

メキシコ合衆国ラ・プリマベラ地熱開発計画調査

報告書 要約

平成元年2月

国際協力事業団

鉱計資

J R

89-66

JICA LIBRARY



1073139[6]

18933

メキシコ合衆国ラ・プリマベラ地熱開発計画調査

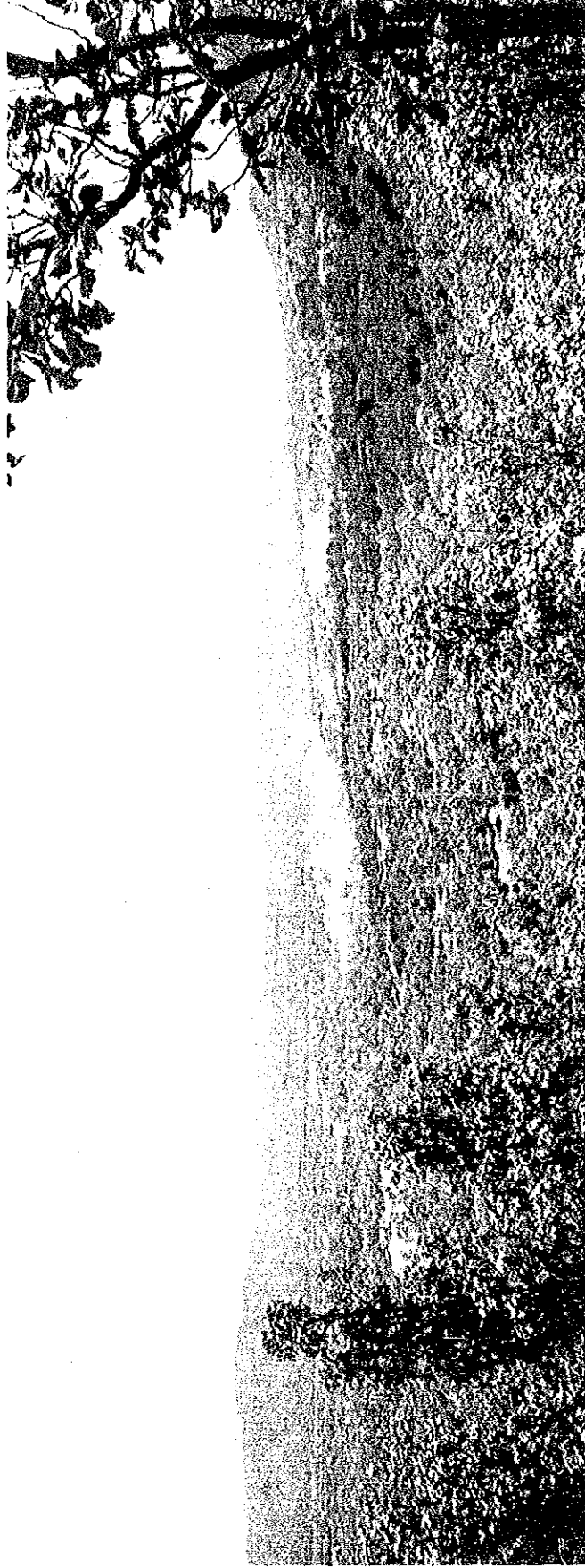
報 告 書

要 約

平成元年2月

国際協力事業団

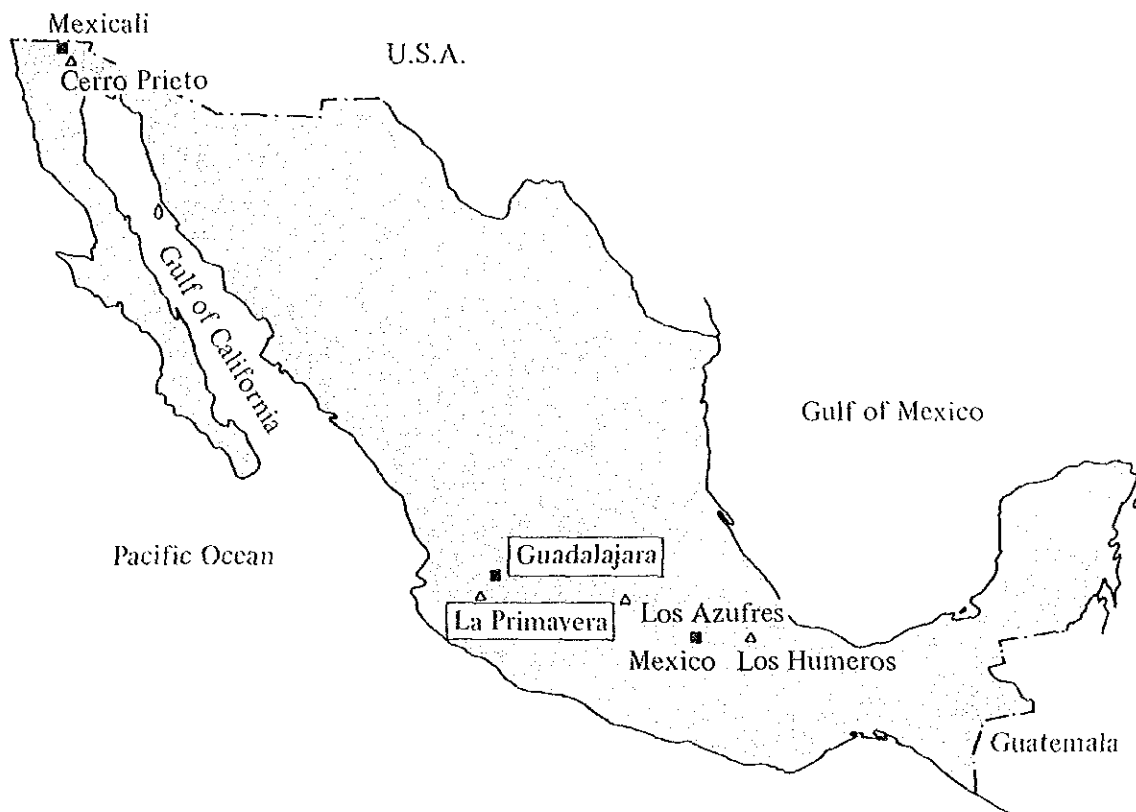
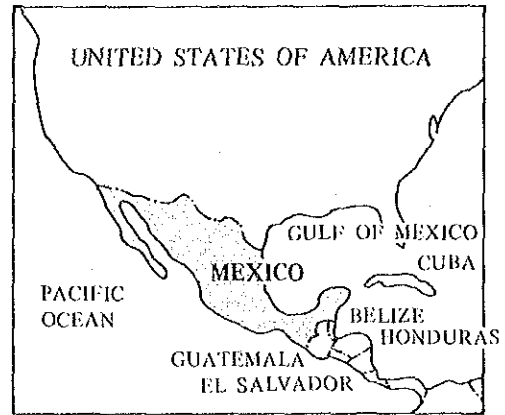




