

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS Fundada en 1551

FACULTAD DE GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

E.A.P. INGENIERÍA GEOLÓGICA

Interpretación de la geometría de la mena y del zoneamiento del yacimiento Zn-Pb-Ag de san gregorio (colquijirca,perú)

TESIS para optar el Título Profesional de: INGENIERO GEÓLOGO

AUTOR:

LUCIO EZEQUIEL CANCHIS PÉREZ

LIMA – PERÚ 2003

INDICE

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN.....	I
--------------	---

CONCLUSIONES.....	IV
-------------------	----

OBJETIVOS	V
-----------------	---

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
--------------------------------	---

1.1 UBICACIÓN Y ACCESO	1
1.2 RESEÑA HISTÓRICA	1

CAPÍTULO II: ESTRATIGRAFÍA Y MARCO GEOLÓGICO	4
--	---

2.1 GRUPO EXCELSIOR (ORDOVÍCIO).....	4
2.2 GRUPO MITU (PÉRMICO SUPERIOR - TRIÁSICO INFERIOR)	4
2.3 GRUPO PUCARÁ (TRIÁSICO - LIÁSICO).....	5
2.3.1 Pucará Oriental: Formación Chambará (Noriano – Rhetiano).	5
2.3.2 Pucará Occidental (Noriano – Rhetiano).....	6
2.4 TERCIARIO.....	6
2.4.1 Formación Pocobamba (Paleoceno Superior –Eoceno Medio)	6
2.4.2 Formación Calera (Eoceno Medio).....	7
2.5 ROCAS IGNEAS.....	8
2.5.1 Volcánicos Marcapunta (Mioceno Superior)	8

CAPÍTULO III: GEOLOGÍA LOCAL.....	9
-----------------------------------	---

3.1 GRUPO MITU (PÉRMICO SUPERIOR - TRIÁSICO INFERIOR)	9
3.2 UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS EN EL PUCARA DE SAN GREGORIO	
3.2.1 Brecha Basal (Conglomerado Basal)	9
3.2.2 Dolomías Basales.....	10
3.2.3 Brechas Dolomíticas de Disolución	11
3.2.4 Dolomías Intermedias.....	11
3.3 TERCIARIO.....	12
3.3.1 Brecha San Juan	12
3.3.2 Sedimentos Lacustrinos.	12
3.3.3 Aglomerado Volcánico.....	13
3.4 CUATERNARIO.....	13

CAPÍTULO IV: MINERALIZACIÓN	15
-----------------------------------	----

4.1 MINERALOGÍA HIPÓGENA Y SUPÉRGENA	15
4.1.1 Horizonte Silicificado-Brechado.....	16
4.1.2 Horizonte Alunitizado-Caolinizado.....	16

CAPÍTULO V: RELACIONES TEXTURALES Y PARAGENETICAS	17
--	----

5.1 PARAGÉNESIS EN SAN GREGORIO	17
---------------------------------------	----

CAPÍTULO VI: BASE TORICA DEL ZONEAMIENTO	21
6.1 FRANJAS MINERALIZADAS Y ZONEAMIENTO	21
CAPÍTULO VII: ESTUDIO DE LEYES QUÍMICAS	26
7.1 RELACIONES ENTRE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE ZN, PB Y FE.....	26
7.1.1 Leyes Correspondientes.....	28
7.1.2 Delimitación de la Zona de Intemperismo.	30
7.1.3 Delimitación del Límite Inferior de la Franja de Mena	34
7.1.4 Delimitación del Límite Superior de la Franja de Mena.....	35
CAPÍTULO VIII: ESTUDIOS PRELIMINARES	37
8.1 ESTUDIOS EN SAN GREGORIO	37
CAPÍTULO IX: ALTERACIONES.....	39
9.1 ALTERACIÓN HIDROTHERMAL.....	39
9.1.1 Horizonte Silicificado-Brechado.....	39
9.1.2 Horizonte Alunitizado-Caolinizado.....	39
CAPÍTULO X: DIRECCIÓN DE FLUJO HIDROTHERMAL.....	42
10.1 FLUJO VERTICAL VERSUS FLUJO LATERAL (“ROLLO FRONTAL”).....	42
CAPÍTULO XI: ESTUDIO DE LEYES GEOQUÍMICAS	45
11.1 RELACIÓN ENTRE ANÁLISIS GEOQUÍMICOS	45
11.2 ESTUDIO GEOQUÍMICO INICIAL.	45
11.3 ANÁLISIS USANDO LAS 44 MUESTRAS GEOQUÍMICAS	48
11.4 INTERPRETACIÓN DE LEYES QUÍMICAS	49
11.5 SEGUNDA INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA.	51
CAPÍTULO XII: GENESIS DE LA FRANJA DE MENA.....	59
12.1 FLUJO HIDROTHERMAL.....	59
12.2 FRANJAS Y CLAVOS DE MENA.	60
CAPÍTULO XIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
13.1 CONCLUSIONES	62
13.2 RECOMENDACIONES.....	63
CAPÍTULO XIV: ESTUDIOS PENDIENTES	65
BIBLIOGRAFÍA	67

AGRADECIMIENTOS.

Este estudio no habría sido posible sin el constante apoyo moral y financiero que en todo momento brindó “Sociedad Minera El Brocal S.A.” personalizada en su ex Gerente General, Ing°. Juan Proaño Arias, así como del ex Gerente de Operaciones Ing°. Carlos Guzmán Alba.

Merece especial agradecimiento el Dr. Ulrich Petersen, quien por mas de 3 años a asesorado la aplicación de la teoría del “Estudio Cuantitativo del Zoneamiento” al depósito de Zn-Pb de San Gregorio.

Asimismo agradecer al Ing°. Alberto Benavides de la Quintana, por ser el gestor intelectual en llevar adelante las exploraciones y estudios referentes en el distrito minero de Colquijirca y San Gregorio.

También me gustaría extender mi mayor gratitud y profundo aprecio a las siguientes personas:

- En Colquijirca al Ing°. Antonio Cárdenas A.; Ing°. Agustín Chang W.; Ing°. Máximo Yaringaño.; Raúl Arias.; a mis colegas geólogos y a los trabajadores del departamento de Geología.
- En Cía de Minas Buenaventura al Dr. Cesar Vidal.; Ing°. Oscar Mayta.; Ing°. Héctor Barrionuevo y al Ing°. Juan Carlos Salazar, por sus consejos útiles.
- En la Universidad al Ing°. Orlando Orbegozo como asesor.; Dr. Nestor Chacon.; Ing°. Jaime Zegarra y al Ing°. Hugo Rivera por sus acertadas sugerencias en la elaboración final de este estudio.

RESUMEN

El depósito de zinc-plomo de San Gregorio está ubicado en el distrito de Tinyahuarco, provincia de Cerro de Pasco, departamento de Pasco; a 5 km. aproximadamente al sur de la mina Colquijirca.

La secuencia calcárea que alberga la mineralización corresponde al Pucará Occidental. Esta secuencia calcárea sobreyace en ligera discordancia a la unidad areniscosa del Grupo Mitu, pero a su vez infrayace con fuerte discordancia a los sedimentos terciarios y a la potente cobertura cuaternaria. La mineralización es generalmente de grano fino y consta de esfalerita, galena, pirita y marcasita. Al parecer, la pirita y la marcasita se formaron primero, luego la esfalerita y por último la galena. Como un halo externo de alteración en la zona superior de la mineralización, es común encontrar una zona de alunita-caolinita, seguida hacia arriba por una zona silicificada, brechada y oxidada.

Los promedios de los ensayos de Zn, Pb, Fe y Ag para tramos de 5 m. se plotearon individualmente en 4 secciones verticales del yacimiento (AA' y BB' de rumbo N32°E, A-8 y A-10 de rumbo N60°W) y por pares y por taladros en gráficos logarítmicos. Los gráficos Pb-Fe muestran correlaciones lineales con pendientes de unos 62°, mientras que los gráficos de Zn-Pb y Zn-Fe no muestran correlaciones lineales. Tampoco muestran correlaciones lineales los gráficos de Ag versus Zn, Pb ó Fe. En las secciones AA' y BB' las leyes de los elementos Pb, Fe y Zn forman franjas mineralizadas ondulantes básicamente horizontales, subparalelas, subhorizontales y parcialmente superpuestas. En las secciones hacia el SE caben múltiples interpretaciones para la geometría de la mineralización. En general las franjas de Pb y Fe están más o menos a la

misma altura, y algo más altos que la franja de Zn. Es posible que la franja de Zn, parezca estar a menor altura que las franjas de Pb y Fe, por que el Zn haya sido lixiviado de la zona oxidada. Los contornos de leyes en las secciones de Pb, Fe y Zn se interpretaron inicialmente de dos maneras:

- A. Como un gran lente plegado conteniendo un anticlavo (zona de baja ley) grande en el extremo SE de las secciones NW-SE. De ser así, las leyes bajas ubicadas debajo del lente corresponderían al lado proximal de la franja de mena, y las leyes bajas encima del lente serían el lado distal de la mineralización.
- B. Como un rollo frontal proveniente del SE. De ser así, la amplia zona de leyes bajas de Zn, Pb y Fe en los extremos SE de las secciones NW-SE serían el lado proximal de la franja de mena y no un anticlavo. El lado distal de la franja de mena estaría constituido por las leyes bajas de estos tres elementos tanto encima como debajo de la mena, así como al NW de la mena.

Para discriminar entre estas dos alternativas se tomaron 44 muestras puntuales de diferentes intervalos en 14 taladros para análisis geoquímico por 34 elementos. De éstos, solamente 8 elementos resultaron tener rangos de variación útiles (As, Hg, Pb, Fe, Zn, Cd, Mn y Ca).

Clasificando las muestras de acuerdo a la alternativa A se omitieron las leyes de las muestras del presunto anticlavo grande (porque las leyes de anticlavos no son diagnósticos). Ploteando las leyes geoquímicas restantes en gráficos logarítmicos, se observaron correlaciones lineales convincentes para As-Hg, Pb-Fe y Zn-Cd. La correlación lineal para leyes geoquímicas de Pb y Fe se asemeja a la correlación lineal basada en leyes químicas. La correlación de Zn-Cd probablemente se debe al conocido contenido de Cd en la esfalerita. El Mn no forma correlación

lineal convincente con los demás elementos. Por consiguiente, se tienen 4 grupos, familias ó asociaciones paragenéticas (3 de 2 elementos y 1 de un elemento) correspondientes a 4 franjas mineralizadas (3 constituidas por 2 elementos y 1 constituida por 1 elemento).

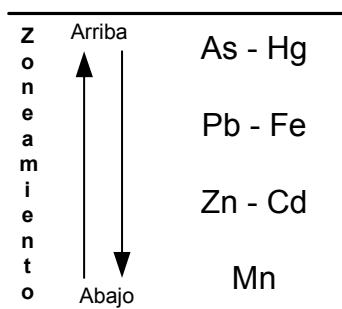
En el gráfico As-Hg se observa que los puntos correspondientes a la mena se superponen a los puntos de las muestras proximales y distales, lo que significa que las franjas de As y Hg no coinciden con la franja de mena. En los gráficos Zn-Cd y Pb-Fe los puntos de mena tienden a estar en el extremo superior derecho de las bandas de correlación lineal. Esto significa que estas cuatro bandas mineralizadas están muy juntas. Los análisis de Ca no representan una franja mineralizada, sino la transición de calizas/dolomías frescas en la parte inferior a alteradas y/o reemplazadas en la parte superior.

OBJETIVOS

- Aplicar la teoría del “Estudio Cuantitativo del Zoneamiento” en grandes cuerpos o franjas mineralizadas, como es el yacimiento de San Gregorio.
- Indicar el número de franjas mineralizada en este depósito y conocer si estas franjas están zoneadas una con respecto a la otra, ó si estas franjas no están zoneadas entre si.
- Conocer las zonas Distales y Proximales de la franja de mena y a la vez estudiar su forma e indicar la dirección del flujo mineralizante que dio origen a este depósito de Zn-Pb.
- Direcccionar, mejorar y sugerir los futuros taladros diamantinos exploratorios que se llevarán adelante en este depósito.

CONCLUSIONES

1. Infiriendo aproximadamente los arcos de correlación, observando sus aperturas y la ubicación de los puntos proximales y distales se concluye el siguiente zoneamiento vertical:



2. Este zoneamiento vertical concuerda con la silicificación, alunitización y caolinitización observadas en la parte superior (y no en la parte baja) del yacimiento.
3. Se concluye entonces que la interpretación A es más consistente que la interpretación B, descartándose esta última. Luego se incluyeron las muestras del “anticlavo para la interpretación de la zona SE del depósito, que resultó ser muy compleja”.
4. Las soluciones mineralizantes de San Gregorio ascendieron a través de las areniscas Mitu para luego depositar el mineral en los carbonatos del Pucará.
5. En San Gregorio falta determinar el límite inferior de la zona oxidada. Esta información es pertinente para poder separar el mineral oxidado del sulfurado, ya que estos minerales podrían requerir tratamientos metalúrgicos distinto.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 UBICACIÓN Y ACCESO

El área del presente estudio se ubica en el distrito de Tinyahuarco, provincia Cerro de Pasco, departamento de Pasco, a una distancia de aproximadamente 5 Km. al sur de la Mina de Colquijirca y dentro de la propiedad de la comunidad ganadera de Vicco. San Gregorio está delimitado por las siguientes coordenadas UTM:

8'803,000 N a 8'806,000 N
359,500 E a 361,000 E

El acceso desde Lima a la zona del proyecto San Gregorio es por la Carretera Central hasta la ciudad de La Oroya, de allí se toma la carretera que conduce a Cerro de Pasco hasta la localidad de Colquijirca, lo que significa un recorrido de 315 Km en un tiempo aproximado de 5 horas. El estado de la carretera hasta Colquijirca es excelente, encontrándose asfaltada y señalizada. El tramo desde Colquijirca hasta el área de San Gregorio es trocha carrozable (Fig.1).

1.2 RESEÑA HISTÓRICA

Los primeros trabajos realizados en la zona de San Gregorio datan de 1910, época en que en la zona de Gualquepaqui se desarrollaron los trabajos mineros de explotación a cielo abierto (denominado Tajo Grande) y labores subterráneas (niveles 200,

240 y 260), de donde se extraían menas de bismuto y plata, que tuvo su auge durante la Primera Guerra Mundial.

En los años 1930 – 1933, la Negociación Minera Fernandini-Clotet en unión con la Cerro de Pasco Copper Corporation, optaron por realizar la primera campaña exploratoria de perforación diamantina en los alrededores del Tajo Grande (16 taladros que significaron 2297.25 m. lineales de perforación). Su afán era expandir los trabajos de explotación, así como de conocer el potencial en reservas de los elementos económicos de bismuto y plata.

De los 16 taladros diamantinos realizados en la década de los años 30, 7 interceptaron intervalos con atractivos valores económicos de zinc, plomo y plata. Se hicieron además dos galerías de explotación. Se sabe ahora que de esta forma y de una manera indirecta se descubrió el depósito de zinc-plomo de San Gregorio.

Se realizaron también trabajos exploratorios de geofísica. El primero de ellos, fue realizado en Noviembre de 1968 por la compañía Canadiense Mc Phar Geophysics Limited, la que realizó una prueba de Polarización Inducida y de Resistividad en dos líneas transversales (3390N y 3785N) y una longitudinal (10300E), con lo cual detectaron una anomalía definida de aproximadamente 1500 m. de longitud. Puesto que la separación entre las líneas fue de 250 m., en el futuro se requeriría realizar geofísica con líneas menos espaciadas.

En 1990 y 1991 José Arce estudió la probable anomalía cercana a la línea 3550N ejecutando nuevas mediciones al norte del río San Juan.

En 1992, se propuso un programa de perforación de 6 taladros diamantinos verticales en las inmediaciones de los taladros antiguos con la finalidad de corroborar la información existente. Ese mismo año se perforaron 3 taladros (2B-92, 2J-92 y 2N-92), confirmando la existencia de este depósito polimetálico (Vidal 1992).

En 1993 se continuó con la campaña de exploración con taladros diamantinos con un total de 9 taladros verticales, con los que se delimitó una parte del cuerpo de mineral y se hizo un cálculo de las posibles reservas (Vidal 1993).

Durante 1994 y 1995 se realizó una campaña muy intensa de perforación diamantina con la cual se delimitó el cuerpo de mineral, quedando aún zonas abiertas para futuras exploraciones.

La ubicación del conjunto de taladros diamantinos para el área de estudio se encuentran en el plano adjunto (Fig. 2).

En 1994 la compañía Geoterrex realizó una campaña geofísica en Colquijirca, Marcapunta y San Gregorio, con la cual delimitó dos anomalías geofísicas en Marcapunta y otras dos en San Gregorio. Los métodos geofísicos usados fueron los siguientes: electromagnetismo (Time Domain EM), gravimetría y polarización inducida.

Una última campaña de geofísica fue realizada por Geoterrex en 1995, comprendiendo trabajos de Gravimetría y Polarización Inducida con las cuales se corrigió una falsa anomalía en el sector norte de San Gregorio y se confirmó la primera anomalía. Además se confirmaron las dos anomalías en Marcapunta.

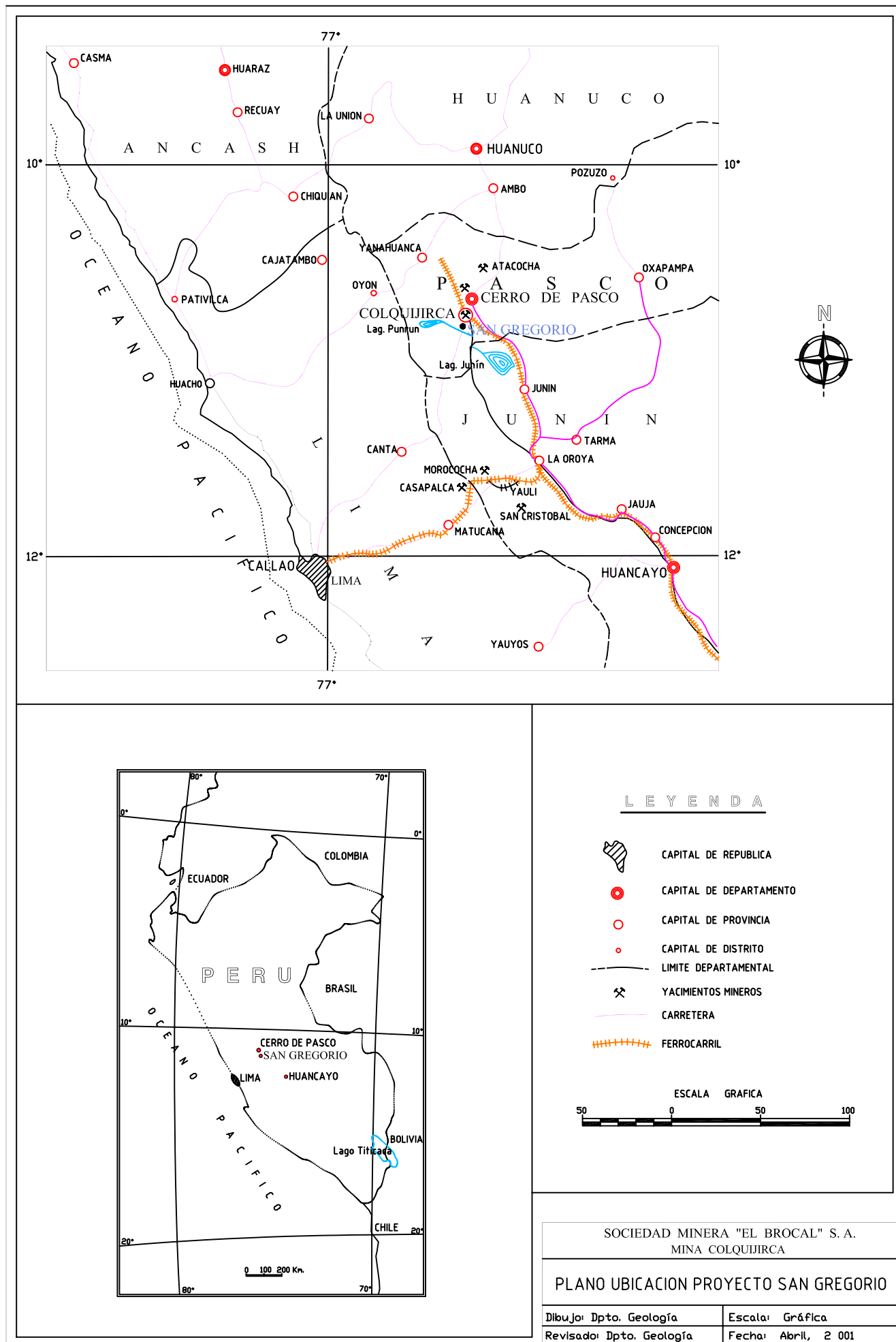


Fig. 1

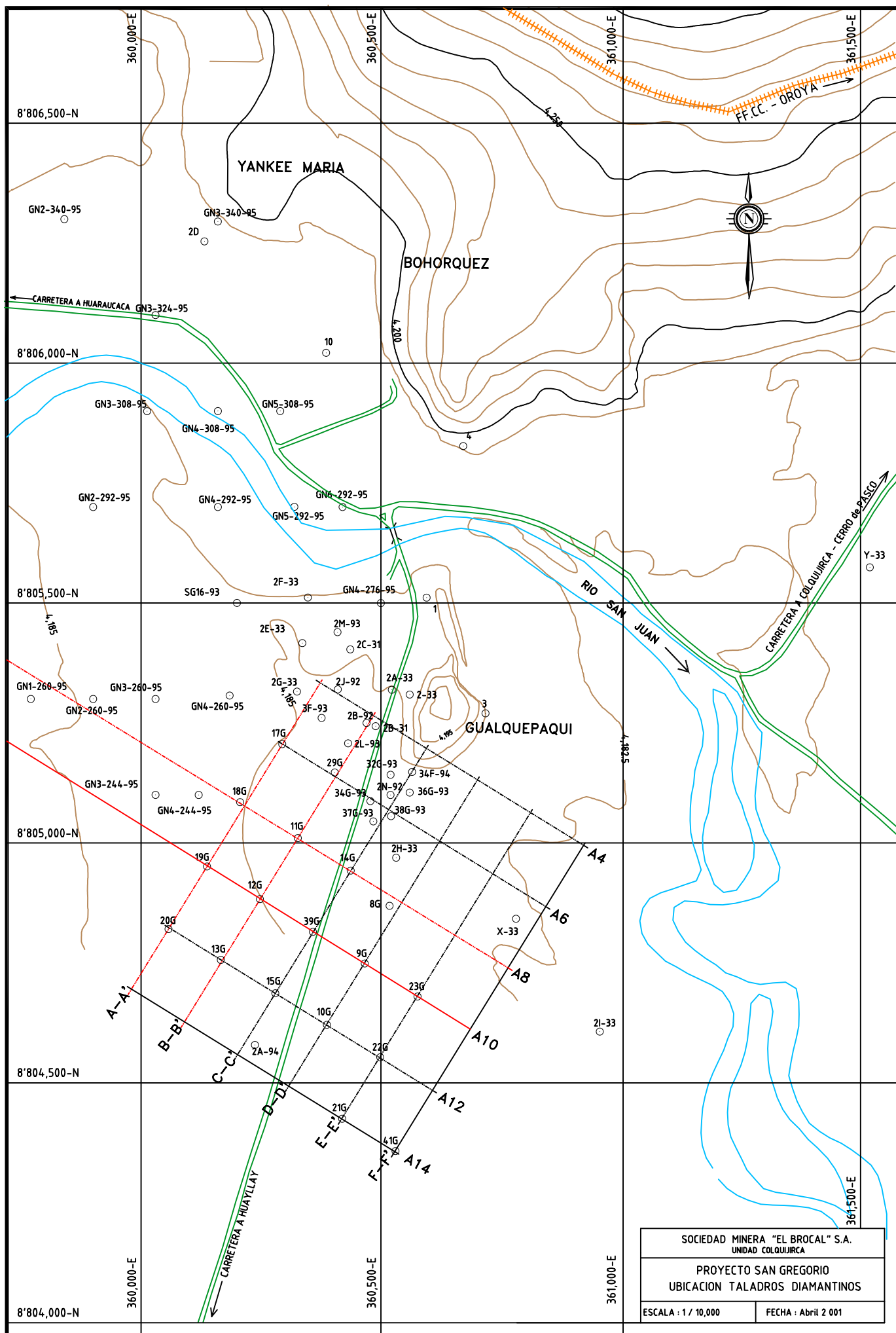


Fig. 2

CAPÍTULO II: ESTRATIGRAFÍA Y MARCO GEOLÓGICO

2.1 GRUPO EXCELSIOR (Ordovícico)

En 1924 Mc Laughlin denominó como “Serie Excelsior” a la unidad más antigua de la región. Esta serie consiste de rocas metamórficas (filitas y pizarras de color gris con variaciones a gris verdoso, con abundantes intercalaciones de delgados horizontes de cuarcitas), las cuales presentan un metamorfismo de bajo grado (con presencia de sericita y clorita). Esta secuencia metamórfica se restringe al núcleo del anticlinal de Cerro de Pasco con un espesor mayor a los 300 m (Ángeles, 1993)

El grupo Excelsior está expuesto en la zona nor-oeste del Tajo Principal de la Mina de Colquijirca en un anticlinal dentro de un valle entre los cerros Condorcayan y Vista Alegre. (Fig. 3)

2.2 GRUPO MITU (Pérmico superior - Triásico inferior)

El Grupo Mitu consiste de areniscas y conglomerados que sobreyacen en fuerte discordancia angular al Grupo Excelsior. En el área de Colquijirca pueden distinguirse en el Grupo Mitu dos unidades, una inferior que es conglomerádica y otra superior donde predominan las areniscas.

