

(3) シミュレーション結果

地下水飽和図を第4-4-10図に示す。雨期飽和図は雨期最終日である150日目めの、乾期飽和図は乾期最終日である360日目めの地下水の飽和状態を示している。青色は地下水に飽和され、茶色に向かうに従って飽和度が低くなる。

図面の左側（西側）のラル鋳山分布域（図面A地区）では、雨期飽和図と乾期飽和図を較べると、雨期の方が第2層や第3層などの表層の飽和度が高い傾向にある。つまり、雨期のほうが乾期より、ラル鋳山周辺の地下水位が高いことを意味している。乾期にはラル鋳山の地下水汲み出しにより、鋳山の東側やラル川を越えてその北側に、地下水低下の影響がみられる。雨期は乾期より地下水低下の影響範囲が狭くなる傾向にある。

一方、図面右側（東側）のラル河川沿い（B地区）は雨期飽和図、乾期飽和図ともほぼ同じ部分が飽和されている。つまり第3層にみられるように地下水位にあまり変動はない。

地下水流速図を第4-4-11図に示す。雨期流速図は雨期最終日である150日目めの、乾期流速図は乾期最終日である360日目めの平面図と断面図に示している。地下水の流速はX成分（東西成分）、Y成分（南北成分）、Z成分（鉛直成分）で表し、線分の大きさは流速の大きさに比例する。

雨期の第4層平面図でみると、ラル鋳山周辺（A地区）では、坑内に向かう地下水の流れが認められる。鋳山の北側と南側で地下水の流速が大きく、流れの方向はX成分とY成分を合成すると、北側では南東方向、南側では北東方向、東側では西方向を示している。ボーリングB-3地点では、坑内水の汲み出しによると思われる、西向き流速が解析されており、その周辺の地下水の流動方向はラル川の流下方向と反対方向を示している。そのほかのボーリング地点B-1、B-2、B-4では、あまり大きな流速は解析されていない。このことは現地調査における微流速観測結果と一致している。このように、坑内水の汲み出しによる影響は、流速データと微流速データから判断すると、坑内を中心として半径約1 km以内と判断される。一方、鋳山から離れた地域東部では、地下水のわずかな流れが観測されるが、その流れの方向は地形に規制され、高所から低所に向かって流れている。

乾期の第4層平面図でみると、ラル鋳山周辺では、雨期と同じ向きの地下水の流れが解析されるが、その速度は雨期にくらべて小さい。また、その影響範囲も雨期に較べてわずかに狭い。一方、鋳山から離れた地域東部では、乾期にはほとんど地下水の流れが認められなく、地下水は滞留しているようである。

流速の断面図ではラル鋳山の坑内周辺の浅所では下向きの大きな流速が、深所では下向きの流速が、また坑内から離れるに従って、坑内に向かう水平な流れ

が現れ、特に浅所の流速が大きい。

選鉱用水の排水箇所（PW地点）や廃滓堆積場の排水箇所（PD地点）の地下は、地下水の不飽和領域となっているので、鉱山排水は地下に浸透しやすい状況にある。これら排水の地下浸透の直接の影響は、揚水された坑内水の化学分析では認められなかったが、このことは地下水流動解析から、坑内ではパラル河川沿いの表層地下水量と坑内の深部地下水の量の占める割合が、鉱山排水の浸透量にくらべ非常に大きいことに起因していると考えられる。乾期の地下水量が少なく地下水位が低下しているときや、鉱山排水の量が多くなった場合は、この排水の河川への流出のほか地下への浸透が、地下水流動解析から十分に考えられる。

従って、今後も汚染物質を含む鉱山排水を河川に流出したり、地下に浸透しないように、汚染物質の除去や排水のリサイクルを実施すべきである。

4-5 土壌

4-5-1 土壌分析結果

パラル鉱山地域における土壌採取位置図を第4-5-1図に示す。パラル鉱山堆積場を中心に22箇所から土壌試料を採取した。土壌試料は、採取地点地域の一般的な特徴を反映するような表土（B層）を採取した。

これらの化学分析値を第4-5-1表に示す。また各測定元素別の水平分布を第4-5-1図に示す。

① C u

PS-B2, PS-B3, PS-B4, PS-B9の各採取地点において、それぞれ170ppm, 160ppm, 130ppm, 200ppmと高濃度であることを確認した。その他の採取地点でのC u濃度は、おおむね15~40ppmの範囲である。

② P b

PS-B2, PS-B3, PS-B4, PS-B7, PS-B9の各採取地点において、それぞれ8300ppm, 1500ppm, 1300ppm, 800ppm, 1200ppmと高濃度であることを確認した。その他の採取地点でのP b濃度は、おおむね40~150ppmの範囲である。

③ Z n

PS-10, PS-B2, PS-B4, PS-B7, PS-B9の各採取地点において、それぞれ770ppm,

14000ppm, 1400ppm, 1500ppm, 3000ppmと高濃度であることを確認した。その他の採取地点でのZn濃度は、おおむね90~200ppmの範囲である。

④ Fe

最も高いFe濃度はPS-B3の6.8wt.%である。その他の採取地点の平均は3.2wt.%である。

⑤ Cd

10ppm以上の濃度を示す地域はPS-B2, PS-B4, PS-B7, PS-B9である。その他の採取地点では、おおむね5ppm以下である。

⑥ Sb

PS-2, PS-5, PS-10の各採取地点で100ppmと最も高い。堆積場周辺の採取地点PS-B2, PS-B3, PS-B4ではそれぞれ、55ppm, 20ppm, 22ppmと低濃度である。

⑦ Cr

全採取地点でのCr濃度の平均は17ppmであった。最高値はPS-B2の45ppmである。

⑧ As

PS-5, PS-B2, PS-B3, PS-B4, PS-B9の各採取地点において300ppm, 6000ppm, 1000ppm, 120ppm, 150ppmと高濃度であることを確認した。その他の採取地点ではおおむね50ppm以下である。

⑨ Hg

最も高い濃度はPS-B2の3.8ppmである。当地域で採取した22試料の分析値によれば、0.95ppm以上の濃度を高濃度異常と考えた。これに該当する採取地点は、8試料である。Hgは地下深部からガスとして断裂を通して上昇してくるため、地域的に高濃度異常を示す場合がある。そのため他の元素に比べ調査地域内での高濃度異常値が多い。

4-5-2 土壌からの溶出濃度分析結果

雨期に採取したサンプル10ヶ(PS-B1~PS-B10)について、各有害成分の溶出濃度を測定した。溶出条件は、ほぼ日本における土壌分析基準法に従った。すなわち試料を10gを、0.1N HCl 100mlを用いて室温(20℃)で90分間振とうしたのち、

溶液を濾過分別した。ただし、Asについては溶出時に1N HCl 50mlを、PbについてはpH4.5の酢酸アンモン100mlを、それぞれ使用した。また、シアンについては、0.05N NaOH 100mlを用い、溶出時間を120分間とした。他の条件は同様とした。

分析は、シアンについてはシアン分析装置を、その他はICP (Inductive Coupled Plasma) を用いて行った。

分析結果は第4-5-2表に示すとおりである。

4-5-3 土壌解析結果

土壌ならびに土壌からの溶出濃度分析結果から、当地域の土壌は相当程度に汚染されていることは明らかである。特に堆積場周辺の土壌は汚染が著しい。重金属だけでなく、シアンも検出されていることから、土壌中でシアンが分解されることなく、安定な状態で存在していることを示している。

4-6 堆積場

4-6-1 調査目的

堆積場調査の目的は、エルボテ堆積場とほぼ同じく、下記の事項を検討するための資料を得ることである。

- (1) 堆積場の安定性評価及び対策
- (2) 降雨時の排水状況の把握と対策
- (3) 法面侵食状況の把握と対策

4-6-2 調査実施内容

- (1) 堆積場の現状調査
- (2) 水位観測 (堆積場浸潤水位の測定)
- (3) 不攪乱試料サンプリング
- (4) ボーリング掘削
- (5) 室内土質試験
- (6) 堆積場断面測量及び水準測量
- (7) 環境調査

4-6-3 調査結果

(1) 堆積場の現状

現在、スライムは堆積場の西側に放流されているため、通常は南西部（堆積場表面積の約1/4）及び南東部の一部に滞留水が存在する。降雨時にはこの水位が上昇し、東側では数箇所、溢流した水が法面を流れた跡がみられた。また、西側の放流水が滞留している個所では、雨期に入ってから降雨により、一部かん止堤が決壊してスライムが堆積場外に流出した跡も見られた。従って、これら滞留水の溢流を防止するために排水施設を設ける必要がある。

(2) 間隙水圧測定

堆積場の浸潤線推定のため、各ボーリング孔において掘削深度ごとの水位を観測し、停止水面と測定実施深度との水頭差を計算して、その地点の間隙水圧とした。その結果BD-1孔とBD-2孔は乾期・雨期ともに孔内水位はなく、間隙水圧はないと判断した。また、雨期にボーリング掘削したDB-3孔でも孔内水位はなく、間隙水圧はないと判断した。

従って、堆積場のかん止堤部分については現状においても過剰間隙水圧の発生による「砂の液状化」も起こらないと考えられる。

(3) サンプルング及び室内土質試験

ボーリングDB-3孔及び堆積場内の2ヶ所にて不攪乱試料を採取し、室内土質試験を実施した。

① サンプルング位置を第4-6-1図に、またサンプルング数量を第4-6-1表に示す。

② 室内土質試験は、エルボテと同じ8項目について実施した。

③ 室内土質試験結果を第4-6-2表に示す。

④ 各土質試験結果の概略を次に述べる。

i) 比重試験

かん止堤部分の土粒子の比重は2.61から2.67で、平均2.63である。一般的な沖積粘土が2.6～2.8であるので、この「砂」も平均的な土粒子の集合体であること

がわかる。また、場内堆積物の比重は2.57から2.67で、平均2.62であり、かん止堤と場内堆積物はほぼ同じであることがわかった。

ii) 含水比、密度試験

湿潤密度(ρ_t)と、自然含水比(W)は密接な関係のため、一緒に示すことにする。 ρ_t と W のかん止堤、及び場内堆積物のそれぞれの平均値を示すと、第4-6-3表のとおりである。

自然含水比は、場内堆積物の方が遙かに高い値を示している。これは、場内堆積物のサンプリング位置が滞留水の付近であったため、含水比が高くなったと思われる。湿潤密度を比較すると、かん止堤の方が高く、比較的よく締まっている。これを、標準貫入試験による N 値と比較してみると、平均 N 値が32で相対密度は「密な」状態であり、従って、かん止堤の材料は、最適含水比に近い状態であると思われる。

iii) 粒度試験

かん止堤及び場内堆積物の粒径加積曲線を第4-6-2図に示す。これによると、粒径の範囲が0.005mmから0.85mm内にあり、均等な粒度であることが伺える。

均等係数(U_c)と曲率係数(U_c')の関係を見ると

$$U_c \geq 10, 1 < U_c' \leq \sqrt{U_c} \quad (\text{粒度が良い}) ; 1 \text{ 試料}$$

$$U_c < 10 \quad (\text{均等粒度, 粒度が悪い}) ; 6 \text{ 試料}$$

$$U_c \geq 10, U_c' \leq 1, \text{ 又は } U_c' > \sqrt{U_c} \quad (\text{階段粒度, 粒度が悪い}) ; 0$$

となった。粒度から見た土の安定は「粒度が悪い」と判定される。

iv) 液性限界・塑性限界試験

かん止堤及び場内堆積物の各値の平均値はそれぞれ、第4-6-4表の値となった。

かん止堤材料の塑性限界試験の結果、全ての試料でN.P (None Plastic)となった。これは、シルト分以下の混入が少ないことを意味する。

場内堆積物の特性を調べるため、塑性指数 I_p 、コンシステンシー指数 I_c を求める。

$$I_p = LL - PL = 38.0 - 22.5 = 15.5\%$$

$$I_c = (LL - W) / I_p = (38.0 - 28.4) / 15.5 = 0.62$$

上記により、 $I_p = 15.5\% < 20\%$ であり、含水比が増大した場合に粘着力を失いやすい土であると判断される。また、 $I_c = 0.62 < 1$ であることは、安定性の小さい土であることを意味する。

v) 透水試験

かん止堤と場内堆積物の透水係数の平均値はそれぞれ、以下の値となる。

- ・かん止堤材料 $k = 5.06 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$
- ・場内堆積物 $k = 0.93 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$

vi) 土質試験結果のまとめ

土質試験結果を要約すると、当堆積場の土質材料は概ね、次のような性質を持っていることが推察される。

(かん止堤)

- a) 含水比が低く、比較的良く締まっている。
- b) 土質分類はシルト質砂である。
- c) 粒径が揃っていて、良い粒度分布ではない。従って、クイックサンド現象や斜面の安定性に不安のある粒度分布である。
- d) 水を含むと流動化しやすく、水分が少ないと、塑性状態を失いやすい。
- e) 透水性は普通か、やや悪い程度である。

(場内堆積物)

- a) 土質分類はシルト質砂であるが、かん止堤に比べてやや細粒分が多い。
- b) かん止堤と同じく、粒度分布が良くない。
- c) 流動化しやすく、塑性状の範囲が小さい。
- d) 透水性は、普通か、やや悪い程度である。

(4) 堆積場の推定断面

堆積場の断面測量及びボーリング調査結果より、堆積場の推定地質断面を第4-6-3図に示す。

かん止堤(堆積物-1)と沈澱物(堆積物-2)の境界線は、エルボテ堆積場と同じ方法により推定した。ボーリング孔において水がなかったが、計算上安全側となるように浸潤線を決めた。

(5) 堆積場の安定性検討

上記資料より、円形滑り面法により当堆積場の現状の安定解析を行なう。なお、安定解析の検討は、エルボテ堆積場と同じ基準や計算式を使用する。

① 安定解析断面

当堆積場では、現在は堆積場東側にスライムを放流して使用しているが、東側

のかん止堤の有効高さは2~3m程度である。当堆積場の西側斜面は有効高さ15~25m程度である。従って、今回安定解析に用いる断面は、西側斜面のうち、降雨時に表面に滞留水が出来、かつ有効高の最も高いと思われる断面について検討することとした。電算機に使用するためにモデル化した断面を第4-6-4図に示す。

②土質定数

堆積場の安定計算に必要な土質定数を、次のように決定する。ただし、Gsは比重、Wは自然含水比、 ρ_t は湿潤密度、 ρ_d は乾燥密度、eは間隙比、Srは飽和度、 ρ_{sat} は飽和密度、 ϕ はせん断抵抗力、cは粘着力を表す。

i) 堆積物-1 (Zone-①)

サイクロンで分級された粗粒部分の堆積物である。その土質定数は次のとおりである。

$$Gs = 2.62 \quad W = 7.9\% \quad \rho_t = 1.910 \text{g/cm}^3$$

$$\rho_d = \rho_t / \left(1 + \frac{W}{100}\right) = 1.91 / \left(1 + \frac{7.9}{100}\right) = 1.77 \text{g/cm}^3$$

$$e = (Gs / \rho_d) - 1 = (2.62 / 1.77) - 1 = 0.48$$

$$Sr = \frac{W \cdot Gs}{e} = \frac{7.9 \times 2.62}{0.48} = 43.1\%$$

上記値より、飽和時(Sr=100%)の密度・含水比を推定する。

$$\begin{aligned} \rho_{sat} &= (\text{土の重量}) + (\text{間隙水の重量}) \\ &= \rho_d + (1 - \rho_d / Gs) \\ &= 1.77 + (1 - 1.77 / 2.62) \\ &= 2.094 \text{g/cm}^3 \end{aligned}$$

せん断強さは、下記の値とする。

$$\text{せん断抵抗角} \quad \phi = 30.0^\circ$$

$$\text{粘着力} \quad c = 0.00 \text{tf/m}^2$$

ii) 堆積物-2 (Zone-②)

サイクロンで分級された細粒部分の堆積物であり、いわゆる「スライム」である。

$$Gs = 2.63 \quad W = 28.3\% \quad \rho_t = 1.689 \text{g/cm}^3$$

$$\rho_d = \rho_t / \left(1 + \frac{W}{100}\right) = 1.689 / \left(1 + \frac{28.3}{100}\right) = 1.316 \text{g/cm}^3$$

$$e = (Gs / \rho_d) - 1 = (2.63 / 1.316) - 1 = 0.998$$

$$Sr = \frac{W \cdot Gs}{e} = \frac{28.3 \times 2.63}{0.998} = 74.6\%$$

上記値より、飽和時(Sr=100%)の密度、含水比を推定する。

$$\begin{aligned} \rho_{sat} &= (\text{土の重量}) + (\text{間隙水の重量}) \\ &= \rho_s + (1 - \rho_s / Gs) \\ &= 1.316 + (1 - 1.316 / 2.63) \\ &= 1.816 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

せん断強さは、下記の値とする。

$$\text{せん断抵抗角 } \phi = 23.0^\circ$$

$$\text{粘着力 } c = 1.00 \text{ tf/m}^2$$

③ その他の条件

地震時水平震度、及び円弧の増分(ΔR)はエルボテと同様、 $Kh=0.15$
 $\Delta R=1.0\text{m}$ とした。

④ 安定計算結果

第4-6-4図に示した解析モデルの計算結果は、第4-6-5表のとおり。なお、常時($Kh=0.00$)における安定計算結果の詳細及びその時の各距離での最小安全率となる円弧(あるいはすべり面が一番深い位置となる円弧)を第4-6-5図、第4-6-6図に、地震時($Kh=0.15$)の計算結果の詳細及び円弧を第4-6-7図、第4-6-8図に示す。

以上の結果から、当堆積場の最小安全率は常時、地震時、共に1.0以下である事が判明した。また、他のすべり面においても地震時の安全率はほぼ1.0以下という結果であった。

従って、当堆積場の崩壊に対する安定性は、計算上非常に悪い状態である。その理由としては、主に次の二点が考えられる。

- i) かん止堤の断面が過少であり、抑止力に欠ける。
- ii) 下流側法面の勾配が急である。

なお、上記不安定要因はエルボテ堆積場ともほぼ一致しており、メキシコ国内にある同形式の他の堆積場においても崩壊の危険が懸念される。

⑤ 液状化による危険性の判定

本堆積場の主要材料が「砂」の為、地震時に堆積物が液状化するおそれがある。従って、その場合堆積場の危険性について判定をする。

液状化による危険性の判定は、エルボテ堆積場と同様、「堆積場建設基準」に

よる。

次の条件の何れにも該当する箇所が、液状化により堆積場に影響を及ぼす位置とされている。

i) 堆積場の表面下20m以内の部分

ii) 浸潤線以下の部分

iii) N値が20未満の部分

これらの条件を当堆積場に当てはめると、第4-6-9図のようになる。図中の①の部分上記i), ii)に該当するが、iii)のN値は実測値により20以上であるため、当堆積場の液状化による危険性は“ない”と判断される。

4-7 粉塵

パラル地域の粉塵調査は雨期に実施した。パラル地域の粉塵パラル市街に降下する粉塵の発生源として可能性の高いものは、堆積場、市街地内北東部、周辺の農地、および市街地周辺の比較的植生が乏しい地帯等が乾期中の現地観察から挙げられる。粉塵の発生源が多数存在するため、CFM堆積場から発生する粉塵のパラル市街への飛散量のみを特定することは、困難である。