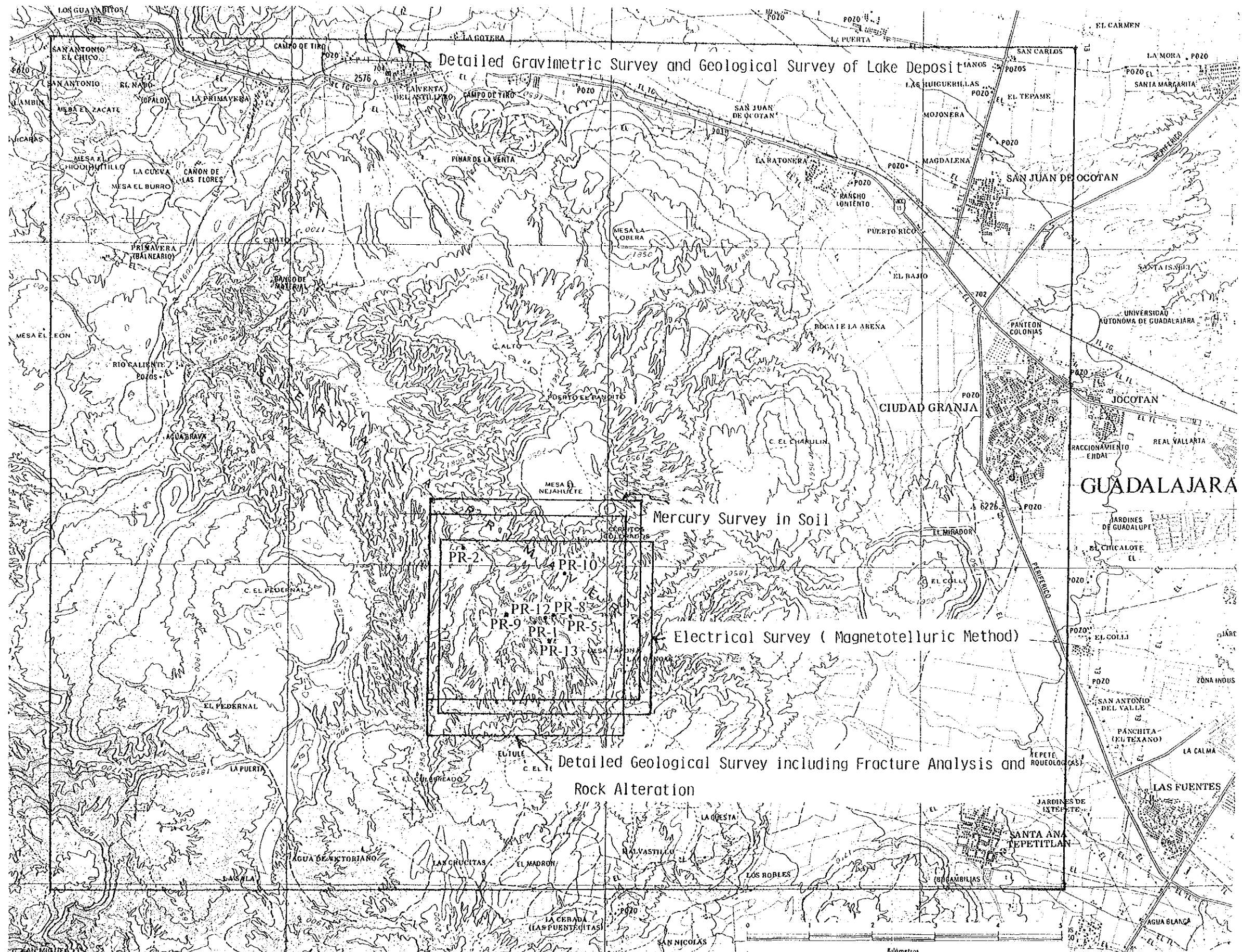
Geothermal Field of the Sierra La Primavera