Esta misma división puede reconocerse en la columna estratigráfica de Newell (1953) levantada en Carhuamayo. Midiendo desde la base, hay 523 m, predominantemente de

conglomerados, seguidos de 825 m. con predominio de areniscas. Esto da un total de 1348 m para el Grupo Mitu.

2.3 GRUPO PUCARÁ (Triásico - Liásico)

En la región pueden distinguirse claramente dos facies pertenecientes al mismo grupo, la facie occidental (Pucaré occidental) y la facie oriental (Formación Chambará; Megard, 1968), ambas separadas por la gran Falla Longitudinal, que es aproximadamente N-S (Boit, 1949; Jenks, 1951). (Fig. 3)

2.3.1 Pucaré Oriental: Formación Chambará (Noriano – Rhetiano).

El Pucaré oriental se ubica en la zona este de Colquijirca, no habiéndose observado su base en los afloramientos. Sin embargo se sabe que es discordante con ángulo bajo sobre el Grupo Mitu al norte de Atacocha (Johnson, 1955).

La secuencia del Pucaré oriental consiste de calizas y dolomías de textura “*mudstone*” de color gris oscuro que mayormente se presenta en estratos delgados (10 a 30 cm.) con intercalaciones delgadas de calcarenitas bioclásticas, conformando un paquete carbonatado no menor a 1,500 m de espesor (Ángeles, 1993). Por otro lado, Jenks (1951) estimó una potencia total del orden de los 2900 m para esta facie oriental.

Esta unidad se depositó en la parte externa de una plataforma carbonatada, en un ambiente de baja energía, pero con aportes desde áreas más someras y más agitadas (Ángeles, 1993).

2.3.2 Pucará Occidental (Noriano – Rhetiano).

El Pucará Occidental corresponde a la secuencia carbonatada ubicada al oeste de la Falla Longitudinal (Fig. 3), por lo que sus afloramientos se ubican al oeste de Colquijirca en los cerros Lachipana, Viscagaga, Puca Ingenio, Pumarrin, Huagato y San Cristóbal, donde se puede apreciar la Brecha Basal que marca el comienzo de la deposición del Pucará. En el área de San Gregorio, se han encontrado numerosos moldes de *Monotis subcircularis* (Boit, 1949) en el cerro Gualquepaqui, importante evidencia de que este afloramiento corresponde al Pucará occidental en el cual está emplazada la mineralización de San Gregorio.

2.4 Terciario

2.4.1 Formación Pocobamba (Paleoceno Superior –Eoceno Medio)

A. Miembro Cacuan.

Sus partes inferiores consiste en argilitas limosas y limolitas rojas, laminadas. Le siguen areniscas de grano fino y luego medio rojas, con laminación en artesa de escala pluridecimétrica. Hacia los topes de banco, algunas escasas láminas volcadas. Las secuencias mayores se completan con uno o mas canales de sección plurimétrica, de base erosiva, rellenos de conglomerados, y areniscas muy gruesas. Los elementos pueden ser de hasta 10 o 12 cm. Los clastos

son subredondeados, y en menos proporción subangulares. El cemento es calcáreo (Ángeles, 1999).

B. Miembro Shuco.

Se compone sobre todo de brechas sedimentarias y conglomerados, con escasos lentes de limolitas arenosas, y aún más escasas areniscas muy gruesas con guijarros. La composición, calibre y morfometría de los elementos varía notablemente en función de la distancia. El depósito es muy heterométrico, con bloques de hasta 6 m, mientras que la mayor parte de los clastos tiene tallas de entre 2 y 30 cm. Los elementos son angulosos a subredondeados y frecuentemente en lajas y no se observa matriz. Los elementos son de naturaleza calcárea del Chambará y del Pucará occidental. El Conglomerado Shuco es esencialmente un depósito aluvial (Ángeles, 1999).

2.4.2 Formación Calera (Eoceno Medio)

La formación Calera se describe por separado en tres unidades:

A. Calera Inferior. Predominan sedimentos detríticos en su mayor parte finos, de procedencia volcánica y en parte como delgados niveles de conglomerados de guijarros Chambará. Hay también algo de tobas riolíticas. El intervalo termina con alternancias de argilitas y calizas margosas. La mejor exposición de esta parte inferior se halla en la localidad de La Calera (Ángeles, 1999).

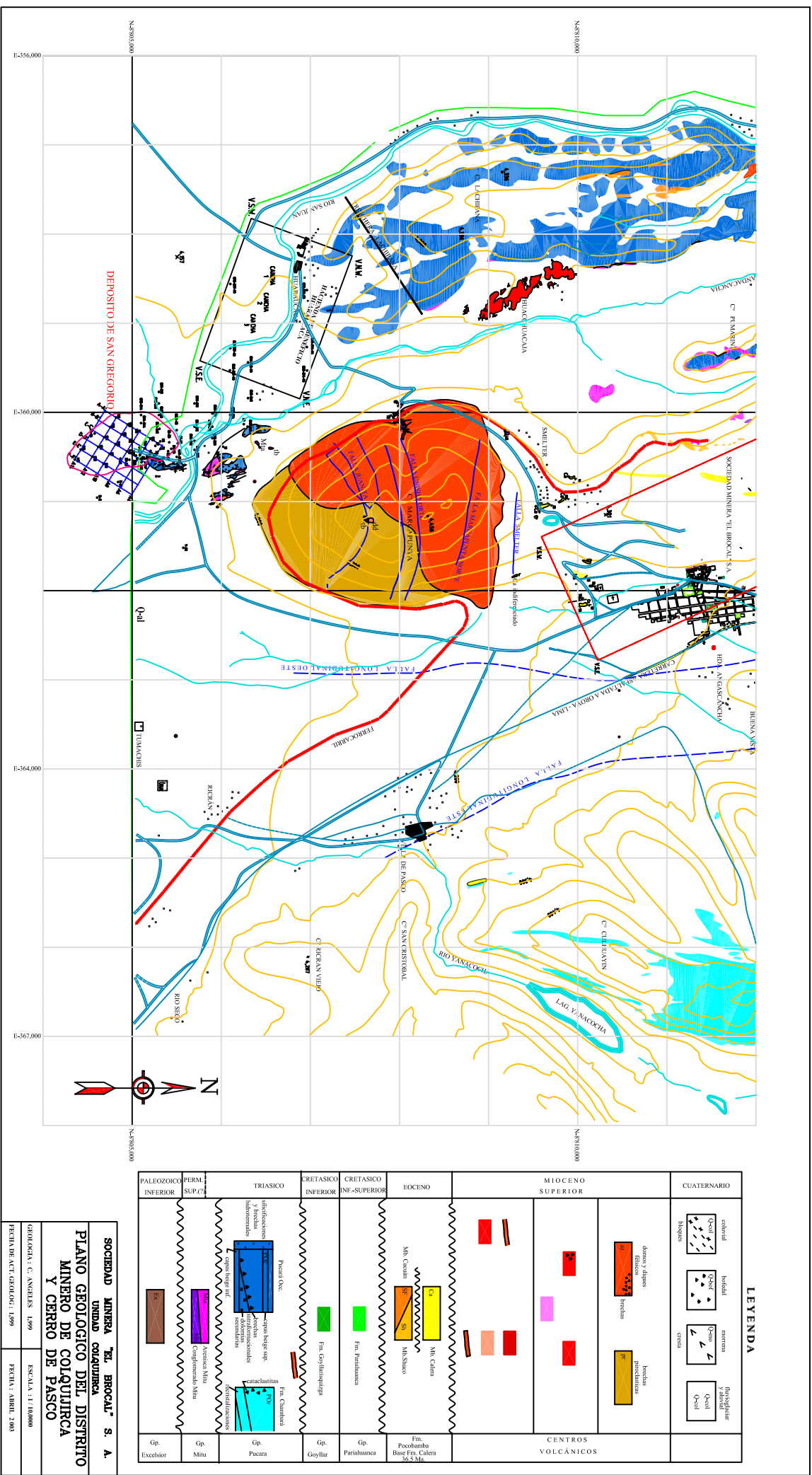
B. Calera Medio. Contiene las facies de calizas gris muy claras, en bancos prominentes, que más caracterizan a esta unidad. La parte mas baja de esta unidad es netamente calcárea y la parte alta contiene calizas margosas e intercalaciones de argilitas gris verdosas, probablemente derivados de piroclásticos (Ángeles, 1999).

C. Calera Superior. Parece existir solamente al sur de la Laguna Cuchis Grande, bajo un terreno casi totalmente cubierto por acarreos de glaciares y fluvioglaciares. Sin embargo, su mayor exposición se halla en Colquijirca en donde se compone de delgadas alternancias de argilitas, limolitas, arenitas dolomías margosas, dolomías y chert (Ángeles, 1999).

2.5 ROCAS IGNEAS

2.5.1 Volcánicos Marcapunta (Mioceno Superior)

A. Lavas y Tufos Marcapunta. El centro volcánico Marcapunta se caracteriza por contener lavas y domos de composición dacítica, que afloran en la parte central y oeste del cerro Marcapunta. Cronológicamente corresponden al Mioceno Superior. Tiene aproximadamente 3 Km. de diámetro, presenta una textura porfirítica con matriz afanítica, generalmente son de color gris claro (Noble, 1984).



CAPÍTULO III: GEOLOGÍA LOCAL

3.1 GRUPO MITU (Pérmico superior - Triásico inferior)

En los taladros perforados en el área de San Gregorio, el Grupo Mitu está representado por areniscas rojas de ambiente continental y niveles o lentes de lutitas y conglomerados. Esta secuencia ha sido interceptada en todos los taladros diamantinos. Su composición es esencialmente cuarzosa, de granulometría gruesa a fina y de formas subredondeadas a redondeadas. Los lentes conglomerádicos contienen fragmentos de cuarzo lechoso, fragmentos de roca metamórfica y fragmentos de roca volcánica de pobre selección en matriz arcillosa.

Las estructuras sedimentarias observadas son imbricación de clastos y laminación paralela. En ciertos taladros se observan venillas de yeso y calcita, así como trazas de pirita diseminada producto de la mineralización, lo que también ha ocasionado la decoloración de su color rojizo original, resultando en un color gris blanquecino (Ángeles, 1993).

3.2 UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS EN EL PUCARA DE SAN GREGORIO

3.2.1 Brecha Basal (Conglomerado Basal)

Esta es una unidad detrítica polimíctica de color gris claro que varía a una ligera tonalidad verdosa. Está constituida por elementos subangulares a subredondeados de cuarzo

lechoso, filitas, roca sericitizada y volcánicos. Estos últimos están en menor proporción y tienen formas alargadas a aplanadas. La clasificación granulométrica es mala y el tamaño promedio es de 1 cm a 3 cm con poco contenido de matriz (que generalmente es arenosa y limosa, pero dolomítica en ciertos sectores).

La Brecha Basal tiene un espesor de 2 a 8 m y sobreyace en ligera discordancia angular a las areniscas Mitu en el área de Huachuacaja Pampa y en San Gregorio (C° Gualquepaqui y taladros diamantinos).

3.2.2 Dolomías Basales

Esta es una unidad carbonatada representada por dolomías de textura “*mudstone*” a “*packstone*” de color beige a gris, que generalmente se presenta en estratos delgados y con una fina laminación plana de probable origen tidalítico, que aparentemente mantiene un cierto paralelismo subhorizontal con las areniscas rojas del Grupo Mitu.

Estas dolomías inferiores comúnmente presentan estructuras de disolución-presión y estructuras algares hacia el tope, tienen escasa presencia de concreciones de sílex que probablemente correspondan a pseudomorfos de evaporitas y están acompañadas de obliteración de la laminación. Es común en esta unidad observar manifestaciones de un tectonismo sinsedimentario, evidenciado por la presencia de microfallas normales y de algunos pliegues de “*slump*” incipientes. También se tienen oquedades de disolución, algunas de ellas rellenas con cuarzo (Ángeles, 1993).

Es común observar estilolitos paralelos a la estratificación, al igual que estilolitos sub-horizontales originados probablemente por esfuerzos compresivos de la tectónica Andina (Fase Quechua y/o Aymara).

3.2.3 Brechas Dolomíticas de Disolución

Los niveles de brechas de disolución son muy notorios en los taladros diamantinos. Estas se han correlacionado difícilmente hasta en 3 niveles. Sin embargo, a los 2 niveles superiores de esta brecha se les ha denominado **Brechas Dolomíticas**. Estos niveles están constituidos por clastos dolomíticos englobados en una matriz arcillosa - margosa de pobre clasificación.

Los clastos tienen formas angulosas a subangulosas cuyas dimensiones van de 2 mm hasta 30 mm; su color varía mayormente de gris a pardo. Generalmente una película marrón oscura recubre la superficie de los clastos.

Estas zonas brechadas tienen espesores entre 10 m y 40 m.

3.2.4 Dolomías Intermedias.

Bajo esta designación se consideran todos los niveles dolomíticos de color beige a gris que se ubican entre las brechas de disolución y que consisten de dolomías de textura “*mudstone*” que frecuentemente presentan fina laminación y estructuras estilolíticas, así como oquedades de disolución.

3.3 Terciario

3.3.1 Brecha San Juan

La brecha San Juan está constituida por un conjunto de fragmentos de rocas volcánicas, los cuales han sido transportados desde las partes altas del centro volcánico Marcapunta y depositados en discordancia erosional encima de la secuencia de rocas carbonatadas del Grupo Pucará.

Estos fragmentos tienen formas angulosas a subangulosas y son de naturaleza dacítica a cuarzo latítica, junto a ocasionales fragmentos de dolomías y/o de calizas silicificadas englobados en una matriz areno arcillosa de color marrón a amarillo pardo.

La brecha San Juan es de probable edad Cenozoica (Terciario superior). Al igual que los depósitos lacustrinos que no han sufrido la deformación de la tectónica Andina. La brecha San Juan cubre en discordancia erosional al Grupo Pucará (Triásico - Liásico).

3.3.2 Sedimentos Lacustrinos.

Los sedimentos lacustrinos son una secuencia detrítica de colores gris, gris oscuro, negro, pardo, pardo rojizo y verde. Esta secuencia está constituida por arcillas, limos, limoarcillas y ocasionales niveles arenosos que presentan una moderada compactación con presencia de delgados niveles de bitumen y restos de plantas (raíces y tallos), los que suponen un ambiente lagunar Terciario.

Ocasionalmente se observan fragmentos líticos (volcánicos, calcáreos y de cuarzo) de tamaños milimétricos y centimétricos, los que al parecer han sufrido una ligera influencia volcánica puesto que ha sido posible encontrar vidrio volcánico, cloritas y micas en el taladro GN5-308-95.

3.3.3 Aglomerado Volcánico.

El aglomerado volcánico es generalmente de color gris a beige y de mala compactación. Ocasionalmente engloba determinadas gravillas, fragmentos de chert, fragmentos de argilitas y calizas, así como fragmentos de rocas volcánicas y de cuarzo lechoso. Toda esta secuencia tiene una fuerte influencia volcánica con presencia de feldespatos, biotitas y vidrio volcánico. En determinadas zonas se aprecia la presencia de óxidos de fierro.

Este aglomerado volcánico solo se interceptó en 2 taladros (14G-95 y 11G-95), con espesores de 35 y 53 m. respectivamente. Aparentemente tiene forma lenticular y no se muestra en la fig. 4 de la columna estratigráfica.

3.4 CUATERNARIO

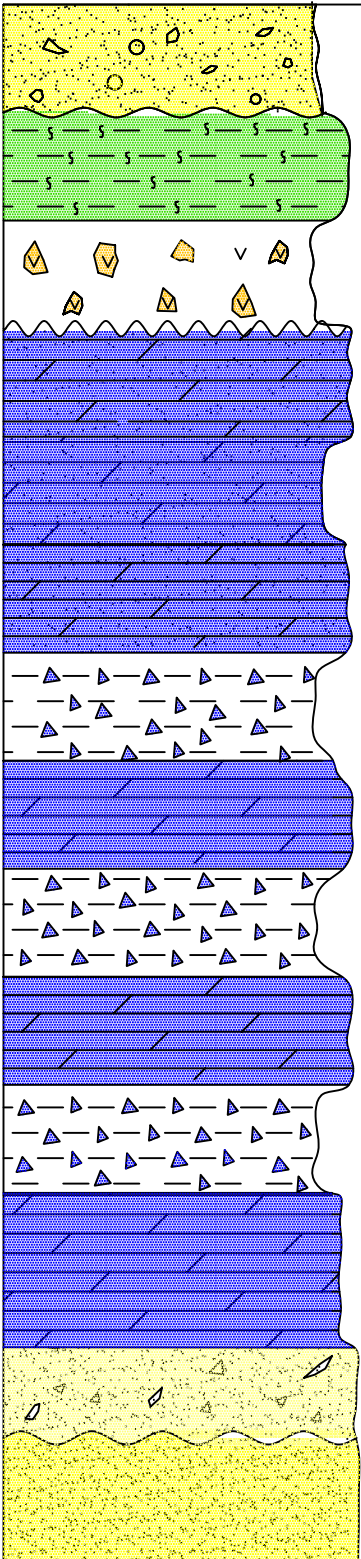
La cobertura Cuaternaria es de origen fluvio-glacial reciente, y tiene una potencia aproximada de 100 m. Tiene una tendencia a aumentar de espesor hacia el sur; mientras que hacia el norte tiende a adelgazarse, manteniendo siempre una forma plana que determina la geomorfología del área. Generalmente este material está constituido por gravas, arenas y arcillas de pobre selección.

Las gravas tienen una naturaleza polimíctica y en su mayoría provienen de andesitas, dacitas y cuarzo lechoso. Estos fragmentos tienen formas que varían desde redondeadas hasta subredondeadas, y son de tamaños heterométricos.

Las arenas generalmente forman la matriz y en determinadas zonas se presentan en forma de lentes o niveles. En su mayoría son de mala selección y presentan granulometría gruesa.

En la columna estratigráfica del área de estudio puede apreciarse el resumen de las apreciaciones antes mencionadas (Fig.4).

COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA DE SAN GREGORIO

	SISTEMA	UNIDAD	L I T O L O G I A
	CUATERNARIO	CUBIERTA CUATERNARIA	
	TERCIARIO SUPERIOR	SEDIMENTOS LACUSTRINOS TERCARIOS	
		BRECHA SAN JUAN	
	TRIASICO SUPERIOR - JURASICO INFERIOR	GRUPO PUCARA	DOLOMIAS ARENISCOSAS
			BRECHAS DOLOMITICAS
			DOLOMIAS INTERMEDIAS
			BRECHAS DOLOMITICAS
			DOLOMIAS INTERMEDIAS
			BRECHAS DOLOMITICAS DE DISOLUCION
			DOLOMIAS BASALES
			BRECHA BASAL
	PERMICO SUPERIOR	GRUPO MITU	ARENISCAS - MITU

SOCIEDAD MINERA "EL BROCAL" S.A.
UNIDAD COLQUIJIRCA

SAN GREGORIO

COLUMNA GENERALIZADA

GEOLOGIA : DPTO. DE GEOLOGIA DIBUJO : DPTO. DE GEOLOGIA

Fig. 4

CAPÍTULO IV: MINERALIZACIÓN

4.1 MINERALOGÍA HIPÓGENA Y SUPÉRGENA

Los intervalos mineralizados se presentan mayormente como rocas muy arcillosas completamente sueltas y deleznales, conocidas como “*Sulfide Rock*” (Owens, 1996). Estas representan el producto final de una fuerte dedolomitización, que se generó como resultado de la fuerte alteración de los carbonatos al momento de la mineralización. En la mayoría de los casos es posible apreciar bandas de diversas tonalidades en las rocas conteniendo la mayor cantidad de mineral económico, mientras que en otros intervalos las rocas dolomíticas con contenido de mineral se encuentren moderadamente silicificadas y brechadas.

La esfalerita, galena y pirita se presentan principalmente en cristales muy finos, siendo la pirita mayormente el mineral que puede visualizarse macroscópicamente, aunque en ciertos testigos ha sido posible reconocer visualmente cristales de galena y esfalerita (14G-95: 159.0-166.0 m), así como cristales de esfalerita rubia (15G-95: 202.50 m).