4-7-1 粉塵調査内容

1. 気象観測装置および自記風向風速計を用いた気象状況調査
2. LVSによる大気中粉塵濃度測定
3. ダストジャーによる粉塵採取
4. デジタル粉塵計による長期間定点観測
5. 既存データの収集

4-7-2 結果概要

パラル鉱山一帯の各種関係調査は1991暦年中の雨期に実施した。以下に各種調査の結果概要について述べる。

(1) 気象観測装置

気象観測装置の設置地点を第4-7-1図に示す。自記記録風向風速計による風向測定結果および風速測定結果を第4-7-1表、第4-7-2表にそれぞれ示す。自記記録風向風速計による観測は1991年8月4日から9月2日迄の約1カ月にわたり実施した。計測期間中に記録された最大風速は8.0m/sec, 最小風速は0m/sec, 平均風速は2.2m/secであった。風向はWが多い。測定期間中を通じて風速5m/sec以下の弱風の日

が多かった。

(2) ダストジャー

ダストジャーの設置地点を第4-7-2図に、測定結果を第4-7-3表に示す。

D-1 パラル市内南部民家屋上

D-2 研究施設屋上

D-3 堆積場西方

D-4 堆積場東方

D-5 パラル市内ホテル・屋上

D-6 軍部基地内

(3) ローボリュームエアースンプラー (LVS)

LVSの設置地点図を第4-7-3図に示す。測定条件および測定結果はそれぞれ第4-7-4表、第4-7-5表に示すとおりである。

LVSによる測定は堆積場南方の2箇所およびパラル市内1箇所の合計3箇所で行った。L1における測定期間は1991年8月2日の11:00から5日の11:00まで72時間である。採取したサンプル量は3.0mg、大気中の粒子状物質濃度は $0.046\text{mg}/\text{m}^3$ であった。L2における測定期間は1991年8月8日の15:00から10日の15:00まで48時間である。採取したサンプル量は4.4mg、大気中の粒子状物質濃度は $0.102\text{mg}/\text{m}^3$ であった。L3における測定期間は1991年8月12日の10:00から5日の10:00まで48時間である。採取したサンプル量は5.7mg、大気中の粒子状物質濃度は $0.132\text{mg}/\text{m}^3$ であった。

(4) デジタル粉塵計

デジタル粉塵計の定点観測地点図を第4-7-4図に測定結果を第4-7-6表に示す。デジタル粉塵計による定点観測は8月5日から16日の11日間に10地点でおこなった。平均値は25cpm、最大値は29cpm、最小値は23cpmであった。平均は24cpmで時系列的にも場所的にも特徴的な変動および分布は確認されなかった。

4-7-3 パラルにおける粉塵の飛散状況

パラル市街地周辺の粉塵飛散状況調査は当地の雨期に当たる1991年暦中の8～9月に実施した。雨期に於ける粉塵の飛散に顕著な特徴は見いだせない。これは、土壌表面が湿潤し粉塵の飛散が抑制されている上に、風速が $5\text{m}/\text{sec}$ 以下の穏やかな気象状況であったためと考えられる。

デジタル粉塵計の測定結果からパラル市街のデジタル粉塵計バックグラウンド値

は約25cpm近辺であると考えられる。この値はサカテカス市内で測定された値と同じ程度と判断される。ダストジャーによって採取された粉塵は微量であったため化学分析を行うことはできなかったが堆積場周辺のL2およびL3ではL1の約2.5～3.0倍のサンプルを得ることが出来た。

以上のように雨期に於けるパラル市内への粉塵の降下量はかなり微少であると考えられる。しかしパラル市街地周辺では乾期現地調査中に季節風の強い日に、粉塵が数カ所から舞い上がっていることが確認された。この粉塵はパラル市内に相当量降下している可能性がある。

4-8 調査結果要約

調査地域の基盤は早期白亜期のパラル層で、局部的に砂岩薄層をはさむ頁岩層によって構成されている。水系としてはパラル川が、CFM堆積場の東西をそれぞれ北上する支川を合流し、蛇行しながら西から東へ流下している。パラル川は年間の流量変化が著しく、乾期には渇水状態となるが雨期には濁流となる程増水する。これに伴って地下水もかなり水位が上昇し、流速も増加する。地下水の流れは、堆積場下部に認められる帯水層から東北方面へ向かうものと推定される。

パラル川にはCFM堆積場からの排水のほか、いくつかの民間所有の鉱山の坑内水ならびに工場排水が流入している。表流水サンプルを採取した地点のうちで、最上流にあるP-R3点では、乾期にはほとんど重金属を含まない清浄な水である。しかし雨期には、調査対象のすべての金属が検出されている。これは降雨時に、河岸の堆積物や土壌が洗い流されて川に流入するものと考えられる。南側の支川からのサンプルP-R2と、これが本川に流入しているP-4地点では、Cuをはじめとする重金属ならびにシアンが他の箇所より高くなっており、これはCFMならびに民間の選鉱場からの排水によるものと見られる。P-W1、P-D1はそれぞれCFM選鉱場廃滓上澄水と、堆積場上澄水である。Cu、Zn、Cr、シアンがかなり高いことから、これらの物質はCFM選鉱場ならびに堆積場からの排水による影響が大きいと考えられる。一方、Fe、Asについては、民間選鉱場からの排水の影響と見られる。パラル川下流のP-R5地点では、希釈により重金属の含有はかなり低くなっている。

地下水もCr⁶⁺以外の重金属をかなり含んでおり、周辺の鉱化帯の影響が大きいと考えられる。地下水にはシアンは全く検出されず、このことから堆積場からの浸透水が地下水に影響している可能性は少ないといえる。

周辺土壌中にも重金属は相当程度濃縮しており、特にCu、Pb、Zn、Asが著しく高い地点がある。

堆積場については、エルボテ地域と同じく安定性が非常に悪い状態にあり、早急に崩壊防止対策を立てる必要がある。また、降雨時には滞留水の水位が上昇して、かん止堤を溢流するおそれがあるため、堆積場内外に排水路を設けるべきである。

堆積場から発生する粉塵の影響は、雨期においては飛散がほとんど認められなかった。乾期に置ける測定は種々の事情で実施できなかったが、目視的には相当の粉塵発生が観察されたので、何らかの発生源対策は必要と考えられる。

4-9 鉱害防止対策

4-9-1 堆積場の崩壊防止対策

(1) 対策工法の選定

「4-6 堆積場」の項で記したように、当堆積場の崩壊に対する安定性が、非常に悪い状態であるのは以下の理由による。

- ① かん止堤の断面が過少である。
- ② 下流側法面の勾配が急である。

これらの状況は、先に検討したエルボテ堆積場と非常に似通っており、また、対策工法も同様に幾つか考えられる。

(2) 最適と考えられる対策工法

パラル堆積場はエルボテ堆積場に比べると、

- ① 高さが低い。
- ② 勾配がゆるい。
- ③ かん止堤は良く締まっています、幅が広い。

等の相違点が上げられる。

従って、当堆積場の場合は排土工と押え盛土工の併用が最適な対策工法であると考えられる。

(3) 押え盛土工のモデル断面

押え盛土工の断面を第4-9-1図に示す。法面の安定性を考察した結果、法勾配は40%、高さ10mごとに、幅5mのステップを設けることとした。第4-9-1図で①のゾーンはロック材、②はかん止堤の切土部分、③は盛土である。施工手順としては、まず、EL=1767m付近までロック材の盛土をし、その後②と③の切土及び盛土をし、更にロック材の盛土をする。

(4) 安定性の検定

押え盛土実施後の崩壊に対する安定性を検定する。安全率の目標は、1.2以上とした。安定解析に用いた計算式、及び電算機プログラムは、エルボテ堆積場と同じものを使用した。

安定解析を実施するためにモデル化した断面を第4-9-2図に示す。

① 土質定数及びその他の条件

第4-9-2図に示した各ゾーンの土質定数は、堆積物-1、堆積物-2は「4-6堆積場」の項で使用した定数と同じ値とした。また押え盛土に使用する礫土は、エルボテ堆積場と同じく下記の値とした。

$$\rho_s = 1.800 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{sat} = 1.912 \text{ g/cm}^3$$

$$c = 0.00 \text{ tf/m}^2$$

$$\phi = 37.0^\circ$$

地震時水平震度($K_h=0.15$)、及び円弧の増分($\Delta R=1.0\text{m}$)は、それぞれ「4-6堆積場」の項と同じ値とした。

② 計算結果

第4-9-2図に示した解析モデルによる計算結果を、第4-9-1表に示す。なお、常時($K_h=0.00$)における安定計算結果の詳細、及びその時の各距離での最小安全率となる円弧(あるいはすべり面が一番深い位置となる円弧)を第4-9-3図、第4-9-4図に、地震時($K_h=0.15$)の計算結果の詳細及び円弧を第4-9-5図、第4-9-6図にそれぞれ示す。

以上の結果から、最小安全率が目標の1.2以上を満たしており、第4-9-2図に示したモデル断面であれば、当該押え盛土工法の安定性は「問題ない」と判断出来る。

4-9-2 堆積場の排水対策

現状調査の結果、降雨時には滞留水の水位が上昇し、かん止堤を溢流する危険のあることがわかった。従って、これらを防止するためには排水施設を設ける必要がある。堆積場の排水を考える場合、現在使用中の堆積場と、使用を完了した堆積場とでは排水方法に違いが生じる。当堆積場の場合、中央から東側はすでに使用完了し、西側は現在使用中である。従って、堆積場の場内水については東側と西側で違った排水方法となる。また、南側の山の斜面に降った雨水を場内に流

入させないための場外排水路も設ける。

排水工の各図面を以下に示す。

- ・排水工平面図（第4-9-7図）
- ・断面図（第4-9-8図）
- ・排水溝標準図（第4-9-9図）

（1）場内排水工

①東側場内排水工

東側は、既に堆積を完了した堆積場であるため、エルボテ堆積場と同じく、表面に土砂を覆土した後、排水路を設けることとする。

覆土する土砂は、堆積場の西側一帯に堆積する粘性土を使用する。覆土厚は30cm程度とする。現堆積面は、中央からかん止堤方向に1~3%程度の勾配があるため、その勾配をそのまま利用するように覆土する。

排水路はコルゲートU字フリュームを使用する。

②西側場内排水工

西側は、現在もスライムを放流しているため、その上澄水及び雨水は斜樋管を設けて排水し、流末処理場へ排水する。

東側の排水は汚染されていないため、そのまま河川へ放流するか、プラントでのリサイクル水として使用出来るが、西側の上澄水は汚染されているので河川へは直接放流出来ない。従って、場内水の排水経路は区別する。

（2）場外排水工

場外水の排水施設として、南側の山腹を切り込んで、水路とする。山腹水路の位置は、最終堆積面より約1m高い位置にする。排水工は素堀とする。

（3）排水能力の決定

場内水の場合は、100年確率降水量によって、堆積面上に流入する雨量、及びスライムが沈澱した後の滞留水量によって排水能力を決定し、場外水は100年確率降水量によって、山腹の流域面積内に流入する雨量を求め、その水量の排水能力を決定する。

①日確率降水量

パラル観測所における、1977年~1990年の日最大降水量の観測記録を順に並べ

ると、第4-9-2表のようになる。

上記を対数確率紙にプロットすると、第4-9-10図のようになる。

図より、100年確率降水量(R_{24})は、

$$R_{24} = 130 \text{ mm/day となる。}$$

② 集水面積

各排水工の集水面積は、次のとおりである。

$$A_1 = 0.074 \text{ Km}^2 \quad (\text{南側斜面})$$

$$A_2 = 0.019 \text{ Km}^2 \quad (\text{東側湛水面})$$

$$A_3 = 0.024 \text{ Km}^2 \quad (\text{西側湛水面})$$

③ 流達時間

(計算式)

$$T = 1.67 \times 10^{-3} (L / \sqrt{S})^{0.7}$$

ここで T : 流達時間 (h)

L : 流域最遠点までの流路長 (m)

S : 勾配 (%)

$$T_1 = 1.67 \times 10^{-3} (350 / \sqrt{9/40})^{0.7}$$

$$= 0.17 \text{ h}$$

$$T_2 = 1.67 \times 10^{-3} (100 / \sqrt{3/100})^{0.7}$$

$$= 0.14 \text{ h}$$

$$T_3 = 1.67 \times 10^{-3} (200 / \sqrt{3/100})^{0.7}$$

$$= 0.23 \text{ h}$$

④ 最大平均雨量強度

(計算式)

$$R = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T} \right)^{2/3}$$

ここで R : 最大平均雨量強度 (mm/h)

R_{24} : 計画日雨量 (mm/day)

$$R_1 = \frac{130}{24} \times \left(\frac{24}{0.17} \right)^{2/3} = 147 \text{ mm/h}$$

$$R_2 = \frac{130}{24} \times \left(\frac{24}{0.14} \right)^{2/3} = 167 \text{ mm/h}$$

$$R_3 = \frac{130}{24} \times \left(\frac{24}{0.23} \right)^{2/3} = 120 \text{ mm/h}$$

⑤ 計画洪水流量の算定

(計算式)

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \times f \times R \times A$$

ここで、 Q_p : 最大洪水流量 (m^3/sec)

f : 流出係数 (湛水面 1.0 草地 0.9 林地 0.8)

A : 流域面積 (km^2)

i) A_1 域 (南側斜面)

$$\begin{aligned} Q_{p1} &= 1/3.6 \times 0.8 \times 147 \times 0.074 \\ &= 2.42 \text{ m}^3/\text{sec} \end{aligned}$$

ii) A_2 域 (東側湛水面)

$$\begin{aligned} Q_{p2} &= 1/3.6 \times 0.9 \times 167 \times 0.019 \\ &= 0.79 \text{ m}^3/\text{sec} \end{aligned}$$

iii) A_3 域 (西側湛水面)

Q_{p3} = 最大洪水流量 (Q_{p4}) + 廃滓上澄水量 (Q_{p5})

$$\begin{aligned} Q_{p4} &= 1/3.6 \times 1.0 \times 120 \times 0.024 \\ &= 0.80 \text{ m}^3/\text{sec} \end{aligned}$$

廃滓上澄水量 (Q_{p5})

$$5.200 \text{ m}^3/\text{month} = 173.3 \text{ m}^3/\text{day} = 0.002 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_{p3} = Q_{p4} + Q_{p5} = 0.80 \text{ m}^3/\text{sec} + 0.002 \text{ m}^3/\text{sec} = 0.802 \text{ m}^3/\text{sec}$$

(4) 排水工断面の決定

① 場外排水工 (山腹水路)

山腹水路の断面を第4-9-9図(A)のように仮定すると

$$\begin{aligned} Q &= V \cdot A = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \\ &= \frac{1}{0.035} \times 0.9 \times 0.34^{2/3} \times 0.05^{1/2} \\ &= 2.80 \text{ m}^3/\text{sec} > Q_{p1} = 2.42 \text{ m}^3/\text{sec} \dots\dots\dots 0. K \end{aligned}$$

従って、第4-9-9図(A)の断面に決定する。

② 場内排水工

i) 東側場内水 (コルゲートU字フリューム)

コルゲートU字フリュームの断面を第4-9-9図(B)のように仮定すると、

$$\begin{aligned} Q = V \cdot A &= \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \\ &= \frac{1}{0.022} \times 0.469 \times 0.400 \times 0.02^{1/2} \\ &= 1.21 \text{ m}^3/\text{sec} > QP_2 = 0.79 \text{ m}^3/\text{sec} \dots\dots\dots 0. K \end{aligned}$$

従って、第4-9-9図(B)の断面に決定する。

ii) 西側場内水 (斜樋管)

斜樋管の断面を第4-9-9図(C)のように仮定すると、

$$\begin{aligned} Q = V \cdot A &= \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \\ &= \frac{1}{0.015} \times 0.225 \times 0.161^{2/3} \times 0.05^{1/2} \\ &= 0.995 \text{ m}^3/\text{sec} > QP_3 = 0.802 \text{ m}^3/\text{sec} \dots\dots\dots 0. K \end{aligned}$$

従って、第4-9-9図(C)の断面に決定する。

斜樋管から流末までは、ポリエチレンパイプφ500mmを使用する。

4-9-3 粉塵防止対策

乾期になると、堆積場の表面が乾燥して粉塵が発生する。パラル堆積場の中央から東側はすでに堆積が完了しており、エルボテ堆積場と同様な考え方をしなければならない。従って、東側は法面及び堆積場上面の覆土工法が最適である。

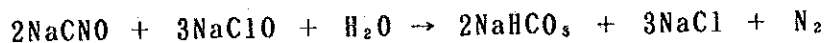
覆土方法については「4-9-1 堆積場の崩壊防止対策」及び「4-9-2 排水対策」の項で述べたとおりである。

中央から西側の現在堆積中、あるいは今後堆積していく上での粉塵防止対策としては、同様に覆土工法が最適である。かん止堤法面の覆土は、高さ1m~2m程度ごとに随時実施していき、最終高さとなって堆積完了後、上面の覆土を実施する。堆積中の上面は、放流水によってある程度湿潤状態になると思われるが、部分的に乾燥して粉塵が発生する個所がある場合は、スプリンクラーによる散水を実施する。

4-9-4 流末排水処理

パラル選鉱場・堆積場からの廃水には多種の重金属イオンならびにシアンイオ

ンが含まれているので、何らかの化学的処理を行ってこれらのイオンを除去しなければならない。化学処理にはいろいろな方法があるので、最適な処理方式はそれぞれについて実験室規模での試験を行って決定すべきである。参考までに、現段階で提案できる方式のひとつに“アルカリ塩素法”がある。これは、アルカリ性領域において、廃水に次亜塩素酸ナトリウム (NaClO) を加えシアンイオンを酸化・分解するもので、次の二段の反応から成る。



通常は二段の反応槽を用い、各10~15分間溶液を攪拌しながら行う。この結果、シアンイオンは分解し、シアンと結合している金属は沈澱等により除去される。上澄水は河川に放流できる。

4-9-5 地下水汚染対策

水文観測によればパラル本川は、乾期には下流に向かうに従って河川流量が減少し失水河川となり、雨期には下流に向かうに従って河川流量が増加し得水河川となる。つまり、乾期には表流水が地下に浸透し易く、雨期には浸透しにくくなる。従って、乾期には堆積場からの汚染物質が河川に流入すると、地下に浸透しやすくなるが、雨期には汚染物質が河川に流入し遠くまで運搬されても、地下水は汚染されない。

したがって、地下水への汚染を防止するには、乾期の堆積場排水や選鉱排水が河川に流入しない対策が必要である。このためには堆積場排水の蒸発面積を大きくしたり、排水路を設けて選鉱排水のリサイクルを実施するのが望ましい。

また、堆積場とパラル川本川と間に沈澱池を設けることを提案する。この池に排水路からの排水を一時貯留することで

① 乾期には蒸発面積が拡大される

② 雨期には不測の豪雨による廃滓のパラル川への流出を妨げることができる。
これによってパラル川による汚染物質の運搬が軽減できる。

一方、パラル鉱山の坑内から揚水している地下水は強酸性を示し、河川水や表層に近い地下水は弱アルカリ性を示し、汚染物質の濃度も河川水や表層地下水と較べて高い。このことから、この坑内水は表層の地下水とは異なる、温泉や鉱泉に近い水質を有する深層地下水であると判断される。