Areal Photograph around the Sierra La Primavera



Main Geothermal Fields in Mexico



Locality Map of Survey Area

目 次

結 論	1
第 I 章 総 説	
1. 本計画調査の背景	5
2. 本計画調査の目的	5
3. 調査地域の概要	5
4. 調査経過の概要	6
5. 本計画調査の工程と期間	6
6. 調査団の氏名	6
第 II 章 調査内容	
第 1 節 第一次調査	13
1.1 地質調査	13
1.2 地化学調査	21
1.3 重力探査	26
1.4 電磁探査	33
1.5 坑井試験	41
第 2 節 第一次調査による P R - 1 2 井、P R - 1 3 井の掘削地点選定	44
2.1 第一次調査による地熱貯留層の解析	44
2.2 第一次調査による調査井の掘削地点選定	48
第 3 節 第二次調査	55
3.1 P R - 1 2 井の掘削および調査結果	55
3.2 P R - 1 3 井の掘削	64
3.3 P R - 1 3 井の調査結果	75
第 III 章 地熱貯留層評価のための総合解析	
第 1 節 地熱貯留層構造	85
1.1 総合柱状図と断面図の作成	85

1.2	地下断裂系についての考察	105
1.3	地下温度構造	115
1.4	坑井の流体化学性状による考察	118
1.5	地熱貯留層構造のまとめ	124
第2節	シミュレーション法による地熱賦存量の評価	128
2.1	シミュレーション法の概要	128
2.2	シミュレーターの概要	131
2.3	評価のためのグリッドモデル(数理的モデル)の作成	133
2.4	マッチングによる最適モデルの選択	142
2.5	将来予測結果	159
第3節	発電規模の策定	168
3.1	現時点での可能発電規模	168
3.2	発電規模策定のための次段階への提言	170

List of Figs

Fig. II. 1-1	Geological Map	15
Fig. II. 1-2	Stress Trajectory Restored by Remnant Magnetization and Fracture Orientation of Cores	17
Fig. II. 1-3	Zoning Map of Rock Alternation	19
Fig. II. 1-4	Result of the Third-order Trend Surface Analysis for Mercury Concentration Value	23
Fig. II. 1-5	Relationship between Enthalpy and Chloride Concentration in Deep Hot Water in the La Primavera	25
Fig. II. 1-6	Bouguer Anomaly Map ($\rho = 2.00\text{g/cm}^3$)	27
Fig. II. 1-7	Two-Dimensional Gravity Analysis, Lines A-A' B-B' and C-C' are Shown in Fig. II. 1-6	29
Fig. II. 1-8	Regional Bouguer Anomaly Map ($\rho = 2.20\text{g/cm}^3$)	31
Fig. II. 1-9	Distribution Map of Tipper Magnitude, period = 30 sec	35
Fig. II. 1-10	Resistivity Map (TE mode; SL -500m)	37
Fig. II. 1-11	2-D Model Cross Section, Line B	39
Fig. II. 1-12	2-D Model Cross Section, Line 3	40
Fig. II. 1-13	Downhole Temperature and Pressure Curves of PR-1 in the Producing Condition	42
Fig. II. 1-14	Downhole Temperature and Pressure Curves of PR-8 in the Producing Condition	43
Fig. II. 2-1	Conceptual Geothermal Reservoir Model in the La Primavera	47
Fig. II. 2-2	Selection of Well Target of PR-12 and PR-13	51
Fig. II. 2-3	Well Layout of PR-12 and PR-13	53
Fig. II. 3-1	Integrated Column of PR-12	59
Fig. II. 3-2	Downhole Temperature and Pressure Curves of PR-12 in the Producing Condition	61
Fig. II. 3-3	Characteristics of Well head Pressure VS. Flow Rate of PR-12	62
Fig. II. 3-4	Location of PR-13	68
Fig. II. 3-5	Casing Program of PR-13	69
Fig. II. 3-6	Drilling History of PR-13	71
Fig. II. 3-7	Layout of Drilling Site of PR-13	73
Fig. II. 3-8	Integrated Column of PR-13	79
Fig. II. 3-9	Downhole Temperature and Pressure Curves of PR-13 in the Producing Condition	81
Fig. II. 3-10	Characteristics of Well head Pressure VS. Flow Rate of PR-13	82
Fig. II. 3-11	Prediction Curve of Well head Pressure VS. Flow Rate of PR-13	82
Fig. III. 1-1	Integrated Column of PR-1	87
Fig. III. 1-2	Integrated Column of PR-2	89
Fig. III. 1-3	Integrated Column of PR-5	91
Fig. III. 1-4	Integrated Column of PR-8	93
Fig. III. 1-5	Integrated Column of PR-9	95