Ciertas bandas claras que se encuentran junto a las bandas oscuras con contenido de sulfuros están constituidas por cuarzo y alunita. Comúnmente los sulfuros son de tamaños microscópicos ($<50\ \mu$ hasta $1\ \mu - 2\ \mu$) y se encuentran diseminados en la roca porosa y deleznable (Bendezú, 1997).

El mineral de bismuto en San Gregorio se encuentra en lentes residuales sobre las rocas sedimentarias fuertemente silicificadas y oxidadas (zona de silicificación, brechamiento y oxidación). La roca que contiene bismuto es localmente muy arcillosa, mientras que el mineral predominante es la Bismita (Bi_2O_3), mineral secundario que parece resultar de la oxidación de sulfuros (Schwade, 1942).

Además, junto con la mineralización puede apreciarse la alteración hidrotermal que es espectacular en San Gregorio, esta se presenta en la parte superior de la franja de mena y consta de 2 horizontes bien definidos:

4.1.1 Horizonte Silicificado-Brechado

Este horizonte fuertemente brechado, silicificado y oxidado tiene diferentes coloraciones (ocre, naranja, rojiza, amarillenta y negra). Esta zona está presente en casi todos los taladros diamantinos y varía de espesor, grado de reemplazamiento y/o destrucción del carbonato original. (Figs. 20-23. Apéndice- secciones geológicas).

4.1.2 Horizonte Alunitizado-Caolinizado

Este horizonte se encuentra ubicado inmediatamente debajo de la zona brechada-silicificada, pero el contacto entre ambos es relativamente gradual. En otros taladros, se observa que este cambio es brusco y rápido. Generalmente este horizonte es de color blanco, suave y deleznable con variables contenidos de óxidos (limonita - hematita), los que muchas veces están dispuestos en bandas coincidentes, siguiendo la misma orientación de la unidad sobreyacente. (Figs. 20-23. Apéndice-secciones geológicas).

CAPÍTULO V: RELACIONES TEXTURALES Y PARAGENETICAS

5.1 PARAGÉNESIS EN SAN GREGORIO

La mineralización hipógena de San Gregorio es simple y consta mayormente de esfalerita, galena, pirita y marcasita. La pirita contiene pequeñas cantidades de marcasita, generalmente formada en una etapa temprana de la mineralización y que se encuentra reemplazada por esfalerita. La galena aparece reemplazando a la esfalerita, comúnmente asociada a ésta y reemplazando a los sulfuros de fierro.

Los intervalos con las leyes más altas de zinc y plomo están en rocas dolomíticas con alto contenido de sulfuros, que generalmente se presentan en bandas paralelas subhorizontales a inclinadas o en bandas ligeramente a fuertemente ondulantes. Estas ondulaciones podrían ser el resultado de una fuerte deformación singenética con la mineralización, ó de variaciones de la permeabilidad al momento de la mineralización.

Microscópicamente los sulfuros tienen formas irregulares, elongados en masas que parecen ser concrecionarias, zoneados desde una zona central con presencia de marcasita y galena, seguidos de una banda periférica intermedia con alto contenido de pirita y terminando en una banda rica en esfalerita. Las bandas macroscópicas observadas en los testigos parecen curvar o doblarse alrededor de las masas ricas en sulfuros. Sin duda, la roca fue brechada antes de la mineralización (Gibson, 1993).

La marcasita ocurre en masas irregulares, desde menos de 50 μm hasta 150 μm , apreciándose un zoneamiento en los cristales de marcasita - pirita que han sido reemplazados por galena. En otros intervalos la marcasita raramente está asociada a la pirita y aparentemente es de tipo tardío. Otras veces la marcasita se presenta localmente en cristales anhedrales con dimensiones de 100 μm hasta 250 μm dentro de las masas de esfalerita (Gibson, 1993).

La pirita ocurre como agregados y cristales anhedrales, generalmente menores de 30 μm y 50 μm , con menor cantidad de esfalerita y galena intersticial que ocupa el espacio intermedio en las masas concrecionarias zoneadas. La esfalerita y la galena ocurren también como cristales anhedrales muy finos ricos en inclusiones sólidas, en agregados intersticiales interconectados con material de ganga y generalmente en cavidades. En otros casos, la pirita se encuentra parcialmente reemplazada por esfalerita; la pirita también se presenta en masas coloformes que parecen haberse formado en cavidades de esfalerita que luego fueron rellenadas con galena tardía (Gibson, 1993).

En una muestra la esfalerita forma menos masas irregulares que la pirita, galena y las gangas de la zona periférica en las masas concrecionarias, formando bandas de 1 mm de ancho. La proporción de esfalerita a ganga decrece con la distancia desde el centro de las masas concrecionarias y la esfalerita reemplaza a la pirita cerca de los márgenes de las bandas de pirita y esfalerita. La esfalerita se presenta localmente pura.

La galena ocurre en masas irregulares desde 10 μm hasta 50 μm , reemplazando a las zonas que contienen marcasita y pirita. Esta

galena forma cristales euhedrales y anhedrales. También ocurre en masas irregulares dentro de la esfalerita, la cual aparentemente reemplaza a la galena. En ciertas muestras las dimensiones de la galena van desde 400 μm hasta 800 μm , pero generalmente son menores a 400 μm . La galena comúnmente reemplaza a la pirita dentro de la esfalerita y ocurre también localmente en los intersticios de la ganga fuera de la esfalerita (Gibson, 1993).

La alunita en los intervalos de “*sulfide rock*” (22G-95) se presenta en cristales aislados, de hábito plumoso con formas lamelares o concrecionales, mientras que otros cristales de alunita son de mayor tamaño (Saez, 1997).

El caolín normalmente se presenta asociado a playas muy pequeñas de cuarzo, esfalerita y opacos, mientras que en otras zonas junto a las gangas, de las que la mayoría son arcillas (caolín), se encuentra intercreciendo con esfalerita. Existen playas redondeadas de caolín bastante puro con acumulación de cristales subhedrales a euhedrales de pirita hacia los bordes (Saez, 1997).

Las limonitas se presentan en playas compactas, llegándose a observar granos de cuarzo ocupando los espacios entre las playas de limonitas y los opacos. La goethita presenta diferentes grados de porosidad en arreglos coloformes, observándose óxidos de manganeso muy porosos que bien podrían ser psilomelano. Los minerales de manganeso y goethita están íntimamente mezclados (Saez, 1997).

Con el objeto de determinar donde se encuentra ubicada la plata que fue explotada en el pasado en el llamado Tajo Grande de San Gregorio, se optó por hacer secciones pulidas y estudiar mejor la galena. De esta manera la galena fue observada en inmersión

(objetivo 100X), sin haberse detectado inclusiones de otros minerales (como sulfosales de plata o cobres grises). Solamente se ha observado inclusiones de marcasita y esfalerita (Saez, 1997).

De la descripción microscópica se deduce que la pirita se formó primero y que probablemente la marcasita se haya formado al mismo tiempo que la pirita. Sin embargo la esfalerita tuvo que haberse formado después, puesto que ésta se encuentra reemplazando al mismo tiempo a la pirita y a la marcasita. La galena parece haberse formado después de la pirita, marcasita y la esfalerita, puesto que la galena muchas veces se encuentra reemplazando a los minerales anteriormente mencionados. Otro tipo de pirita observado y denominado pirita coloforme evidentemente se formó tardíamente, muy posible después de la esfalerita o durante la depositación de la galena. En el taladro 2B, a los 105.0 m, se tiene un típico ejemplo de pirita primaria que no ha sido subsecuentemente reemplazada por esfalerita y galena (Gibson, 1993).

TABLA PARAGENETICA

	SECUENCIA PARAGENÉTICA
PIRITA	_____
MARCASITA	_____
PIRITA COLOFORME	_____
ESFALERITA	_____
GALENA	_____

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI: BASE TORICA DEL ZONEAMIENTO

6.1 FRANJAS MINERALIZADAS Y ZONEAMIENTO

Tradicionalmente se ha pensado que los clavos de mena se ubican donde existen condiciones favorables producidas por controles físicos y/o químicos. Los controles físicos pueden corresponder a condiciones singenéticas de una roca (porosidad y permeabilidad relacionadas a la textura de las rocas), ó a factores estructurales como: fracturamiento o cizallamiento que producen una mayor permeabilidad en ciertos tipos, combinaciones u orientaciones de fracturas.

Los controles químicos han sido evidentes cuando clavos de mineral se han formado por condiciones químicas locales (por ejemplo precipitación de pirita y uraninita en un ambiente reductor local). Sin embargo, Petersen (1982, 1990) demostró que la combinación de los múltiples factores físicos, químicos y el flujo de las soluciones hidrotermales determinan que cada mineral se distribuya en franjas sinuosas alargadas que tienen un eje central de leyes máximas. Las leyes de un elemento determinado disminuyen alejándose de dicho eje. A lo largo de este eje las leyes máximas pueden ser continuas (formando una franja) ó discontinuas (formando “clavos”).

Las franjas de dos minerales ó elementos pueden coincidir mayormente (es decir, pueden no estar zoneadas una respecto a la otra), ó ser más ó menos paralelas (es decir, estar zoneadas una respecto a la otra). En este segundo caso se observa

transversalmente a estas franjas una variación gradual de la mineralogía y de la composición química del mineral. Esta variación es más o menos sistemática y similar en muchos yacimientos, lo cual condujo a formular la “teoría zonal” (Emmons, 1940).

El gran atractivo de la “teoría zonal” era que prometía la predicción del tipo de mineral por encontrarse en profundidad dentro de un distrito minero. Desgraciadamente, en la práctica se demostró que las predicciones resultantes eran cualitativas y riesgosas porque generalmente no se observaba toda la secuencia teórica en un distrito determinado ó la secuencia observada es opuesta a la esperada. Debido a esto resultó ser necesario calibrar la secuencia zonal para cada distrito, lo cual implicaba conocer primero lo que realmente los geólogos mineros querían predecir. En la práctica, esto redujo considerablemente la aplicabilidad de la teoría zonal.

Por otro lado se desarrollaron criterios de profundización, también muy vagos, basados en los supuestos rangos de temperatura - presión de los yacimientos (hipo, meso, leptó o epitermal). Este modelo adolecía de la dificultad de clasificar ciertos depósitos de acuerdo a esta nomenclatura.

Evidentemente la solución racional parecía ser la calibración del zoneamiento para la parte conocida de un distrito minero y aplicar este conocimiento al resto del distrito. Fue así que se desarrolló la llamada técnica de “cocientes metálicos”, que luego evolucionó a una consideración conjunta de variaciones de cantidades absolutas (leyes), de cocientes de leyes y de composiciones de soluciones sólidas. Más aún, Petersen (1990) mostró que las relaciones zonales observadas en secciones espaciales de yacimientos también pueden representarse en gráficos ploteando pares de leyes. Este procedimiento integral se denominó “Estudio

Cuantitativo del Zoneamiento”. Esto ha permitido la aplicación del patrón calibrado en una parte del yacimiento a otras partes del mismo yacimiento, así como la extrapolación de leyes a otras partes del yacimiento.

Una pregunta fundamental que se plantea es si la distribución del mineral a lo largo del recorrido de las soluciones hidrotermales puede ser modelada en forma matemática. Considerando la gran variabilidad de los yacimiento hidrotermales y la complejidad de los factores físicos, químicos y fisicoquímicos que determinan el flujo de las soluciones y la deposición de los minerales parecería a priori que tal modelado matemático sería prácticamente imposible o inútil.

El primer paso en este cometido consistió en identificar qué curvas matemáticas pueden considerarse para tal modelo matemático. Evidentemente, estas curvas tienen que poder modelar perfiles de leyes observadas en yacimientos específicos. El estudio de tales perfiles en diversos yacimientos (vetas, mantos, chimeneas y pórfidos) indicó que generalmente las leyes de un elemento determinado aumentan progresivamente a un solo máximo, para luego disminuir. Por consiguiente, se enfocaron curvas ó modelos matemáticos con un solo máximo. Como consecuencia, habría que descartar curvas que llevan a valores (leyes) negativos ó que implican repetición cíclica (como son las curvas de senos y cosenos) y curvas que eventualmente requieran valores infinitos (Petersen, 1982).

Murdock (1989) modeló la distribución de leyes de cobre en el pórfido de Cerro Colorado (Panamá) utilizando 6 curvas matemáticas. El encontró que sus 2 curvas asimétricas aproximan las leyes reales solo poco mejor que sus curvas simétricas. Además determinó que, entre las curvas simétricas (que son más

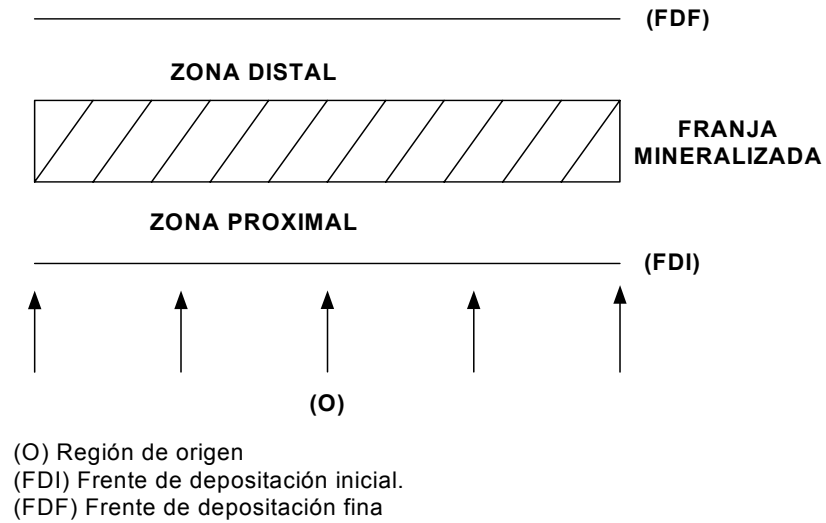
simples y fáciles de usar), la curva exponencial de segundo grado da los mejores resultados. Más aún, esta curva resulta ser equivalente a la distribución normal de Gauss cuando se relaja la condición de que área bajo la curva tenga que ser una unidad (ó 100%). Esto significa que la distribución de un mineral ó elemento es el resultado de un proceso aleatorio que involucra cientos de pulsos mineralizantes (como lo indican las múltiples capas de crecimiento en minerales transparentes ó detectadas con la microsonda electrónica).

Según este modelo, las soluciones emanan de una región de origen (O) y fluye en sentido de las flechas hacia una nueva región. En su trayecto experimenta gradientes de temperatura, presión y composición química por interacción con las rocas encajonantes. Como consecuencia, pasa progresivamente de su condición de subsaturación a sobresaturación con respecto al mineral en cuestión. Este mineral comienza a depositarse en el frente de depositación inicial (FDI) y precipita cada vez mas abundantemente. A partir de cierto punto a lo largo de su recorrido posterior empieza a agotarse el contenido metálico de la solución, terminando la depositación del mineral en el frente de depositación final (FDF). (Petersen, 1984) (Fig. 5).

Si se tienen dos franjas mineralizadas, sus ejes de leyes máximas pueden coincidir (en cuyo caso no están zoneadas entre si) ó pueden estar separados pero generalmente paralelos (en cuyo caso están zoneadas una respecto a la otra).

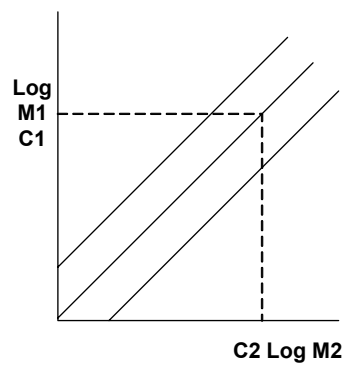
Petersen (1984) y Murdock (1989) demostraron que ploteando las leyes de ambos elementos en gráficos logarítmicos, se obtienen correlaciones lineales si coinciden los ejes de leyes máximas de

ambas franjas mineralizadas, pero se obtendrán “arcos de correlación” si están zoneadas. (Fig. 6 y Fig. 7)

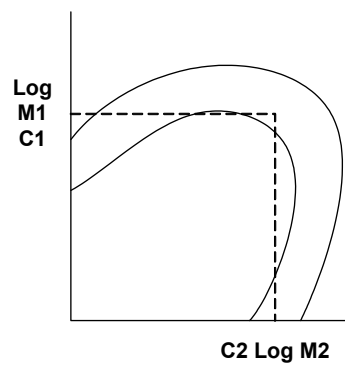


Fuente: Petersen, U.

(Fig. 5)



(Fig. 6)



Fuente: Petersen U.

(Fig. 7)

CAPÍTULO VII: ESTUDIO DE LEYES QUÍMICAS

7.1 RELACIONES ENTRE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE ZN, PB y FE

En la zona de San Gregorio se han perforado 65 taladros diamantinos, de los cuales 16 taladros fueron perforados en la campaña de los años 1931-1933, 12 taladros perforados en la campaña de los años 1992-1993 y 37 taladros perforados en la campaña de los años 1994-1995. De estos, 17 taladros fueron perforados al norte del cuerpo de mineral.

Este estudio se centra en la zona donde las secciones atraviesan los mejores intervalos del gran cuerpo de San Gregorio. Se escogieron 4 secciones claves: 2 de estas secciones son “longitudinales” (AA y BB de rumbo NNE) y 2 son “transversales” (A8 y A10 de rumbo WNW). (Fig. 2)

En estas 4 secciones se ha trabajado con 26 taladros diamantinos para los cuales se generaron gráficos de pares de leyes para cada taladro. En este trabajo se usaron 3 elementos (Zn, Pb y Fe) analizados en la mina. El Cu fue omitido debido a que no muestra variaciones significativas, la Ag también fue omitida. Los gráficos realizados fueron para los siguientes pares de elementos:

- Pb-Fe
- Pb-Zn
- Fe-Zn

El número de gráficos que se pueden generar está dado por la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ de gráficos} = N(N-1) / 2$$

Para el estudio de San Gregorio solamente se llegaron a usar 3 elementos (Zn, Pb y Fe), por lo que el número de gráficos para cada taladro es de 3.

En la primera generación de gráficos logarítmicos se incluyeron todos los ensayos químicos existentes para cada uno de los taladros diamantinos. No se diferenció entre zonas frescas, alteradas u oxidadas.

Estos gráficos logarítmicos fueron generados usando una macro en el programa Lotus y la ventaja fue que permitió imprimir todos los gráficos mostrando los intervalos de mineral (muestras) con colores diferentes y con su respectivo número de muestra. Esto permitió un rápido manejo y una fácil identificación de muestras individuales.

De los 26 taladros estudiados, 25 de ellos fueron analizados por (Zn, Pb y Fe), mientras que en 1 taladro solamente se ensayaron por 2 elementos (Zn y Pb) y no por Fe (39G-93). Por otro lado, 2 taladros perforados en la década de los años 30 (2I-33 y X-33) ofrecen una vaga información de los ensayos para estos tres elementos estudiados (debido a que fueron ensayados en laminas y no en testigos), por lo que se descartaron estos gráficos logarítmicos.

Con los 24 taladros finales se generaron 70 gráficos logarítmicos, de los cuales 24 gráficos corresponden a Zn-Pb, 23 gráficos corresponden a Zn-Fe y 23 gráficos corresponden a Pb-Fe. (Figs. 24-41. Apéndice-gráficos leyes químicas).

Nº de gráficos	Gráficos químicos	Apéndice-gráficos, leyes químicas. (Nº de Figs)
23	Pb-Fe	24 - 29
24	Pb-Zn	30 - 35
23	Fe-Zn	36 - 41

7.1.1 Leyes Correspondientes.

De los 70 gráficos logarítmicos, solamente en los gráficos Pb-Fe se aprecian buenas correlaciones lineales con pendiente de 62° (Figs. 24-29. Apéndice-gráficos leyes químicas). En los gráficos Zn-Pb y Zn-Fe no fue posible determinar correlaciones lineales convincentes, pero si “arcos de correlación”. (Figs. 30-41. Apéndice-gráficos leyes químicas).

Colocando una transparencia sobre los gráficos logarítmicos de Pb-Fe, se generó un solo gráfico general en donde se dedujo que las leyes equivalentes para estos dos elementos son:

%Pb	%Fe
0.8	4.6
0.3	2.6
0.1	1.4

Sin embargo, aún en estos gráficos en donde se observa buenas correlaciones lineales no es posible determinar el porcentaje de valores erráticos.

La falta de correlación de Zn con Pb y Fe implica escoger valores independientes para el Zn tomando en cuenta la

distribución de las leyes del Zn como elemento mena. Luego para fines de correlación en las secciones, se escogieron valores arbitrarios para el elemento Zn. Estos son:

%Zn
3.0
1.0
0.3

Usados los valores correspondientes para Pb y Fe es posible correlacionar sus rangos de leyes en la sección AA' (Figs. 9,10. Apéndice-secciones químicas) de manera muy parecida y de apariencia subhorizontal. En la sección de Pb se observan zonas de bajas leyes que en adelante llamaremos "anticlavos" (Fig. 9. Apéndice-secciones químicas: correlación cerrada con abreviación AC). En San Gregorio estos anticlavos no se pueden correlacionar de un taladro a otro por encontrarse éstos muy espaciados.

En la sección AA' (Figs. 8-10. Apéndice-secciones químicas) se observa que solamente existe un tramo de altas leyes de Pb, Fe y Zn en todos los taladros, lo que indica sin duda que solo hay un franja de cada elemento, y se observa en general que las franjas de Pb y Fe están mas o menos a la misma altura y algo más altos que la franja de Zn. (Fig. 53. Apéndice-tablas). Por lo que la interpretación es sencilla en este caso con una franja.

En general U. Petersen ha visto que normalmente hay una sola franja en los yacimientos y esto es lo que pasa también en la sección AA' de San Gregorio. Solamente en casos muy excepcionales hay mas de una franja y eso ocurre cuando

hay el mismo elemento en dos minerales distintos (Cananea, México).

Sin embargo, en las demás secciones hay varias intersecciones de altas leyes de Zn, Pb y Fe (Figs. 11-19. Apéndice-secciones químicas), por lo que caben múltiples interpretaciones para la delimitación de la geometría de la mineralización si se usa como base solamente las leyes químicas de Pb, Fe y Zn. Entonces el problema que se suscita es que si habiendo varias franjas se puede hacer una correcta interpretación, o con una sola franja se puede interpretar consistentemente la mineralización.

Por lo tanto, se deduce que si con una sola sección (en este caso sección AA', Figs. 8-10. Apéndice-secciones químicas) se puede hacer una buena interpretación, entonces es posible interpretar las demás secciones pensando en que hay una sola franja. Se puede decir ahora que esta fue una de las muchas razones por lo que posteriormente se decidió llevar a cabo el análisis geoquímico en cuatro secciones pensando en una sola franja.