パラル市はこの坑内水を下水処理などの生活用水として利用しているが、飲料には適さない水質である。パラル川本川はその上流域においては、平坦地を蛇行して流れているため、この地域においては浅層地下水が豊富でかつ天水起源であ

ると考えられるため、坑内から揚水した地下水に見られる鉱脈起源の汚染物質はないものと考えられる。従って、パラル本川上流域で安価な地下水用浅層ボーリングを数多く実施することにより、表層地下水を補足し、新たな水源にするか、坑内水を希釈することにより、水質の改善に努めるのが望ましい。

4-9-6 工事工程及び工自費

各鉱害防止対策工事における概略の工期・および工事費を算出する。

(1) 工事工程

工事工程は次表のようになる。

工 種	数 量	5 month		10 month	
排 土 工	14,000 m ³	2.5 month			
押え盛土工	66,000 m ³		4 month		
覆 土 工	6,000 m ³	0.6 month			
場内排水工	300 m	0.9 month			
場外排水工	780 m	1 month			
仮設道路工	100 m	0.2 month			

(2) 工事費

メキシコの建設事情を調査した結果、工事費の概算は次表のようになる。

工 事 名	数 量	単価(\$us)	金額(\$us)
①崩壊・粉塵防止対策			
排 土 工	14,000 m ³	1.7	24,000
押え盛土工	66,000 m ³	6.3	416,000
覆 土 工	6,000 m ³	4.0	24,000
(小 計)			(464,000)
②排水対策			
場内排水工	300 m	120.0	36,000
場外排水工	780 m	113.3	88,000
(小 計)			(124,000)
合 計			588,000

(3) 工事仕様

前述した工事工程および工事費を算定するための主要工種の工事仕様は次表の通りである。

工 程	機 種	作業能力 (1日当り)	セット 台数
①排 土 工	フルト-サー 15t級	33 m ³ /h	1
②押え盛土工			
土取場岩盤掘削	リッパ付フルト-サー 32t級	53 m ³ /h	1
破 碎 岩 積 込	バックホー 1.0m ³ 級	51 "	1
破 碎 岩 運 搬	ダンプトラック 11t積	17 "	3
敷 均 し 転 圧	フルト-サー 21t級	64 "	1
③覆 土 工			
粘性土掘削・積込	バックホー 1.6m ³ 級	41 m ³ /h	1
粘 性 土 運 搬	ダンプトラック 11t積	18 "	3
敷 均 し 転 圧	フルト-サー 11t級	41 "	1

註) 1. 押え盛土における運搬距離は1kmとした。

2. 覆土工における運搬距離は0.7kmとした。

3. 稼働率時間・稼働日数はそれぞれ7hours/day, 25day/monthとした。

次に、4-9-4に記述した流末排水処理について、アルカリ塩素法を採用した場合の主要設備と価格は概ね次のとおりである。処理量は一日あたり200m³程度の規模とする。作業費はふくまれない。

アルカリ塩素方式による廃水処理主要設備

機器名称	仕様	数量	単価(us\$)	金額(us\$)
反応槽	1,800x1,800mm S S製攪拌機付き	2	15,000	30,000
薬剤供給タンク	1,000x1,000mm S S製攪拌機付き	2	6,000	12,000
薬剤供給タンク	1,000x1,000mm S S製攪拌機付き FRPライニング	1	7,000	7,000
薬剤供給ポンプ	プランジャー型	3	8,000	24,000
計測制御計	pH指示制御系	一式		70,000
配管その他		一式		7,000
総計				150,000

工期は機器発注後、納入まで約7ヶ月、据え付け1ヶ月、計約8ヶ月と見込まれる。

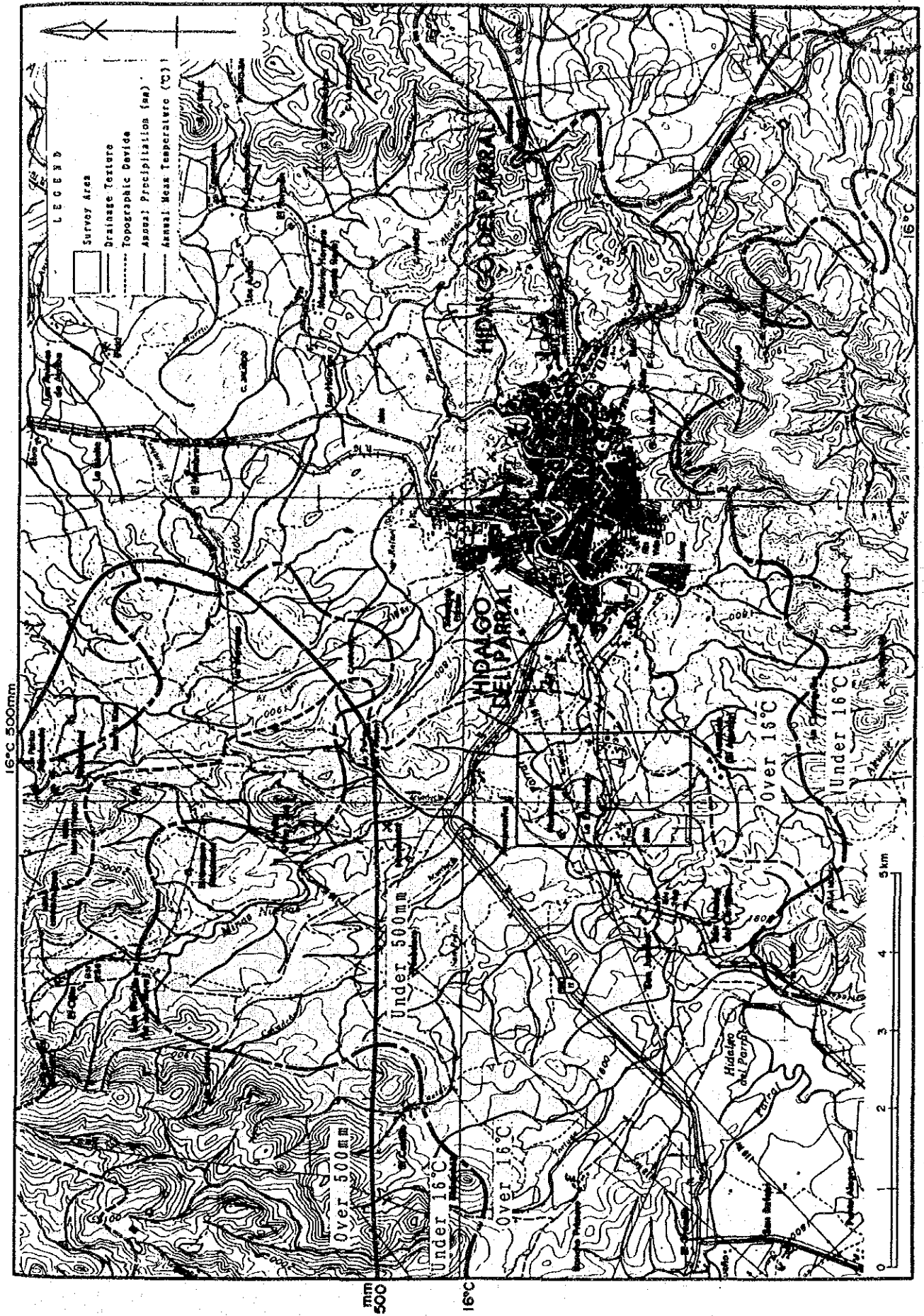


Fig. 4-1-1 Hydrologic and Meteorologic Map

Geological Age		Symbol	Explanation
Quaternary	Recent	Qr	River deposits
		Qt	Terrace deposits
Tertiary	Oligocene	(Stippled pattern)	Rhyolite(dyke)
		(Dotted pattern)	Dacite and Rhyolite
		(Cross-hatched pattern)	Andesite
Early Cretaceous		(Horizontal line pattern)	Parral Formation : shale
		(Dashed line)	Fault

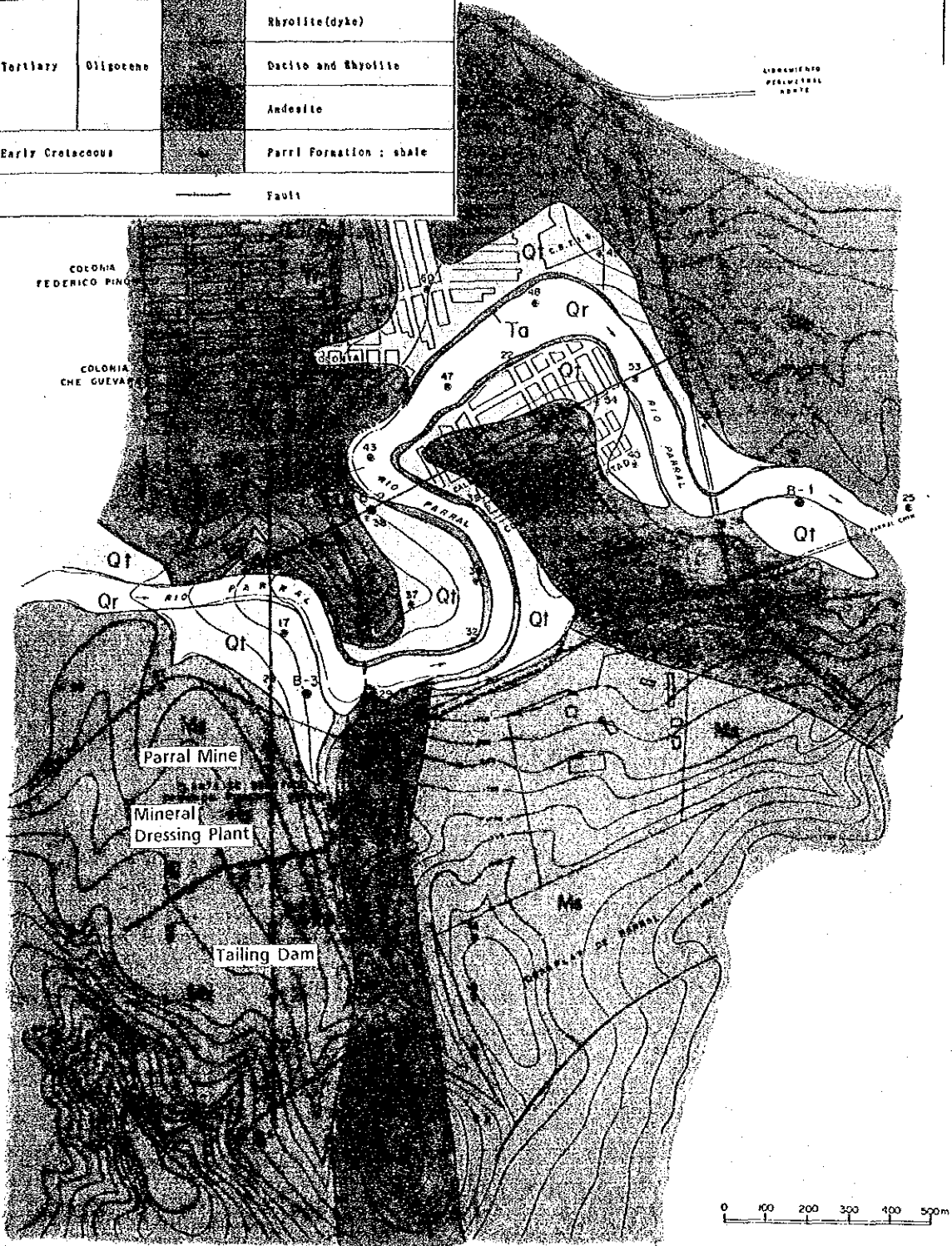


Fig. 4-2-1 Geological Plane Map (Parral)

Geological Age		Symbol	Explanation
Quaternary	Recent	Qr	River deposits
		Qt	Terrace deposits
Tertiary	Oligocene	T	Rhyolite (dyke)
		Td	Dacite and Rhyolite
		Ta	Andesite
Early Cretaceous		Qs	Parral Formation : shale

— Fault

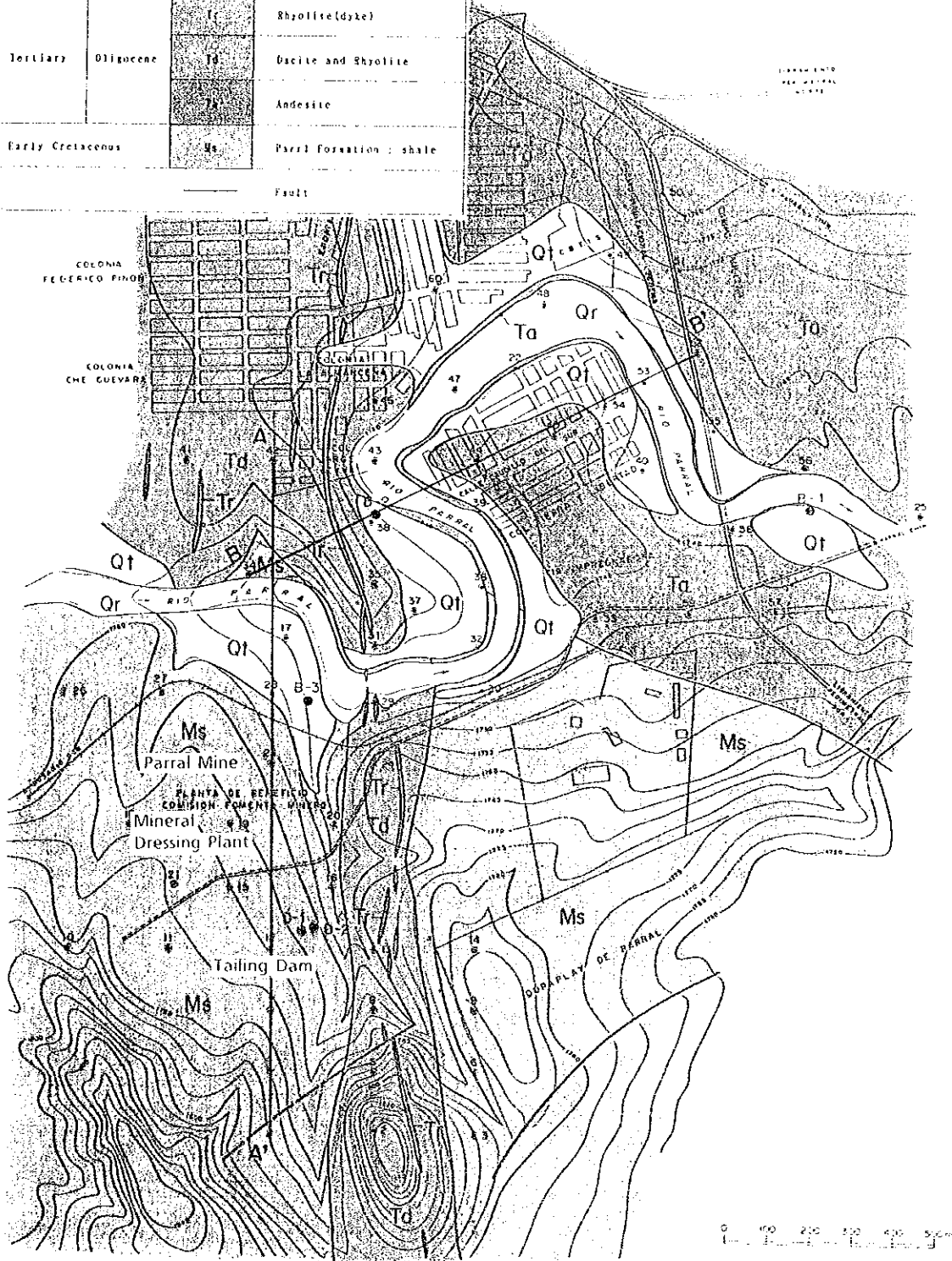


Fig. 4-2-1 Geological Plane Map (Parral)

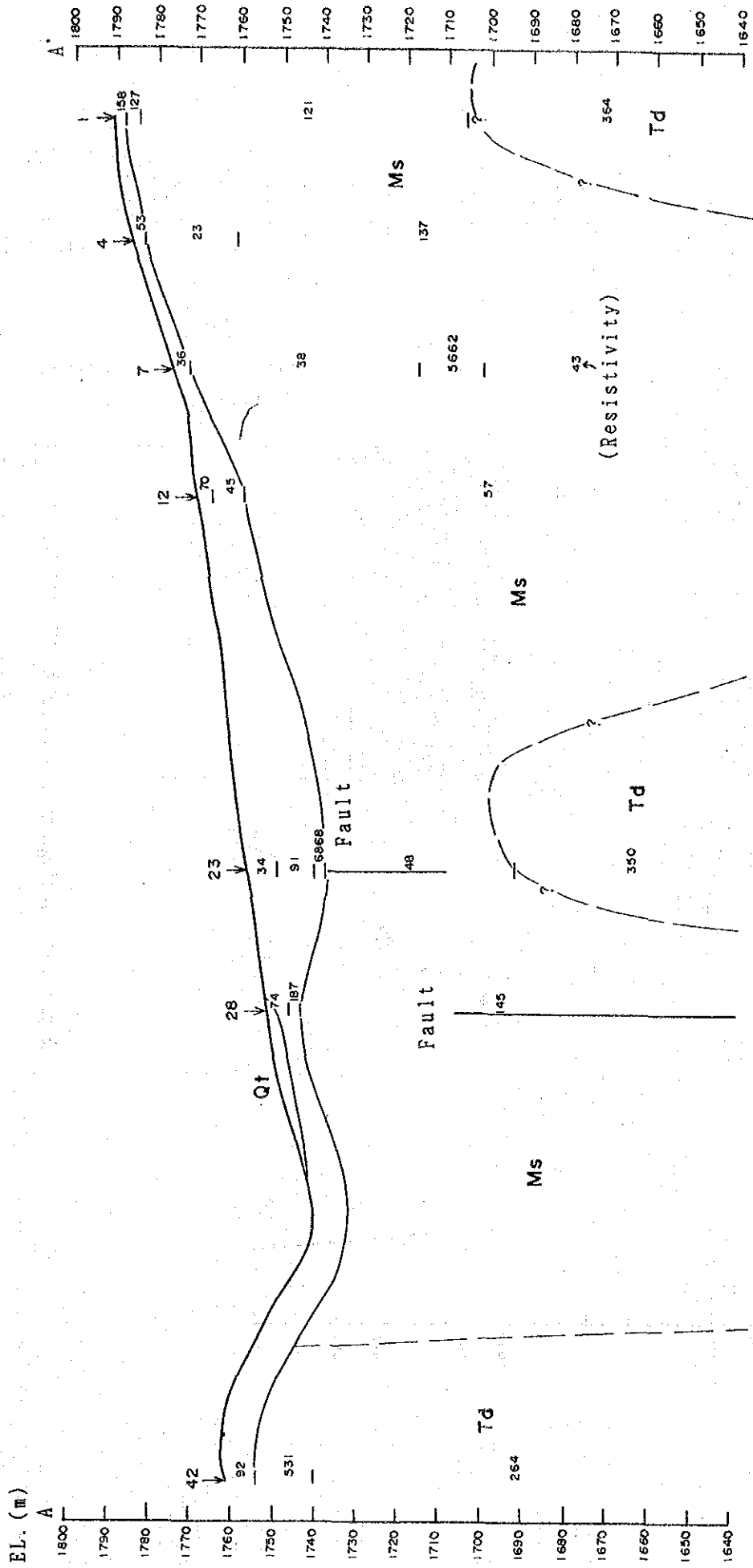


Fig. 4-2-2 Geological Cross Section (Parral) (1)