Fig. III. 1-6	Integrated Column of PR-10	97
Fig. III. 1-7	Integrated Column of PR-11	99
Fig. III. 1-8	Profile of Subsurface Structure in NW-SE Direction	101
Fig. III. 1-9	Profile of Subsurface Structure in NE-SW Direction	103
Fig. III. 1-10	Types of Failure in Experimentally Deformed Limestone at Varying Confining Pressure	105
Fig. III. 1-11	Transcurrent and Transform Faults	107
Fig. III. 1-12	Iso-Structural Contour of Horizon 1 (Boundary between andesite and lithic tuff of the upper Cordilleran Volcanics)	111
Fig. III. 1-13	Iso-Structural Contour of Horizon 2 (Boundary between lithic tuff and andesite)	112
Fig. III. 1-14	Iso-Structural Contour of Horizon 3 (Boundary between andesite and rhyolite of the lower Cordilleran Volcanics)	113
Fig. III. 1-15	Regional Stress Distribution along Pacific Coastal Area of Mexico	114
Fig. III. 1-16	Relation between Folding and Fractures	114
Fig. III. 1-17	Cross-Section of Downhole Temperature Profile	117
Fig. III. 1-18	Cross-Section of Minimum Homogenization Temperature Profile	117
Fig. III. 1-19	Relationship between He/Ar and H ₂ /Ar Ratios of Geothermal Gaseous Discharge	122
Fig. III. 1-20	Isotopic Composition of Geothermal Water	122
Fig. III. 1-21	Relationship between Cl Concentration and Enthalpy of Hot Water	123
Fig. III. 2-1	Conception of Reservoir Simulation	130
Fig. III. 2-2	Areal Computation Grid used to Simulate the La Primavera Field	137
Fig. III. 2-3	Cross Section of Model used for the Simulation	139
Fig. III. 2-4	Three Dimensional Model of the La Primavera Field	140
Fig. III. 2-5	Production Flow Rate of PR-1	144
Fig. III. 2-6	Production Flow Rate of PR-2	144
Fig. III. 2-7	Injection Flow Rate of PR-2	145
Fig. III. 2-8	Production Flow Rate of PR-5	145
Fig. III. 2-9	Production Flow Rate of PR-8	146
Fig. III. 2-10	Production Flow Rate of PR-9	146
Fig. III. 2-11	Production Flow Rate of PR-12	147
Fig. III. 2-12	Result of History Match of Temperature for PR-1	148
Fig. III. 2-13	Result of History Match of Pressure for PR-1	148
Fig. III. 2-14	Result of History Match of Temperature for PR-2	149
Fig. III. 2-15	Result of History Match of Pressure for PR-2	149
Fig. III. 2-16	Result of History Match of Temperature for PR-5	150
Fig. III. 2-17	Result of History Match of Pressure for PR-5	150
Fig. III. 2-18	Result of History Match of Temperature for PR-8	151
Fig. III. 2-19	Result of History Match of Pressure for PR-8	151
Fig. III. 2-20	Result of History Match of Pressure for PR-9 (Layer 3)	152
Fig. III. 2-21	Result of History Match of Temperature for PR-9	152
Fig. III. 2-22	Result of History Match of Pressure for PR-9 (Layer 4)	153

Fig. III. 2-23	Result of History Match of Temperature for PR-12	153
Fig. III. 2-24	Result of History Match of Pressure for PR-13	154
Fig. III. 2-25	Temperature Distribution after 2,598 Days (1988/6/30), Layer 3	155
Fig. III. 2-26	Temperature Distribution after 2,598 Days (1988/6/30), Layer 4	155
Fig. III. 2-27	Pressure Distribution after 2,598 Days (1988/6/30), Layer 3	156
Fig. III. 2-28	Pressure Distribution after 2,598 Days (1988/6/30), Layer 4	156
Fig. III. 2-29	Distribution of Horizontal Permeabilities in Layer 3	157
Fig. III. 2-30	Distribution of Horizontal Permeabilities in Layer 4	157
Fig. III. 2-31	Distribution of Vertical Permeabilities in Layer 3	158
Fig. III. 2-32	Distribution of Vertical Permeabilities in Layer 4	158
Fig. III. 2-33	Prediction of Pressure after 9,903 Days, Layer 3 (case 1)	163
Fig. III. 2-34	Prediction of Pressure after 9,903 Days, Layer 4 (case 1)	163
Fig. III. 2-35	Prediction of Water Saturation after 9,903 Days, Layer 3 (case 1)	164
Fig. III. 2-36	Prediction of Water Saturation after 9,903 Days, Layer 4 (case 1)	164
Fig. III. 2-37	Prediction of Pressure after 9,903 Days, Layer 3 (case 4)	165
Fig. III. 2-38	Prediction of Pressure after 9,903 Days, Layer 4 (case 4)	165
Fig. III. 2-39	Prediction of Water Saturation after 9,903 Days, Layer 3 (case 4)	166
Fig. III. 2-40	Prediction of Water Saturation after 9,903 Days, Layer 4 (case 4)	166
Fig. III. 2-41	Prediction of Reservoir Pressure near PR-9	167
Fig. III. 2-42	Prediction of Water Saturation near PR-9	167

List of Tables

Table I	Process of Survey	7
Table 2	Period of Survey	9
Table 3	Members of Study Team	11
Table 4	Members of Mexico- side Counterpart	12
Table II. 1-1	Chemical Geothermometer	21
Table II. 2-1	Respective Undertaking for an Exploration Well PR-12	54
Table II. 2-2	Respective Undertaking for an Exploration Well PR-13	54
Table II. 3-1	Conditions of Well Test of PR-12	63
Table II. 3-2	List of Major Drilling Materials of PR-13	74
Table II. 3-3	Conditions of Well Test of PR-13	83
Table III. 1-1	Summary of Geothermal and Geological Histories of the Sierra La Primavera Geothermal Area	127
Table III. 2-1	Location of Feed Points and Flow Ratio	141
Table III. 2-2	Matrix Porosity, Density and Thermal Conductivity in each Layer	136
Table III. 2-3	Cases for Reservoir Predictions	161
Table III. 2-4	Well Efficiency in the La Primavera Area	161
Table III. 2-5	Tentative Efficiency of each Well in Four Cases	162
Table III. 3-1	Well Data in the La Primavera Area	168