7.1.2 Delimitación de la Zona de Intemperismo.

Al inicio de este estudio usamos la correlación estratigráfica existente y determinada hasta 1997 para el proyecto de San Gregorio. Lo primero que hicimos fue descartar a “ojo cerrado” todas las muestras provenientes de las zonas, silicificada-brechada y alunita-caolinita, asumiendo que representan mineral oxidado. Luego, comparando los gráficos de muestras originales completas con los gráficos que no contenían las muestras de las zonas silicificada-

brechada y de alunita-caolinita, se observó que algunas muestras ya eliminadas se encontraban ubicadas en la franja de correlación, mientras que otras muestras de esta misma zona realmente se comportaban como valores erráticos.

De esta manera pudimos constatar que en un principio, las zonas de alteración definidas en la mina “nos despistaron”. No debimos descartar las muestras por encontrarse en las zonas silicificada-brechada y de alunita-caolinita. (Figs. 20-23. Apéndice-secciones geológicas).

Por ello, se decidió determinar el límite inferior de la zona de oxidación (cualquiera que sea la roca huésped) y luego omitir en los gráficos las muestras que provienen de encima de este límite (puesto que se trata de interpretar la geoquímica de la mineralización hipógena).

Consiguientemente a falta de una visión completa y de análisis en los logeos que distingan sistemática y claramente entre mineral oxidado y mineral hipógeno, se procedió con el siguiente razonamiento general para separar en cada taladro (y en las secciones verticales) la zona oxidada del mineral hipógeno. En general, se observa en otros yacimientos que:

- El Zn que se encuentra como esfalerita en un mineral hipógeno se lixivia de la zona oxidada.
- El Pb que está como galena en un mineral hipógeno persiste en la zona oxidada en forma de óxido, carbonato o sulfato de Pb.

- El Fe a veces persiste en forma de óxidos de fierro residuales y a veces se lixivia primero y luego se concentra en forma de óxidos de fierro transportados. En estos casos forma un “gossan” ó “sombrero de fierro”.

Por consiguiente, si en la parte superior de un taladro en San Gregorio se tienen:

- Valores altos de Zn, Pb y Fe es porque corta la franja de mena hipógena sin oxidación.
- Valores bajos de Zn, Pb y Fe es porque están fuera de la franja de mena (la cual puede estar a mayor profundidad ó haber sido erosionada).
- Valores bajos de Zn pero altos en Pb y Fe es porque puede estar cortando a la franja de mena oxidada en esta zona.
- Valores bajos de Zn y Fe pero altos de Pb es porque corta la franja de mena oxidada en esta zona, habiéndose lixiviado el Zn y el Fe.
- Valores altos de Zn y Pb pero bajos en Fe, es porque corta la franja de mena hipógena con valores erráticamente bajos de Fe.
- Valores bajos de Zn y Pb pero altos de Fe es porque esta fuera de la franja de mena y esta pasando por óxidos de fierro transportados.

- Valores altos de Zn y Fe pero bajos en Pb es porque esta pasando por una franja de mena hipógena con valores erráticamente bajos de Pb.
- Valores altos de Zn pero bajos de Pb y Fe es porque esta fuera de la franja de mena en un lugar con valores erráticamente altos de Zn.

Usando estos criterios se ubicó en las 4 secciones verticales, la base de la zona de oxidación de la actual franja de mena.

En estas secciones se interpretó el límite inferior de la oxidación en la parte alta de los taladros donde se tienen leyes bajas de Zn con leyes altas de Pb y Fe. En muchos casos este diagnóstico era evidente y solo en unos pocos taladros habían leyes altas de Pb con leyes bajas de Fe o viceversa.

Para el análisis de la delimitación del “Límite inferior de la oxidación”, “Límite inferior de la franja de Mena” y “Límite superior de la franja de Mena”, no se han tomado en cuenta los siguientes taladros: GN1-260-95, GN2-260-95, GN3-260-95 y GN3-244-95, por encontrarse estos muy alejados de la franja de mena.

El “Límite inferior de la oxidación” se reconoce en la lista a continuación y como se ve, la oxidación puede estar en la zona de alunita-caolinita, en la zona de dolomías que albergan la mineralización ó en el contacto entre ambas unidades (Figs. 8-19. Apéndice-secciones químicas. Línea entrecortada en color magenta).

Taladro	Límite inferior de la oxidación
19G-94	Contacto Pucará-zona alunita caolinita.
2G-33	Pucará
2M-93	Contacto Pucará-zona alunita caolinita
GN4-276-95	Contacto Pucará-zona alunita caolinita
13G-95	Pucará
12G-94	Contacto Pucará-zona alunita caolinita
29G-95	Contacto Pucará-zona alunita caolinita
2L-93	Pucará
2J-92	Zona de alunita caolinita
X-33	No se conoce
39G-93	Zona de alunita caolinita
14G-95	Pucará
20G-95	No muestra oxidación
18G-95	Contacto Pucará-zona alunita caolinita(?)
17G-95	Contacto Pucará-zona alunita caolinita(?)
2B-92	Pucará
11G-95	Contacto zona silicificada brechada-Pucará
GN4-244-95	Contacto zona silicificada brechada-Pucará
8G-94	Zona de alunita caolinita
9G-94	Contacto Pucará-zona alunita caolinita
23G-94	Contacto Pucará-zona alunita caolinita

7.1.3 Delimitación del Límite Inferior de la Franja de Mena

En las secciones para Zn, fue fácil marcar el “límite inferior” de la franja de mena definida para leyes mayores de 3.0% de Zn. La posición estratigráfica de este límite también es variable, como puede verse en la siguiente tabulación: (Figs. 8-19. Apéndice-secciones químicas. Zona inferior de la correlación en rojo).

Pucará	Contacto Pucará-Mitu	Mitu?
20G-95	19G-95	GN4-276-95
18G-95	11G-95	13G-95
17G-95		12G-94
2G-33		39G-93
2M-93		
29G-95		
2L-93		
2B-92 (?)		
14G-95		
GN4-244-95		
8G-94		
9G-94		
23G-94		
2J-92		
X-33		

(?) No se conoce

Llama la atención que en cuatro de estos taladros, las leyes superiores a 1% en Zn lleguen hasta el Mitu y no se tiene evidencia de que se haya llegado hasta el límite inferior de la franja de mena; mientras que en el taladro 2B-92, no se sabe exactamente hasta donde llega el límite inferior en el mismo Pucará.

7.1.4 Delimitación del Límite Superior de la Franja de Mena

Las secciones para leyes de Pb y Fe indican generalmente los mismos límites inferiores para sus franjas de leyes máximas (excepto discrepancias ocasionales debido a la

variabilidad natural de la mineralización). Estas franjas de leyes máximas se definen para leyes correspondientes de Pb (0.8%) y de Fe (4.6%) respectivamente.

Usando las leyes de Pb (0.8%), el “límite superior de su franja” de leyes máximas esta en las siguientes unidades litológicas (Figs. 8-19. Apéndice-secciones químicas. Zona superior de la correlación en rojo).

Pucará	Alunita-Caolinita	Silicificada-Brechada
13G-95*	18G-95*	20G-95
2G-33	11G-95*	19G-94
2B-92	39G-93	17G-95
X-33	14G-95	2M-93
	2J-92	GN4-276-95
	GN4-244-95 (?)	12G-94
	8G-94	29G-95
		2L-93
		9G-94
		23G-94

(*) Indica discrepancia entre leyes de Pb y de Fe

(?) No se sabe exactamente.

CAPÍTULO VIII: ESTUDIOS PRELIMINARES

8.1 ESTUDIOS EN SAN GREGORIO

Este depósito ha sido explorado por varias campañas de perforación diamantina, cuyos intervalos con recuperación de testigo fueron analizados químicamente cada metro por Zn, Pb, Fe, Ag y Cu. Sin embargo, los ensayos de Cu muestran valores tan bajos que no aportan información útil, de manera que no se consideraron en este estudio. Los demás análisis por Zn, Pb, Fe y Ag se promediaron por tramos de 5 metros para reducir la variabilidad de las leyes y obtener valores más representativos, así como para tener una menor población de datos que pueda manejarse con mayor facilidad y claridad (Base de datos no mostrados en este estudio. Propiedad de Sociedad Minera el Brocal S.A).

Inicialmente los promedios de leyes de Zn, Pb, Fe y Ag se plotearon por pares y por taladros en gráficos con ejes logarítmicos. La inspección inicial de estos gráficos sugirió correlaciones lineales de Pb-Fe con pendientes de unos 62° , mientras que los gráficos Zn-Fe y Zn-Pb no mostraron correlación alguna. Según esto, las franjas mineralizadas de Pb y Fe no estarían zoneadas entre sí, coincidiendo sustancialmente en las secciones verticales (Figs. 24-41. Apéndice-gráficos químicos).

Sobre esta base se estimaron los intervalos de leyes correspondientes para los elementos Pb y Fe. A su vez, esto permitió contornear de manera parecida en las secciones verticales

los intervalos de leyes correspondientes de Pb y Fe del mineral. Para correlacionar en las secciones el elemento Zn, se escogieron valores independientemente. El antedicho contorno de leyes de Pb, Fe y Zn mostró que en los extremos SE de las secciones NW-SE hay mineral de alta ley tanto encima como debajo de una amplia zona de leyes bajas de Pb, Fe y Zn (Figs. 14-19. Apéndice-secciones químicas). Considerando esto, el conjunto de leyes altas de estos elementos se interpretó de dos maneras alternas:

- A. Como un gran lente plegado conteniendo un anticlavo (zona de baja ley) grande en el extremo SE de las secciones NW-SE. De ser así, las leyes bajas ubicadas debajo del lente corresponden al lado proximal de la franja de mena, y las leyes bajas encima del lente son el lado distal de la mineralización.(Figs. 14-19. Apéndice-secciones químicas).
- B. Como un rollo frontal proveniente del SE. De ser así, la amplia zona de leyes bajas de Zn, Pb y Fe en los extremos SE de las secciones NW-SE es el lado proximal de la franja de mena y no un anticlavo. El lado distal de la franja de mena estaría constituido por las leyes bajas de estos tres elementos tanto encima como debajo de la mena, así como al NW de la mena (Figs. 14-19. Apéndice-secciones químicas).

CAPÍTULO IX: ALTERACIONES

9.1 ALTERACIÓN HIDROTHERMAL

Encontrándose la mineralización de San Gregorio, mayormente en los carbonatos del Pucará y débilmente en las areniscas rojas del Grupo Mitu, es de esperar que ambas rocas completamente diferentes (química y físicamente) muestren signos de alteración.

La alteración más evidente en San Gregorio, se encuentra en la zona superior de los carbonatos del Pucará, siendo las zonas denominadas silicificada-brechada y de alunita-caolinita.

9.1.1 Horizonte Silicificado-Brechado.

Este es un horizonte fuertemente brechado, silicificado y oxidado con diferentes coloraciones (tales como ocre, naranja, rojiza, amarillenta y negra). Esta zona está presente en casi todos los taladros diamantinos y varía de espesor y grado de reemplazamiento y/o destrucción del carbonato original, aunque con no mucha frecuencia es posible apreciar la textura micrítica del carbonato original (Figs. 20-23. Apéndice-secciones geológicas).

9.1.2 Horizonte Alunitizado-Caolinizado.

Este horizonte siempre se encuentra ubicado inmediatamente debajo de la zona brechada-silicificada, pero el contacto entre ambos es relativamente gradual. En otras

zonas este cambio es brusco y rápido. Generalmente este horizonte es de color blanco, suave y deleznable con variables contenidos de óxidos (limonita - hematita), los que muchas veces están dispuestos en bandas coincidentes, siguiendo la misma orientación de la unidad sobreyacente (Figs. 20-23. Apéndice-secciones geológicas).

Un *Monotis subcircularis* encontrado en el fragmento de un testigo de perforación diamantina (34F-94) respalda la naturaleza sedimentaria del carbonato original. (Pardo, 1997).

Por correlación estratigráfica esta zona calcárea fuertemente alterada pertenece a los carbonatos del Grupo Pucará. Siguiendo las deformaciones geológicas del depósito mineral de San Gregorio hacia el nor-este, este horizonte silicificado-brechado aflora formando una isla en la llanura de la zona que se conoce como Cerro Gualquepaqui (Fig.2), donde pueden observarse los rasgos de la estratificación, así como ciertos moldes de fósiles aún bien conservados (*Monotis subcircularis*).

Los carbonatos que contienen la franja de mena, han sufrido una fuerte alteración (intensa decarbonatización) probablemente porque los fluidos mineralizantes fueron químicamente muy ácidos (de bajo pH) resultando los carbonatos en una roca suave y débil de coloración clara, que al principio de las exploraciones se pensó que se trataba simplemente de arcillas que intercalaban con los carbonatos.

Con la ayuda de los numerosos taladros perforados en la zona norte del área en San Gregorio y que se encuentran

ligeramente alejados de la franja de mena; se ha podido correlacionar la geología y descartar categóricamente la idea de la presencia de niveles arcillosos en el Pucará que alberga la mineralización de San Gregorio. (Fig. 22. Apéndice-secciones geológicas).

Las areniscas Mitu también muestran signos de alteración en muchos taladros, en donde las típicas areniscas de color rojo cambian bruscamente de color en diferentes intervalos en el mismo taladro. Estas areniscas adquieren una coloración blanquecina y aparentemente esto no está relacionado a ningún tipo de textura o estructura. (Kobe, 1996).

CAPÍTULO X: DIRECCIÓN DE FLUJO HIDROTHERMAL

10.1 FLUJO VERTICAL VERSUS FLUJO LATERAL (“ROLLO FRONTAL”)

La geometría de la franja de mena en San Gregorio, vista en la sección transversal A8 (Figs. 14-16. Apéndice-secciones químicas), puede interpretarse de dos maneras razonables:

- A. Asumiendo que se trata de una franja mineralizada de forma horizontal o sub-horizontal. En este caso el flujo hidrotermal habría ascendido verticalmente por las areniscas Mitu para luego depositarse en los carbonatos del Pucará. Los contornos inferiores de 0.3% Zn, 0.1% Pb y 1.4% Fe marcarían el borde inferior de esta franja mineralizada, quedando su lado proximal (zona de bajas leyes encima de las areniscas Mitu) a mayor profundidad. Su borde superior y por consiguiente su lado distal habría sido erosionado. La mena de Zn y Pb (con leyes mayores a 3.0% Zn y 0.8% Pb) podría describirse como una franja, lente o clavo sub-horizontal que comienza entre los taladros GN3-244 y GN4-244, y que se ensancha hacia el sur-este. Dentro de esta franja habría áreas limitadas de baja ley (anticlavos). Probablemente esta franja o lente se volvería a adelgazar más hacia el sur-este (Figs. 14-19. Apéndice-secciones químicas).

- B. Asumiendo que se trata de un rollo frontal de mineralización de Zn-Pb en calizas (similar a los rollos frontales de uranio en

capas rojas). En tal caso el flujo hidrotermal habría sido sub-horizontal, viniendo del sur-este. Donde los contornos de 0.3% Zn, 0.1% Pb y 1.4% Fe en la parte media de los taladros 8G-94 y 14G-95 delimitarían la parte proximal (la gran zona de bajas leyes observada al este de las secciones A8 y A10) de este rollo frontal. Su lado distal inferior estaría dado por los contornos de 0.3% Zn, 0.1% Pb y 1.4% Fe al nor-oeste del taladro 18G-95. Indudablemente su lado distal superior habría sido erosionado. En donde el núcleo de las mejores leyes de este rollo frontal estaría entre los taladros 11G-95 y 18G-95 (Figs. 14-19. Apéndice-secciones químicas).

Evidentemente que en San Gregorio, toda el área ubicada hacia el sur, sur-este y nor-este, queda abierta para las exploraciones futuras (perforación con recuperación de testigo). Es interesante mencionar que existe información del año 1931-1933 y que se debe considerar con cierta precaución, en total 16 taladros. 2 de ellos (X-33 y 2I-33) perforados en tal fecha y cuyos análisis fueron hechos en Lamas. Estos taladros fueron perforados justamente en la zona este de la sección A8 (Figs. 14-16. Apéndice-secciones químicas) y con la poca información que se tiene, se sabe que el taladro X-33 atravesó un tramo de mineral de 6.22m. (150.14 m a 156.36 m) que contiene leyes de 5.35 AgOz, 2.22% Pb y 3.00% Zn.

En la sección A10 (Figs. 17-19. Apéndice-secciones químicas), la franja mineralizada sube en esta zona NW. Por consiguiente, la probable mena mayor a 3.0% Zn y 0.8% Pb termina entre los taladros 19G-94 y GN3-244. En esta zona nor-oeste la franja de mena y la franja mineralizada fueron erosionados parcialmente y donde esta se encuentra preservada (19G-94 y 12G-94) contienen varios anticlivos.

Un poco más hacia el sur-este la franja mineralizada se ensancha notablemente, albergando en el centro la zona de baja ley. Al igual que en la sección A8 (Figs. 14-16. Apéndice-secciones químicas), esta zona de baja ley podría corresponder a un gran anticlavo de una franja mineralizada de forma sub-horizontal ó la zona proximal de un rollo frontal. En ambos casos la zona mayor a 3.0% Zn y 0.8% Pb se encuentran en una franja continua, de manera que debemos llamarlo como una “franja de mena” y no a un “clavo de mena”.

Si se trata de una franja de mena sub-horizontal esperaríamos que el anticlavo se reduzca hacia el sur-este y que la franja de mena sea más consistente en esta dirección. Si se trata de un rollo frontal, sus miembros superior e inferior se adelgazarían progresivamente hacia el sur-este hasta desaparecer (lo que parece ocurrir con las leyes de Zn y Fe en el miembro superior, donde el taladro 23G-94 no corta leyes mayores a 3.0% Zn y 4.6% Fe).

CAPÍTULO XI: ESTUDIO DE LEYES GEOQUÍMICAS

11.1 RELACIÓN ENTRE ANÁLISIS GEOQUÍMICOS

Para discriminar entre las 2 alternativas de:

- Rollo frontal y
- Lente plegado.

Se procedió a tomar 44 muestras puntuales para realizar estudios geoquímicos por Au+34 (están representando intervalos de 5m.). Estas muestras fueron tomadas de 14 taladros de perforación diamantina en las secciones verticales longitudinales AA', BB' y en las secciones transversales A8, A10 (Figs. 42-45. Apéndice-secciones número de muestras geoquímicas). La inspección inicial de los resultados indicó que 8 elementos de los 34 eran útiles; ellos son: As, Hg, Pb, Fe, Zn, Cd, Mn y Ca.

11.2 ESTUDIO GEOQUÍMICO INICIAL.

Para poder probar la alternativa de **Rollo frontal** proveniente del SE, las 44 muestras geoquímicas se agruparon de tal manera que corresponden a “mena” (al supuesto gran anticlavo en los extremos SE de las secciones NW-SE), a su “lado proximal” y su “lado distal” (tanto encima como debajo de la mena). Los gráficos con ejes logarítmicos que se generaron con este arreglo, no mostraron una separación convincente entre las muestras supuestamente proximales y distales. Por ello se concluye que esta alternativa no es razonable.

Para probar la alternativa de **Lente Plegado** conteniendo un anticlavo grande en el extremo SE de las secciones NW-SE se agruparon 31 muestras geoquímicas (no las 44 muestras como se hizo para probar la alternativa de Rollo Frontal) de tal manera que corresponden a “mena”, al supuesto “lado proximal” debajo del lente y supuesto “lado distal” encima del lente. 9 muestras provenientes del gran anticlavo en los extremos ESE de las secciones A8 y A10 y 4 muestras de pequeños anticlavos internos “fueron omitidas” debido a que no conocemos los criterios geoquímicos de anticlavos.

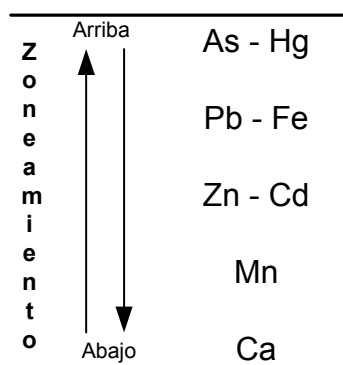
Para determinar con facilidad cual de estas 31 muestras eran proximales o distales, se escogió la sección en donde la evidencia era mas clara y que solamente había una sola manera de correlacionar la mena de Zn, además del Pb y Fe. Esta es la sección longitudinal AA' (Figs. 8-10. Apéndice-secciones químicas), por lo que todas las muestras tomadas arriba de la mena serían distales, mientras que las muestras debajo de la mena serían proximales (Figs. 62-69. Apéndice-secciones geoquímicas).

Los gráficos con ejes logarítmicos para estas 31 muestras restantes revelaron significativas separaciones entre las supuestas muestras proximales y distales, excepto en los gráficos Zn-Cd, Pb-Fe y As-Hg en los cuales se observa una definida correlación lineal.

- La correlación lineal Zn-Cd no sorprendió porque en la gran mayoría de los yacimientos hidrotermales el Cd se encuentra mayormente en la esfalerita.

- La correlación lineal Pb-Fe tampoco sorprendió porque con anterioridad esta correlación ya se conocía en los gráficos de leyes químicas.
- La correlación As-Hg no es tan buena, pero es importante y bienvenida para ayudar a identificar ciertas “leyes erráticas” (es decir las muestras “no representativas” en un modelo general del sistema mineralizado). Lo que si llamó la atención a primera vista, fue la separación general y evidente de los puntos correspondientes a muestras proximales y distales en los demás gráficos, incluyendo Pb-Zn y Fe-Zn que en realidad esperábamos (estos 3 elementos no correlacionaban linealmente en el estudio hecho usando solamente leyes químicas).

Además la inspección preliminar de estos gráficos sugirió (por las aperturas de los arcos de correlación, por la posición de las muestras proximales y distales en estos arcos, y por la posición de las leyes altas de As, Hg, Mn y Ca en las secciones verticales) que el zoneamiento debería ser, de arriba hacia abajo de la siguiente manera :



11.3 ANÁLISIS USANDO LAS 44 MUESTRAS GEOQUÍMICAS

Teniendo entonces una buena idea preliminar de los arcos de correlación que separaban las muestras proximales de las muestras distales, se volvió a generar una nueva base de datos, pero esta vez con cuatro grupos que incluían las muestras omitidas por pertenecer supuestamente a anticlivos:

- Muestras supuestamente distales;
- Muestras de “mena”;
- Muestras supuestamente proximales;
- Muestras indefinidas por diagnosticar (aquellas muestras que fueron excluidas anteriormente por pertenecer al presunto gran anticlavo o a pequeños anticlivos internos).

