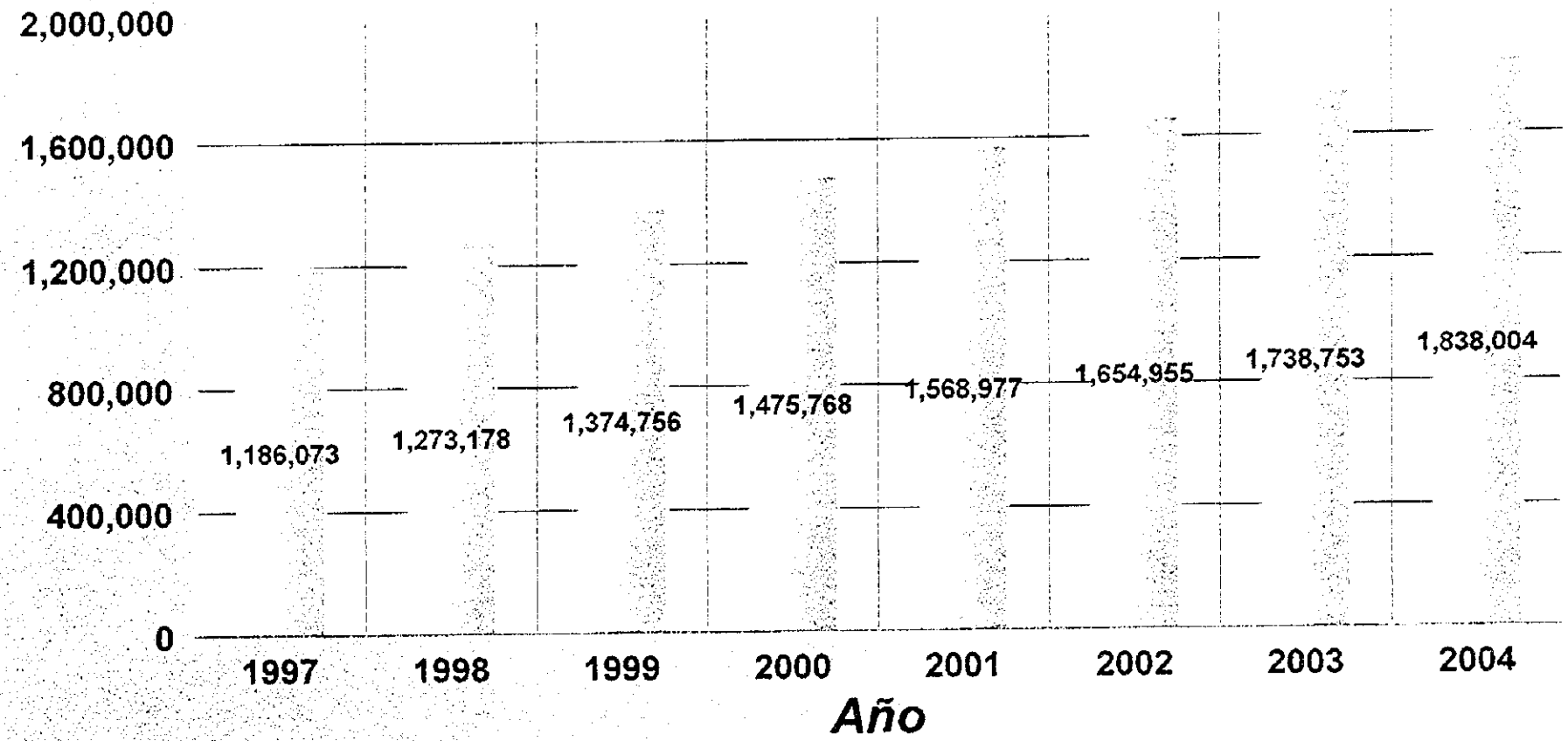
Estimación de la Generación Bruta y el Consumo



Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Energía

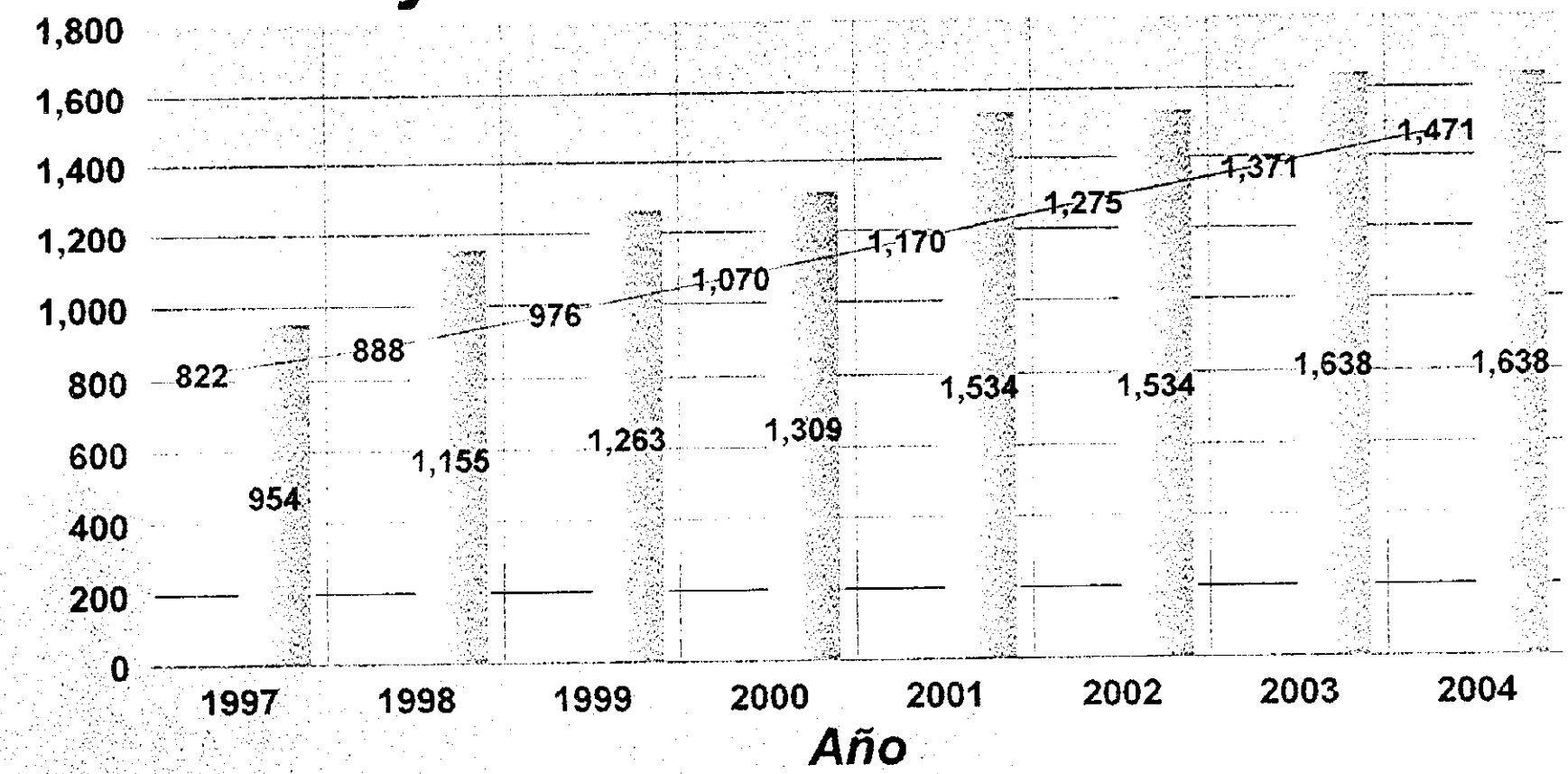
Estimación del Número de Usuarios



Numero de Usuarios

Ministerio de Energía y Minas **Dirección General de Energía**

Estimación de la Capacidad Instalada y la Demanda de Potencia