結 論

本開発計画調査実施の経緯

国際協力事業団 (Japan International Cooperation Agency, JICA) は昭和 60 年 (1985) から 4 年間にわたり、メキシコ電力公社 (Comision Federal de Electricidad) の協力の下に、ラ・プリマベラ地域において地熱開発計画調査を行ってきた。本開発計画調査の目的は、地質調査、地化学調査、物理探査等の結果と、C F E が掘削した調査井および JICA が掘削した調査井から得られた資料および坑井試験等の結果を総合的に解析し、ラ・プリマベラ地域における地熱貯留層を評価し、その結果に基づき地熱発電規模を策定することにある。

上記目的を達成するため本開発計画調査は二段階に分けられ、第一次調査前半の調査として昭和 60 年 (1985) に地質調査、地化学調査、物理探査 (重力および電磁気 (MT) 調査および C F E が掘削した調査井の坑井試験が実施された。当初計画によれば、第一次調査後半の調査として、C F E が深度 750m の温度調査孔 3 孔を掘削することになっていたが第一次調査前半の調査および既存資料の収集により貯留層の実態がほぼ明らかとなり、かつ貯留層域の地下温度分布等についての実態も解明されたので、JICA と C F E が協議した結果、第一次調査後半の調査として、貯留層評価のため有効な資料を収集する目的で、温度調査孔 3 孔の代りに C F E が深度 2,000 m 前後の調査井 1 坑を掘削することになった。この調査井 (PR-12 井) は昭和 61 年 (1986) 9 月から昭和 62 年 (1987) 1 月までにわたって掘削され深度 2,303 m で掘止めとなった。この坑井試験は同年 2 月に JICA によって実施された。なお、その後の計画変更により、この PR-12 井の掘削と坑井試験は第二次調査に組み込まれることになり、これに続く第二次調査後半の調査として、昭和 62 年度 (1987) に JICA により深度 2,006.8 m の調査井 (PR-13 井) が掘削された。この PR-13 井の坑井試験は、本開発計画調査の最終年度に当たる昭和 63 年度 (1988) に行われたが、これで現地野外調査のすべてが終了したので、以後得られた結果とこれまで収集した資料の総合的な解析に取組み、その結果に基づきラ・プリマベラ地域の地熱貯留層の評価と地熱発電規模の策定を行い、これらの結果をまとめてファイナルレポートを作成する運びとなった。以上が本開発計画調査の経緯である。

調査結果の要約と結論

ここで先ず、上記 4 年間にわたる開発計画調査から得られた結果の要点および結論を述べると次の通りである。

- ラ・ブリマベラ地域の地熱貯留層は深度 1,000 m 以深のホルディリエーラン火山噴出物中の NW-SE 性のフラクチャーで構成される。
- この NW-SE 性のフラクチャーはカルデラ形成時のアップリフト (uplift) によって形成されたものでその中心は PR-1, PR-8 および PR-12 付近に位置すると推定される。
- 地化学温度計、流体包有物および坑内温度測定の結果から得られた地下温度の分布によれば高温部は PR-1 ~ PR-8 付近にある。このことから、本地域の地熱貯留層はアップフロー (up-flow) とアップリフト (uplift) とが一致した縦型の貯留層であると判断される。
- 貯留層の拡がりは、北は PR-10 付近、南は PR-8 の南約 1 km、東は PR-1 の東約 1 km、西は PR-2 の手前までと推定されるので、NW-SE 方向に約 2 km、NE-SW 方向に約 1.5 km の矩形状の範囲を占めると考えられる。
- 以上の地熱貯留層構造を勘集し、シミュレーションによる貯留層評価を実施した。使用したシミュレーターは多成分の二相流を取扱うことのできる三次元ダブル・ポロシティ・グリッドモデルを対象としたものである。
- グリッドの平面分割は NW-SE 方向に 4.8 km (20 分割)、NE-SW 方向に 4.2 km (18 分割) とし、立面的なレイヤー分割としては、5 レイヤーを設定した。このうちレイヤー 3 が当地域の主貯留層に相当する。なお、実際の計算に当たっては、上記範囲の外側にバッファゾーンを設けたので計算グリッド数は $22 \times 20 \times 6 = 2,640$ グリッドである。
- 水平 4 方向、垂直 2 方向の全境界は、初期温度、圧力を維持しながら系内と流体の授受を行う開放系として取扱った。
- 初期温度、初期圧力分布は各坑井の温度回復試験および静止時における圧力検層の結果から求め昭和 56 年 (1981) 5 月 20 日を 0 年とした。
- 以上の外、初期浸透率分布 (フラクチャー浸透率およびマトリックス浸透率) および孔隙率、密度、熱伝導率、比熱等の数値は、コアの物性試験の結果を参考にして設定した。
- 継続的に測定されているデータが不足なため、スポット的に行われた、流量特性調査の資料を基に、静止時の圧力検層から得られた貯留層圧力と、噴気時の化学温度計から推定した噴気流体温度の経時変化についてマッチングを実施した。
- マッチングを行った期間は昭和 56 年 (1981) 5 月 20 日を 0 年とし、昭和 63 年 (1988) 6 月 30 日までの 2,589 日間である。マッチングを行った坑井は、PR-1, PR-2, PR-5, PR-8, PR-9 (以上レイヤー 3) PR-9 (レイヤー 4) および PR-12, PR-13 (レイヤー