Al incluir este último grupo al estudio (13 muestras indefinidas), se generaron gráficos con ejes logarítmicos usando estas 44 muestras geoquímicas, y aún cuando todavía no se llevó a cabo el estudio de los valores erráticos en los gráficos (NOTA: estos gráficos no se muestran en este estudio). Sin embargo, esto es lo que se obtuvo y los resultados se detallan a continuación:

- A. La correlación lineal de Zn y Cd es en general muy buena. En los gráficos de ejes logarítmicos los símbolos de “mena” se ubican en el extremo superior derecho de la correlación lineal porque el Zn es el metal que contribuye más al valor del mineral. Solo hay dos puntos con leyes erráticas de Zn y Cd.
- B. La correlación lineal de Pb y Fe no es tan buena, pero aceptable si se omiten algunas leyes erráticas de Pb y Fe. Además concuerda con la correlación lineal que ya conocíamos de los gráficos con abundantes leyes químicas.

Los símbolos de mena tienden a ubicarse cerca al extremo superior derecho del alineamiento porque el Pb contribuye parcialmente al valor de la mena y porque la franja de Pb-Fe probable traslapa parcialmente con la de Zn-Cd.

- C. A primera vista el gráfico As-Hg puede interpretarse de dos maneras: como una correlación lineal con muchas leyes erráticas o un arco de correlación que no muestra convincentemente la secuencia P-M-D (Proximal, Mena y Distal). Interpretándolo como una correlación lineal, se observa una mezcla de puntos de mena, distales y proximales, lo que indica que la franja de As-Hg no coincide con la franja de mena de Zn-Cd.
- D. En la mayoría de los gráficos se observan claras separaciones entre puntos proximales y distales, salvo ocasionales invasiones de puntos aislados de un grupo en áreas del otro grupo.
- E. En general, los gráficos de Pb-Zn, Pb-Cd, Fe-Zn y Fe-Cd muestran poca separación entre los puntos proximales y distales. Esto significa que sus arcos de correlación son apretados. Por consiguiente, las franjas mineralizadas de Pb y Fe estarán muy poco separadas de las franjas de Zn y Cd.

11.4 INTERPRETACIÓN DE LEYES QUIMICAS

Teniendo en mente el último punto anterior y examinando cuidadosamente las secciones verticales AA', BB' A8 y A10 (Figs. 8-19. Apéndice-secciones químicas). La Tabla 1 (Apéndice-tablas) resume las observaciones referentes a la posición de las leyes máximas de Pb y Fe respecto a las del Zn. El resumen en la parte

inferior de la tabla indica que en el 67% de los casos claros las leyes de Pb están a mayor elevación que las del Zn y que esto también es cierto para el Fe en un 67% de los casos. Las leyes máximas de tanto el Pb como el Fe están a mas o menos la misma elevación que las del Zn en 24% y 9% de los casos respectivamente. Las leyes máximas de Fe solo esta debajo de las del Zn en un 9%, mientras que se desconoce las leyes máximas de tanto el Pb como la del Fe respecto al Zn en un 9% y 15% de los casos respectivamente.

La Tabla 2 (Apéndice-tablas) resume las observaciones de las elevaciones de las franjas de leyes máximas de Pb y Fe. En el resumen al pie de la tabla se aprecia que en 8 casos las leyes máximas de Pb están a mayor altura que las del Fe, en 7 casos están a menor altura, en 3 casos están a la misma altura y en 3 casos mas se desconoce. Esto significa que, en general, ambas franjas están a mas o menos la misma altura.

Según estas correlaciones, se puede decir que en las secciones AA'y BB' (Figs. 62-77. Apéndice-secciones geoquímicas) es generalmente fácil correlacionar los tramos de diferentes rangos de leyes respetando los diagnósticos disponibles de muestras proximales y distales. En los extremos WNW de las secciones A8 y A10, donde cruzan las secciones AA' y BB' (Figs. 78-93. Apéndice-secciones geoquímicas) las correlaciones también son evidentes y concuerdan con la evidencia geoquímica respecto a diagnósticos proximales y distales. Pero al ESE de la sección BB' (especialmente al ESE de la sección CC') la interpretación no es posible porque los taladros tienen varios tramos de mena y porque la exclusión de las muestras del gran anticlavo nos dejo sin diagnósticos proximales y distales.

11.5 SEGUNDA INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA.

Habiéndose confirmado en las secciones con abundantes leyes químicas que las leyes máximas de Pb y Fe están generalmente mas o menos a la misma elevación, y que ambas están a mayor altura que las de Zn y recordando la excelente correlación lineal de leyes de Zn y Cd (y la correlación lineal confiable de As y Hg), se procedió a identificar las leyes erráticas para el grupo de 31 muestras que podían clasificarse con confianza como proximales o distales a la “mena” según el modelo de Lente Plegado (omitiendo por el momento las muestras del supuesto gran anticlavo y la de los pequeños anticlavos internos). Por ello se identificó en los gráficos todos los símbolos que no parecían conformar con franjas de correlación lineal o en arco con secuencias ordenadas de puntos proximales a puntos de mena y a puntos distales. El resultado se presenta en la Tabla 3 (Apéndice-tablas).

Se ve en la Tabla 3 que el total de leyes erráticas es del 13%, lo cual esta poco debajo del límite de 15% que generalmente se considera aceptable (porque en tal caso el 85% de las leyes son confiables y conforman con el modelo teórico general de la mineralización). Pero mirando los diversos elementos individualmente, se observa que solo el Hg, Zn, Cd y Ca tienen menos del 15% de leyes erráticas. El Pb y el Fe tienen 18% y 15% de leyes erráticas, lo que significa que el 82% y 85% de sus leyes son confiables. Evidentemente los porcentajes de leyes erráticas son altos para As (24%) y Mn (18%).

El hecho de que el número de muestras con leyes excesivamente altas (18) es casi igual al de muestras con leyes excesivamente bajas (15) sugiere que las discrepancias se deben a la erraticidad local normal en mineralizaciones hidrotermales y a que las franjas

de leyes máximas no son estrictamente paralelas por pertenecer a etapas paragenéticas distintas.

Recordemos además que las muestras geoquímicas son puntuales y que sus franjas de correlación son casi del mismo ancho que las que se obtienen de leyes químicas, tanto en San Gregorio como en otros yacimientos. Es debido a esta erraticidad que generalmente promediamos muchas muestras para obtener la ley promedio de un bloque de mineral.

Habiendo definido mejor los arcos de correlación para las 31 muestras en la Tabla 3, se procedió a diagnosticar las 9 muestras adicionales del gran anticlavo mas las 4 muestras de los anticlavos internos. Se generaron gráficos logarítmicos incluyendo estas últimas 13 muestras junto con las 31 muestras iniciales confiables. Los resultados aparecen en la Tabla 4 (Apéndice-tablas). Se observa allí que para algunas muestras (33, 41 y 42) el diagnóstico siempre es el mismo. Para otras (36 y 43) un diagnóstico predomina sobre el otro. Para otras muestras (32, 34, 35, 37, 38, 39, 40 y 44) se ve que el diagnóstico esta claro después de tener en cuenta una o dos leyes erráticas.

La Tabla 5 (Apéndice-tablas) presenta los resultados de identificar todas las leyes no representativas o erráticas. Se aprecia que han disminuido los porcentajes de leyes erráticas, estando todos por debajo del 15%, excepto para As y Mn (que tienen 27% y 20% respectivamente). Se ve que el número de leyes erráticamente altas es prácticamente igual al de leyes erráticamente bajas. Esto sugiere que se trata de desviaciones aleatorias. El conjunto se puede interpretar de la siguiente manera: (Apéndice-gráficos geoquímicos).

- La correlación lineal de Zn-Cd es muy buena, con un ancho de unos dos tercios de orden de magnitud. Tiene una pendiente de aproximadamente 45° , porque todo el Cd está en la esfalerita (Fig. 46, gráfico Zn-Cd. Apéndice-gráficos geoquímicos).
- Las correlaciones lineales de Pb-Fe y As-Hg están dentro de los límites aceptables (Fig. 46. Apéndice-gráficos geoquímicos).
- En los gráficos con arcos de correlación se observa que las franjas mineralizadas menos separadas como Pb-Zn, Pb-Cd, Fe-Zn, Fe-Cd, Zn-Mn y Cd-Mn (Figs. 50,52. Apéndice-gráficos geoquímicos) forman arcos de correlación relativamente apretados, especialmente si uno de los elementos (Fe ó Mn) tiene poca dispersión de valores. Cuando las franjas mineralizadas están más separadas el arco de correlación es más abierto (Pb-Mn) (Fig. 51. Apéndice-gráficos geoquímicos), salvo que uno ó ambos elementos tengan poca dispersión (Fe-Mn) (Fig. 51. Apéndice-gráficos geoquímicos).
- En los gráficos con Hg y As no se puede llevar las franjas de correlación hasta los puntos más distales porque no se puede juzgar si ya se están viendo las leyes más altas de estos elementos o si habrían leyes de Hg y/o As aún más altas en partes más elevadas del yacimiento (que en algunos casos no se han muestreado y en otros casos estos han sido ya erosionados) (Figs. 47-49. Apéndice-gráficos geoquímicos). Las franjas de correlación de Hg y probablemente las del As sugieren que en la parte proximal del yacimiento se tienen valores más o menos constantes que podrían corresponder a los valores de fondo en las calizas huésped del yacimiento.

- Los gráficos con Ca no se parecen a los gráficos teóricos que se han descrito anteriormente para San Gregorio (ó para otros yacimientos). Esto es porque en San Gregorio el Ca corresponde a la caliza original que fue atacada por las soluciones mineralizantes (y no es un producto depositado por las soluciones hidrotermales). Pero lo curioso es que son las muestras proximales de la parte mas profunda del yacimiento las que tienen cantidades de Ca semejantes a calizas frescas (> 10% Ca; en realidad aproximadamente 40% de Ca) (Figs. 46,49,51,52. Apéndice-gráficos geoquímicos).

En cambio, como ya lo habían notado Fontboté y Bendezú, las muestras distales de la parte alta del yacimiento casi no tienen Ca, lo que concuerda con la acidez indicada por la caolinización y alunitización. Caben por lo menos dos interpretaciones.

- A. Las soluciones hidrotermales ácidas descendieron atacando la caliza, por lo cual se neutralizaron y depositaron los sulfuros de Zn, Pb, Fe, etc.
- B. Las soluciones hidrotermales se acidificaron por oxidación al ascender, por lo cual depositaron los sulfuros de Zn, Pb, Fe, etc. en su camino.

Sea como fuera esto, los gráficos de As y Hg versus Ca muestran claramente el ascenso de las leyes de As y Hg de derecha a izquierda desde las muestras proximales hasta las distales pasando por las de mena (Fig. 49. Apéndice-gráficos geoquímicos).

En los gráficos de los otros elementos versus Ca, se ve que las leyes Mn pasan por sus leyes máximas por los 2% ó 3% de Ca, las leyes de Zn y Cd pasan por sus leyes máximas a algo mas de 1%

de Ca y las leyes de Pb y Fe pasan por sus leyes máximas a algo menos de 1% de Ca, de acuerdo con el zoneamiento deducido anteriormente. (Figs. 46,49,51,52. Apéndice-gráficos geoquímicos).

Usando los diagnósticos geoquímicos de las muestras en los lados SE de las secciones A8 y A10 fue entonces posible contornear las leyes químicas de estos lados (estas secciones químicas no se muestran en este estudio), para Zn, Pb y Fe. Se observa que hay tres taladros (uno en la sección A8 y dos en la sección A10) donde hay una muestra de mena entre muestras proximales. Esto requiere lo siguiente:

- A. Que entre las secciones BB' y CC' las franjas mineralizadas pasen por una antiforma.
- B. Que entre las secciones CC' y DD' las franjas mineralizadas pasen por una sinforma; y
- C. Que en la sección A10 las franjas mineralizadas pasen por una antiforma entre las secciones DD' y EE'.

Surge ahora la interrogante de, si ha sido correcto o no el haber incluido en la interpretación de una lente mineralizada con zoneamiento vertical las muestras de las zonas superiores de alunita-caolinita y silicificada-brechada. Esta duda se basa en la sospecha de que estas zonas pueden haber sufrido los efectos de la oxidación y lixiviación superficiales, por lo que sus leyes no serían representativas de la mineralización hipógena.

Para evaluar esta incertidumbre, se realizó un listado de las muestras diagnosticadas como distales durante la primera rueda de 31 muestras y de las muestras diagnosticadas como distales en la

segunda rueda de 13 muestras. La Tabla 6 (Apéndice-tablas) muestra los resultados obtenidos, distinguiendo entre muestras tomadas de las zonas de silicificada-brechada y alunita-caolinita y muestras tomadas de debajo de estas zonas. En la parte inferior de la Tabla 6 se ve que en total 12 muestras se diagnosticaron como distales. De estas 8 se tomaron de las zonas silicificada-brechada y alunita-caolinita y 4 se tomaron de debajo de estas zonas. Las 8 primeras tuvieron 10.9% de leyes erráticas, las otras 12.5% de valores erráticos. Es decir habían más valores erráticos en las muestras supuestamente hipógenas que en las supuestamente supérgenas. Pero lo mas significativo es que tanto las 8 muestras de la supuesta zona de oxidación como las 4 muestras de debajo de esta zona caen en las mismas áreas de los gráficos logarítmicos (es decir, tienen las mismas “firmas geoquímicas”). Esto significa que los diagnósticos distales valen tanto para las muestras oxidadas como para las hipógenas.

El resultado anterior parece sorprendente a la luz de los conceptos tradicionales sobre el comportamiento de elementos en zonas de oxidación. Sin embargo, en dos otros estudios (uno en el Perú y otro en México) Petersen ha demostrado que la oxidación y el enriquecimiento residual o supérgeno no afectan la distribución de leyes de manera tan drástica como para afectar la interpretación de la mineralización hipógena original. Es decir, generalmente se preserva en la zona de oxidación el “esqueleto” o el “fantasma” de la mineralización hipógena. Es por esto que históricamente se han descubierto yacimientos analizando muestras de su afloramiento oxidado.

Aprovechando esta abundancia de datos se decidió probar que éxito habríamos tenido usando solamente las leyes geoquímicas. Observando los gráficos de leyes geoquímicas (Figs. 46-52.

Apéndice-gráficos geoquímicos) se escogieron tres rangos para cada elemento, de manera que se tuviera poblaciones mas o menos similares de “leyes altas”, “leyes intermedias” y “leyes bajas” que se muestran en la Tabla 7 (Apéndice-tablas).

Luego se trató de interpretar estas secciones buscando interpretaciones alternas razonables (asumiendo que no tenemos las abundantes leyes químicas). Estas interpretaciones alternas no se muestran en este estudio, pero que si son descritas rápidamente. En las secciones AA' y BB' las interpretaciones son sencillas y se parecen a aquellas usando las leyes químicas. Pero para las secciones A8 y A10 hay varias interpretaciones alternas.

Por ejemplo en la sección A8 hay dos posibles interpretaciones para As, Hg, Pb y Fe, y 3 para Cd, Mn y Ca. En la sección A10 hay 1 interpretación para Cd y Mn, 2 para Zn y Ca, 3 para As, Pb y Fe y 4 para Hg. Lo anterior significa que en general, no es posible obtener interpretaciones confiables contorneando únicamente leyes geoquímicas. De todas maneras sí se puede extraer información útil como la siguiente Tabla 8 (Apéndice-tablas). Se ve que para As y Hg solo aparecen los contornos inferiores de las leyes altas y de las leyes marginales inferiores. Para Pb y Fe solo aparece una vez el límite del margen superior, 2 veces el límite superior de las leyes altas y siempre los límites inferiores de las leyes altas y del margen inferior. Para el Zn y Cd generalmente aparecen los 4 contornos. Para el Mn no se observa el límite del margen inferior en 3 de 4 casos. Para el Ca es raro observar los límites inferiores de las leyes altas y de un margen inferior (si lo hubiese).

Finalmente, en el grupo de secciones geoquímicas interpretadas, las cuales representan las secciones finales (Figs. 98-109. Apéndice-secciones interpretación final) aparecen los contornos de

leyes geoquímicas teniendo en cuenta los diagnósticos de Proximal y Distal para las leyes bajas, así como para las abundantes leyes químicas.

Se observa que solo se tiene una sola interpretación para cada elemento, en donde todas las interpretaciones son geométricamente semejantes, y que las franjas mineralizadas se encuentra ordenadas de acuerdo al zoneamiento deducido en este estudio. Esto lo confirma la Tabla 9 (Apéndice-tablas). En esta tabla se ve que para As y Hg generalmente solo se observa la parte inferior de sus leyes altas y de su margen inferior. Para Pb y Fe se observa generalmente el límite superior de sus leyes altas y su margen inferior. Para Zn y Cd se aprecian casi siempre los cuatro contornos usados. Para Mn nunca se ve el límite del margen inferior. Para el Ca nunca se ve el límite inferior de las leyes altas (y menos, por supuesto, el límite de su margen inferior). En otras palabras, se tiene un cuadro completamente consistente entre leyes químicas y geoquímicas, tanto en gráficos como en secciones verticales.

Teniendo como base la interpretación final para la geometría de la mena, se elaboraron 4 secciones económicas con una Ley de Corte de \$ 20.00 (Figs. 94-97. Apéndice-secciones *Cut Off*). Todos los parámetros económicos para San Gregorio son propiedad de “Sociedad Minera el Brocal” y no se publican en este estudio.

CAPÍTULO XII: GENESIS DE LA FRANJA DE MENA

12.1 FLUJO HIDROTHERMAL

Si asumimos que tanto los minerales económicos como los no económicos son transportados desde alguna fuente por soluciones hidrotermales que fluyen en una sola dirección, entonces estas soluciones pueden movilizarse tanto horizontalmente como verticalmente. Estas soluciones mineralizantes no precipitan elementos de interés económico mientras no estén saturadas respecto a los minerales de interés económico. La precipitación ocurrirá cuando estas soluciones hidrotermales ricas en elementos económicos se saturen como resultado de un cambio en la solubilidad (Murdock, 1989).

A través de los últimos años, se ha asumido con respecto al depósito mineral de San Gregorio, que los flujos de soluciones mineralizantes están estrechamente relacionados con el centro volcánico de alta sulfurización de Marcapunta, ubicado al norte de este depósito. Por lo que el zoneamiento en San Gregorio debería ser lateral y aproximadamente de norte a sur (Vidal, 1982; Bendezú, 1997; Fontbote y Bendezú, 1999). Sin embargo, los resultados de esta estudio demuestran que el zoneamiento es vertical.

Para estudiar las franjas de mena en San Gregorio se manejó cuidadosamente la base de datos de leyes químicas y geoquímicas, generando gráficos con ejes logarítmicos correspondientes a los elementos estudiados (As, Hg, Pb, Fe, Zn,

Cd, Mn y Ca), se agruparon las familias o grupos de elementos y se llegó a una correcta correlación y ubicación de la franja de mena en las secciones verticales

12.2 FRANJAS Y CLAVOS DE MENA.

El depósito de zinc-plomo de San Gregorio aparentemente no obedece a controles estratigráficos (areniscas, carbonatos y brechas de probable origen kárstico). Las correlaciones de la franja de mena hechas tanto en secciones longitudinales como transversales, se presentan cortantes a la estratigrafía. Existe mineral en las areniscas rojas del Grupo Mitu y en distintas zonas en los carbonatos del Pucará, tales como: zona de brechas, zonas no brechadas y en las zonas de alteración (Figs. 8-19. Apéndice-secciones químicas).

Si quisiéramos delimitar leyes de zinc mayores a 10% en las secciones longitudinales y transversales, esta correlación no se mantendría uniforme, se estrangularían rápidamente y la apariencia llegaría a ser como clavos de mineral de altas leyes. Por lo que no es posible correlacionar estos clavos de leyes altas de un taladro a otro en San Gregorio.

Por otro lado si contorneamos leyes del elemento Zn mayores a 0.3 %, el resultado es una notoria franja de mena que posee un ancho variable de 50 m a mas de 100 m, en donde sí es posible observar claramente como los clavos o lentes de leyes de Zn mayores a 10% se encuentran enmarcados dentro de una gran franja de mena. Las leyes altas de cualquier elemento tienen apariencia de clavos (*ore shots*). (Figs. 8-19. Apéndice-secciones químicas).

Sin embargo, para motivos de estudio o para fines exploratorios el concepto de “clavos de mineral” debe modificarse considerando que los clavos son partes de una franja o franjas de mineralización de elementos valiosos. Teniendo en mente esta última idea deberíamos encontrar mas clavos siguiendo el eje de leyes máximas de las franjas mineralizadas de los elementos que exploramos (Petersen, 1990).

CAPÍTULO XIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 CONCLUSIONES

- A. Que el flujo de las soluciones mineralizantes que dieron como resultado al depósito de San Gregorio, aparentemente no tuvo flujo lateral de norte a sur desde el centro volcánico de Marcapunta, porque en las secciones AA', BB', A8 y A10 se observa claramente que el zoneamiento es vertical y no lateral.
- B. El zoneamiento de arriba hacia abajo es de: As-Hg, Pb-Fe, Zn-Cd y Mn; esto demuestra claramente que las soluciones mineralizantes fluyeron verticalmente y no lateralmente. Podemos postular ahora que las soluciones mineralizantes de San Gregorio ascendieron a través de las areniscas Mitu para luego depositar el mineral en los carbonatos del Pucará.
- C. Falta determinar el límite inferior de la zona oxidada. Esta información es pertinente para poder separar el mineral oxidado del sulfurado en el cálculo de recursos y/o reservas, ya que estos minerales podrían requerir tratamientos metalúrgicos distinto.
- D. No hay un control estratigráfico para la mineralización del gran cuerpo en San Gregorio.
- E. En la mayoría de los taladros el límite inferior de la zona de oxidación queda debajo del límite superior de la franja de

mena. Esto significa que en la zona oxidada las leyes de Pb y Fe delinear el “esqueleto” ó “fantasma” de la mena hipógena que fue intemperizada.

- F. La parte superior del yacimiento ha sido erosionada antes de la depositación de la Brecha San Juan en tres zonas muy notorias:
- En el área donde se ubican los siguientes taladros: 12G-94, 39G-93, 9G-94, 8G-94 y 23G-94.
 - En el taladro 2L-93.
 - En el taladro GN4-276-95.

13.2 RECOMENDACIONES

- A. Este trabajo se ha desarrollado en base a 4 secciones verticales. Pero en San Gregorio quedan aún más secciones por estudiar. Para obtener buenos resultados en el futuro, el paso siguiente será hacer geoquímica en las secciones restantes y así poder perseguir mejor la franja de mena.
- B. Es evidente que hay que perseguir la franja de mena hacia el este, sur, sur-este y sur-oeste. Para ello sería bueno hacer un taladro en la intersección de la sección A14 con las secciones BB', CC, y DD', para así afinar la interpretación de la sección A14. Aún cuando no se encuentre la mena esperada en base a las interpretaciones de las secciones BB' y CC', habría que hacer el siguiente taladro en la intersección de las secciones EE'.
- C. La persecución de la mineralización hacia el norte (norte, nor-este o norte, nor-oeste) va a depender de las interpretaciones

que se hagan de las secciones de leyes de Zn, Pb y Fe en esta zona.

