

4. Prospección geofísica

**DATOS E INTERPRETACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS
VERTICALES (SEV) EN AREAS RURALES DE LOS
DEPARTAMENTOS DE BENI Y PANDO
EN LA REPUBLICA DE BOLIVIA**

PARA EL

**PROYECTO DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN AREAS RURALES DE
LOS DEPARTAMENTOS DE BENI Y PANDO EN LA REPUBLICA DE BOLIVIA**

Elaborado por:

SUIGEN S.R.L.

**Ing. Jorge Paredes Maturano
HIDROGEÓLOGO CONSULTOR
Av. Paraguá C/Gral. Robledo N° 3856
CI: 1425504 Pt. Reg. SIB. 16.527 CGB. 0149
NIT. 1425504015 Tel. Cel. 71647523
E-mail: jorgeparmat@hotmail.com
Santa Cruz - Bolivia**

Santa Cruz, Noviembre de 2007

CONTENIDO

- 1. INTRODUCCION**
- 2. UBICACION**
- 3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO**
- 4. METODOS DE MEDICION**
- 5. EQUIPOS**
- 6. TRABAJO DE CAMPO**
- 7. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION**
- 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
- 9. BIBLIOGRAFIA**
- 10. ANEXOS**

1. INTRODUCCION

El presente estudio fue realizado bajo el financiamiento y respaldo de la agencia de Cooperación Internacional del Japón JICA. Dentro del Proyecto de Suministro de Agua Potable en Áreas Rurales de los Departamentos de Beni y Pando en la República de Bolivia. Que como una de sus prioridades de cooperación en nuestro país está la salud y como parte ésta el agua potable.

La escasez de agua potable en esta región es notoria por que no existe infraestructura tanto en sistemas de distribución y menos en fuentes de agua.

En la época de estiaje ó seca muchas de las norias que abastecen de agua a las poblaciones rurales se secan por que la mayor parte de ellas captan aguas superficiales.

Por otra parte, no existe un estudio Hidrogeológico especializado de la zona, solamente se cuenta con una que otra perforación ó pozo en una región tan extensa que es difícil tener una idea clara con respecto a la presencia de acuíferos ó fuentes de agua subterránea de la zona de estudio.

2. UBICACION

El estudio se realizo en los Departamentos de Beni y Pando, realizando Sondeos Eléctricos Verticales en tres líneas extensas que atraviesan transversalmente estos departamentos. Estas líneas o tramos están determinados por los siguientes puntos extremos:

- 1.- Desde Mukden (cerca de Cobija) – hasta Riberalta
- 2.- Desde Riberalta – hasta Guayaramerín
- 3.- Desde Luz de América – hasta Porvenir
- 4.- Desde Reyes – hasta San Pablo (Es la línea más larga)
- 5.- Desde Puerto Siles – hasta Bella Vista

(Ver mapa de Ubicación), los puntos de sondeo correspondientes a este estudio suman 100 S.E.V., además están distribuidos a distancias casi equitativas y en lugares estratégicos para tratar de obtener la mayor información a cerca de la presencia de formaciones que podrían constituir el o los acuíferos.

3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El Objetivo principal es el de conocer con la mayor aproximación posible, las propiedades geoelectricas de las formaciones, además de diferenciarlos como sedimentos inconsolidados, rocas sedimentarias, ígneas o metamórficas. Determinar la distribución horizontal como vertical en base a la resistividad, cuyos valores normalmente son diferentes para los sedimentos de grano grueso, grano fino, sedimentos consolidados, fracturados y rocas sólidas, para así de esta manera interpretar de manera más exacta la presencia de acuíferos con fines de explotación para el abastecimiento de agua a la población rural de estos departamentos.

4. METODOS DE MEDICION

El método geofísico de medición utilizado para determinar desde superficie las propiedades de los materiales del subsuelo, fue el Sondeo Eléctrico Vertical S.E.V. ó método Geoeléctrico.

El método consiste en inducir corriente continua al terreno mediante electrodos emisores A y B formando un campo eléctrico cuyas señales son recepcionadas y medidas por los electrodos receptores M y N obteniendo de esta manera el potencial inducido y la resistividad de las formaciones atravesadas. La disposición de electrodos fue la configuración de Schlumberger, en la cuál a mayor separación de electrodos A - B es también mayor la profundidad investigada.

En este método para que se obtenga resultados altamente confiables se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- La superficie sobre la que se realizan las mediciones debe ser horizontal o con escasa pendiente.
- Las capas de sedimentos en el subsuelo deben ser horizontales o poco inclinadas no verticales ni muy inclinadas.
- La extensión lateral de las capas debe ser grande en comparación a la separación de los electrodos

Así mismo las capas de gran espesor con intercalaciones pequeñas de otros materiales son interpretados como paquetes homogéneos e isótropos.

En este método, los contrastes de resistividad se reducen cuando se trata de sedimentos sueltos o inconsolidados que se encuentran secos en parte, por ejemplo

las arenas secas pueden tener una resistividad elevada y durante la interpretación podrían ser confundidas con rocas sólidas y sus productos de descomposición a través de mediciones de resistividad.

5. EQUIPOS

El equipo Geoeléctrico utilizado para la obtención de datos en este estudio es el siguiente:

ABEM A NITRO CONSULT COMPANY (SUECIA)

TERRAMETER SAS 1000

Con **RESISTIVIDAD**
POTENCIAL INDUCIDO
POTENCIAL ESPONTANEO

Computadora	PC compatible
Capacidad de memoria	Mas de 30.000 lecturas
Display	LCD,200 x 64 pixels 8 líneas de 40 caracteres
Serial interface	para comunicación con SAS LOG
Fuente de poder	12 V DC
Peso	5 Kg.
Temperaturas	de -5°C a 50°C

RECEPTOR RESISTIVIMETRO

Input impedance	10 M omega mínimo
Resolución teórica	30 nV
Error típico	1 %
Precisión (medición)	0.1 %
Rango Dinámico	a 140 dB mas 64 dB en 1 seg. De integración

TRANSMISOR

Output Current	1,2,5,10,20,50,100,200,500,1000 mA
Máxima salida de voltaje	400 V (800 V peak-to-peak)
Máxima salida de poder	100 W
Cycle type in resistivity mode	plus-minus-minus-plus (Commutated DC)
Pulse length	0.1 to 4 seconds
Output current accuracy	better than 0.5 % at 100 mA

Equipo de apoyo logístico con cables de extensión, juego de electrodos para cada punto, equipo de comunicación, GPS Sistema de Posicionamiento Global, etc.

El software utilizado para el proceso de datos de SEV y la interpretación fue el **SYSCAL: JUNIOR - R1 PLUS - R2/ ELREC - T** de la compañía **BRGM & OYO Joint**

Venture que incluye diferentes métodos de iteración que colaboran en el modelo adecuado con cierto número de capas que pueda corresponder con la realidad del subsuelo estudiado.

6. TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo fue realizado en campaña iniciada el 2 de octubre de 2007 y finalizada en fecha 08 de noviembre de 2007.

Las extensiones de los electrodos según la configuración Shlumberger con un AB/2 de 250 y 300 metros.

Los datos fríos o sin proceso fueron anotados en planillas de campo y también fueron almacenados en la memoria del equipo para su posterior compatibilización y procesamiento de datos.

Durante este proceso de obtención de datos no se observaron ningún tipo de influencias externas como ser cables de alta tensión, tendidos de ductos o líneas férreas que pudieran influir en la obtención de datos verdaderos o que puedan de alguna manera crear campos magnéticos influyendo en la inducción polarizada y en consecuencia también obtener datos errados de las resistividades de las formaciones.

El terreno es topográficamente horizontal y relativamente llano en los lugares donde se realizaron los Sondeos Eléctricos Verticales.

7. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

Geológicamente existe en la superficie un encape de formación cuaternaria compuesta de depósitos aluviales, coluviales y dunas de gravas arenas, limos y arcillas; este encape en algunas zonas tiene espesores hasta de 50 metros y en otras de unos cuantos metros, por debajo caracteriza a la región formaciones con intercalaciones de arcilla, grava, arena y bloques, la parte mas profunda entre 100 y 300 metros es casi en su generalidad de naturaleza arcillosa, ó en su caso Roca de carácter metamórfico como en la zona de Magdalena, San Joaquín y San Ramón.

1.- TRAMO "LUZ DE AMÉRICA – PORVENIR" Comprende desde la Comunidad Luz de América, Curichón, San Silvestre, Buyuyo, La Purísima, Filadelfia, hasta Porvenir.

Muestra encabe cuaternario areno-limoso delgado de un espesor aproximado de 1 metro con características secas.

De 1 metro hasta pasados los 100 metros de profundidad (en sectores), se presenta una intercalación de capas de arcillas con capas de arena y grava (en sectores).

De los 100 hasta aproximadamente 300 metros de profundidad la formación es arcillosa con presencia de conglomerados de matrix arcillosa en algunos sectores. (Ver Sección Transversal del Área "Luz de América – Porvenir").

2.- TRAMO "MUKDEN – PEÑA AMARILLA" Que abarca desde la población de Mukden, Cobija, Porvenir, la Esperanza, Santa Elena, Puerto Rico, Conquista, Sena (Río Madre de Dios) y Peña Amarilla.