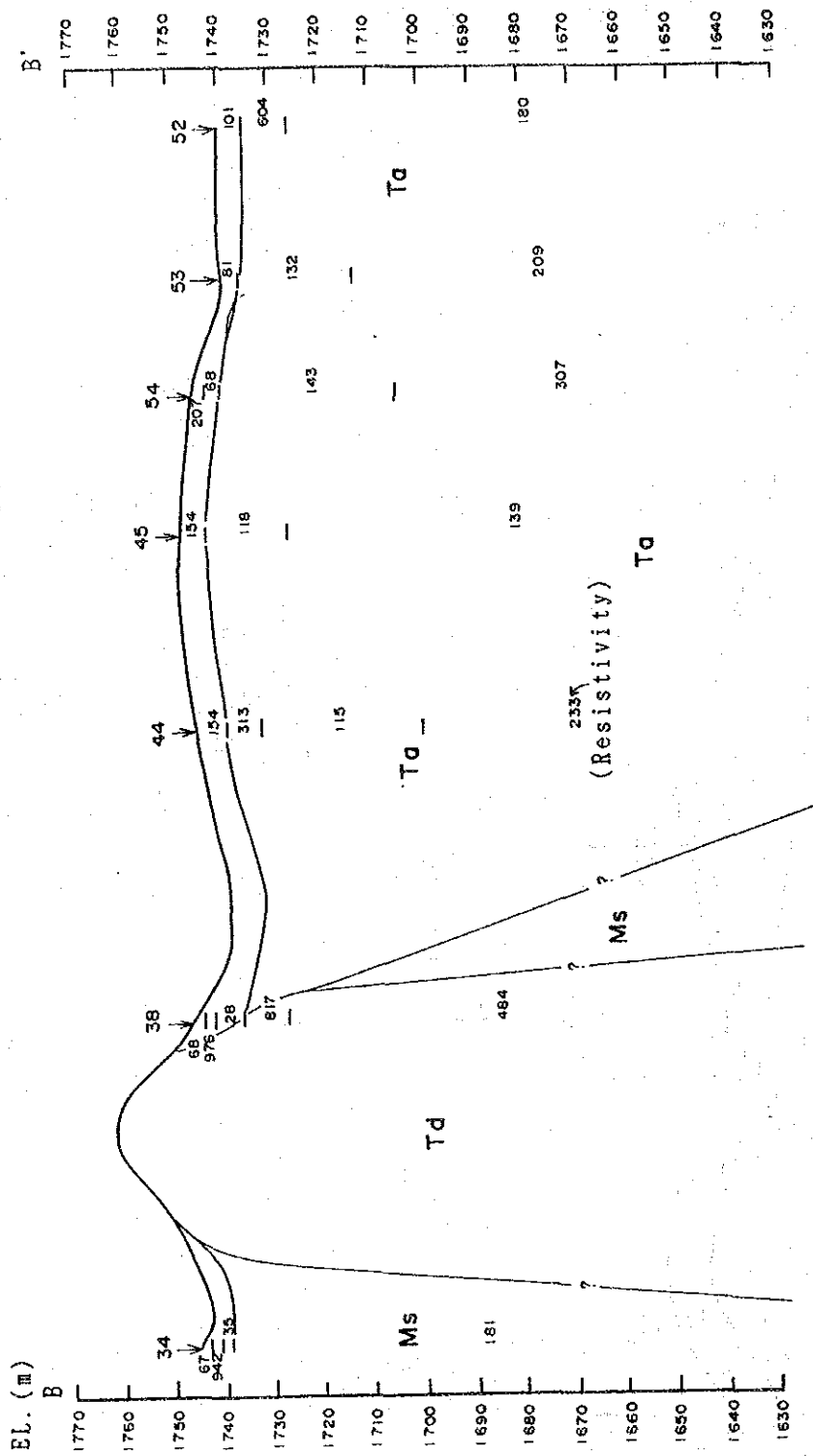


Fig. 4-2-2 Geological Cross Section (Parral) (2)

(2) Parral

Geological Age		Symbol	Explanation
Quaternary	Recent	Qr	River deposits
		Qt	Terrace deposits
Tertiary	Oligocene	Tr	Rhyolite(dyke)
		Pd	Dacite and Rhyolite
		Ad	Andesite
Early Cretaceous		Pf	Parral Formation : Shale
		—	Fault

Fig. 4-2-3 Geologic Column (Parral)

(2) Parral

Geological Age		Symbol	Explanation
Quaternary	Recent	Qr	River deposits
		Qt	Terrace deposits
Tertiary	Oligocene	Tr	Rhyolite (dyke)
		Td	Dacite and Rhyolite
		Ta	Andesite
Early Cretaceous		Ms	Parral Formation : Shale
—————			Fault

Fig. 4-2-3 Geologic Column (Parral)

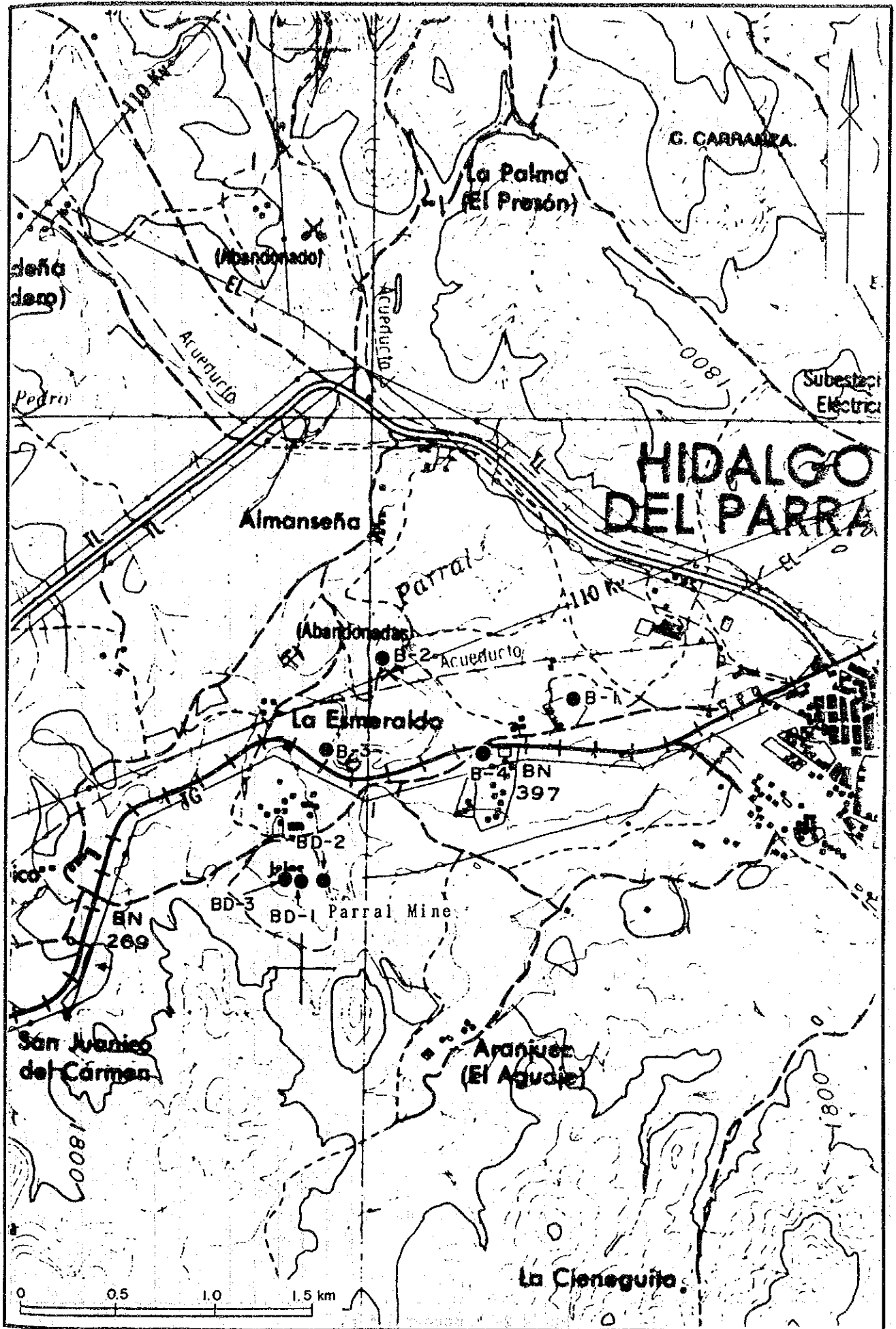


Fig. 4-2-4 Location Map of Boring Site

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation											
					<20 cm	10-20cm	5-10cm	2cm	1-2 cm	Dry Season	Rainy Season												
0.00		Terrace deposits	sand and gravel	The gravel consists of rounded andesite, shale and sandstone, ranging in size 1 to 8cms.		0.40	0.40	2.60m		(3 / 11)	pH 7.55												
0.40			gravelly sand	The gravel consists of the same rocks as upper bed. The matrix is composed of brown, poorly sorted, silty and fine-grained sand.																			
2.90			gravel	The gravel consists of rounded basalt, dacite and welded tuff, ranging is size 3 to 8cms. The matrix is the same as upper bed.																			
3.10		Extrusive rocks	andesite	The andesite is light gray to grayish white and be characterized by megaphenocrysts of feldspar and pyroxene ranging up to 1cm in diameter, like as porpyrite. 8.60~8.80m Joint surface is covered with light brown limonite skin. 8.80m Joint; dip angle 75°. 9.80m Joint; dip angle 45°, straight quartz vein.		0.40	0.40	0.63 (9 / 2) 0.40 (8 / 29)	0.87 1.34	1.22 1.11	0.51 1.70	0.40 1.46											
10.00																							

Fig. 4-2-5 Boring Log (1)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation		
					<20cm	10-20cm	5-10cm	2mm - 5cm	2mm A	Dry Season	Rainy Season			
0.00		Terrace deposits	silty sand	This layer consists of grayish brown, silty and very fine-grained sand.										
0.70			sandy silt	This layer consists of grayish brown sandy silt.										
1.50			silty sand	This layer consists of brown, well sorted, silty and fine-grained sand.										
8.00		Terrace deposits	gravelly sand	The gravel consists of rounded andesite, slate and acidic rocks, ranging in size 2 to 3cms. The matrix is composed of light grayish brown, silty and fine-grained sand.										
8.50			gravel	The gravel consists of the same rocks as upper bed, ranging in size 2 to 5cms. The matrix is also same.										
8.90		Extrusive rocks	andesite	The andesite is light gray to grayish white and be characterized by altered megaphenocrysts of feldspar looks like porphyrite. Small pyrite grains have occurred in this rock 10.50~15.25m Especially, this part has hardly undergone kaolinization and chloritization, so that this texture is not clear.										
													0.40 (8/29)	
													0.51 (9/2)	
12.00											0.40			
											0.63			

Fig. 4-2-5 Boring Log (2)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation			
					<20 cm	10-20cm	5-10cm	2mm	> 2 mm	Dry Season	Rainy Season				
0.00		Terrace deposits	silty sand	This layer consists of pale brown, silty and fine-grained sand.											
			silt	The silt is brown, weakly consolidated and clay-rich.											
			gravelly silt	This layer consists of yellowish brown sandy silt with gravel. The gravel is composed of subrounded slate and acidic rocks, ranging in size 0.5 to 1cm.											
			sandy silt	The silt is dark grayish brown, weakly consolidated and sandy. Sandy element is fine-grained and well sorted.											
			sand	This layer consists of pale brown, loose, well sorted and very fine-grained sand.							5.01 (9/2)	4.42 (8/29)			
6.75		Parral formation	shale	The shale is pale greenish gray, hard and consolidated. Lamina has developed in it. This rock is affected by silicification and mineralization, so that many veins of quartz or pyrite has occurred in it. 9.00m Lamina; dip angle 60°. 9.90m Lamina; dip angle 45°.											
12.00															

Fig. 4-2-5 Boring Log (4)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation	
					<20 cm	10-20cm	5-10cm	2cm	1-5cm	< 2 mm	Dry Season		Rainy Season
12.00				This is the same rock above mentioned.								3.95 (9/1)	
				12.80m Lamina; dip angle 45°.								3.00 (8/29)	
												3.95	
												1.22	
				14.40m Lamina; dip angle 50°.								3.95	
												1.58	
				15.60m Lamina; dip angle 40°.								4.54	
												1.46	
												4.18	
												0.40	
												5.01	
												0.40	
		Parral formation	shale									4.77	
				18.80m Lamina; dip angle 60°.								0.40	
												2.88	
												0.40	
												1.82	
												0.40	
												3.47	
												0.40	
				22.20m Lamina; dip angle 40°.								3.83	
												0.40	
												2.64	
												0.40	
24.00													23.92

Fig. 4-2-5 Boring Log (5)

(3/11)
pH 6.35

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation	
					<20 cm	10-20cm	5-10cm	2mm	2-5cm	>2 mm	Dry Season		Rainy Season
24.00				This is the same rock above mentioned.							4.89		
				24.30m Lamina; dip angle 30°.								4.18	(9 / 1)
												0.40	(8 / 29)
											0.63		
												5.72	
												0.40	
											0.40		
												3.83	
												0.40	
											0.87		
												2.17	
												0.40	
											1.34		
												2.53	
												0.40	
											1.82		
												0.40	
												0.40	
30.00		Parral formation	shale									1.70	
												3.12	
												0.40	
											0.87		
												2.05	
												0.40	
											0.63		
												0.40	
												0.40	
											1.34		
												0.40	
												0.40	
											1.34		
												0.40	
												0.40	
											1.46		
												0.51	
												0.40	
											0.87		
												0.40	
												0.40	
36.00												0.99	

Fig. 4-2-5 Boring Log (6)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					<20cm	10-20cm	5-10cm	2mm - 5mm	2mm A	Dry Season	Rainy Season	
0.00		Terrace deposits	sandy silt	This layer consists of dark yellowish brown and sandy silt.								
			silty sand	This layer is composed of pale brown, moderately well sorted, silty and fine to medium grained sand. The grain size has a general tendency to become coarser toward the bottom in this layer.								
			sandy clay	This layer consists of brown and sandy clay.								
			sand	This layer consists of brown, moderately well sorted, and medium to coarse grained sand.								
			clay	This part is composed of brown clay.								
6.20		Extrusive rocks	andesite	The andesite is pale greenish gray, hard and altered. This rock has undergone chloritization and small pyrite grains have occurred in this matrix. Partly, calcite veins have developed.							0.40 (8/29)	
				6.20~10.10m This part is pale yellowish gray and weathered. Dark brown limonite has occurred on surface of joints.							0.48 (9/21)	
											0.40	
											0.51	
											0.40	
											0.99	
											2.29	
											0.40	
							9.80m Joints; dip angle 25°, 45° and 75°. Dark brown limonite occurred on surface of joints.					0.40
							10.10~15.20m This part is pale greenish gray.					0.40
												0.40
												0.40

Fig. 4-2-5 Boring Log (8)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					WaterFlow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					<20 cm	10-20 cm	5-10 cm	2 mm	1-2 mm	Dry Season	Rainy Season	
12.00	L L L L L L L L L L L L L L L L	Extrusive rocks	andesite	This is the same rock above mentioned.	<20 cm						0.40	(8/29)
				12.60m Joint; dip angle 20°. This surface is covered with brown limonite.								
				13.60m Joint; dip angle 25°. Pyrite has occurred on this surface.								
				13.65m Joint; dip angle 20°. Pyrite has occurred on this surface.								
15.20												

Fig. 4-2-5 Boring Log (9)

Soil Columnar Section

Survey Area Parral Tailing Dam

Elevation 1,787.41 m

Date: Feb 2 ~ Feb, 1991

Drilling No. BD-1

Water Level ± L m

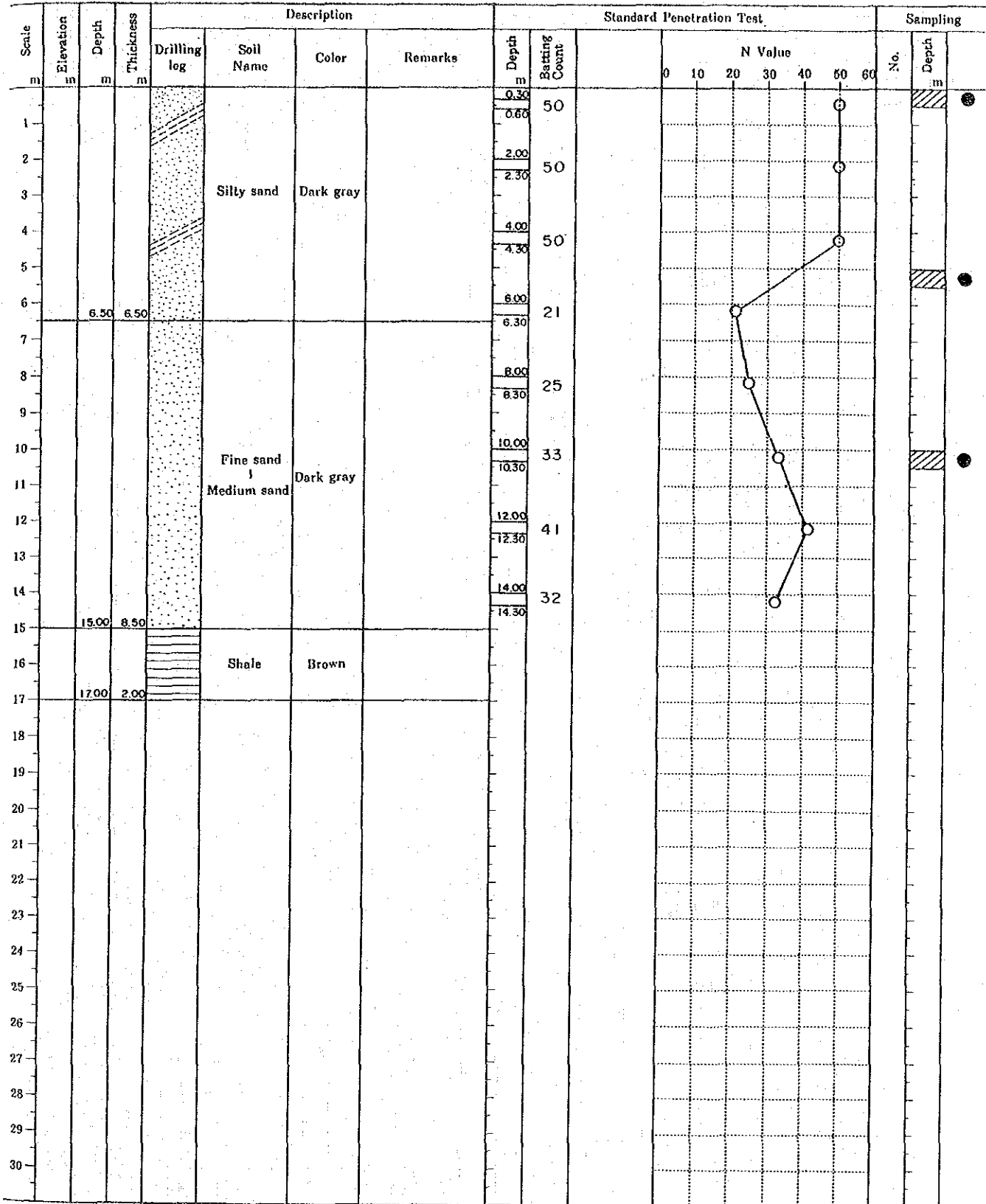


Fig. 4-2-5 Boring Log (10)