- D. Si la mineralización del cuerpo de San Gregorio fue emplazada antes del plegamiento del Pucará, entonces tenemos gran probabilidad de tener toda la zona este de San Gregorio completamente abierta para exploraciones futuras. Los taladros Y-33, X-33 y 2I-33 evidencian la continuidad de la franja de mena, con un Pucará muy delgado pero alterado, por lo que se recomienda realizar algunas perforaciones en esta área.
- E. Si se asuma una continuidad de los carbonatos del Pucará en la zona este y, si estos no se encuentran muy levantados tectónicamente y no han sido fuertemente erosionados, entonces la posibilidad de encontrar mineral es mucho mas alta. Por ello será muy importante tener en cuenta algunas perforaciones exploratorias hacia el este de la coordenada 361,500 E.

CAPÍTULO XIV: ESTUDIOS PENDIENTES

- A. Estudiar la franja de mena en las demás secciones longitudinales y transversales, de manera que se abarque toda el área de San Gregorio, donde hay información de leyes en los taladros de perforación diamantina. También debe mostrarse en las secciones verticales al norte la información del tajo abierto y las labores subterráneas en Gualquepaqui.
- B. Tomar muestras geoquímicas adicionales en las secciones AA', BB', A8 y A12 para confirmar todos los diagnósticos aislados y obtener así diagnósticos para algunos intervalos donde se realizó la interpretación en ausencia de indicaciones geoquímicas.
- C. Interpretar en forma preliminar las demás secciones longitudinales y transversales, para así poder determinar inicialmente donde hay que tomar muestras geoquímicas para discriminar entre interpretaciones alternas.
- D. Tomar muestras de caliza fresca para determinar los valores de fondo para As, Hg, Pb, Fe, Zn, Cd y Mn. Esperamos que esto nos diga además si existen “anomalías negativas” en las partes proximales de algunas franjas mineralizadas.
- E. Realizar un ejercicio preliminar de la cubicación de recursos, diferenciando la zona de óxidos y zonas de sulfuros primarios. Para ello la gerencia de la empresa, debe de proporcionar un estimado de los precios a largo plazo para Zn, Pb y Ag, las deducciones pertinentes y leyes de corte aproximadas para mena y mineral

marginal. Con esta información se puede asignar valores en dólares y colores para mena, mineral marginal, mineral de baja ley y desmonte en cada tramo de los taladros. Los bloques de mena y mineral marginal se deben diseñar teniendo en mente la geometría de la franja de mena.

- F. Comparar las secciones donde se muestran las leyes de Ag con las secciones de leyes de Zn, Pb y Fe para determinar si la Ag tiene una distribución sistemática con respecto a las franjas de Zn, Pb y Fe. En las secciones verticales se aprecia leyes más altas de Ag en la parte superior (encima de las franjas de Zn, Pb y Fe) y en la parte inferior de la franja mineralizada. Como sabemos que se trata de un manto sub-horizontal estas dos zonas deben tener una mineralogía distinta.

Por consiguiente es necesario determinar al microscopio la mineralogía de ambas zonas de Ag. Dada la importancia que se dio durante las primeras 3 décadas de este siglo a la explotación del bismuto y de la plata, valdría la pena determinar en base a mas ensayos geoquímicos si el bismuto ayuda o perjudica, el valor del mineral en las zonas donde se tienen leyes más altas de Ag. Si el Bi no perjudica entonces valdría la pena realizar un ejercicio de cubicación de recursos de bismuto.

- G. Hacer estudios de difracción de rayos X para poder identificar en cada taladro la verdadera posición del límite inferior de la oxidación, pues hasta este momento no se ha definido correctamente tal posición.

BIBLIOGRAFÍA

ÁNGELES, C. (1993) Geología de Colquijirca y alrededores. Informe privado Sociedad Minera el Brocal S.A., 39 p.

ÁNGELES, C. (1999) Revisión de la geología de algunos sectores del distrito minero de Colquijirca. Informe privado Sociedad Minera el Brocal S.A. 15p.

ÁNGELES, C. (1999) Los Sedimentos Cenozoicos de Cerro de Pasco: Estratigrafía, Sedimentación y Tectónica. Soc. Geol. Perú Vol Jubilar. N° 5. "75 Aniversario Sociedad Geológica del Perú". pp 103 - 117.

ARROYO, G. (1983) Ocurrencia de Minerales Uraníferos en el yacimiento de Colquijirca. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú N° 72. pp 75-78.

BAERTL, E. A. (1933-1935) Informe de los sondajes diamantinos 2J, 2H, 2G, X, Y y 2F de San Gregorio, Cerro de Pasco. Informe privado Sociedad Minera el Brocal S.A.

BARBA, G. (1992) Mapeo Geológico escala 1:2000 del Cerro Marcapunta. Informe privado Sociedad Minera el Brocal S.A., 91 p.

BENDEZÚ, R. (1997) Características geológicas, mineralógicas y geoquímicas de los yacimientos de Zn - Pb ($\pm$ Ag) de San Gregorio y Colquijirca emplazadas en unidades sedimentarias en los bordes del sistema epitermal de alta sulfuración de Marcapunta. Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de Ingeniería., 56 p.

BENDEZÚ, R. (1999) Nuevas observaciones sobre la geología del distrito minero de Colquijirca. Reporte privado para Sociedad Minera el Brocal S.A., 7p.

BOIT, B. (1949) Sobre la edad de la Formación Caliza Triásica del Perú Central. Publicación del Museo de Historia Natural "Javier Prado", serie C, 2.

CÁNEPA, C. (1992) Estudio microscópico de muestras del sondaje diamantino 2N-92. Informe privado Sociedad Minera el Brocal S.A., 7 p.

DIAZ, N. y PETERSEN, U. (1979) Cocientes metálicos y zoneamiento en Colqui. Soc. Geol. Perú, Bol. 60, pp. 129 - 151.

EMMONS, W.H., (1940): The principles of Economic Geology. McGraw Hill Book Company. Inc., N.Y and London, 529 p. (p. 196)

FONTBOTE, L. (1997) Memorándum del 4 de Noviembre 1997 Sociedad Minera el Brocal S.A., 3 p.

FONTBOTE, L. and BENDEZÚ, R. (1999) The carbonate – hosted Zn-Pb San Gregorio deposit (Colquijirca district, central-Perú) as part of a high sulfidation epithermal system.

GIBSON, C. (1993) Petrographic report for 3 samples from the San Gregorio area Colquijirca district, Perú. Informe privado para Sociedad Minera el Brocal S.A., 9 p.

HAAPALA P. S. (1953) Yacimientos Estratiformes. Perú Minero tomo X. pp. 855-870.

JENKS W.F. (1951) Triassic to Tertiary stratigraphy near Cerro de Pasco, Perú. Geol. Soc. Am. Bull., 62, pp. 203-220.

JOHNSON, R.F., R.W. Lewis Jr., and G . Abele (1955) Geology and ore deposits of the Atacocha district, departamento de Pasco. U.S. Geol. Surv., Bull., 975-E, 337-388, 8 maps.

JOHSTON, B. A. (1929, 1933 y 1935) Informe de los sondajes diamantinos 2C y 2B, otros informes internos: San Gregorio, Cerro de Pasco. Informe privado Sociedad Minera el Brocal S.A.

KOBE, H. W. (1996) Algunos apuntes privados para Sociedad Minera el Brocal S.A., 2 p.

LEHNE, R. (1982). Nuevos aspectos acerca del yacimiento de Colquijirca.

LEHNE, R. and AMSTUTZ, C. (1982). Institute of Mineralogy and Petrography, University of Heidelberg (The Cu-Pb-Zn-Ag Deposit of Colquijirca).

LEHNE, R. y AMSTUTZ, C. (1982). Modelos Genéticos del yacimiento polimetálico de Colquijirca. pp 1-6.

LINDGREN, W. (1935) The silver of Colquijirca, Perú. Econ. Geol. Vol. 30, pp. 331-346 .

MCKINSTRY, H. G. (1936) Geology of the silver deposit at Colquijirca, Perú. Econ. Geol. Vol. 3, pp. 619-635.

MCLAUGHIN, D. H. (1924) Enriquecimiento secundario de plata en Colquijirca. Reporte para "Cerro de Pasco Copper Corporation". pp. 1-7.
MEGARD, F. (1968) Geología del Cuadrángulo de Huancayo. Bol. Ser. Bol. Inst. Geol. Min., 18, 1 mapa, 2 lám., 123 p.

MURDOCK, G.P. (1989) Application of element distribution analysis to hydrothermal ore deposits: Ph.D. thesis, Harvard Univ., 550 p.

NEWELL, N.D., J. Chronic, and T.G. Roberts (1953). Upper Paleozoic of Perú. Geol. Soc. Am. Men. 58, 276 p.

NOBLE D. C. (1992) Multielement Analyses of Specimens from San Gregorio and Yanque María, Colquijirca: Results and Potential Economic Significance. Informe privado Sociedad Minera el Brocal S.A.

NOBLE, D. C. (1993) Radiometric age of rhyolite tuff within the Calera formation, Colquijirca, and its geological and metallogenetical implications. Informe privado Sociedad Minera el Brocal S.A.

NOBLE, D. C. (1993) Defining the silver Resource at San Gregorio. Informe privado Sociedad Minera el Brocal S.A.

NOBLE, J. A. (1931) Colquijirca examination, 1930-1931. Reporte privado para Cerro de Pasco Copper Corporation., 34 p.

OWENS, O. (1996) Memorándum y comentarios no publicado para Sociedad Minera el Brocal S.A.- Cominco.

PARDO, A. (1997) Determinaciones paleontológicas de la mina Colquijirca, San Gregorio, Perú. Informe privado Sociedad Minera el Brocal S.A., 11 p.

PETERSEN, U. (1982) Prueba de tres modelos de distribución de mineral de un pórfido de cobre. Seminario: Exploración y metalogénia de yacimientos minerales, Promoción de Ingenieros Geólogos "Ulrich Petersen" UNI 1981, 48p.

PETERSEN, U. (1982) Estudios cuantitativos de zoneamiento hidrotermal. Seminario: Exploración y metalogénia de yacimientos minerales, Promoción de Ingenieros Geólogos "Ulrich Petersen" UNI 1981., 82 p.

PETERSEN, U. (1984) Modelado de la distribución de mineral de yacimientos hidrotermales. Soc. Geol. Perú Vol. Jubilar LX Aniv., Homenaje al Dr. George Petersen, Fasc. 8, pp. 1 - 12.

PETERSEN, U. (1990) Ore distribution, zoning and exploration of hydrothermal ore deposits. Presidential Address. Econ. Geol. Vol. 35, pp. 424 - 435.

PETERSEN, U. and MURDOCK, G. (1988) Computer modeling of ore distribution and assessment of prospective ore. North American Conference on tectonic control of ore deposits and the vertical and horizontal extent of ore systems, Oct. 6 – 8, 1987, University of Missouri, Rolla, Proceedings Volume, pp. 188 - 203.

SAEZ, J. (1997) Estudio al microscopio de 10 secciones delgadas y 10 secciones pulidas, correspondientes a testigos de sondajes diamantinos del Proyecto San Gregorio en el área de Colquijirca - Perú. Informe privado Sociedad Minera el Brocal S.A., 47 p.

SCHWADE, A. (1942) Minerales de Bismuto en San Gregorio. Informe privado Sociedad Minera el Brocal S.A. 7 p.

VIDAL, C. (1992 a) Exploraciones por oro en el sur oeste del cerro Marcapunta, distrito minero de Colquijirca y Cerro de Pasco. Informe privado Sociedad Minera el Brocal S.A., 26 p.

VIDAL, C. (1992 b) Reconocimiento Geológico del Proyecto de San Gregorio, distrito minero de Colquijirca – Cerro de Pasco. Informe privado Sociedad Minera el Brocal S.A., 14 p.

VIDAL, C. et al (1997) Geología y distribución hidrotermal de menas con Au, Cu, Zn, Pb y Ag en el distrito minero de Colquijirca – Pasco. IX Congreso Peruano de Geología., pp. 217 - 219.

VIDAL, C., MAYTA, O., NOBLE, D.C. & McKEE, E.H. (1984) Sobre la evolución de las soluciones hidrotermales dentro del centro volcánico Marcapunta en Colquijirca, Pasco. Vol. Jubilar Soc. Geol. del Perú., pp. 10 - 14.

YARINGAÑO, M. et al. (1997) Exploraciones y evaluación de los yacimientos del distrito minero de Colquijirca - Pasco. IX Congreso Peruano de Geología., pp. 231 - 236.

SAN GREGORIO

LISTA DE APENDICES

(Secuencia numérica)

Apéndice Secciones Leyes Químicas	(Figs 8 al 19)
Apéndice Secciones Geológicas	(Figs 20 al 23)
Apéndice Gráficos Leyes Químicas	(Figs 24 al 41)
Apéndice Secciones Número de Muestra Geoquímicas	(Figs 42 al 45)
Apéndice Gráficos Leyes Geoquímicas	(Figs 46 al 52)
Apéndice Tablas	(Datos 53 al 61)
Apéndice Secciones Geoquímicas	(Figs 62 al 93)
Apéndice Secciones Económicas	(Figs 94 al 97)
Apéndice Secciones Interpretación Final	(Figs 98 al 109)

APENDICE

SECCIONES LEYES QUIMICAS

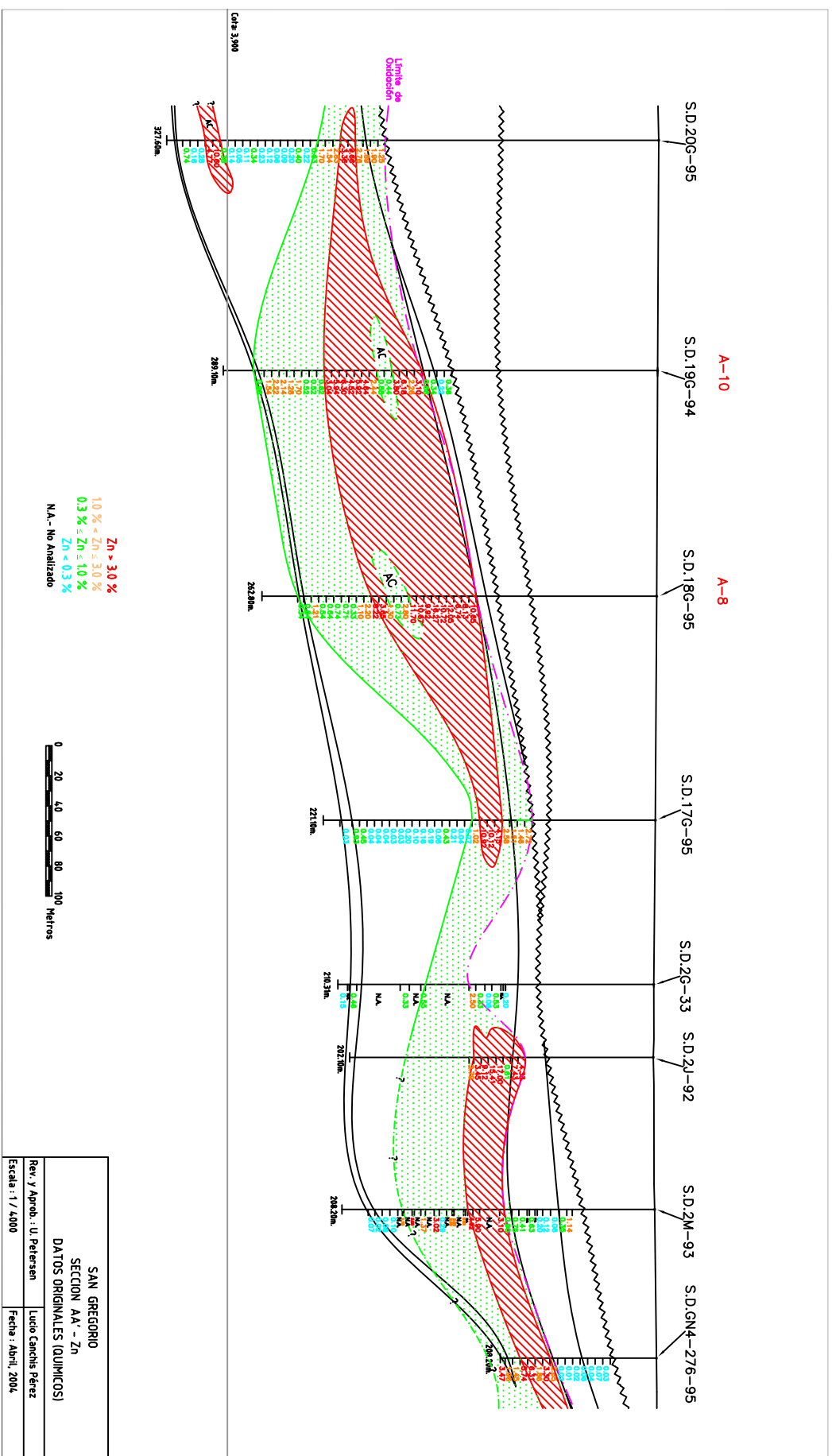
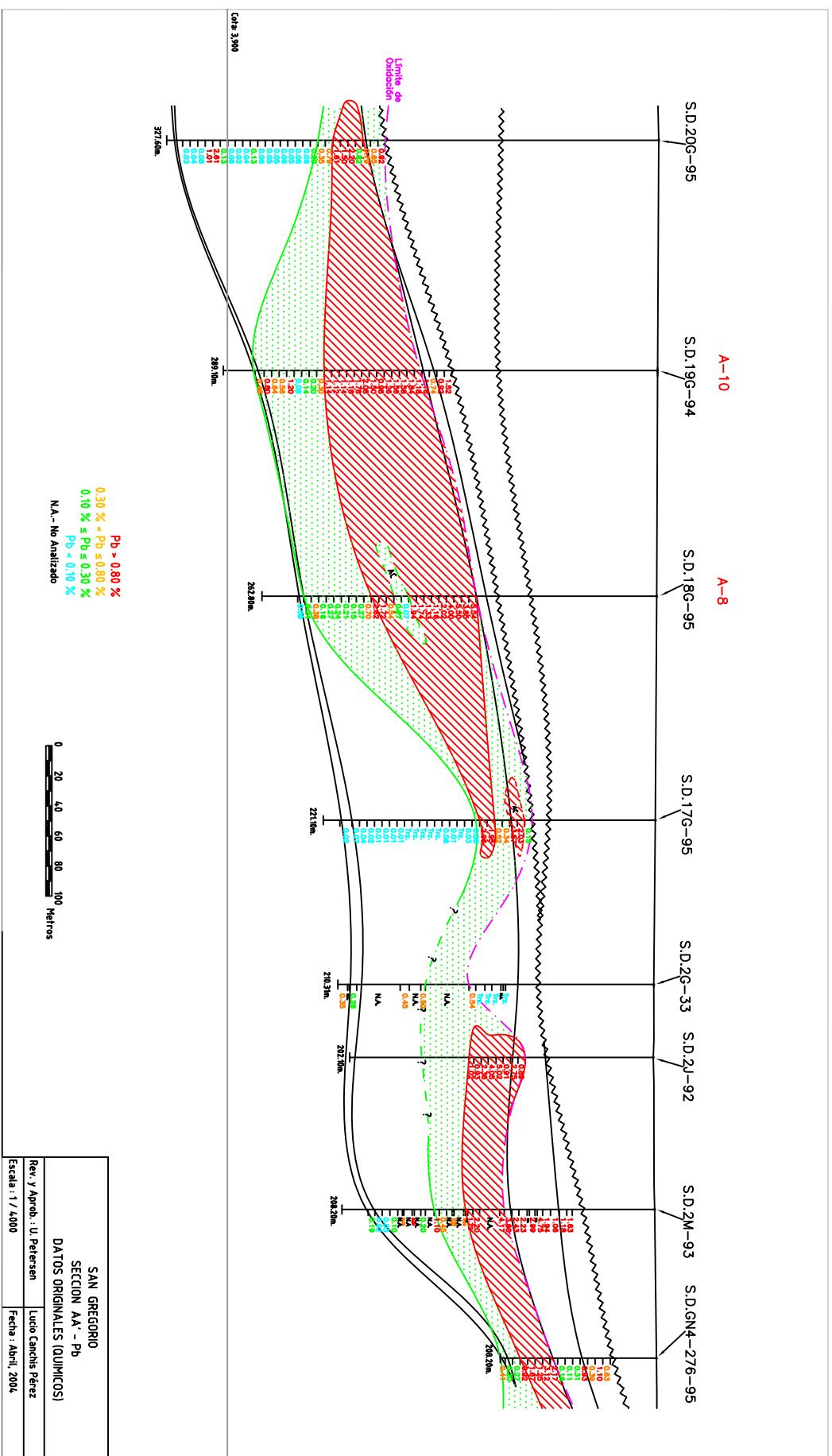