En este tramo se observa en la mayoría de los Sondeos Una Predominancia Arcillosa, inclusive con materiales areno gravosos que por la presencia de arcilla se hacen pobres con relación a la presencia de acuíferos.

Superficialmente hasta los 8 metros de profundidad, está cubierto por material inconsolidado de edad cuaternaria compuesto de limo y arenas secas que le dan una resistividad alta a este encabe.

De los 8 a 50 metros de profundidad hay una intercalación de capas de arcillas con capas de arena y grava en sectores.

De 50 hasta cerca de los 300 metros de profundidad la formación se hace totalmente arcillosa con presencia de conglomerados en algunos sectores. (Ver Sección Transversal del Área "Mukden – Peña Amarilla").

3.- TRAMO "PEÑA AMARILLA – GUAYARAMERÍN" Abarca las poblaciones de Peña Amarilla. Cruce (Triángulo), Riberalta, El Hondo, Río Yata y Guayaramerín.

Muestra un encabe cuaternario hasta de 8 metros (en sectores), compuesto de arena limosa también de características secas y alta resistividad.

Entre 8m y más de 100 metros de profundidad en algunos sectores, existe una intercalación de paquetes de arcillas con capas de arena y grava, incluso en gran parte de este tramo existe un paquete espeso de arcilla.

De los 100 m hasta aproximadamente 300 metros de profundidad la formación es arcillosa, sin embargo en sectores se espera la presencia de conglomerados de matrix arcillosa. (Ver Sección Transversal del Área "Peña Amarilla - Guayaramerín").

4.- TRAMO "REYES - SAN IGNACIO DE MOXOS" Este tramo abarca desde la parte occidental del departamento de Beni, hasta la parte central del mismo, su eje atraviesa las poblaciones de Reyes, Rurrenabaque, Playa ancha, Yucumo, San Borja, Chirigua, Villa Dorita, el Río Apere y San Ignacio de Moxos.

Superficialmente está compuesta de arenas y limos de edad cuaternaria que en sectores se presenta hasta los 3 metros de profundidad, además son de características secas por su elevada resistividad.

De los 3 metros de profundidad hasta los 100 metros de profundidad hay una intercalación de capas de arcilla con capas de arena y grava con distribución irregular de un punto con respecto a otros, en esta formación es que se puede esperar la presencia de acuíferos, sin embargo los contrastes de resistividades que tienden a bajar en algunos sectores representan cierto grado de contaminación por la presencia de sólidos disueltos en los fluidos.

Por debajo y en forma de cuña al lado Oeste (Reyes, Rurrenabaque y Playa ancha) desde aproximadamente 10 metros hasta casi 300 metros de profundidad, se encuentran conglomerados de materiales gruesos como ser bloques grava y arena en una matrix arcillosa, producto de la erosión proveniente de la cordillera oriental (Serranía Pílon), esta zona esta influenciada por estos materiales que posiblemente van bajando de tamaño de grano según se alejan de la zona montañosa, además que este sector se encuentra a una altura mayor con respecto al resto de las zonas de estudio .

En la parte baja y al lado Este (San Ignacio de Moxos, Río apere y Villa Dorita) aproximadamente desde los 50 metros de profundidad hasta casi 300 metros de profundidad se encuentran arcillas con resistividades bajas correspondientes. (Ver Sección Transversal del Área "Reyes – San Ignacio de Moxos").

5.- TRAMO "SAN IGNACIO DE MOXOS – SAN PABLO" Muy similar al tramo anterior con la diferencia que en este sector no hay influencia mayor de parte de la región cordillerana y los materiales son más finos en su conjunto.

Muestra un encape cuaternario hasta de 7 metros (en sectores), compuesto de arena limosa también de características secas por su alta resistividad.

De los 7 metros de profundidad hasta los 100 metros de profundidad los datos representan a una intercalación de capas de arcilla con capas de arena con distribución irregular de un punto con respecto a otro, en esta formación es que se puede esperar la presencia de acuíferos, sin embargo los contrastes de resistividades que tienden a bajar en algunos sectores también representan cierto grado de contaminación por la presencia de sólidos disueltos en los fluidos

Desde los 100 metros de profundidad la formación es más arcillosa y compacta, pero en la zona San Pablo (Este) muestra en profundidad datos correspondientes a intercalaciones de arcilla con arena y grava. (Ver Sección Transversal del Área "San Ignacio de Moxos – San Pablo").

6.- TRAMO "PUERTO SILES BELLA VISTA" Este tramo está marcado y diferenciado de los demás por su elevada resistividad.

Superficialmente está compuesto por arenas y limos secos que en algunos sectores llegan hasta los 4 metros de profundidad.

Desde los 4 hasta los 10 metros, intercalación de capas de arcillas y capas de arena y grava, también se repite esta formación al lado oeste (Puerto Siles) entre 20 y 50 metros de profundidad.

De los 10 metros a los 20 metros de profundidad y en sectores hasta los 60 metros de profundidad; Un conglomerado de bloques, grava y arena en matrix arcillosa.

Desde los 60 metros de profundidad los datos corresponden a roca de naturaleza compacta (Metamórfica) del denominado Escudo Brasileiro. (Ver Sección Transversal del Área "Puerto Siles – Bella Vista").

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La única Zona de estudio que está influenciada y con presencia de roca metamórfica del denominado Escudo Brasileiro se encuentra en el Tramo "PUERTO SILES – BELLA VISTA", donde también existe la posibilidad de presencia de acuíferos.
- Geológicamente la mayor parte del área de estudio está cubierta por sedimentos de la formación Candelaria de edad cuaternaria, cubriendo discordantemente a sedimentos neógenos (Terciario) de las formaciones Cobija y Quendeque (Carrasco 1986), la primera compuesta por arcillas fluviales de diferente coloración desde gris hasta rojizo, compacta pero no diagenetizada, la segunda por materiales fluviolacustres de arcillas y conglomerados (Canedo – Reyes 1960).
- En su generalidad todos los tramos tienen en común la presencia de formaciones Con intercalaciones de Capas de arcillas con capas de arena grava y bloques donde existe la posibilidad de presencia de acuíferos en unos mayores que en otros y dependiendo de la granulometría, transmisividad y recarga que posean los acuíferos presentes
- Varias formaciones presentan variaciones con respecto a sus resistividades tornándose demasiado bajas en sedimentos areno gravosos, lo que significa que existe algún tipo de contaminante que hace que la formación sea más conductiva y por ende menos resistiva, esto se debe a la presencia de sólidos disueltos en los fluidos que en este caso pueden tener origen en los sedimentos fluviolacustres terciarios de la región.
- Los sedimentos que representan a los acuíferos no son los más apropiados que puedan garantizar grandes flujos subterráneos.
- Para su captación, no se deberá esperar grandes caudales
- En algunos lugares, por debajo de las profundidades recomendadas será muy difícil penetrar más, debido a la presencia de Rocas metamórficas de edad precámbrica del denominado Escudo Brasileiro.
- Para optimizar las captaciones de agua subterránea en los puntos de perforación, se recomienda realizar el registro eléctrico a la conclusión del pozo piloto.

9. BIBLIOGRAFIA

INTERPEX 1998 Resix IP V2.0 DC Resistivity and Induced Polarization Data Interpretation Software.

Orellana E.,S.F. 1985 Prospección Geofísica.

Geldart L., Sheriff R., 1990 Applied Geophysics. Second Edition.

Astier J.L., 1981 Geología y petróleo: Geofísica Aplicada a la Hidrogeología.

IRIS INSTRUMENTS 1999 Resistivitymeters (V.9.8++)

Siscal: JUNIOR - R1 PLUS - R2/ ELREC - T MULTIELECTRODES
SWITCHING SYSTEM.

Ramiro Suárez Soruco Editor de "Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos Vol. 18 " Junio de 2000