ー 3) の 7 坑井、 8 種類であるが、 ほぼ満足すべき結果が得られた。

- なお、 上記のマッチングにおいて、 主にフラクチャーの浸透率を修正することにより実測値と計算値との一致が得られた。 何故、 フラクチャー浸透率を修正させたかは次の考え方に基づく。 すなわち、 これまでの坑内検層の結果から、 当地域の坑井の多くは地層内フラッシュを起すことが知られており、 このことは坑井周辺の浸透率があまり良好でないことを意味するので、 浸透率の値の調整がマッチングに大きく影響すると判断されたためである。 この結果、 フラクチャーの浸透率を低下させることにより、 実測値と計算値を一致させることが可能となった。
- 以上述べたヒストリーマッチングにより構築された最適モデルを用い将来予測シミュレーションを実施した。 すなわち、 所定の発電出力、 それに必要な蒸気量、 所定の坑口圧を維持させながら生産を継続した場合の貯留層の挙動の予測である。
- 計算には発電出力として 50MW, 75MW, 100MW の三ケースを想定し、 各々のケースに必要な蒸気量は 500, 750, 1000 t/h、 生産井の坑口圧力は 6.5 ata とした。 なお、 蒸気に付随して生産される熱水は還元することなく地上で処理するものとした。
- 先ず主要生産レイヤーであるレイヤー 3、 レイヤー 4 の 20 年後におけるフラクチャーの圧力と水飽和率の分布をみると、 上記いずれのケースにおいても圧力と水飽和率は低下するが、 坑口圧を維持することができないほどではない。 しかし、 出力 100MW すなわち蒸気生産量 1,000 t/h の場合、 圧力低下量、 水飽和率の低下量は他のケースに比べはるかに大きい。 このことは当地域の系外からの流体の補給が限界に近いことを意味する。
- 上記三ケースの計算結果によれば出力 75MW すなわち蒸気生産量 750 t/h の場合最も圧力、 水飽和率が低下する PR-9 を含むグリッドにおいて、 発電開始して間もなく、 圧力は約 68 ata、 水飽和率は約 35 % に到着き 20 年間ほとんどこのまま推移する傾向がみられる。
- 従って、 将来予測シミュレーションの結果に基づき、 ラ・プリマベラ地域において安定した状態で発電が維持できる可能出力の規模は 75MW 前後とみるのが妥当であると結論される。

提 言

以上は今回実施した本計画調査の結果と結論であるが、 ここで述べた 75MW という数値はあくまで可能出力であって、 実際に発電所を建設する場合、 どの程度の出力にするかについてはさらに次の諸点を検討した上決定する必要がある。

- 既存坑井のうち5坑（PR-1, 8, 9, 12, 13）の蒸気量は測定されているがPR-10, 11の2坑についてはなお未測定である。しかし、この2坑から各々40t/h程度の蒸気量が見込まれるので、現時点ですでに計265t/hの蒸気量（坑口圧8ata）に応じて26MWの発電が可能である。従って、今後、更に約235t/hの蒸気量が得られるなら50MW、また約485t/hの蒸気量が得られるなら75MWの発電が可能である。
 - 地下温度、圧力および浸透率の分布を勘案し、今後、当地域において掘削可能な生産井の坑数を推定すると約30坑となる。しかし、問題は235t/hないし485t/hの蒸気量を確保するため生産井何坑を必要とするかという点である。
 - 生産井の坑数の多寡は地熱発電のコストにはね返るので、発電出力を決定する以前に経済性を含み、開発可能性調査（Feasibility study）を行う必要がある。
- 以上述べたように、今後具体的に発電所の出力を決定するまでには、なお問題が残されているように思われるので、次の段階として以下述べるような開発可能性調査を含む諸調査を実施することを提案したい。
- 貯留層の挙動を確実に把握するためには、既存の生産井7坑を一斉に長期（約1年）にわたって連続噴気させることが最も望ましいが、反面、未利用のまま蒸気を放出することになるので、経済性の面からみて実際には実施不可能と考えられる。
 - 以上述べた点を補うものとして、ロス・アスプレスで行っているような口元発電（well-head generation）の方法が考えられる。現時点で既存坑井を利用すれば、1ユニット、（5MW）のものが3ユニットすなわち15MWの発電が可能である。その内訳は次の通りである。PR-9：1ユニット、PR-1+PR-12：1ユニット、PR-11+PR-13：1ユニット）。この方法は本格的な発電所完成時までの生産井の遊休時間を活用させることに効果があるのみならず、貯留層挙動についてのデータの収集にも寄与する。
 - 一方50MWないし75MWの地熱発電の経済性について検討が必要である。この場合、経済的に成り立つ生産井の坑数がキーポイントとなる。
 - 上記の調査と平行して今後掘削する生産井が1坑当たりどの程度の蒸気量が見込まれるかを確認するため、今回設定した温度、圧力、浸透率分布を参考にして、2～3本の調査井を掘削することが望ましい。その理由は、この結果を用いることにより、どの地点で生産井を掘削すればどの程度の蒸気量が得られるかの予測が可能となるからである。
 - 以上の経済性調査、蒸気量の確認調査の結果を総括的に評価し最終的に発電所の出力規模を決定することが、次の段階で必要な手順であると結論される。