Soil Columnar Section

Survey Area Parral Tailing Dam

Elevation 1,782.27 m

Date: Feb. 2~Feb. 10, 1991

Drilling No. BD-2

Water Level N.W m

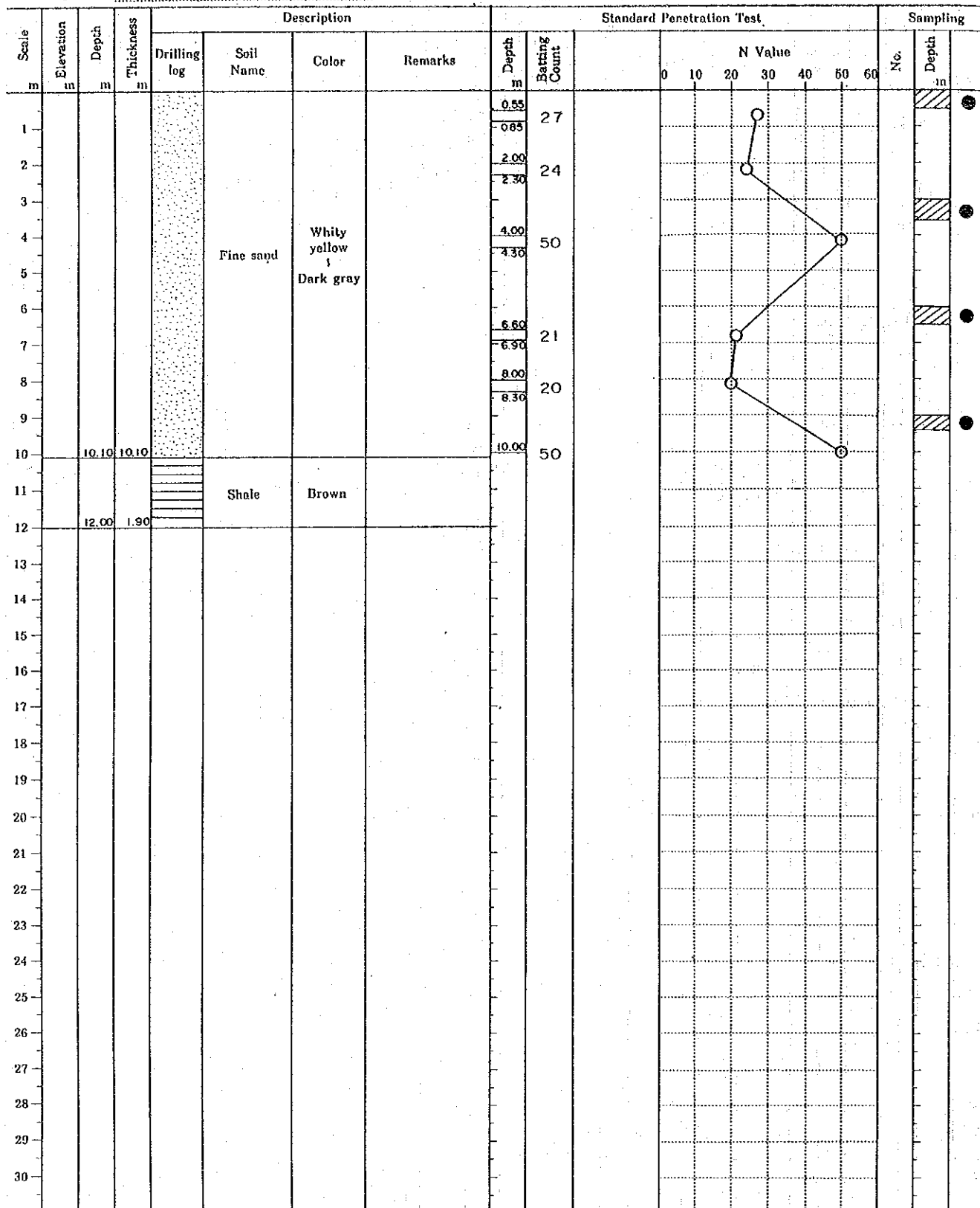
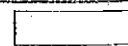


Fig. 4-2-5 Boring Log (11)



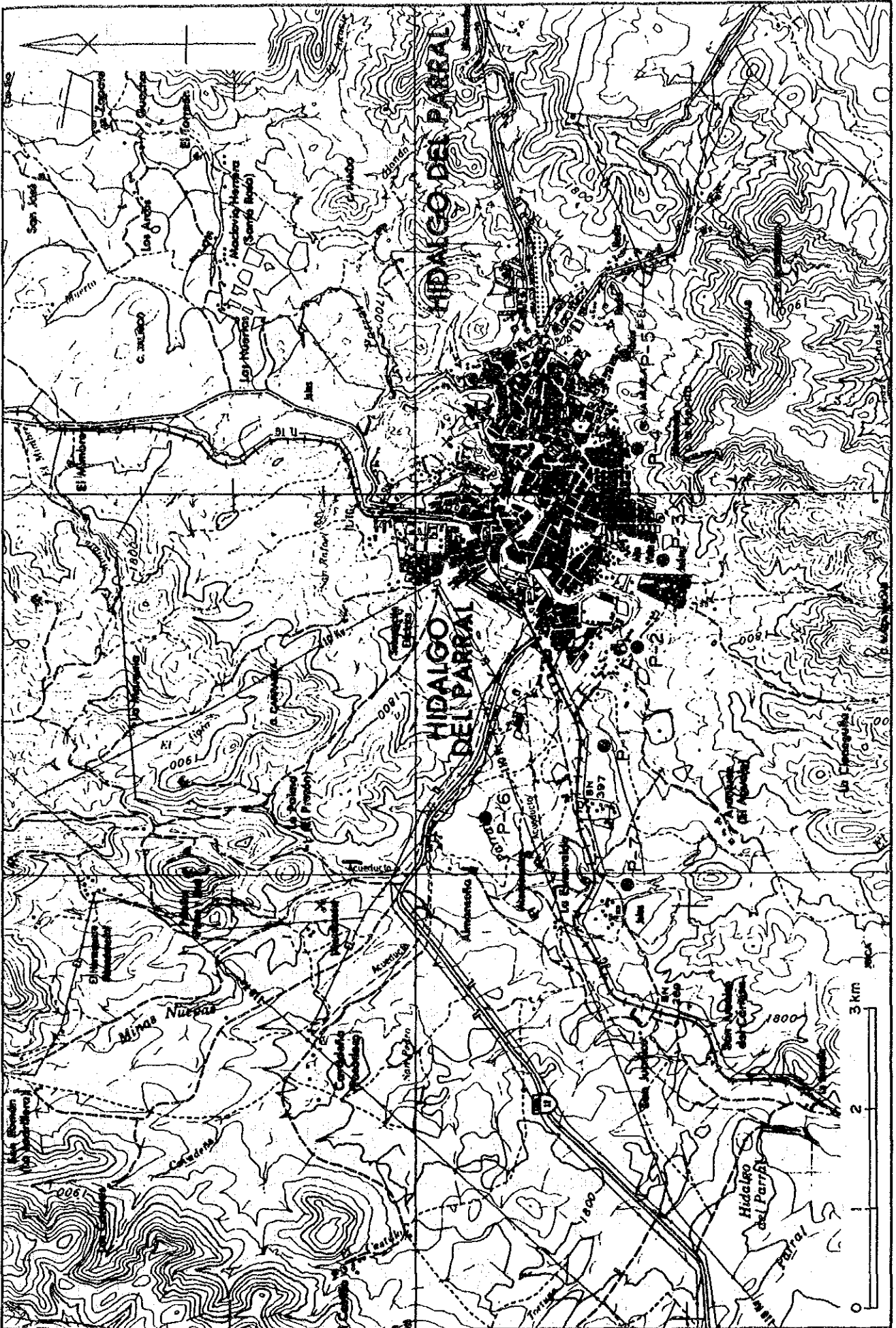


Fig. 4-2-6 Location Map of Fissure Measuring Site

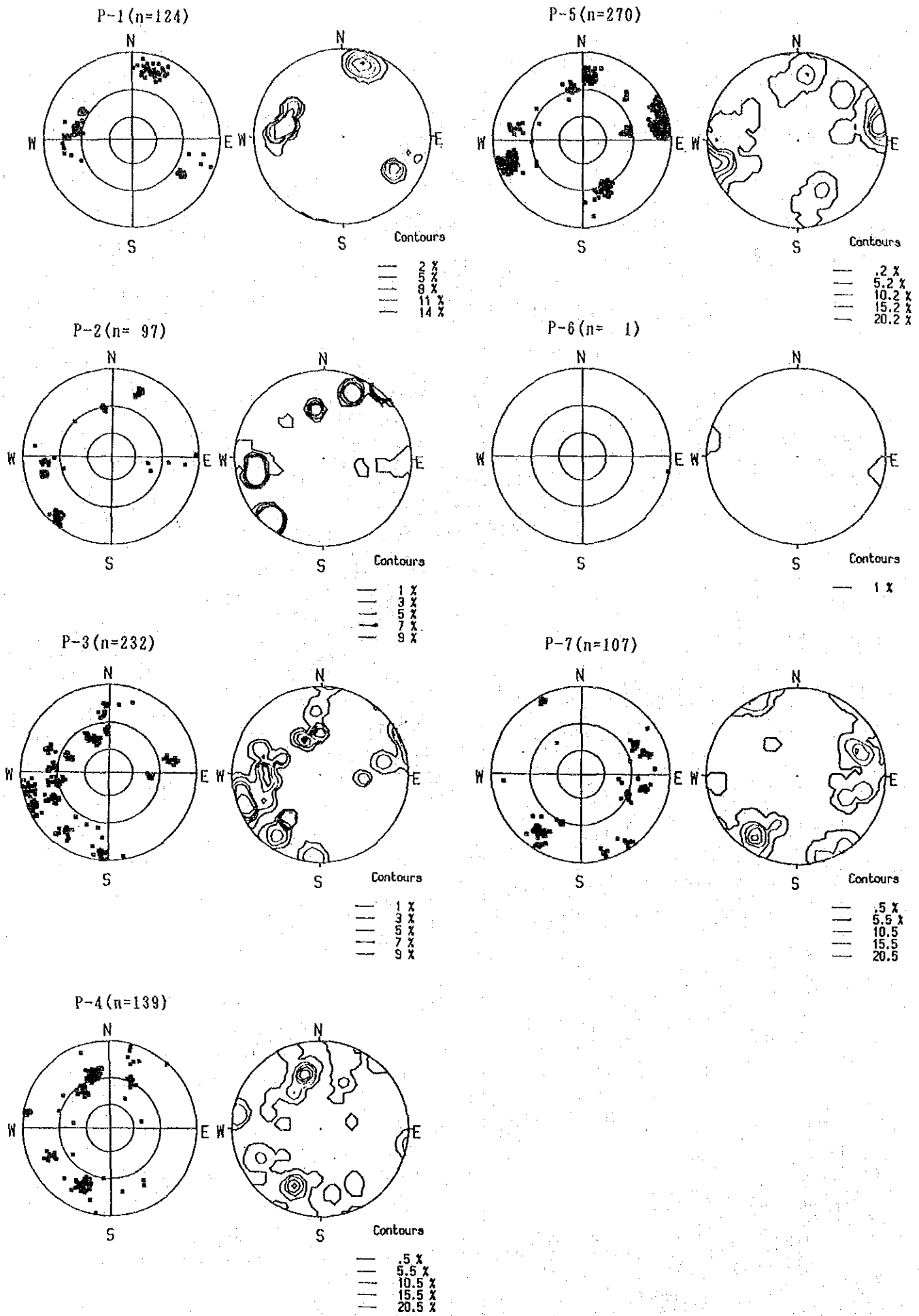


Fig. 4-2-7 Wulff's Net of Fissure Direction

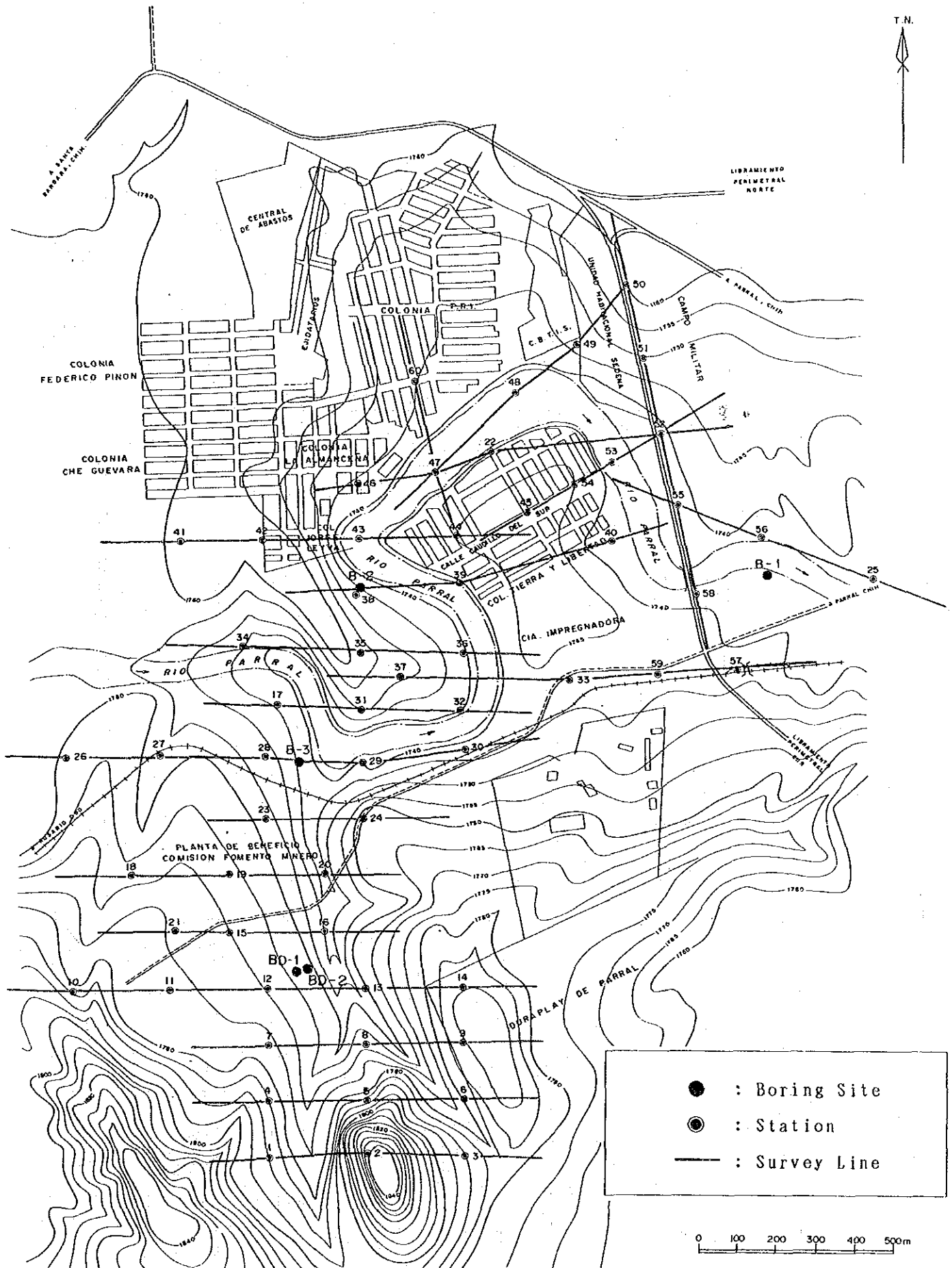


Fig. 4-3-1 Location Map of Electrical Prospecting Station (Parral)

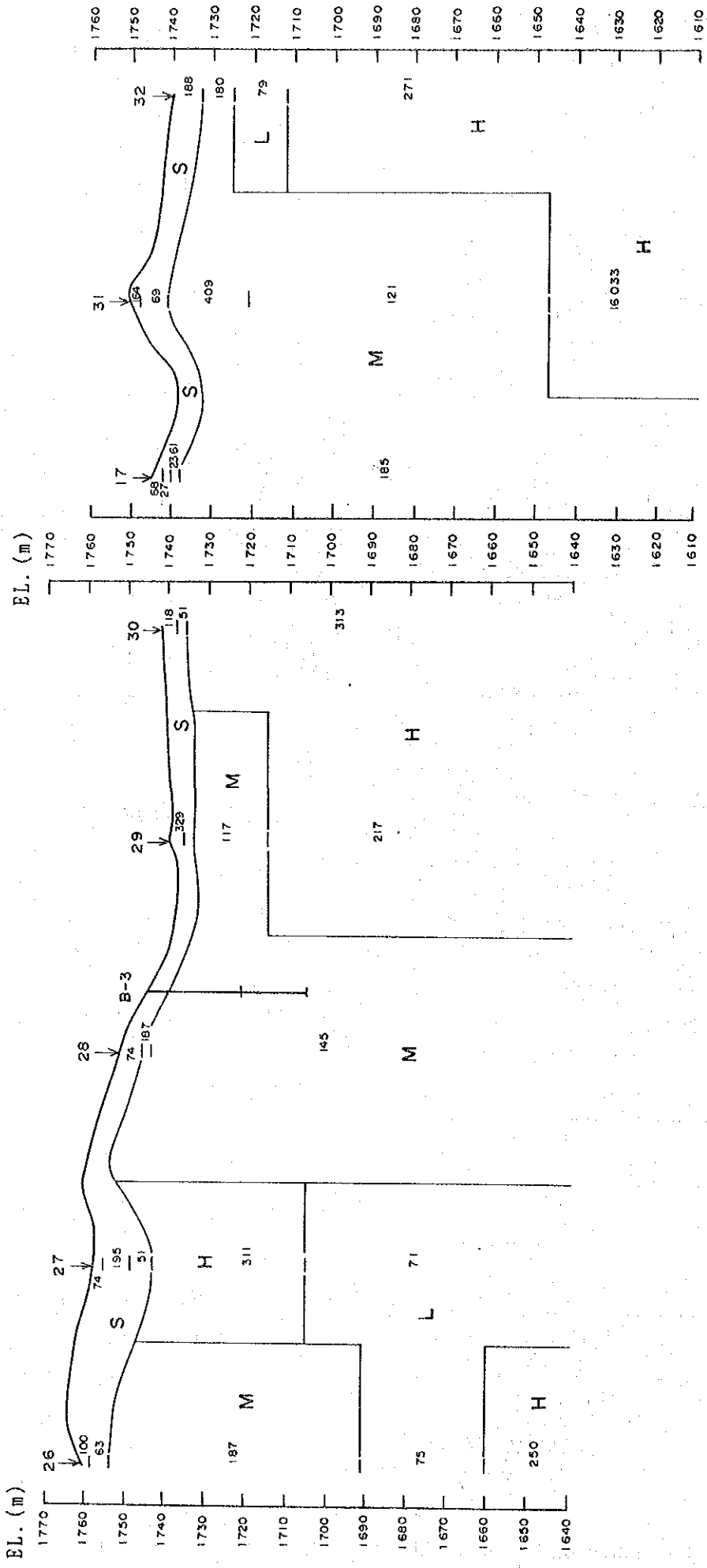


Fig. 4-3-2 Resistivity Cross Section (1)