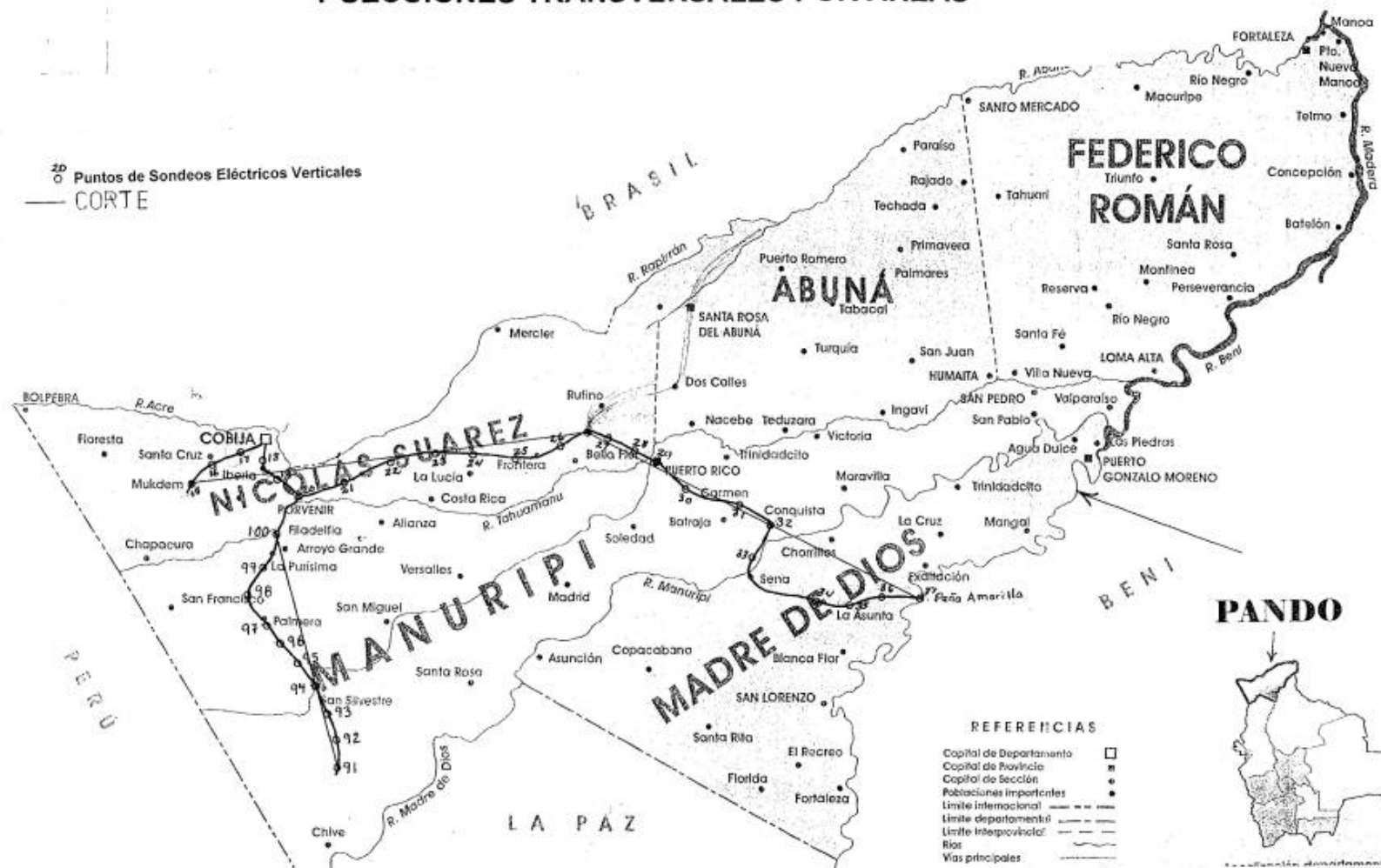
Memorias del XII Congreso Geológico de Bolivia Octubre de 1996

10. ANEXOS

- Mapa de ubicación de Sondeos Eléctricos Verticales Pando y Beni
- Croquis de Ubicación de Sondeos Eléctricos Verticales SEV Beni – Pando
- Sección Transversal del Área "Luz de América - Porvenir"
- Sección Transversal del Área "Mukden – Peña Amarilla"
- Sección Transversal del Área "Peña Amarilla - Guayaramerín"
- Sección Transversal del Área "Reyes – San Ignacio de Moxos"
- Sección Transversal del Área "San Ignacio de Moxos- San Pablo"
- Sección Transversal del Área "Puerto Siles – Bella Vista"
- Fotografías del Estudio Realizado en Pando y Beni
- Gráficos de Resistividad (ohm - m) Vs. AB/2 (m) , interpretación gráfica por capas

ANEXOS

Y SECCIONES TRANSVERSALES POR ÁREAS

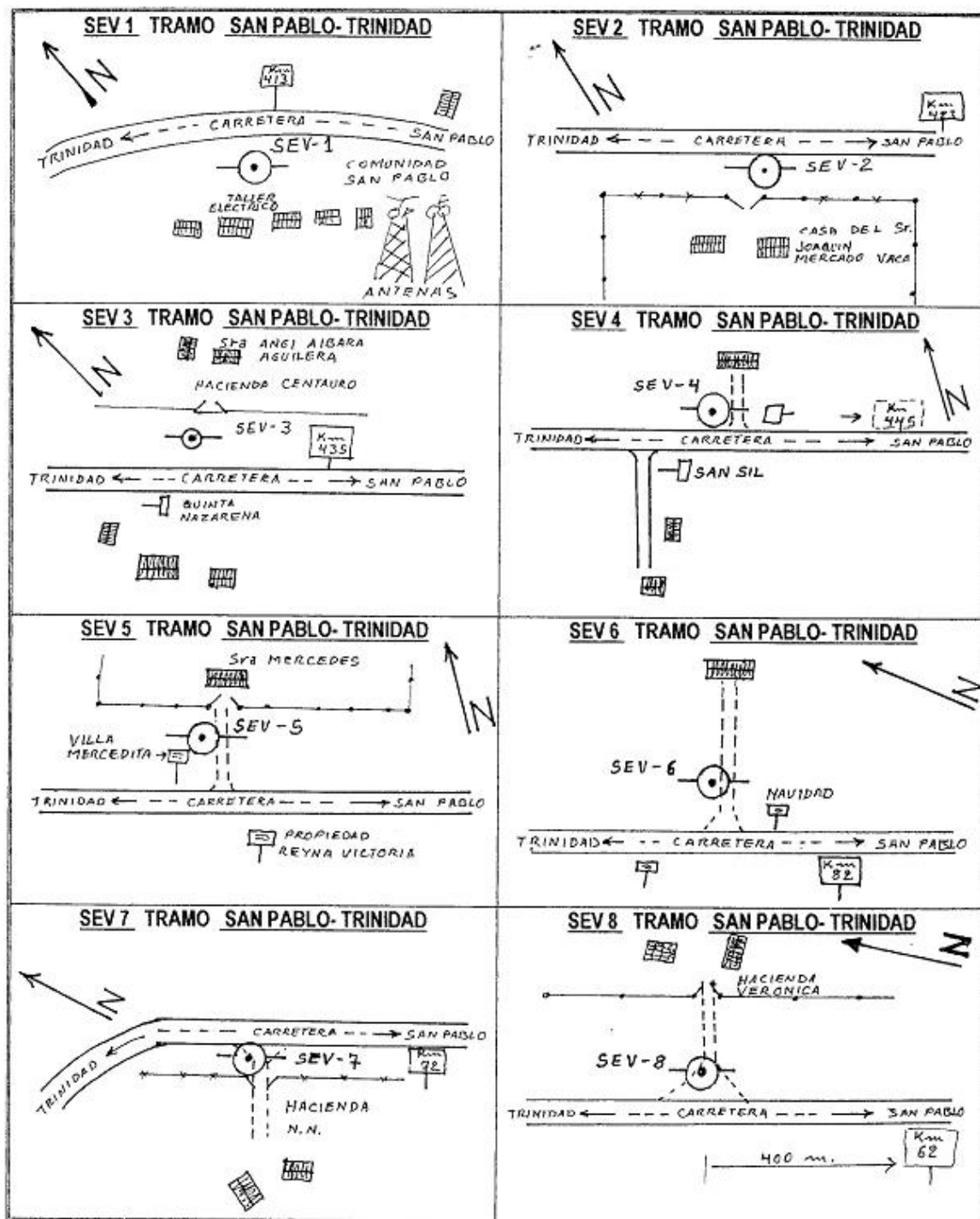


UBICACIÓN DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES S.E.V.