Fig. 8



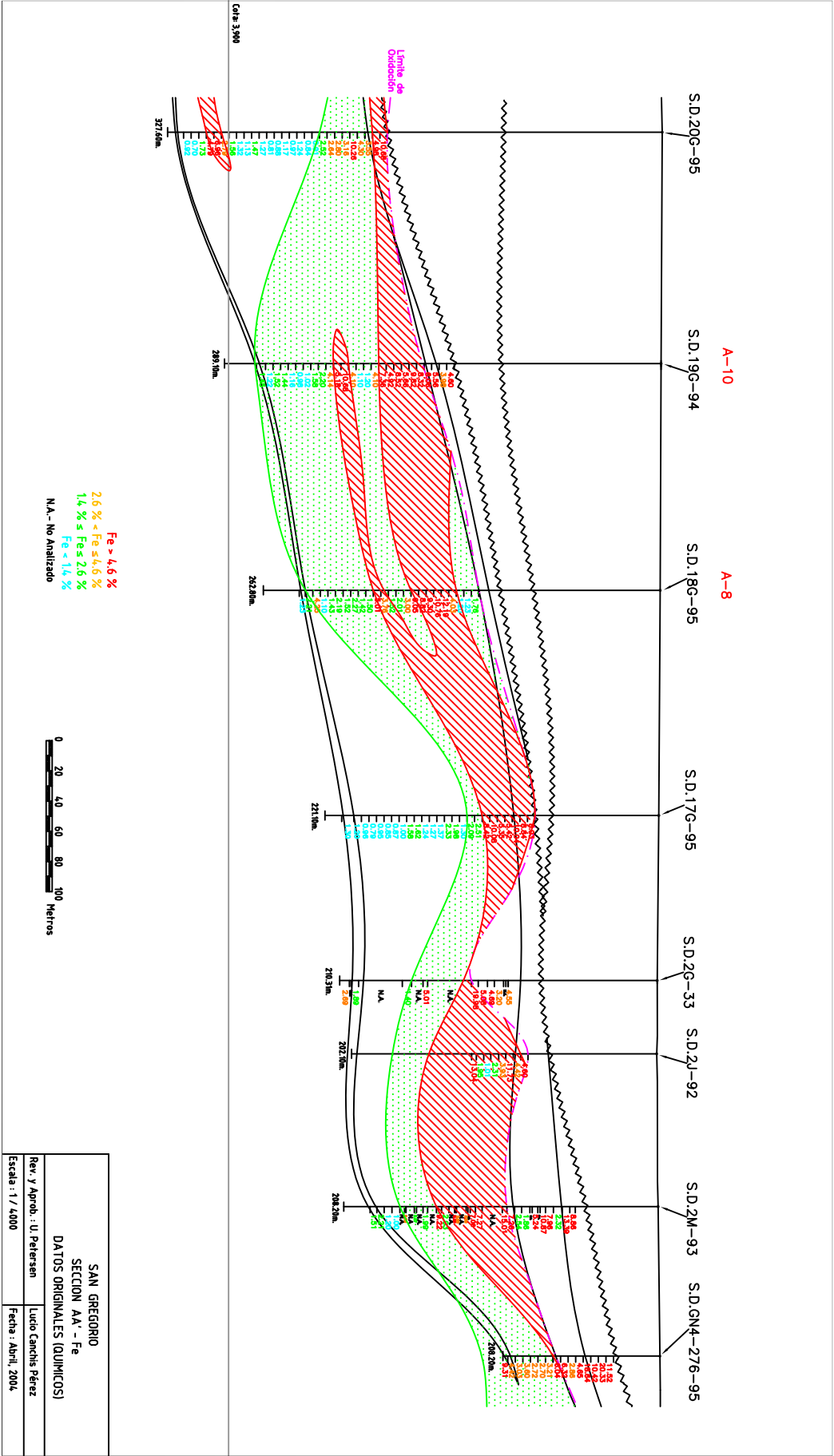


Fig. 10

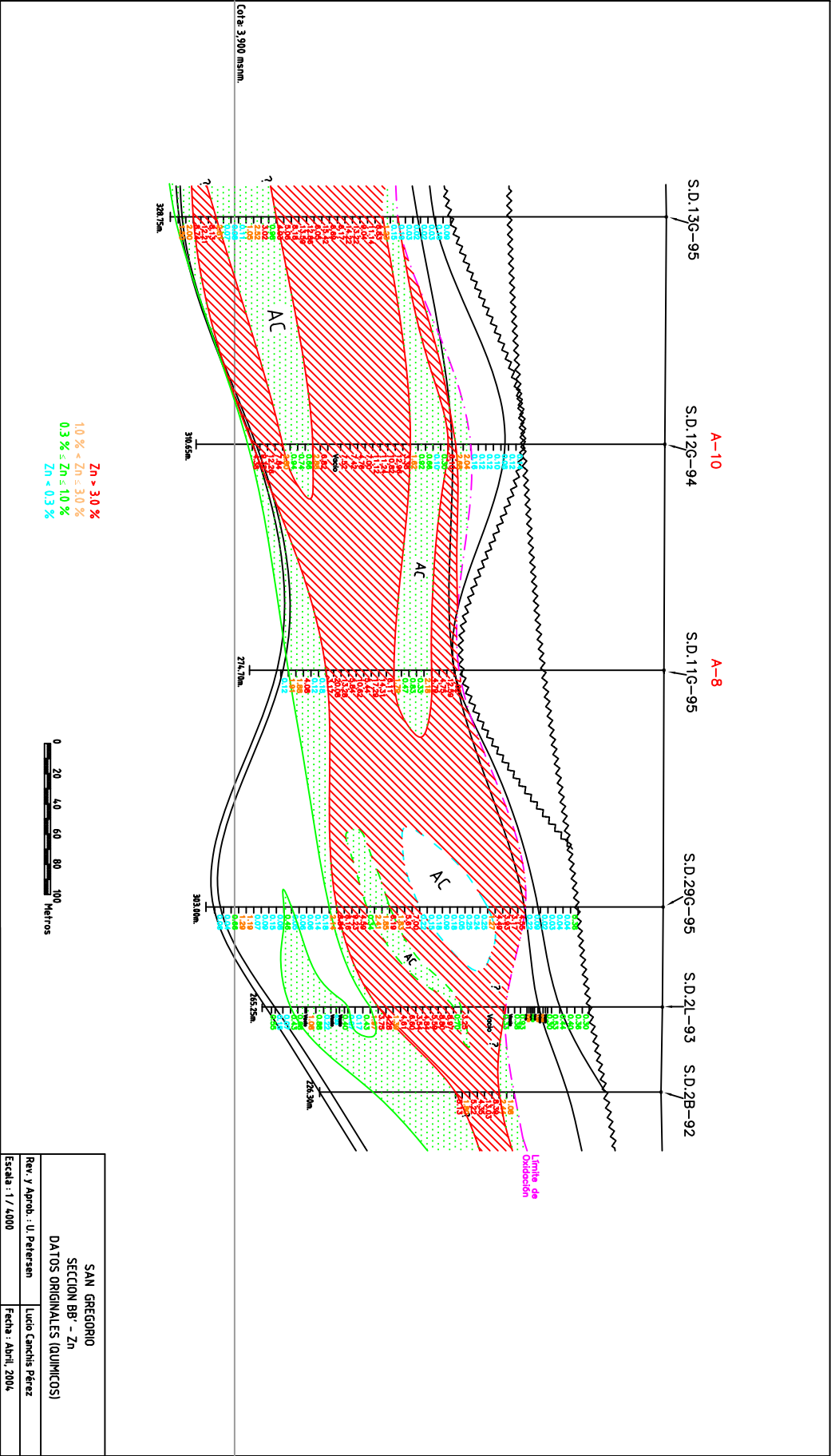


Fig. 11

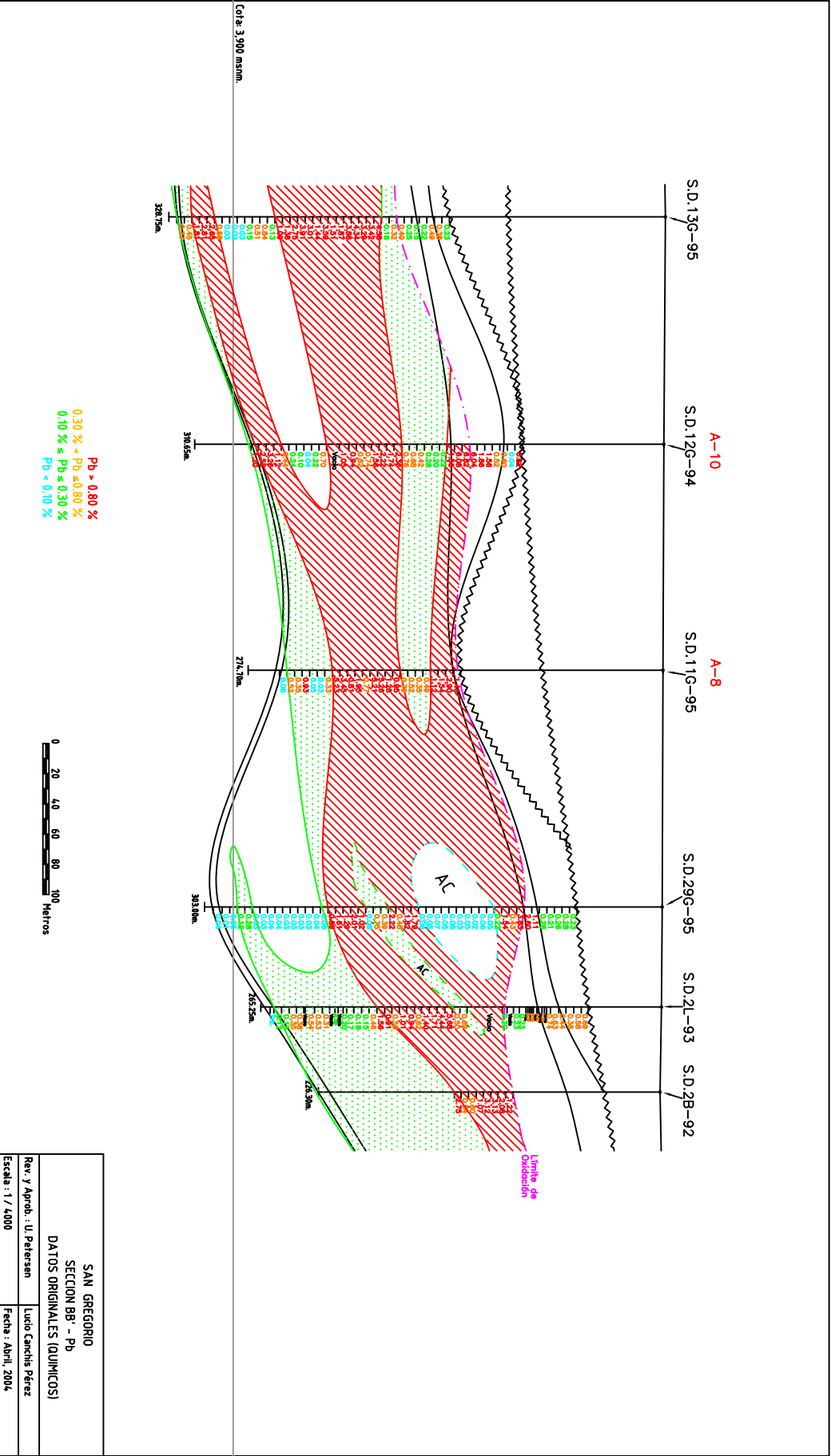
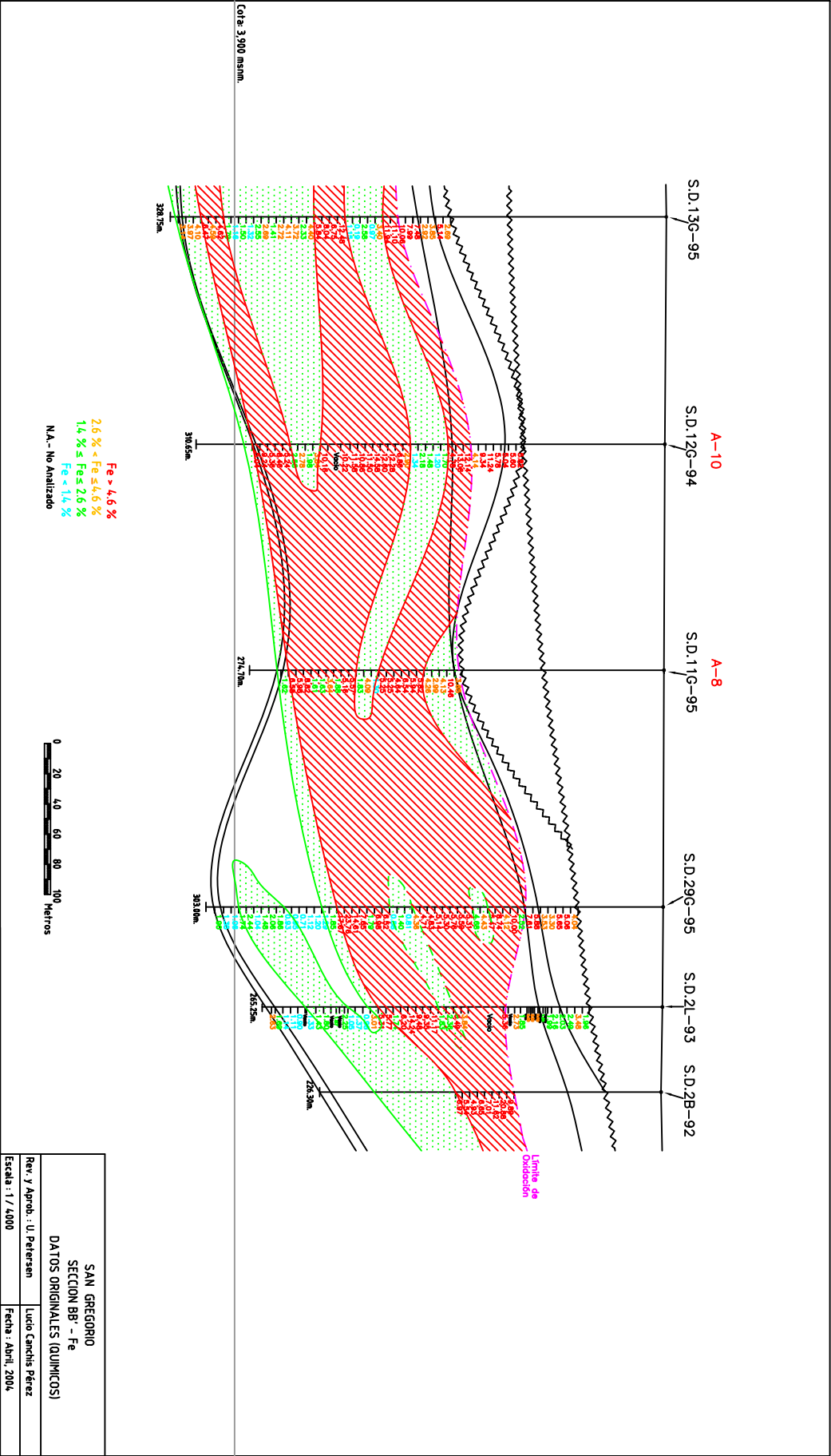