第 一 章 総 説

1. 本計画調査の背景

メキシコ合衆国は日本と同様に環太平洋火山帯に属し、バリクチンやエルチチョンなどの活火山をはじめとし多数の第四紀火山が存在する。同時に温泉・噴気などの地熱徴候地も多く、その潜在的地熱資源量は膨大のものが見込まれている。同国政府の地熱開発長期計画では、西暦2000年までに全発電量の1.6%に相当する年間600億kWhを地熱発電でまかない、石油を年間1,100万バレル節約することを目標にしている。

この方針に従い、石油資源の保存と他のエネルギー源の多用化を図るため国内に豊富に存在する地熱エネルギー資源の積極的開発に乗り出した同国政府はComision Federal de Electricidad (CFE)を開発主体とし既に、セロ・プリエイトおよびロス・アスプレスの2カ所で地熱発電所を稼働させており、(セロ・プリエイト=設備容量620MW、ロスアスプレス=同80MW、1989年2月現在)、さらに地熱有望プロジェクトを鋭意推進しようとしている。その一環として同国政府は1982年(昭57)わが国政府に対して地熱開発計画調査の要請を行なった。これを受けて国際協力事業団(Japan International Cooperation Agency (JICA))は1983年(昭58)に調査地域選定のための予備調査を実施した。

この結果、メキシコ中部高原地帯に分布している中で、ラ・プリマベラ地域は、地熱ポテンシャルが高く、地熱発電の可能性が大きいことが判明した。

本計画調査は、JICAが同国政府からの要請にもとづき、技術協力の一環として、CFEの協力の下にラ・プリマベラ地域の地熱貯留層を総合的に解析し、その結果に基づき地熱発電規模を策定する事を目的として実施されたものである。

2. 本計画調査の目的

本計画調査の目的はメキシコ合衆国政府の要請にもとづき、国際協力事業団(JICA)がCFEの協力の下でメキシコ中部のラ・プリマベラ地域において地質調査、物理調査、調査井の掘削を含む諸調査を実施し、その結果にもとづき、同地域の地熱貯留層を評価し、地熱発電規模を策定することにある。

3. 調査地域の概要

調査地域はメキシコ合衆国中部の同国第二の都市グアダハラ市の南西方約20kmに位置するラ・プリマベラ地域にあり、ラ・プリマベラ火山を含む付近一帯のカルデラ地

域の南北12km東西11~12kmが対象となる。このカルデラは、NW-S E性のデピックチャバラ地溝帯、E-W性のチャバラ地溝帯、N-S性のコリマ地溝帯の3列の地溝帯の交会する部分に形成されたものである。

4. 調査経過の概要

本計画調査は第一次調査から第二次調査に亘る手順で実施された。

第一次調査は昭和59年から同61年まで本地域の地熱貯留層の構造、広がり、深さを把握することを目的とし、地質調査、地化学調査、重力調査、電気探査、坑井試験等が実施された。

当初の予定では、CFEが昭和61年に深度750mの温度調査孔3孔を掘削することになっていたが、第一次調査前半の調査および既存資料の収集により貯留層の実態がほぼ明らかになり、かつ貯留層域の地下温度分布等についても解明されたので、貯留層評価のために有効な資料を収集する目的で、CFEが調査井を掘削することに計画が変更された。PR-12と呼ばれるこの調査井は昭和61年9月から同62年1月にわたって掘削され深度2,303mで掘止めとなった。なお、その後の計画変更によりPR-12井の掘削は第二次調査に組みこまれ、これに続く第二次調査後半の調査として、JICAにより深度2,006.8mの調査井PR-13井が掘削された。

以上で現地野外調査が全て終了したので、得られた結果と収集された資料を用い、シミュレーションによる総合的な貯留層の解析を実施した。そして、この解析の結果に基づきラ・プリマベラ地域における地熱貯留層の評価と地熱発電規模の策定を含むファイナルレポートを作成し昭和63年度で本計画調査の全工程が終了した。

5. 本計画調査の工程と期間

昭和59年から63年にわたって実施された調査の工程と期間をそれぞれTable-1, 2に示す。

6. 調査団の氏名

JICA調査団の構成員およびメキシコ合衆国側協力者の氏名をTable-3, 4に示す。

Table 1 Process of Survey

年度 期間 調査項目		1984 (昭59)					1985 (昭60)					1986 (昭61)					1987 (昭62)					1988 (昭63)															
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
第一 次 調 査	・インセプションレポート									□	■	■																									
	・準備・現地説明						—	—				—																									
	・地質調査												■	■	■	□	□																				
	・地化学調査												■	■	■	□	□																				
	・重力探査												■	■	■	□	□																				
	・電気探査																	■	■	■	□	□															
	・坑井試験																																				
	・インテリムレポート現地説明																	□	△	△																	
・S. 62, 63調査事前協議																																					
第二 次 調 査	・事前協議																																				
	・PR-13井掘削指導																																				
	・PR-12井坑井試験																																				
	・" 地化学調査																																				
	・" 地質調査																																				
	・PR-13井地質調査																																				
	・" 坑井試験																																				
	・" 地化学調査																																				
・総合解析および ファイナルレポート作成																																					
・ファイナルレポート現地説明																																					