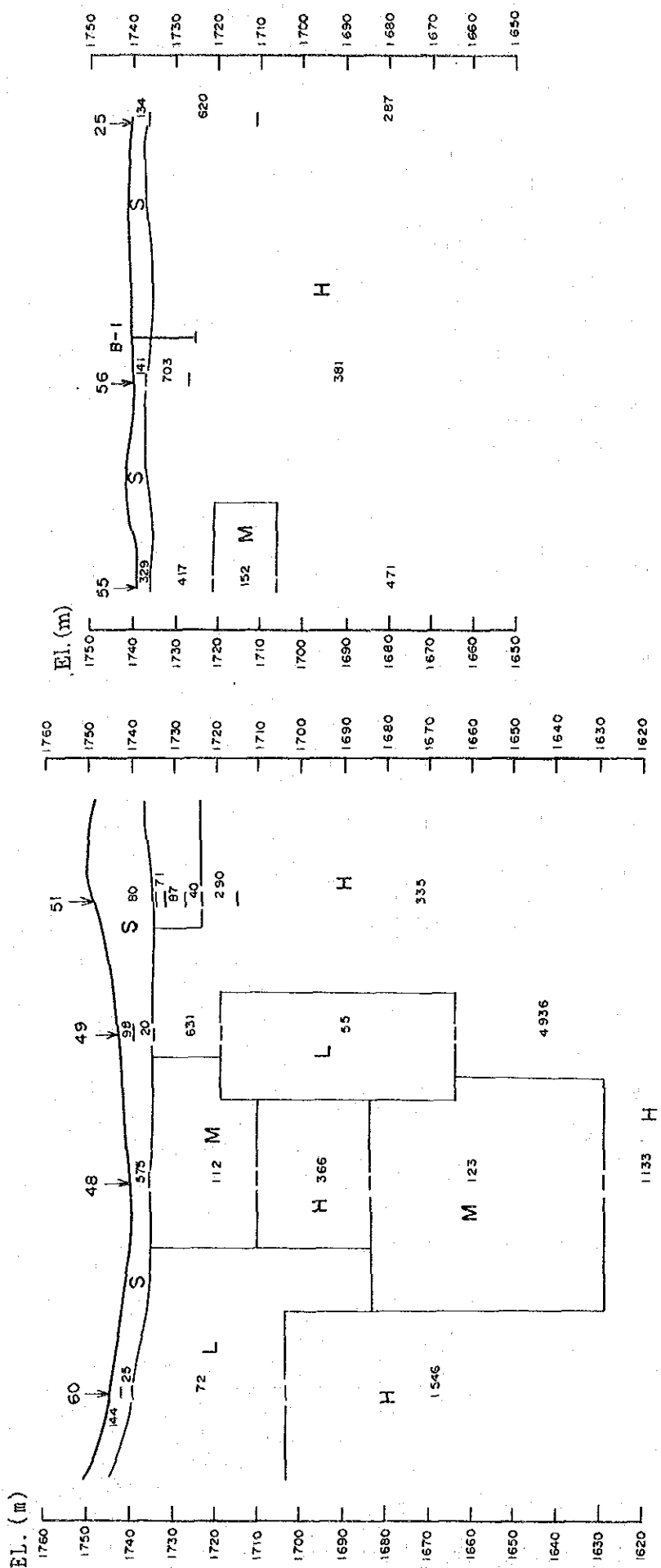


Fig. 4-3-2 Resistivity Cross Section (2)

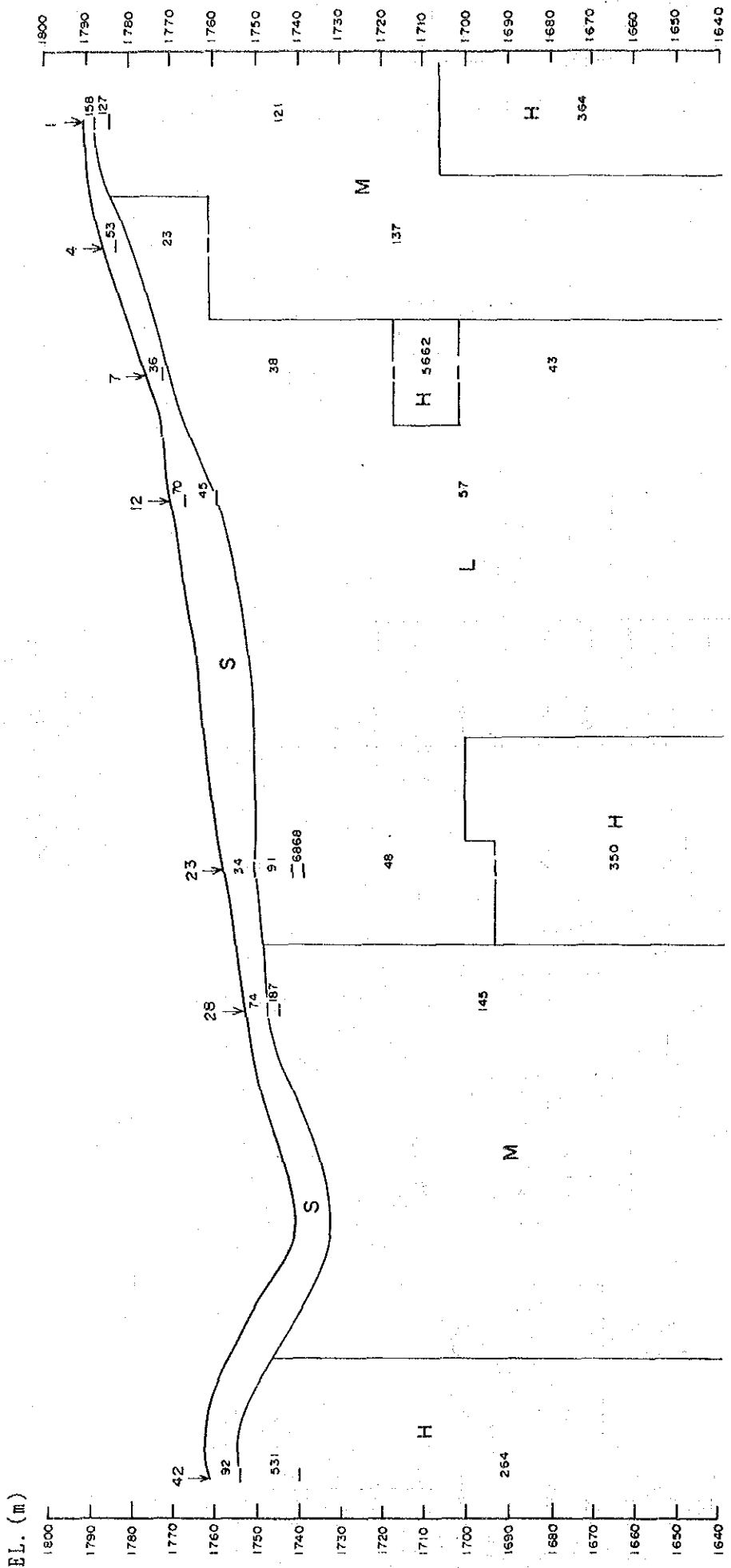


Fig. 4-3-2 Resistivity Cross Section (3)

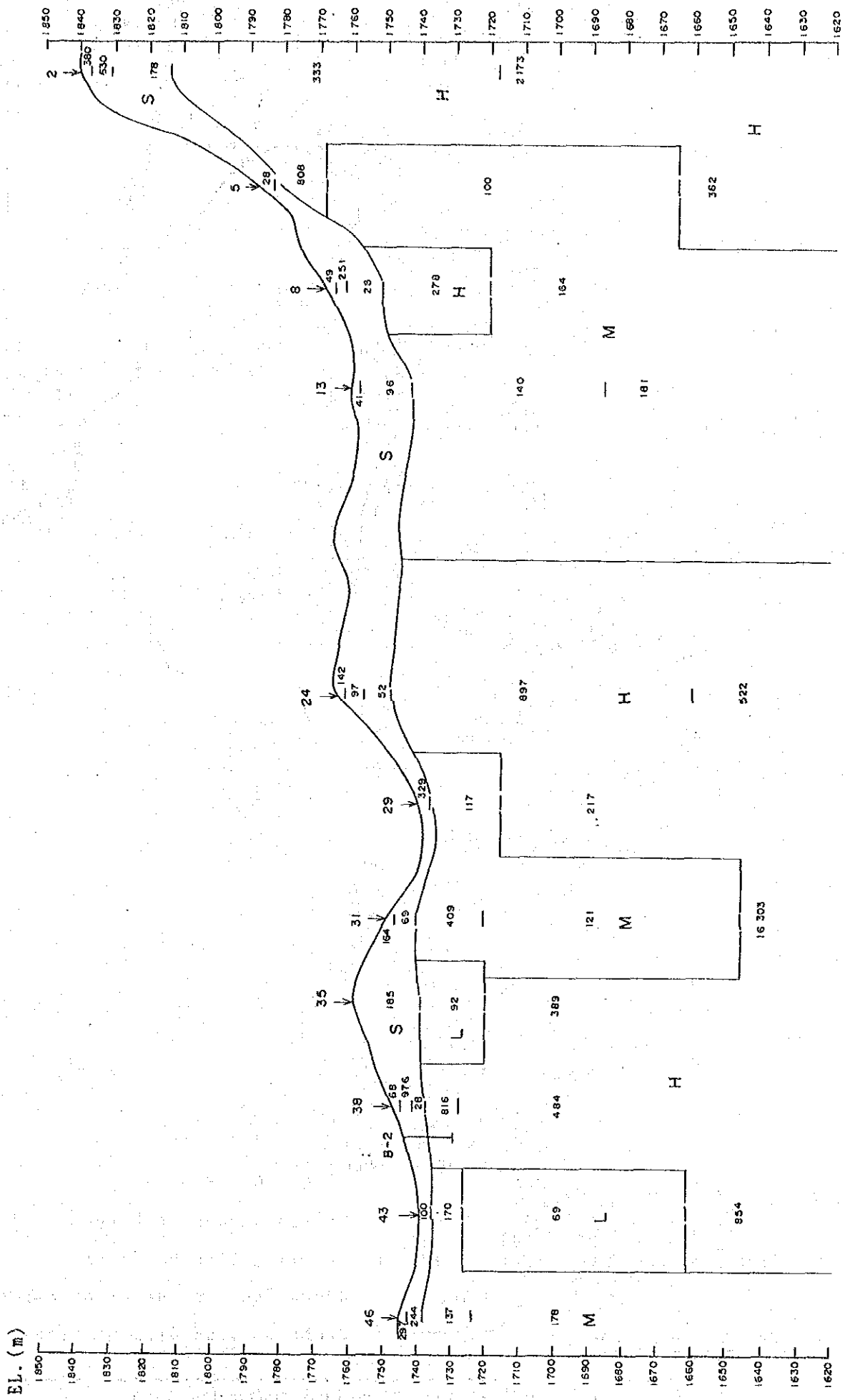


Fig. 4-3-2 Resistivity Cross Section (4)

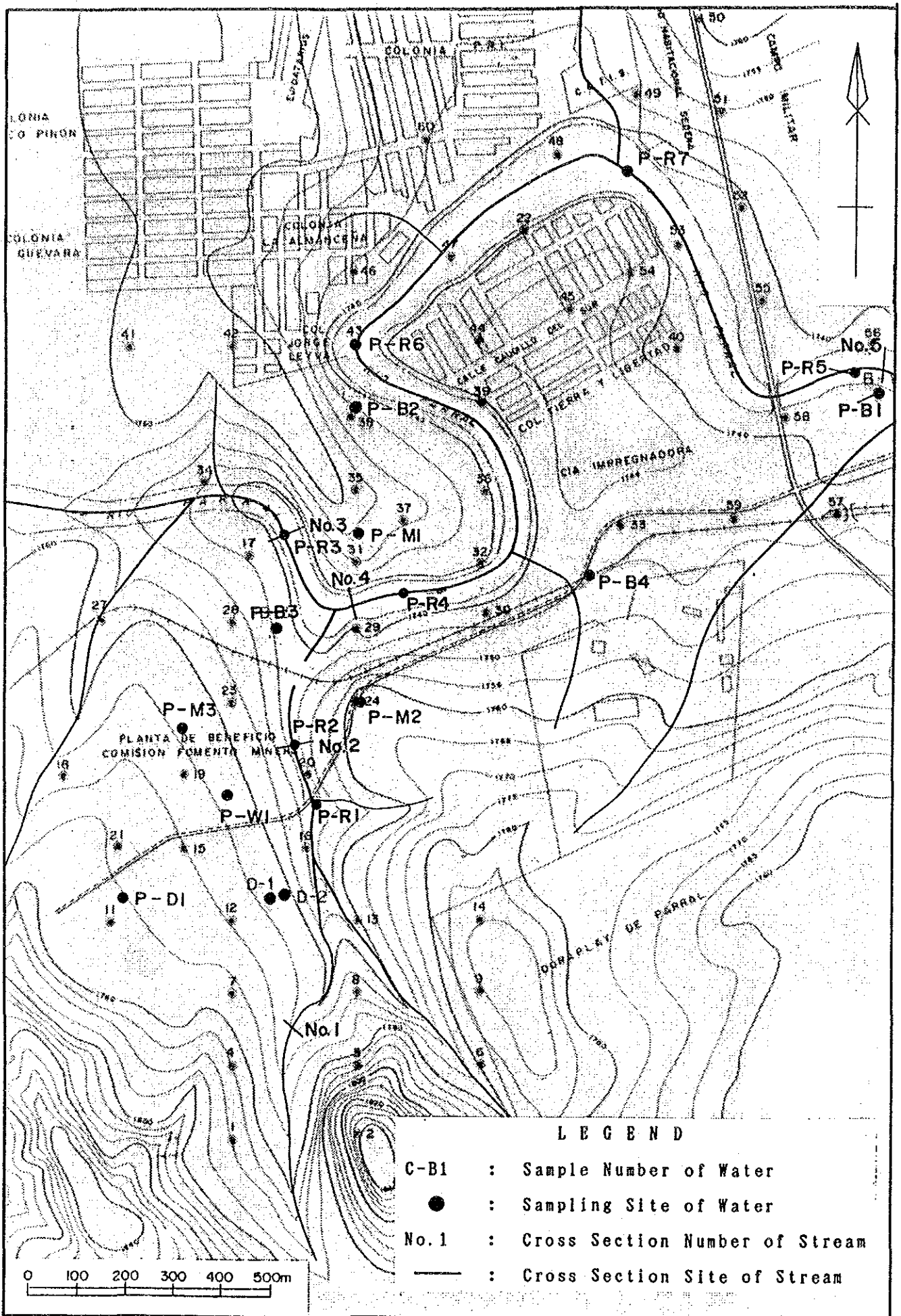


Fig. 4-4-1 Location Map of Flow Rate Measurement and Chemical Analysis of Water

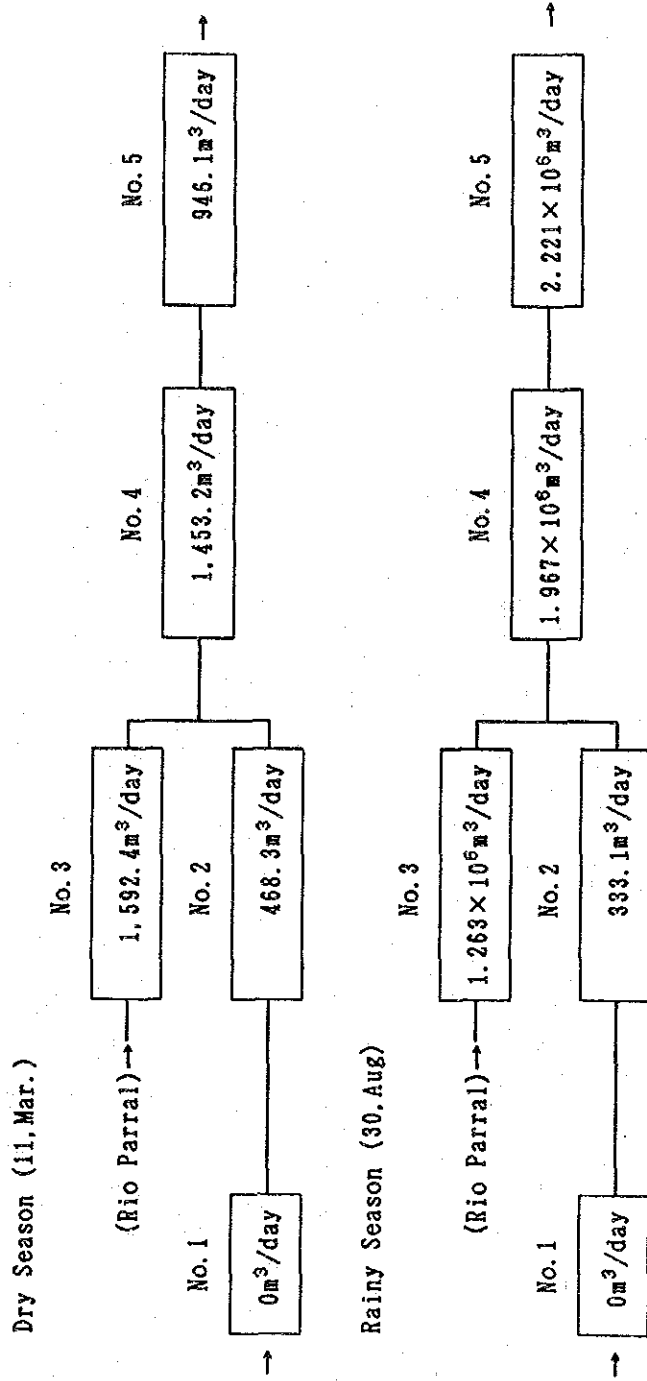


Fig. 4-4-2 Surface Water Balance (Parral)