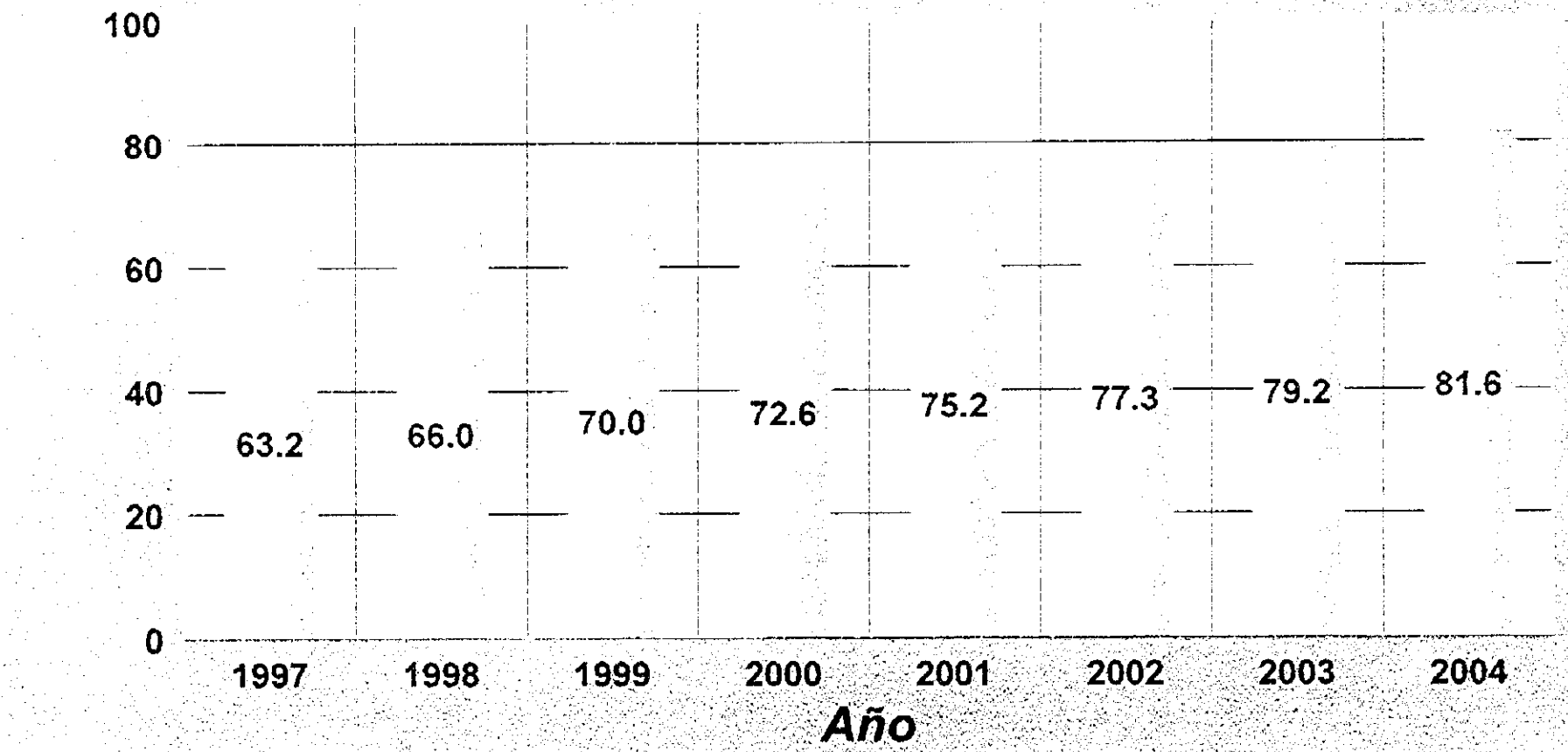
— — Demanda de Potencia

Capacidad Instalada

Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Energía

Estimación del Indice de Electrificación Nacional



Indice de Electrificación

Ministerio de Energía y Minas *Dirección General de Energía*

JICA