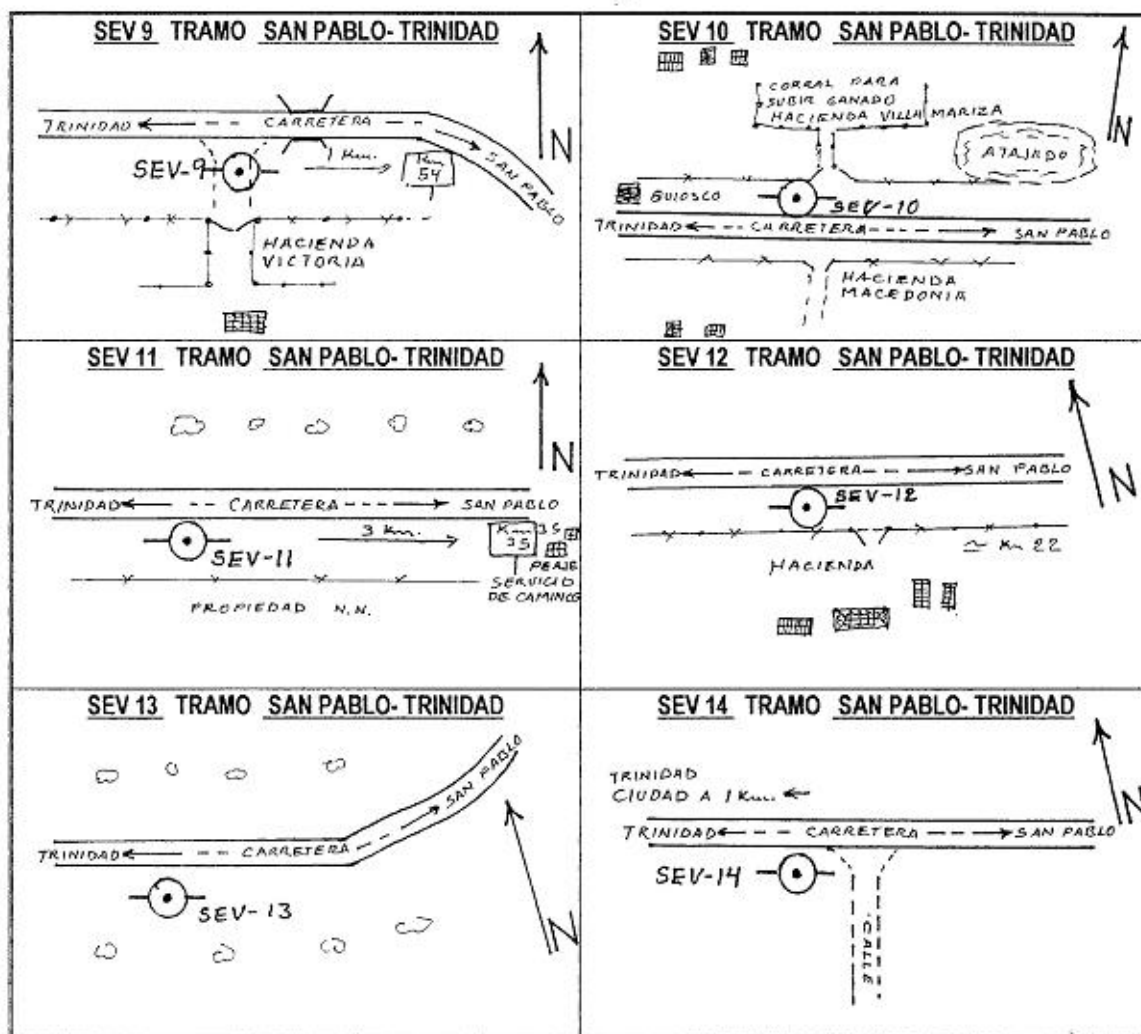
Y SECCIONES TRANSVERSALES POR ÁREAS



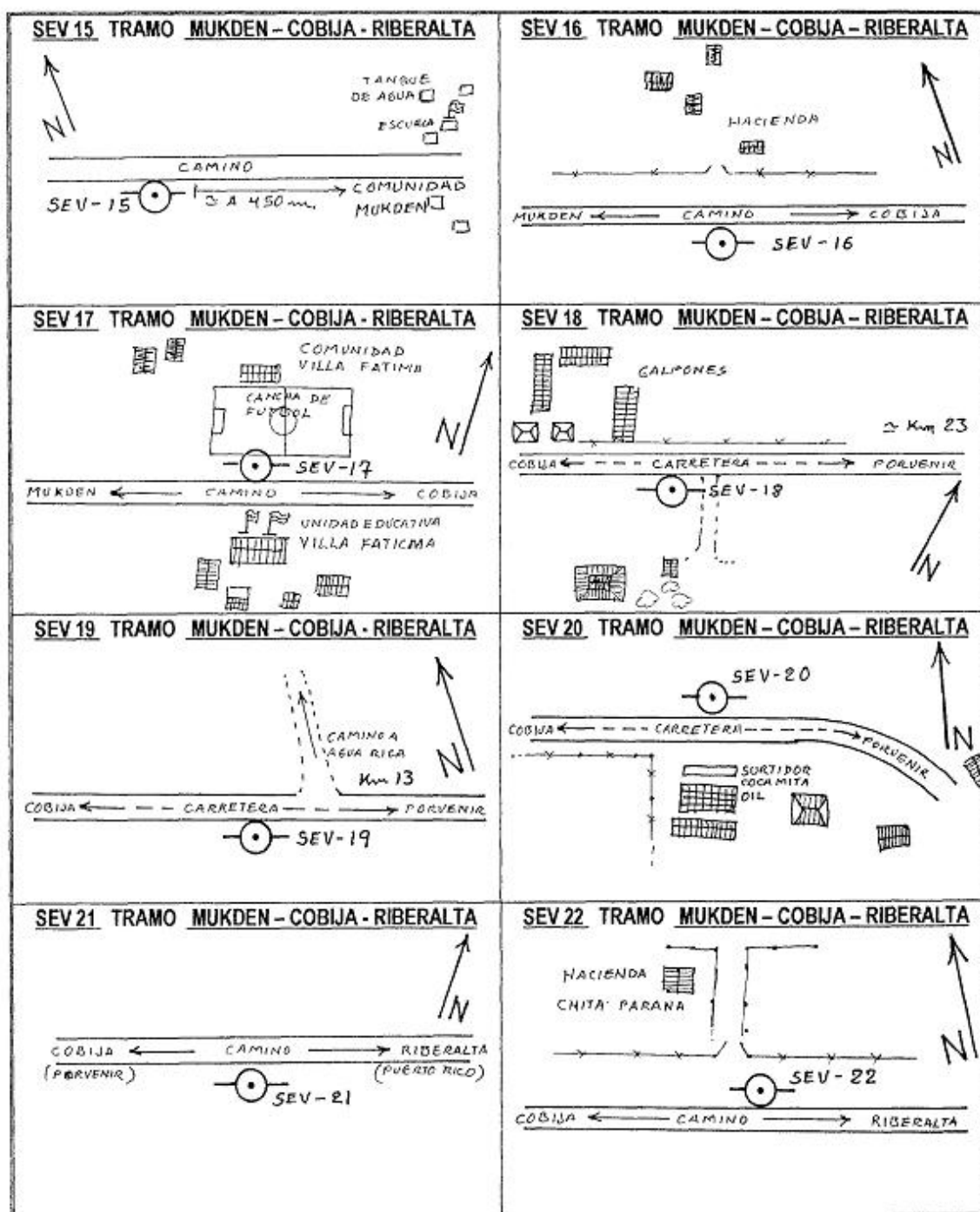
CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO



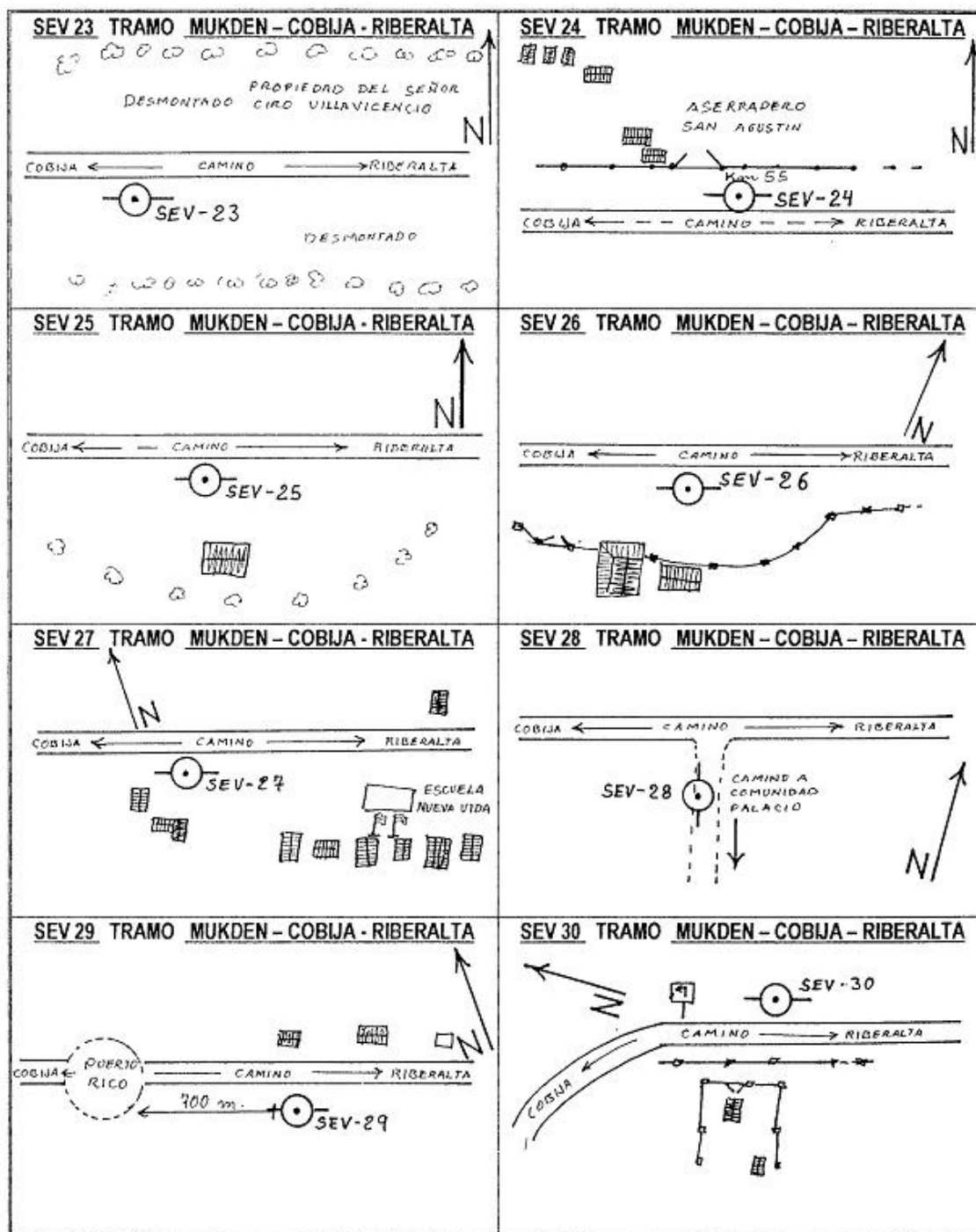
CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO



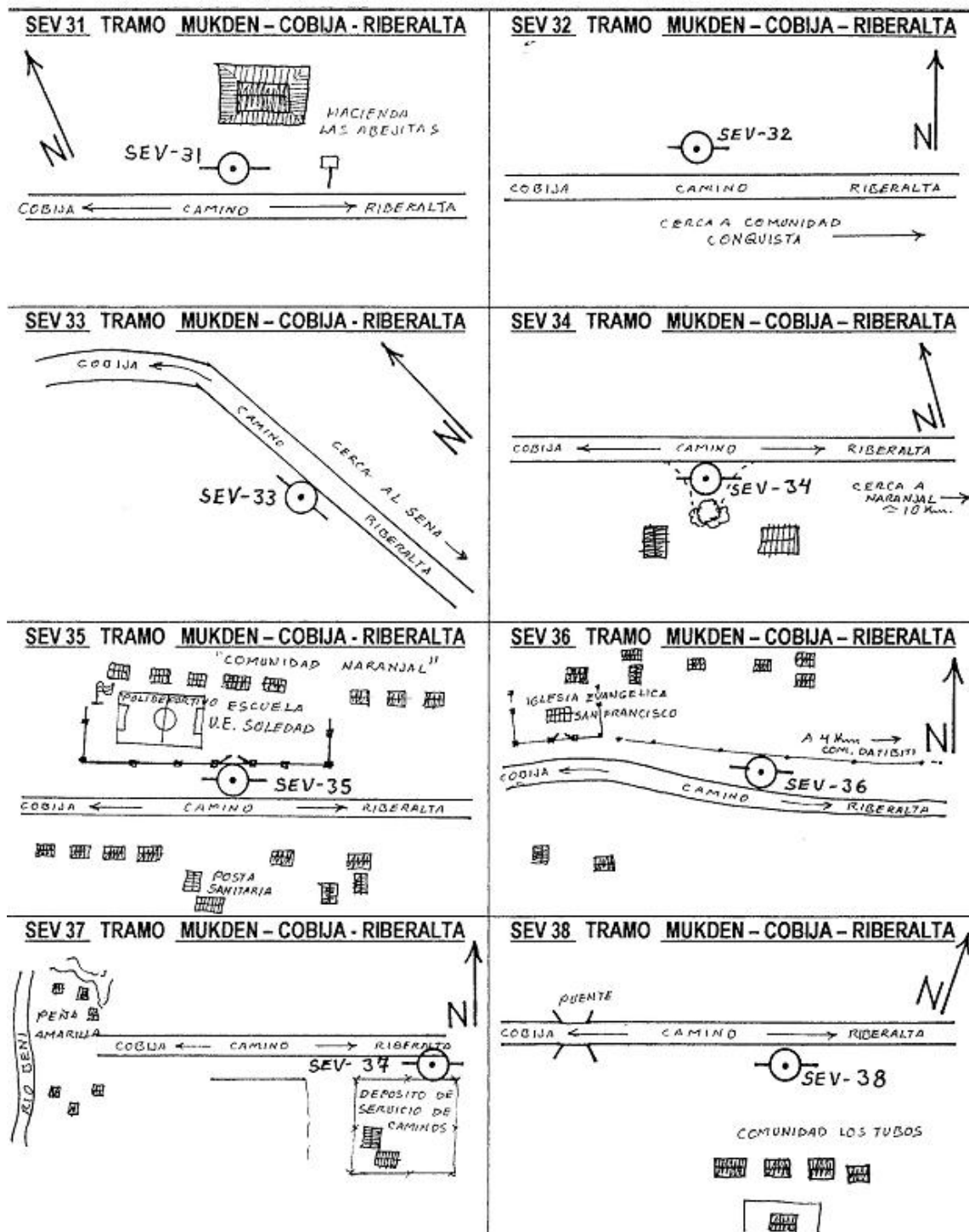
CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO



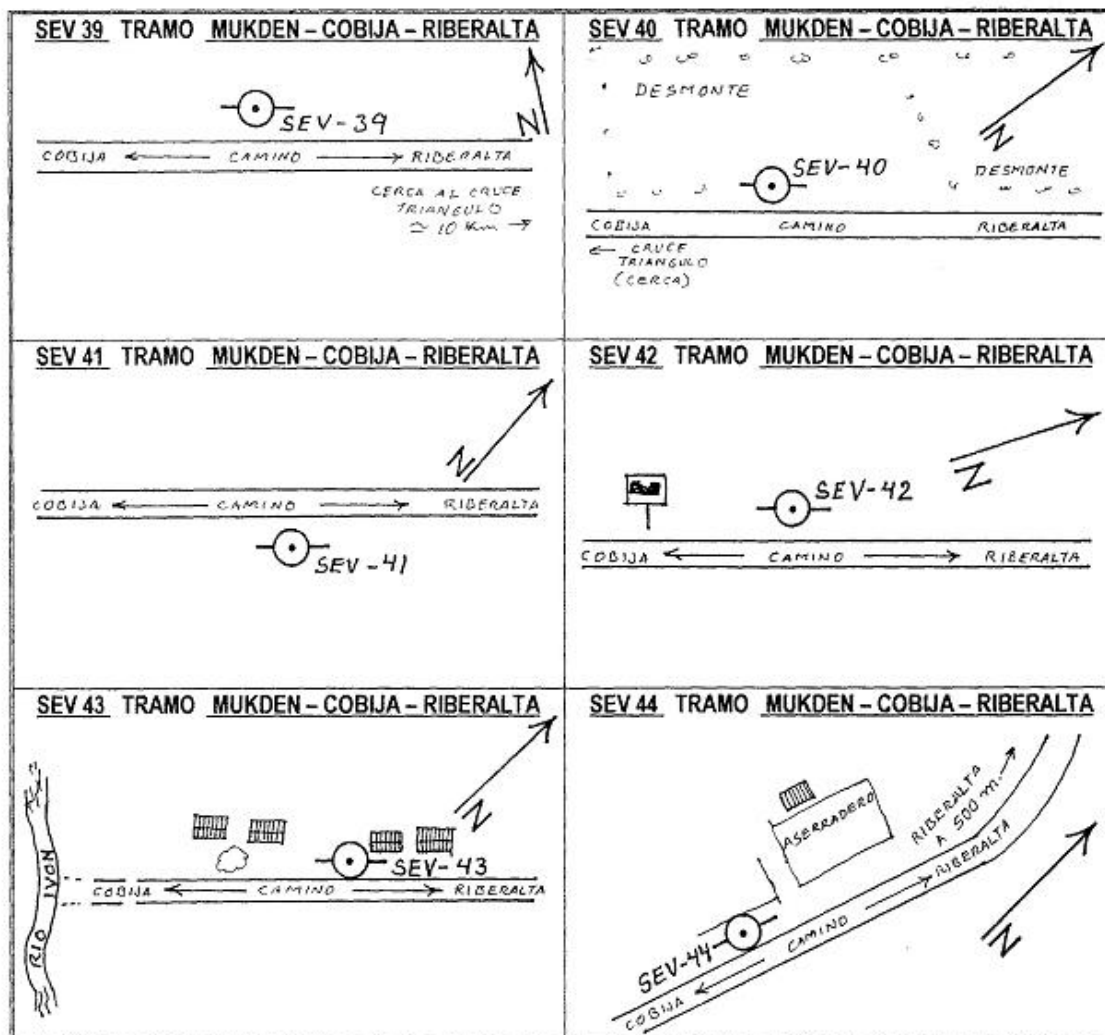
CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO