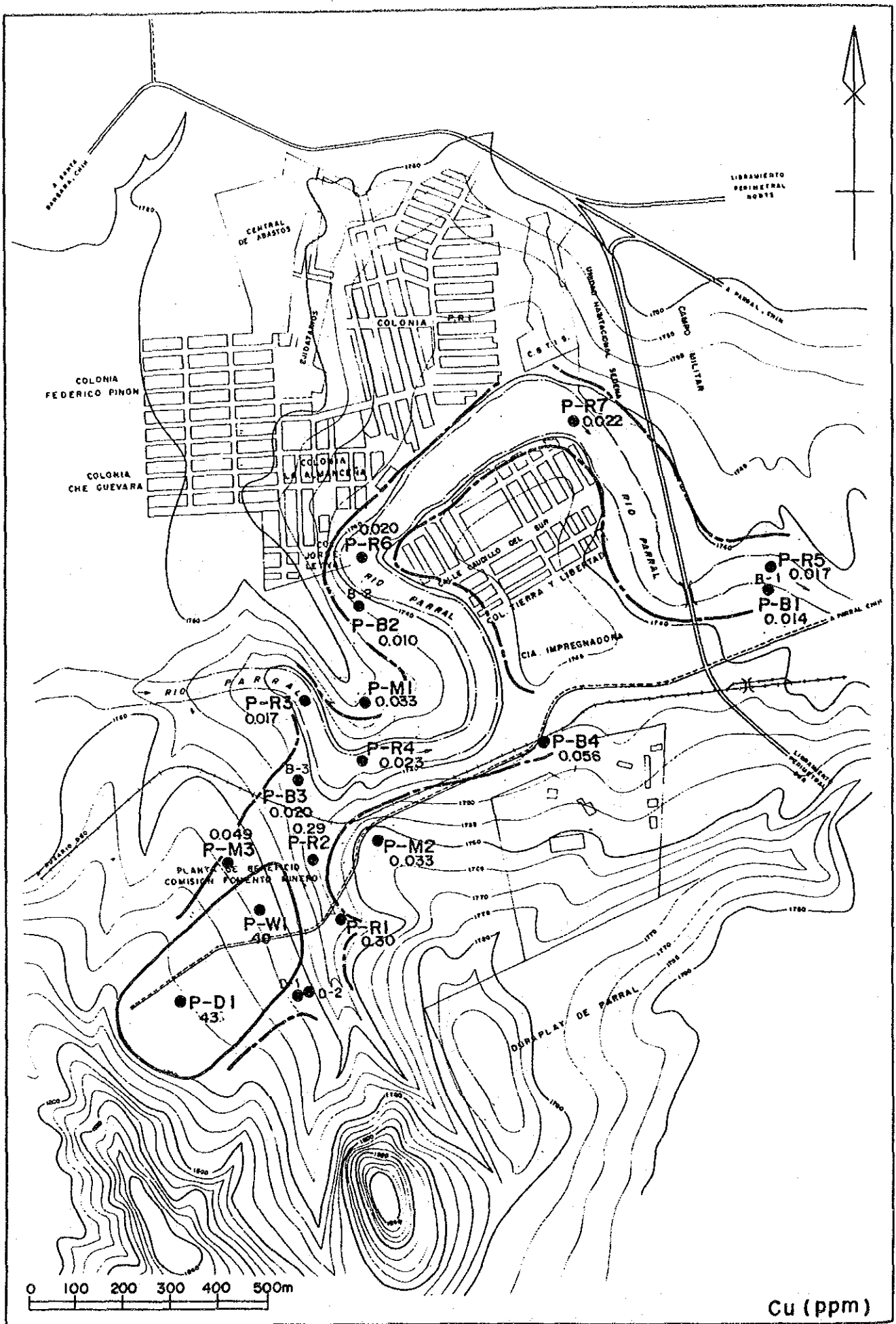


Fig. 4-4-3 Analysis Map of Chemical Data of Water (1)

Cu (ppm)

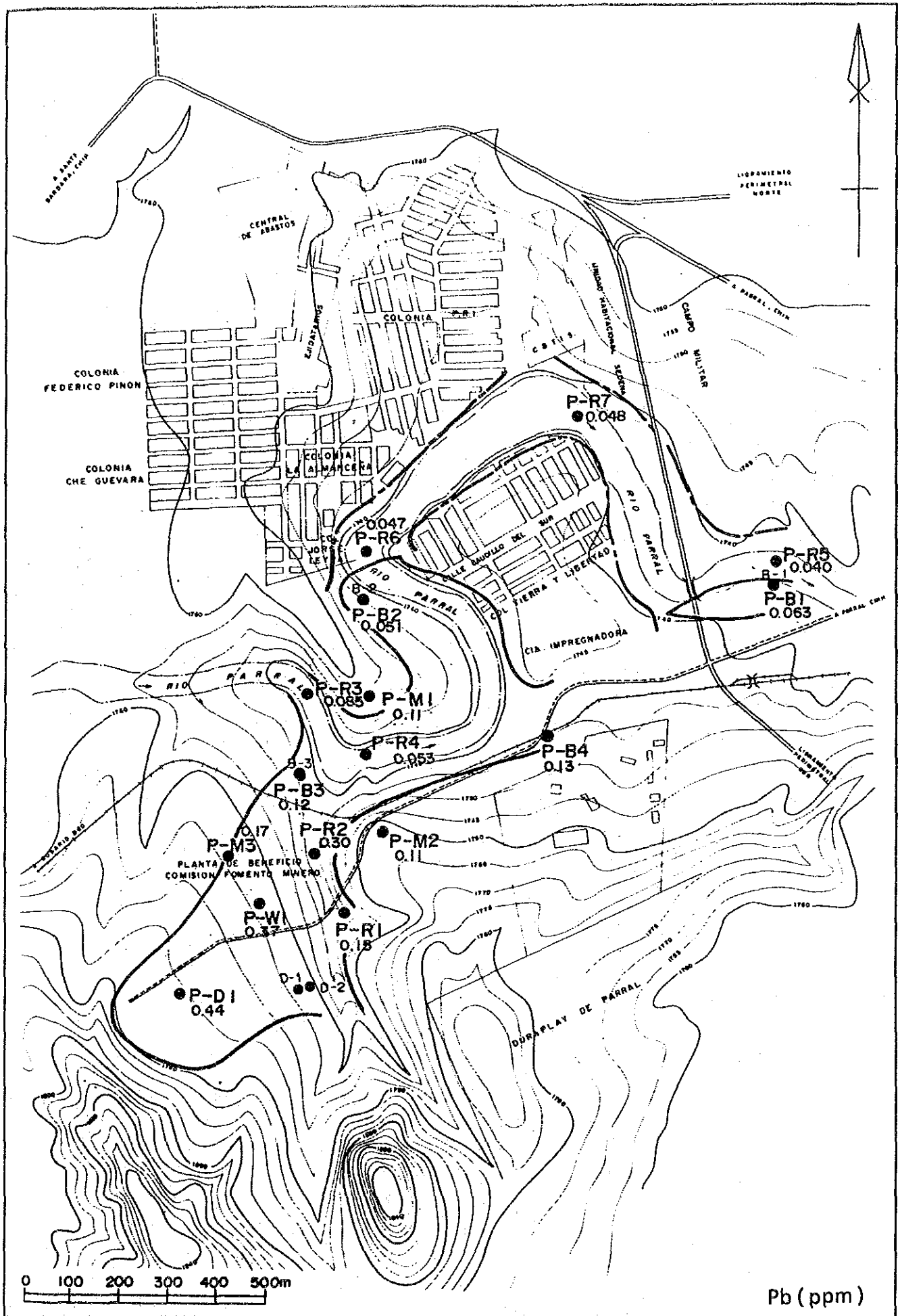


Fig. 4-4-3 Analysis Map of Chemical Data of Water (2)

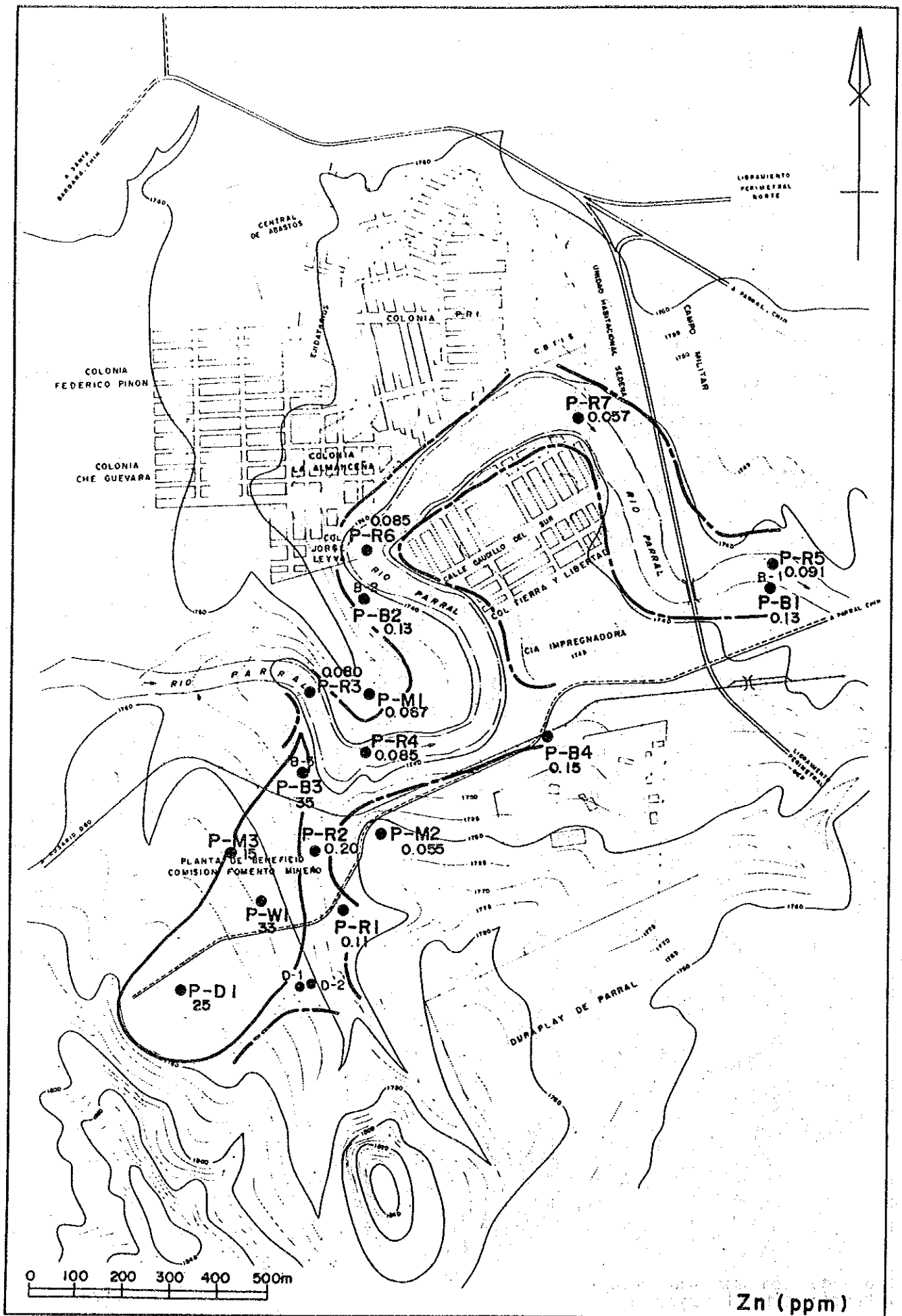


Fig. 4-4-3 Analysis Map of Chemical Data of Water (3)

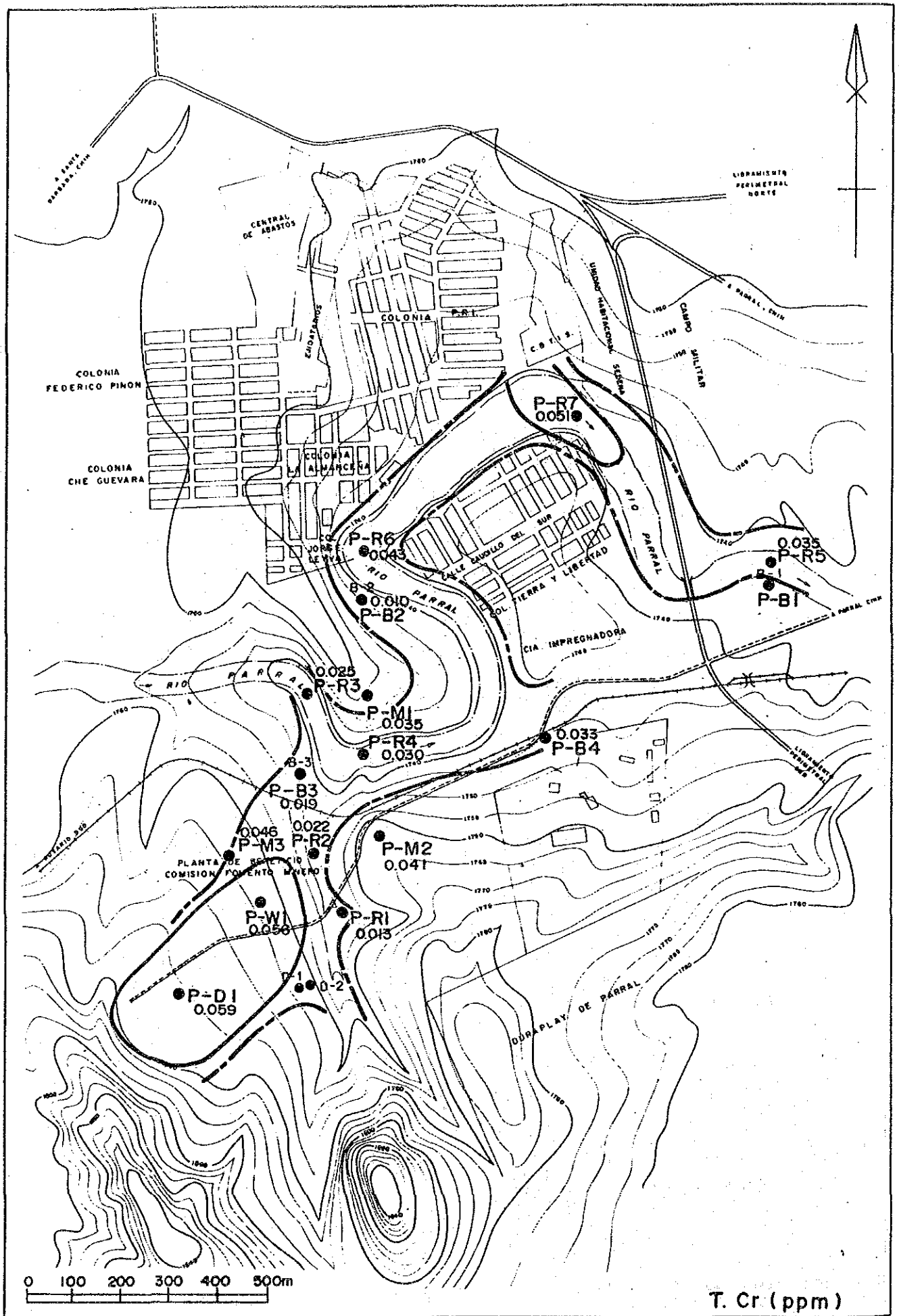


Fig. 4-4-3 Analysis Map of Chemical Data of Water (5)

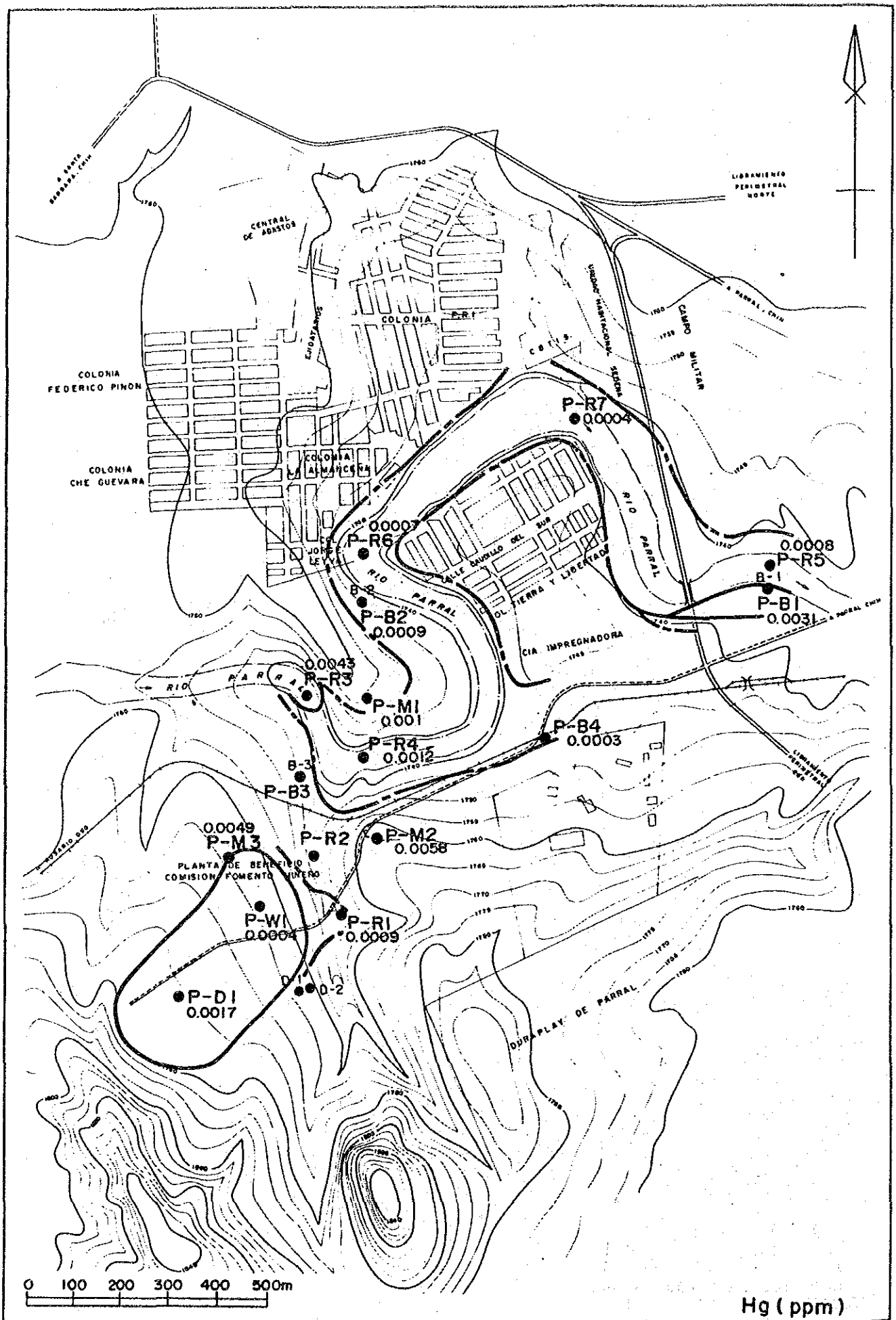


Fig. 4-4-3 Analysis Map of Chemical Data of Water (7)