凡例： ——— 事前準備期間 ■■■ 現地調査期間 □□□ 国内作業期間 △—△ 報告書等の説明

Table 2 Period of Survey

(1)

調査項目		期 間	現 地 調 査	国 内 解 析
第 一 次 調 査	インセプションレポート作成			自 S. 59.12.20 至 S. 60. 1.18
	" 現地説明	自 S. 60. 1.20 至 S. 60. 2.17	29日間	
	収 集 資 料 解 析			自 S. 60. 2.19 至 S. 60. 3.20
	地 質 調 査	自 S. 60. 6.12 至 S. 60. 8. 9	59日間	自 S. 60. 8.19 至 S. 61. 2.20
	地 化 学 調 査	自 S. 60. 6.24 至 S. 60. 9.20	89日間	自 S. 60.10.11 至 S. 61. 3.20
	重 力 探 査	自 S. 60. 6.24 至 S. 60. 9.20	89日間	自 S. 60.10.11 至 S. 61. 2.20
	電 気 探 査	自 S. 60.11.27 至 S. 61. 1.31	66日間	自 S. 61. 2. 3 至 S. 61. 3.20
	インテリムレポート作成			自 S. 61. 5.26 至 S. 61. 7. 8
	" 現地説明	自 S. 61. 7.21 至 S. 61. 8. 3	14日間	
	PR-12井資料収集	自 S. 62. 3. 2 至 S. 62. 3.15	14日間	
第 二 次 調 査	事 前 協 議	自 S. 62. 7.20 至 S. 62. 7.31	12日間	
	PR-13井掘削監督	自 S. 62.10.12 至 S. 63. 3.23	164日間	

(2)

調査項目		期 間	現 地 調 査	国 内 解 析
第 二 次 調 査	PR-12井坑井試験 および地化学調査		自 S. 63. 1. 20 至 S. 63. 2. 12	24日間
	PR-12井地質調査		自 S. 63. 3. 9 至 S. 63. 3. 23	15日間
	PR-13井地質調査		自 S. 63. 6. 20 至 S. 63. 7. 13	24日間
	" 坑井試験 および地化学調査		自 S. 63. 8. 8 至 S. 63. 8. 31	24日間
	貯留層解析および ファイナルレポートの作成			自 S. 63. 6. 20 至 S. 63. 12. 10
ファイナルレポートの 現地説明		自 H. 1. 1. 30 至 H. 1. 2. 5	7日間	自 H. 1. 2. 6 至 H. 1. 2. 10

Table 3 Members of Study Team

担当調査	調査段階	氏名	所属機関
団長	第一次～第二次	中村久由	日本重化学工業(株)
副団長	第一次 第一次～第二次	三原次郎 佐藤浩	日本重化学工業(株) 同上
地質調査	第一次～第二次 同上 同上 第一次	佐藤浩 村松容一 大山勉 阿部昭夫	日本重化学工業(株) 同上 日鉄鉦コンサルタント(株) 同上
地化学調査	第一次～第二次 同上	吉田裕 笠井加一郎	日本重化学工業(株) 同上
重力探査	第一次 同上	森林成生 高橋郁夫	日鉦探開(株) 同上
電気探査	第一次 同上 同上	関純夫 中田晴弥 篠原信夫	日本重化学工業(株) 同上 同上
坑井試験	第一次 第一次～第二次 第二次	三原次郎 平子喜信 大柳雅寒	日本重化学工業(株) 同上 日鉦探開(株)
掘削指導	第二次	斉藤清次	日本重化学工業(株)

Table 4 Members of Mexico- side Counterpart

<p>MORELIA:</p>	<p>ING. HECTOR ALONSO ESPINOSA ING. ARTURO GONZALEZ SALAZAR ING. ANTONIO RAZO MONTIEL ING. RAFAEL MOLINAR CESEÑA ING. JAIME MARIO E. VACA SERRANO ING. JOSE PEREZYERA Y ZAPATA DR. JOSE LUIS QUIJANO LEON ING. ZENON CASARRUBIAS UNZUETA ING. SAUL VENEGAS SALGADO ING. FELIPE ARENAS GARCIA ING. ENRIQUE SAMANO SANCHEZ ING. CATARINO CADENAS TOVAR ING. MARCO ANTONIO TORRES RODRIGUEZ ING. MANUEL PINETTE GAONA TEC. MIGUEL LOPEZ DE NAVA ING. MOISES ZEPEDA PEÑA ING. AIDA LOPEZ HERNANDEZ DR. OSCAR CAMPOS E. ING. EMILIO BIGURRA P. ING. FERNANDO HERRERA B.</p>
<p>GUADALAJARA:</p>	<p>ING. LUIS C.A. GUTIERREZ NEGRIN ING. ROBERTO MACIEL FLORES ING. JAVIER VILLA MERLO ING. CESAR DANTE LUCIO ING. SERGIO SANCHEZ R. ING. RODOLFO BECERRA RAZO ING. OSCAR AQUINO MALDONADO ING. JOSE ROSAS ELGUERA ING. ARTURO ROSAS MARQUEZ TEC. MIGUEL CHACON FRANCO TEC. GUILLERMO MEDINA OROZCO SR. GUILLERMO BRISEÑO GARNICA SR. RENE BUCIO CAMBRON SR. ADALBERTO URIBE OJEDA</p>