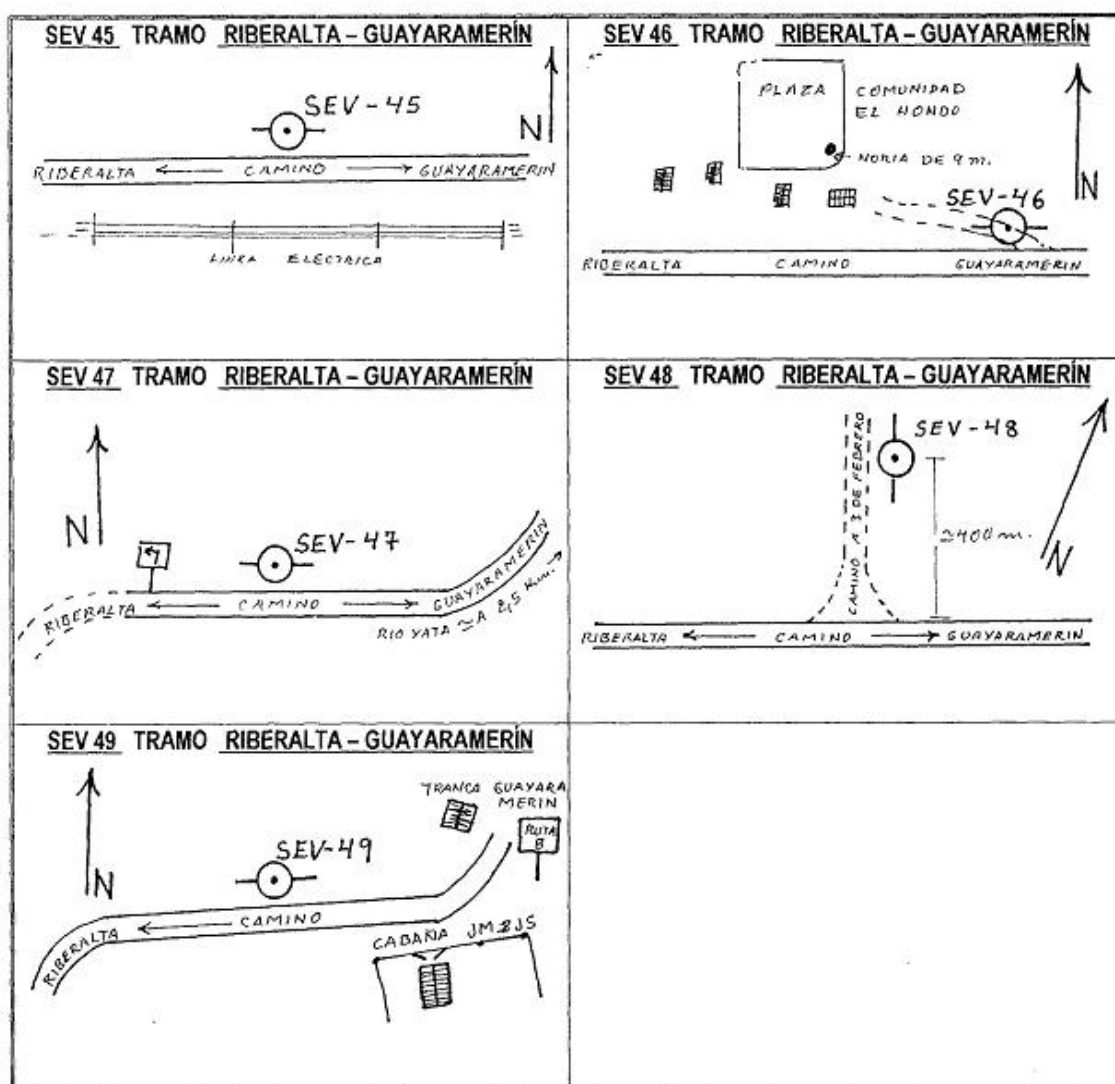
CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO



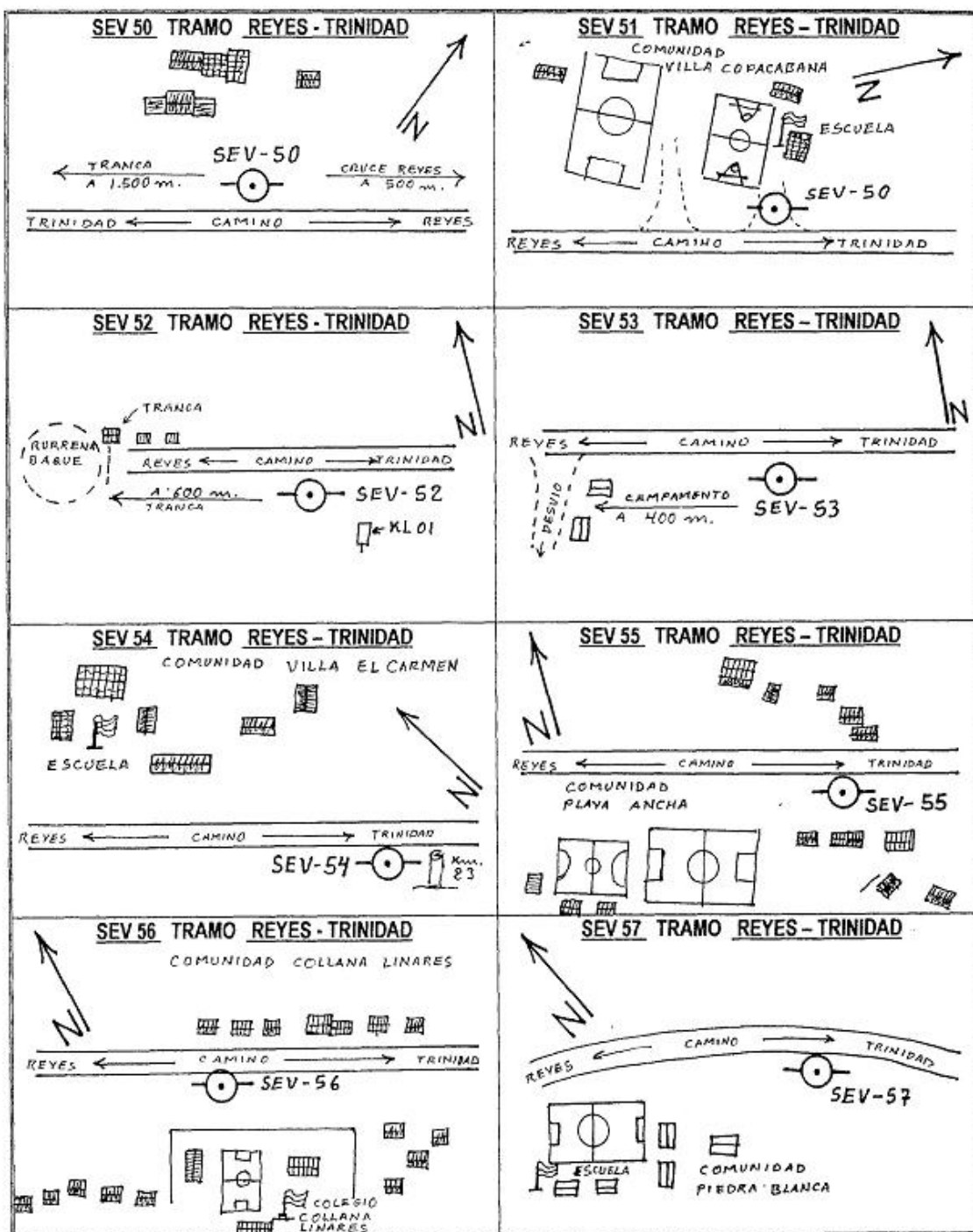
CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO



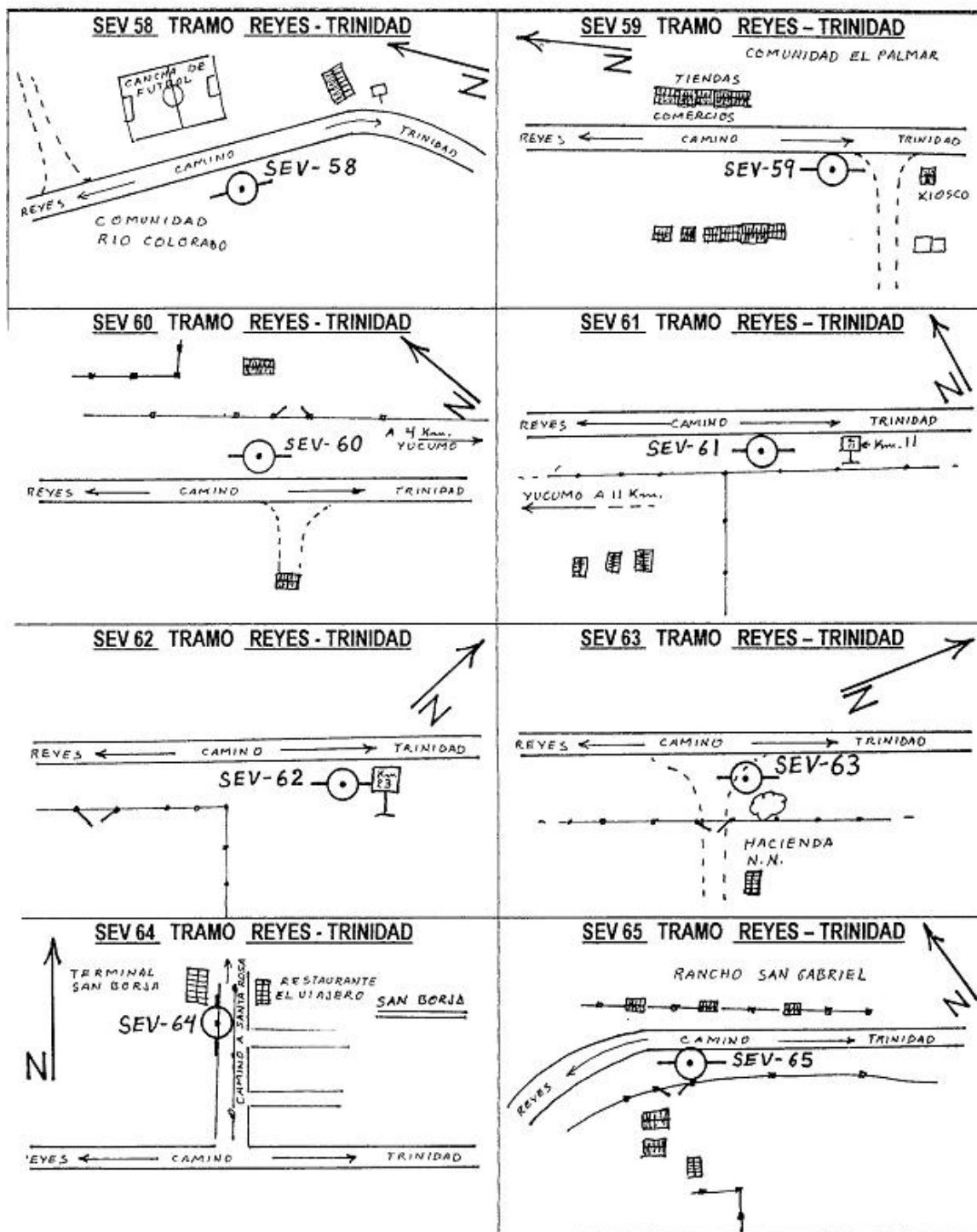
CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO



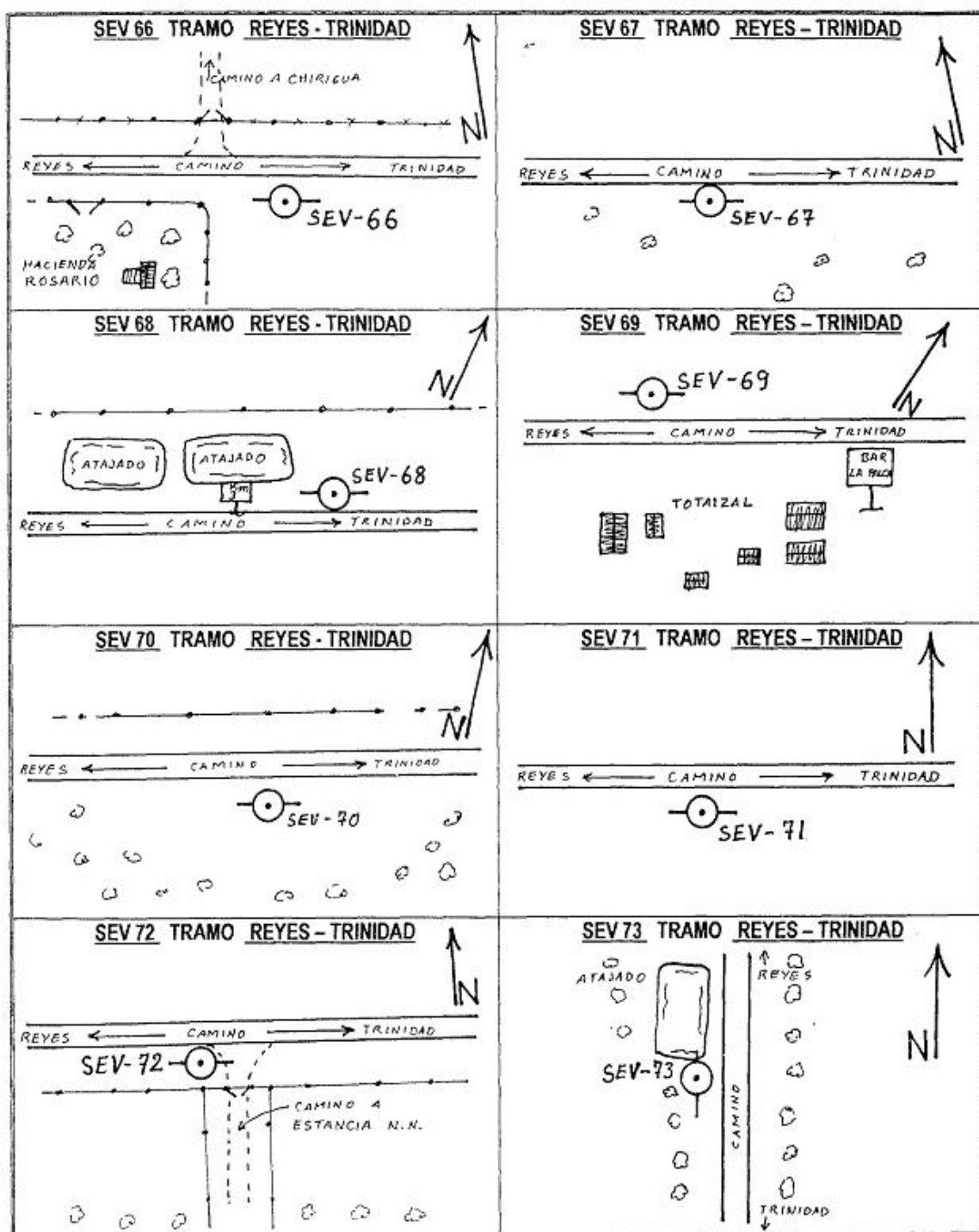
CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO



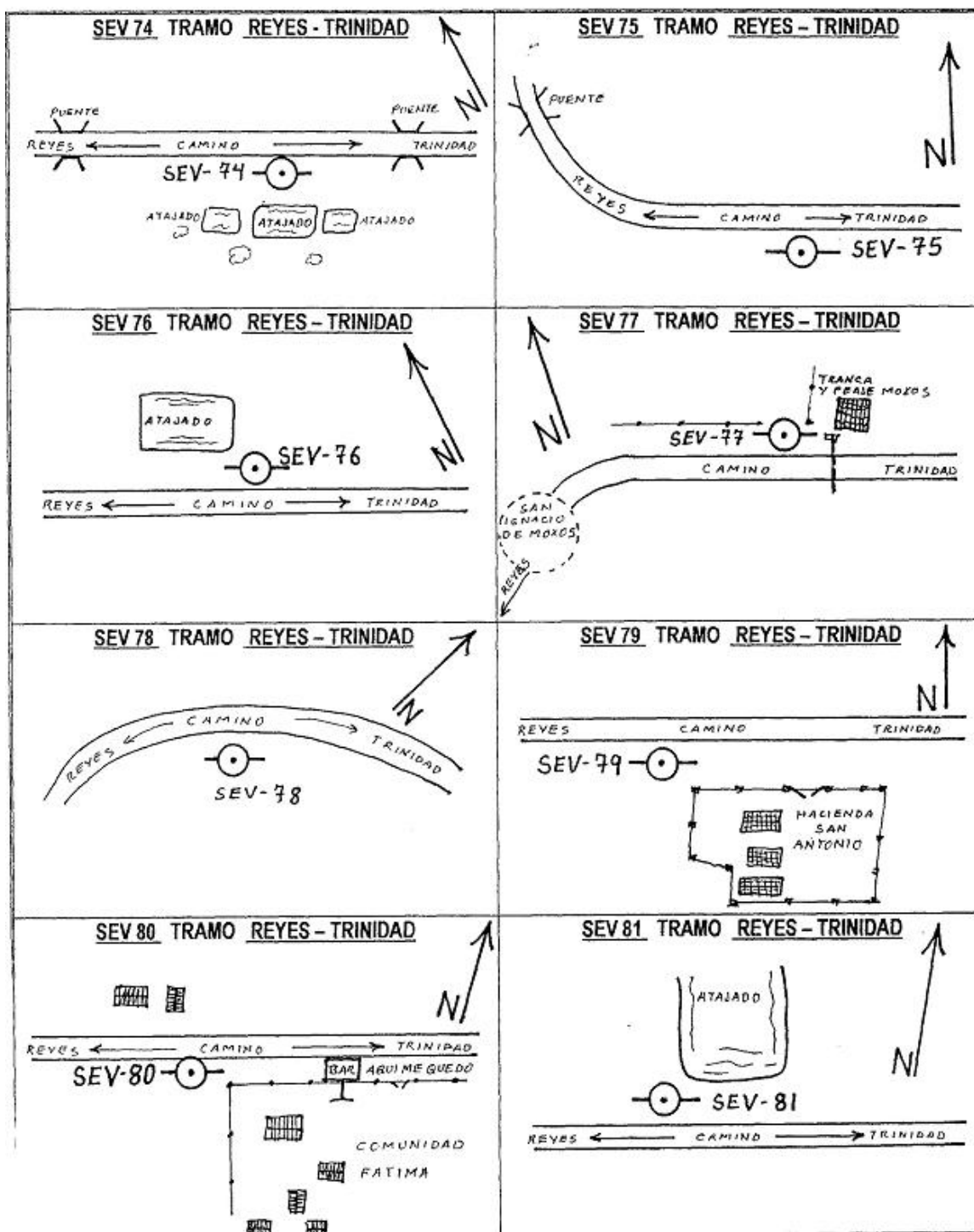
CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO



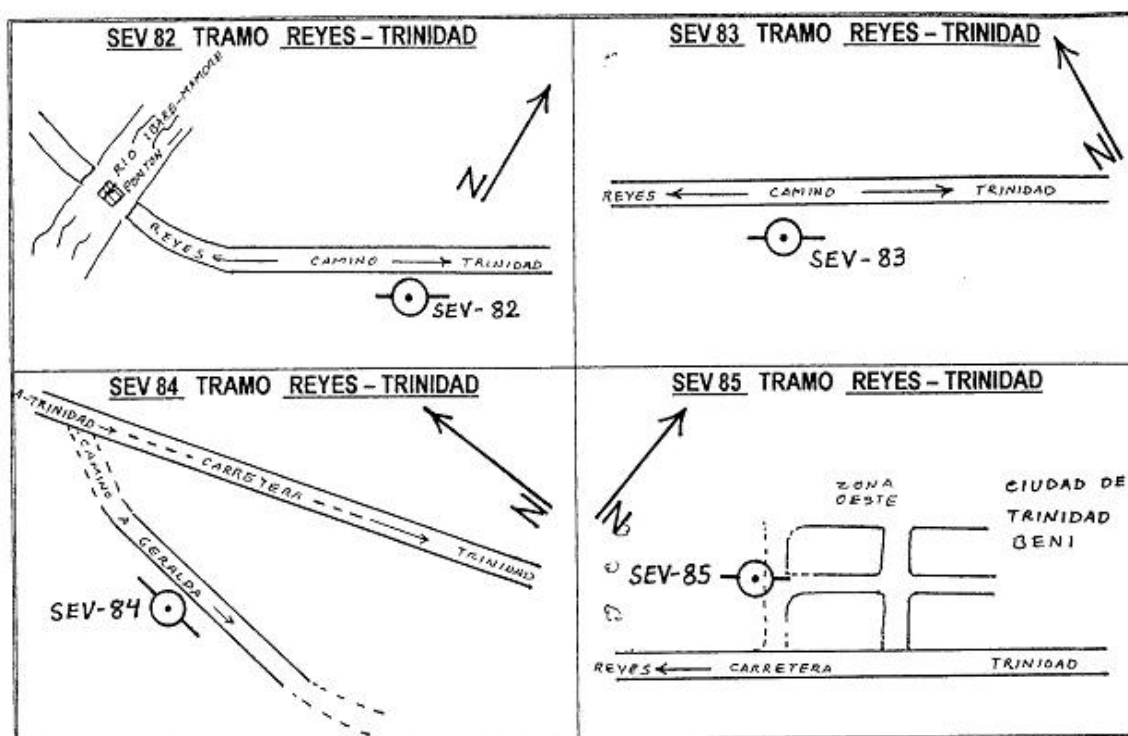
CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO



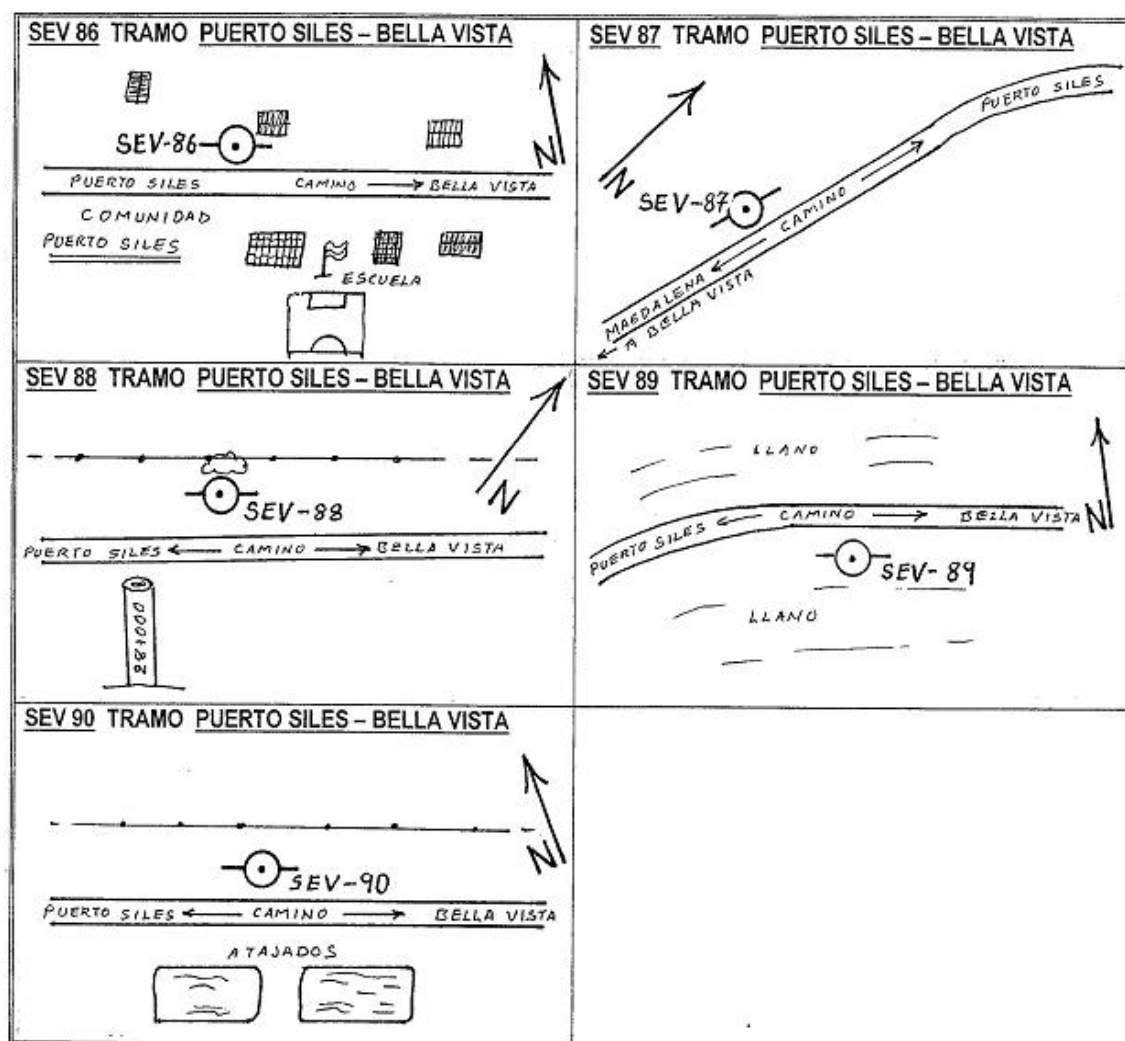
CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO



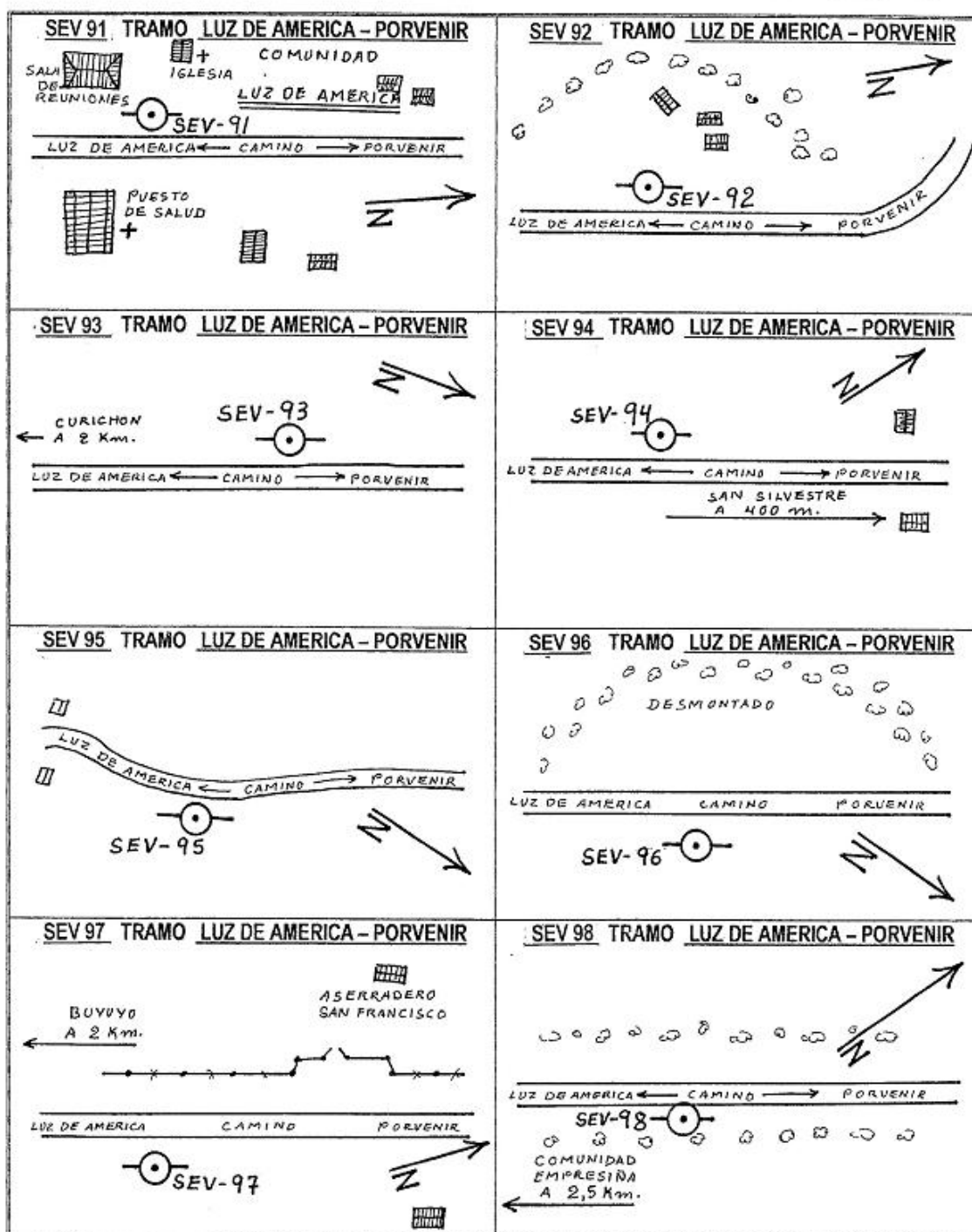
CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO



CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO



CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO



CROQUIS DE UBICACIÓN DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES SEV BENI-PANDO