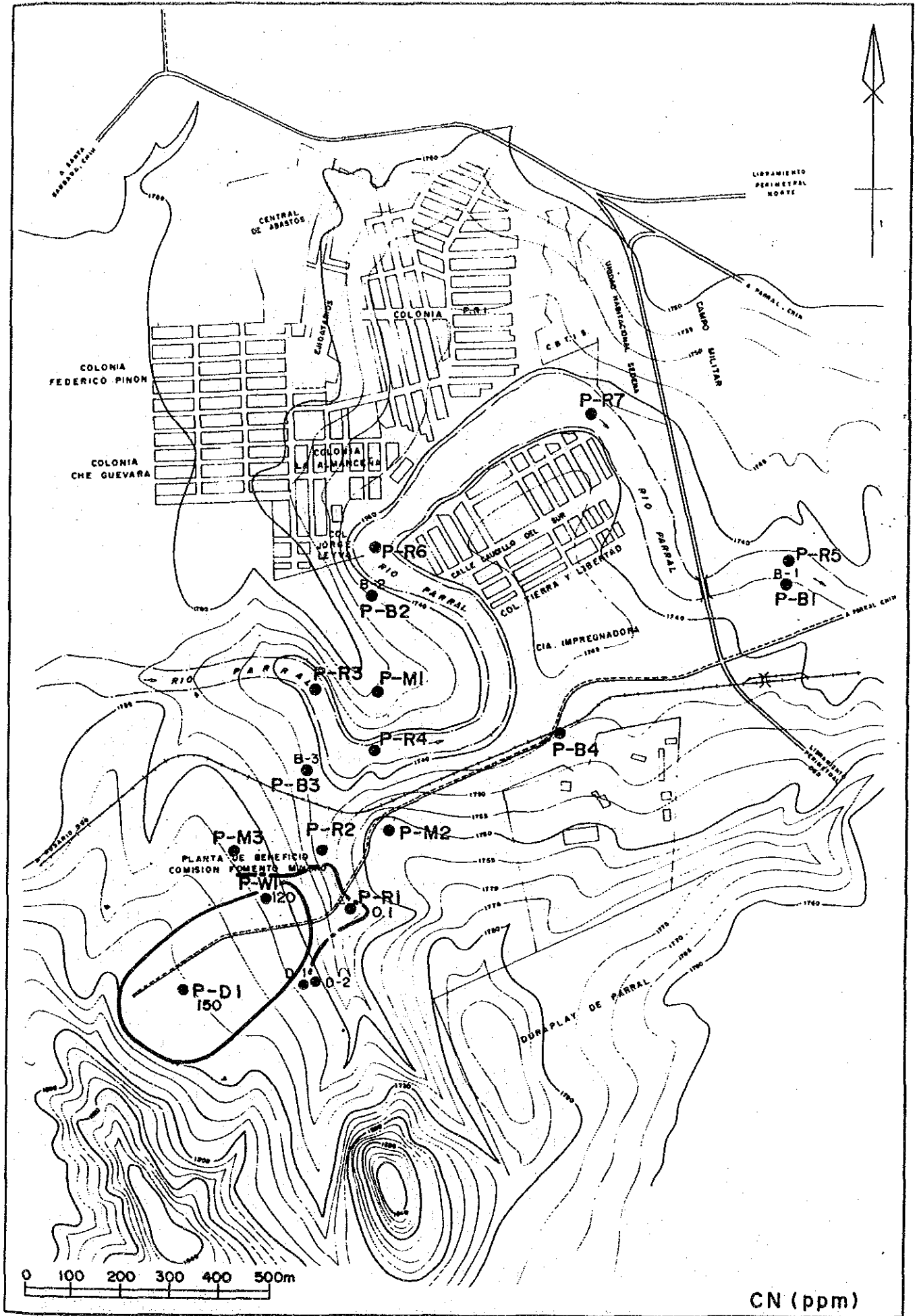


Fig. 4-4-3 Analysis Map of Chemical Data of Water (8)

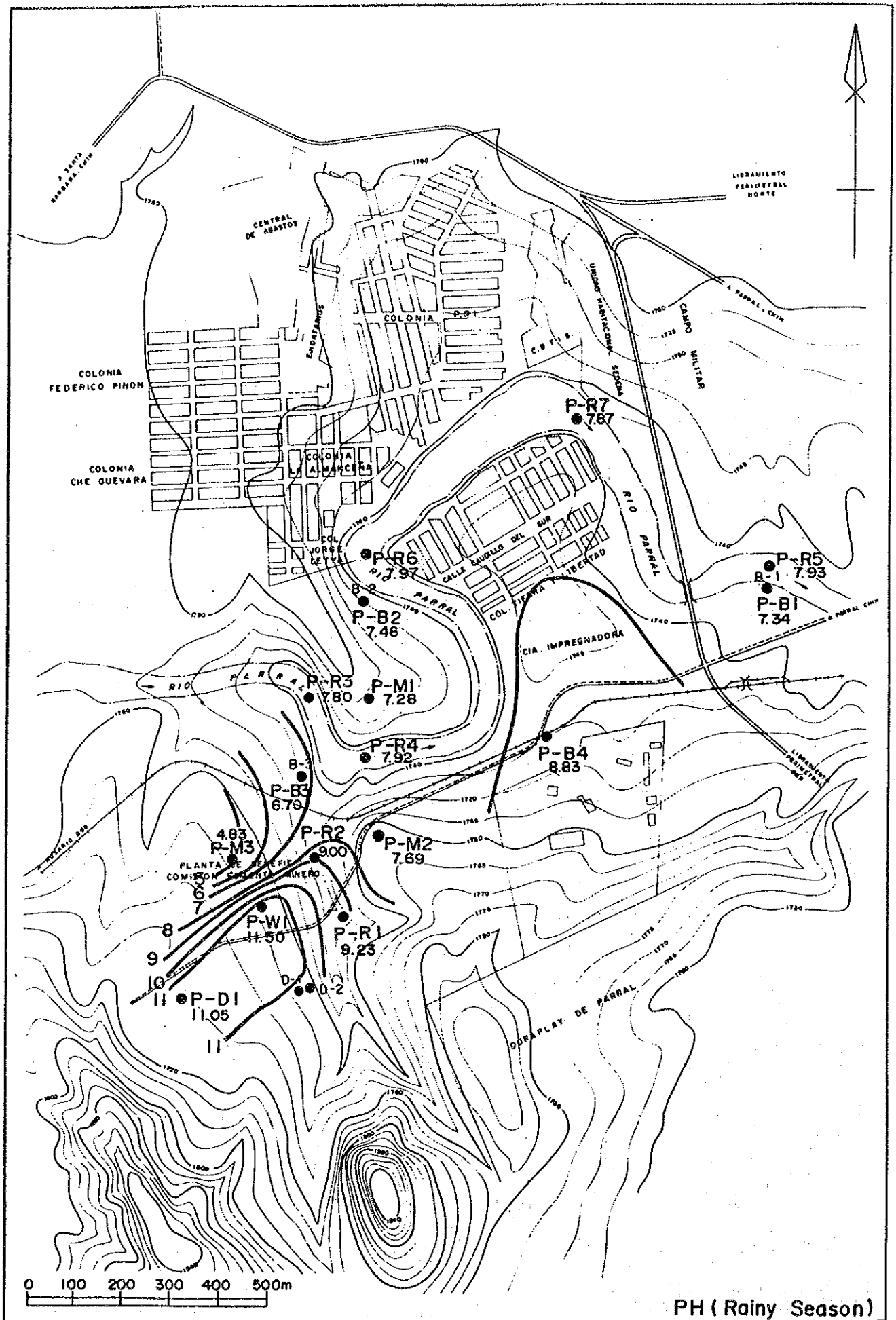


Fig. 4-4-3 Analysis Map of Chemical Data of Water (9)

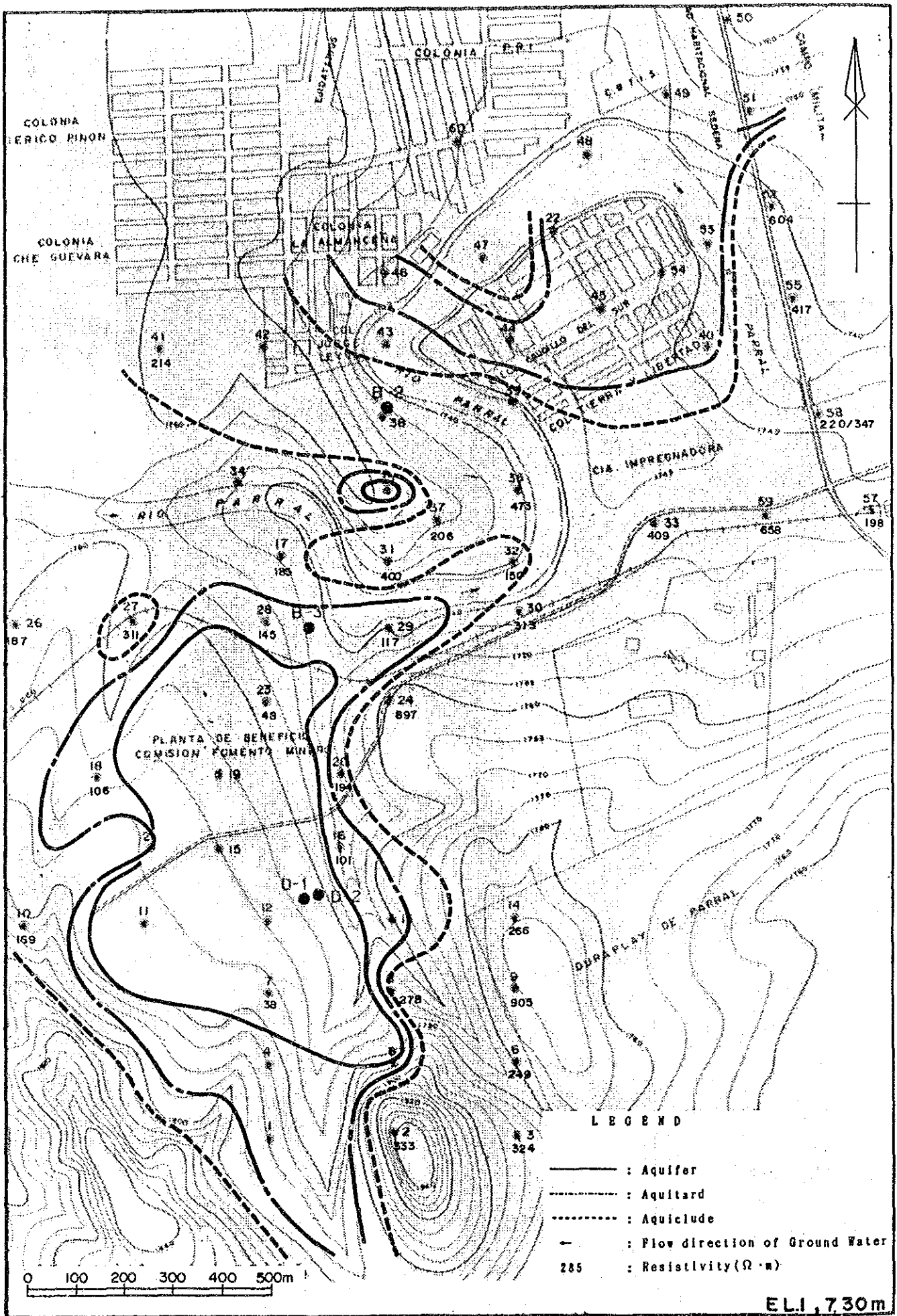


Fig. 4-4-5 Analysis Map of Groundwater Reservoir (1)

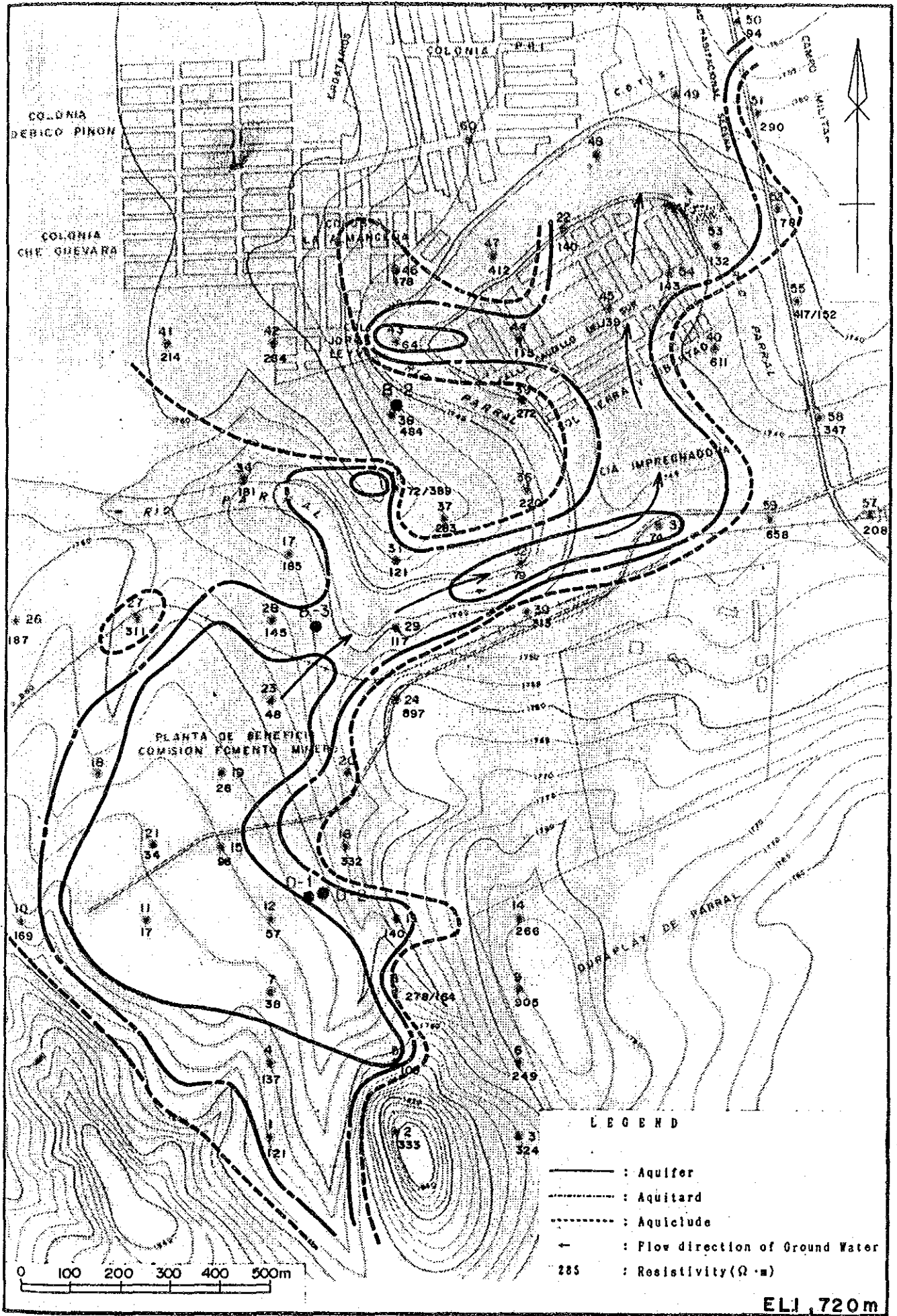


Fig. 4-4-5 Analysis Map of Groundwater Reservoir (2)

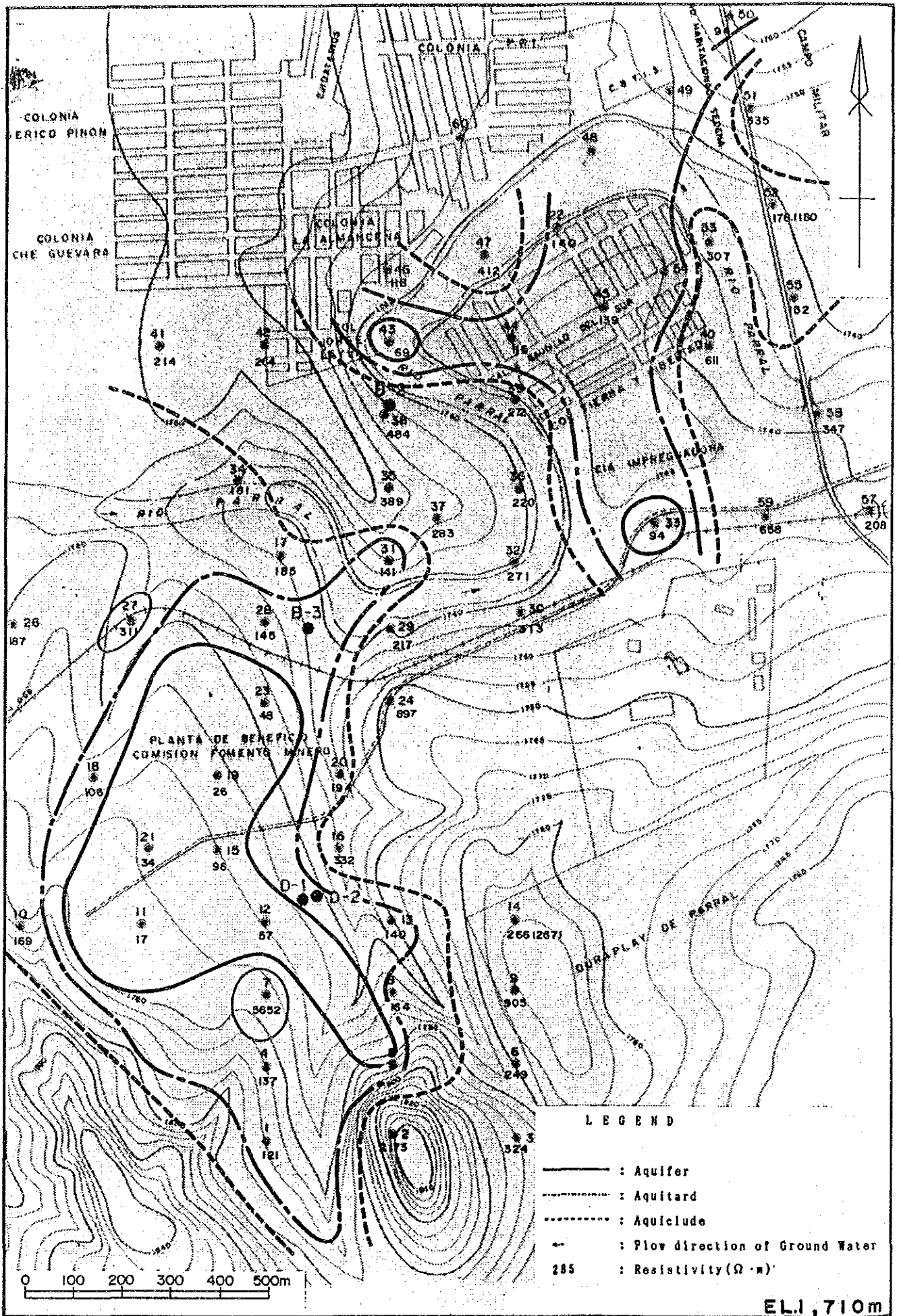


Fig. 4-4-5 Analysis Map of Groundwater Reservoir (3)

EL. 1,710m