Fig. 12



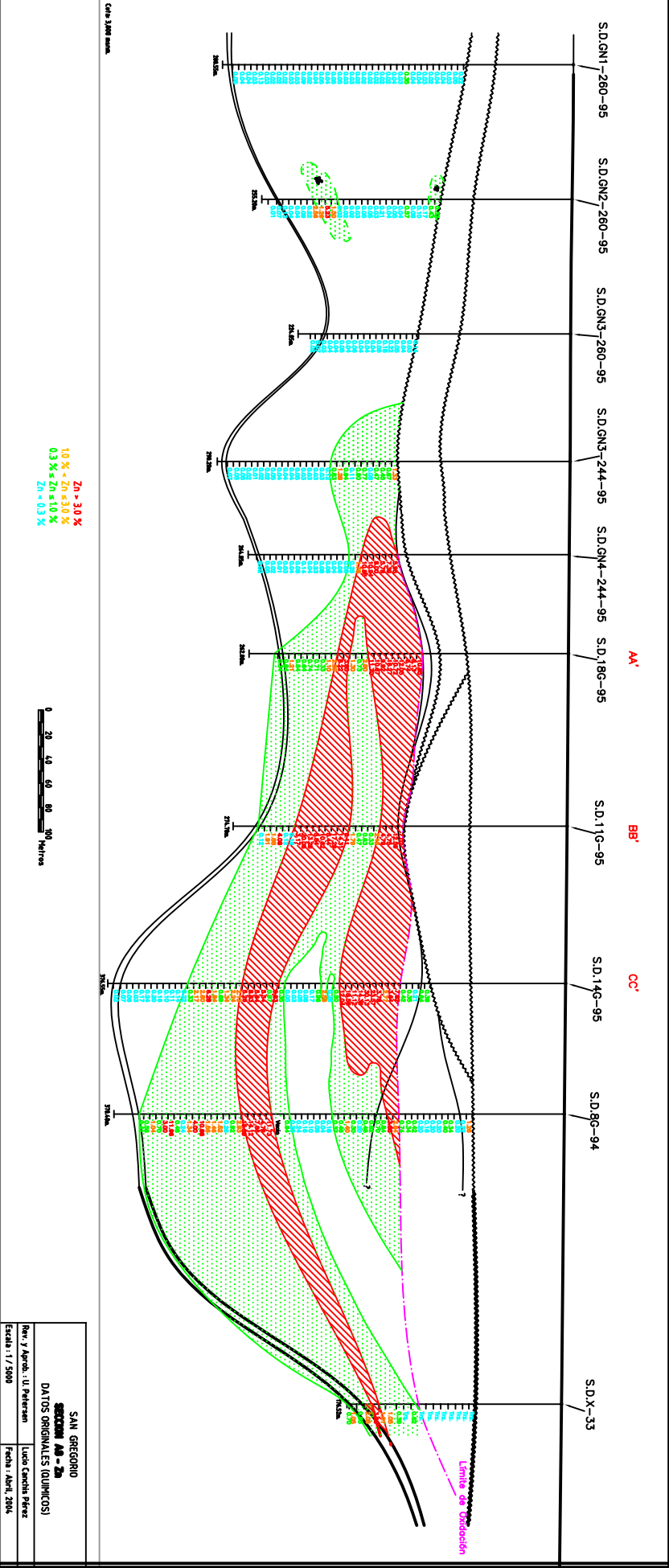


Fig. 14

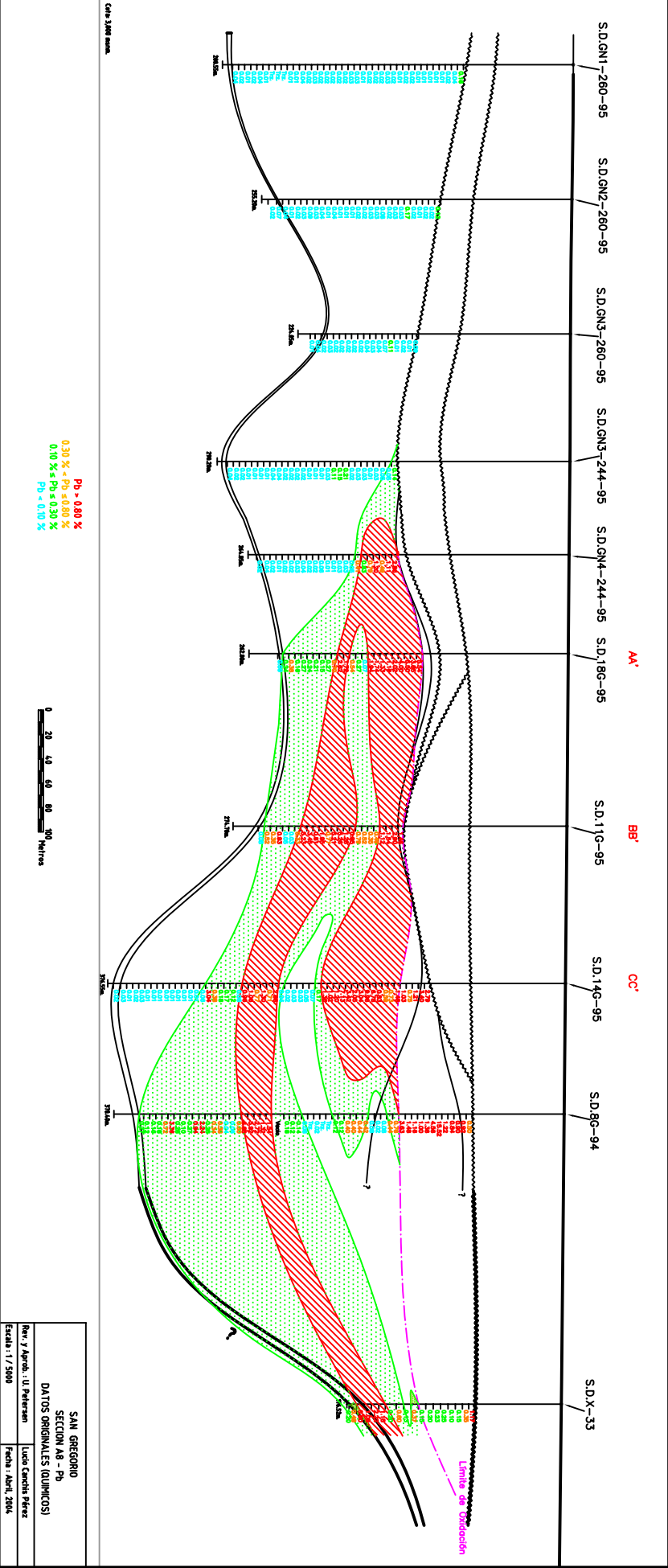


Fig. 15

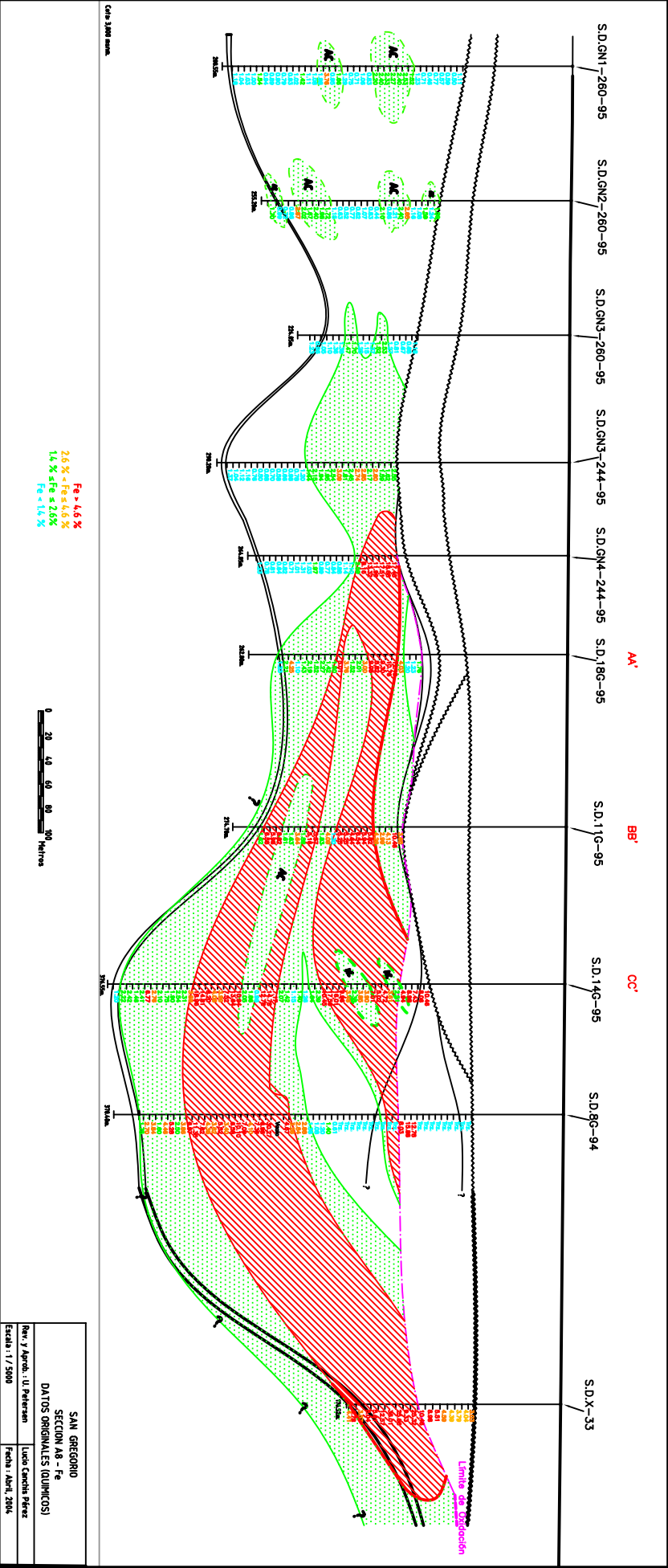


Fig. 16

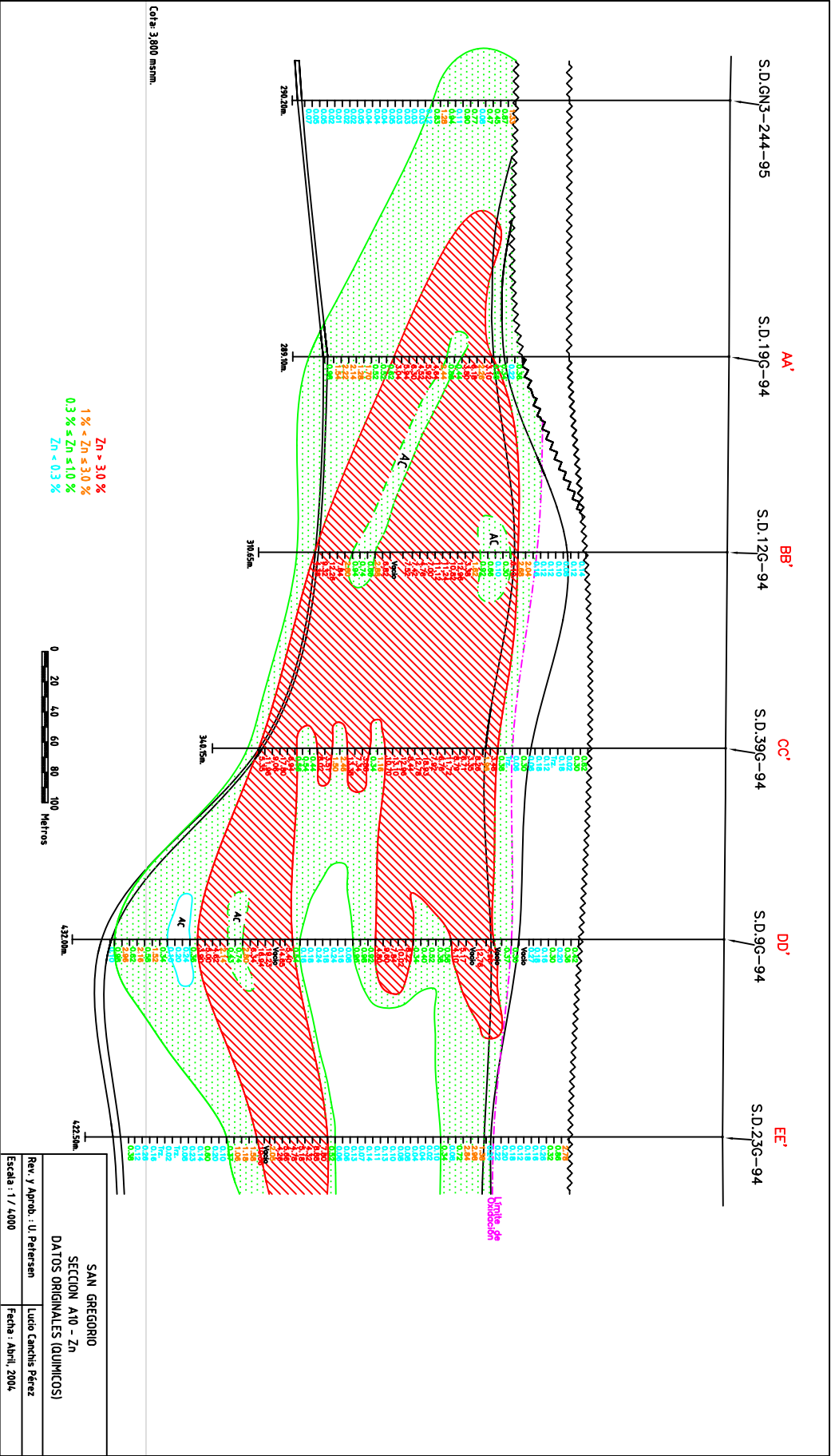
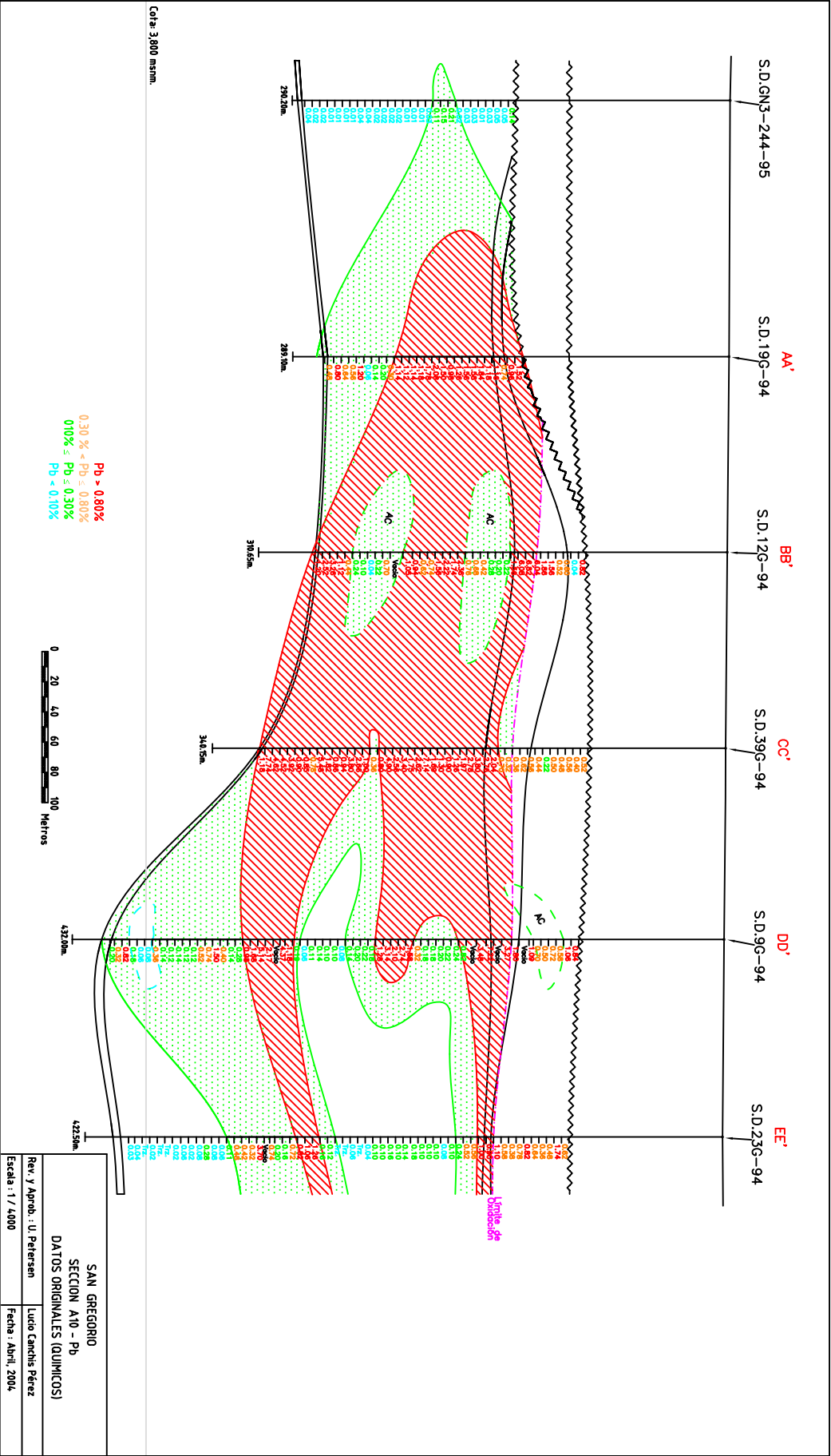
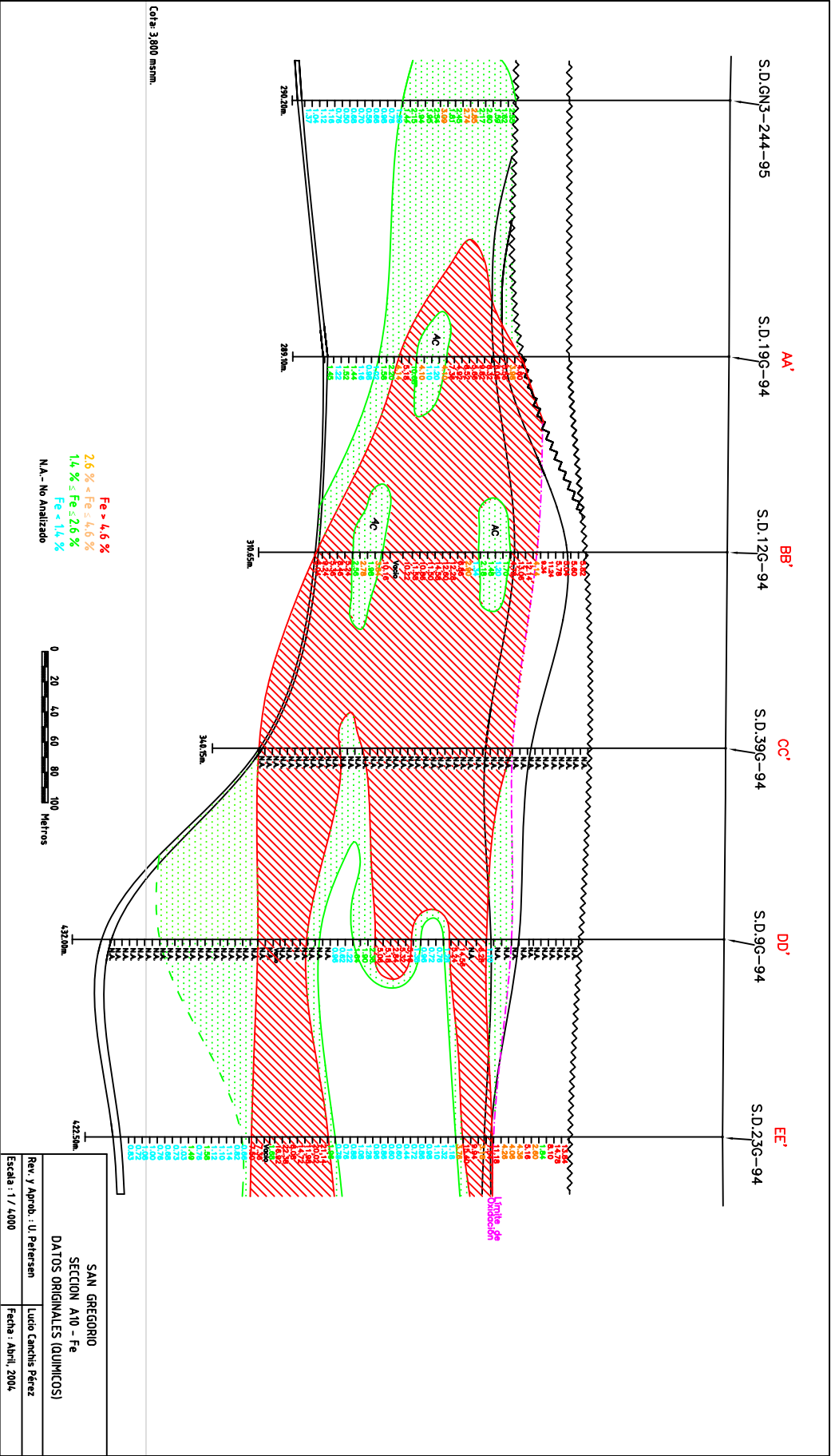


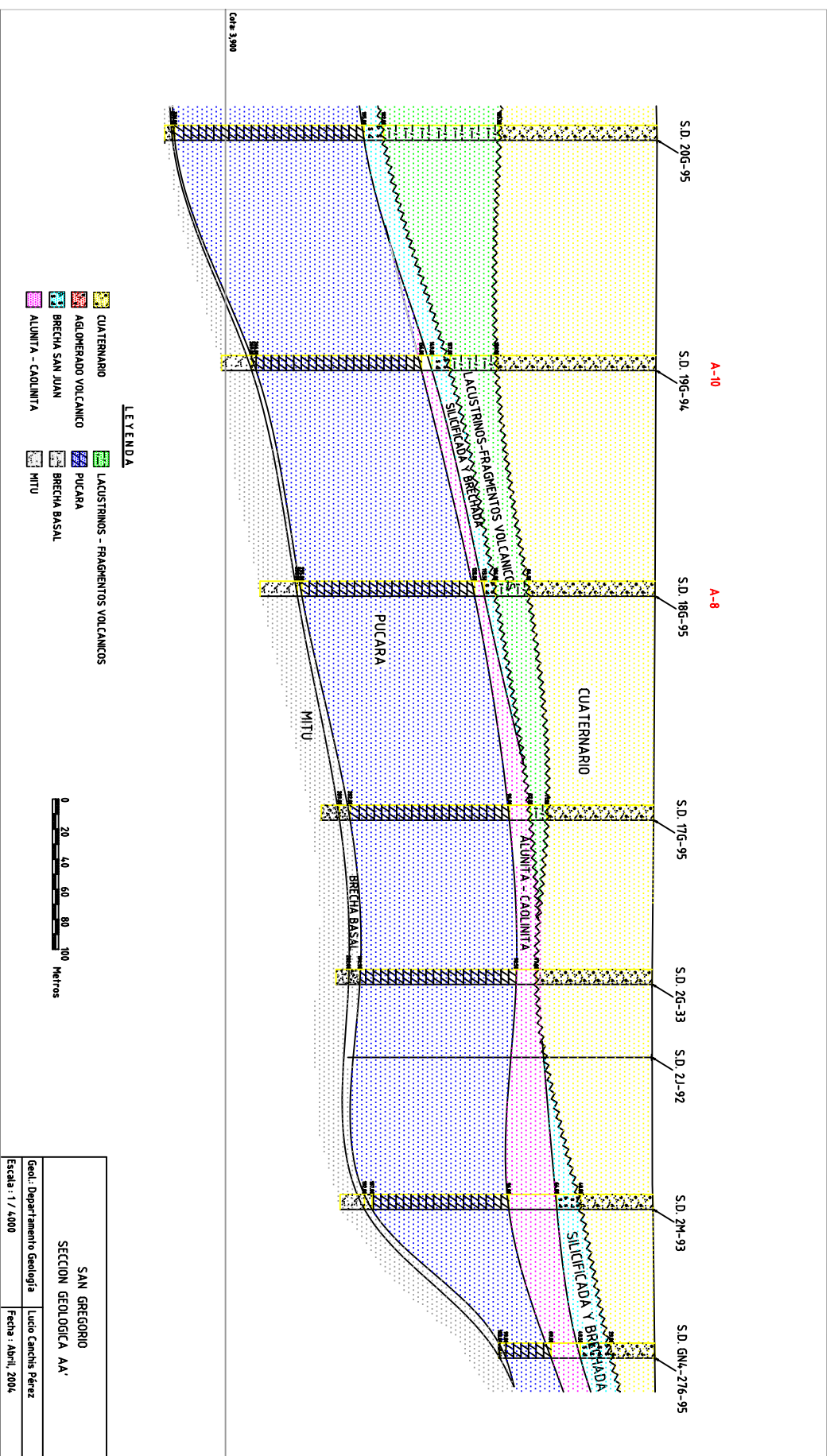
Fig. 17





APENDICE

SECCIONES GEOLOGICAS



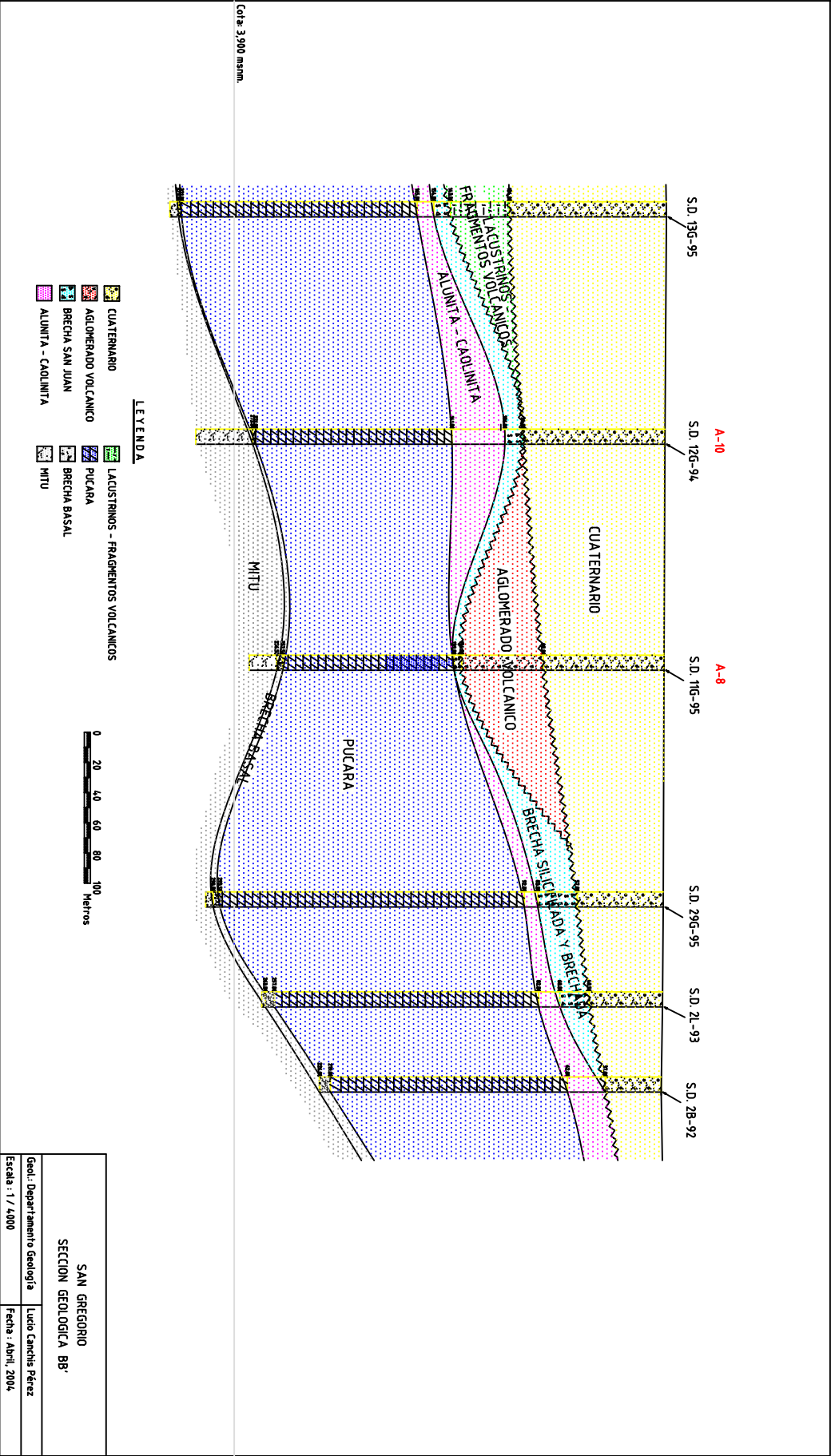


Fig. 21

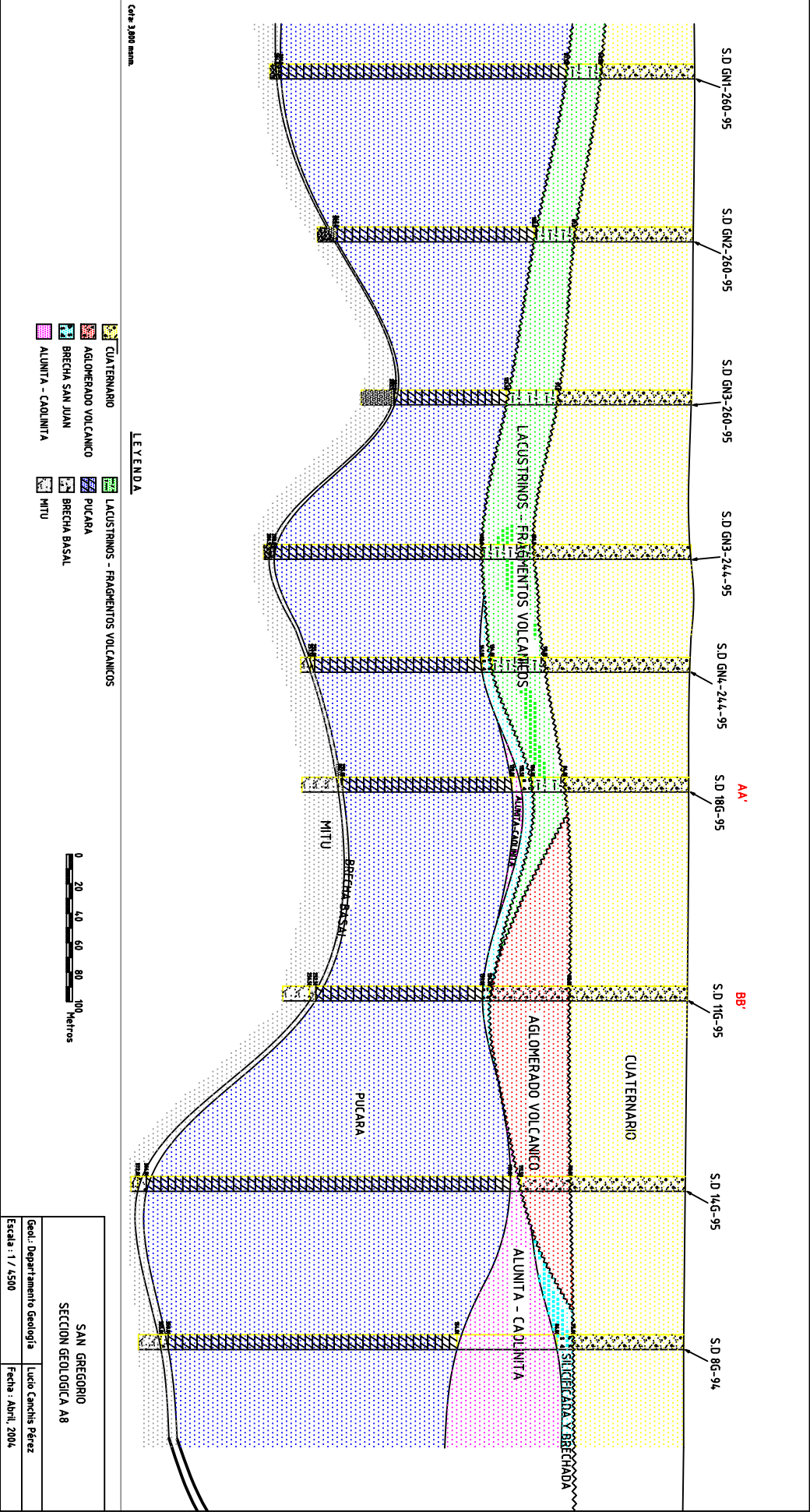


Fig. 22

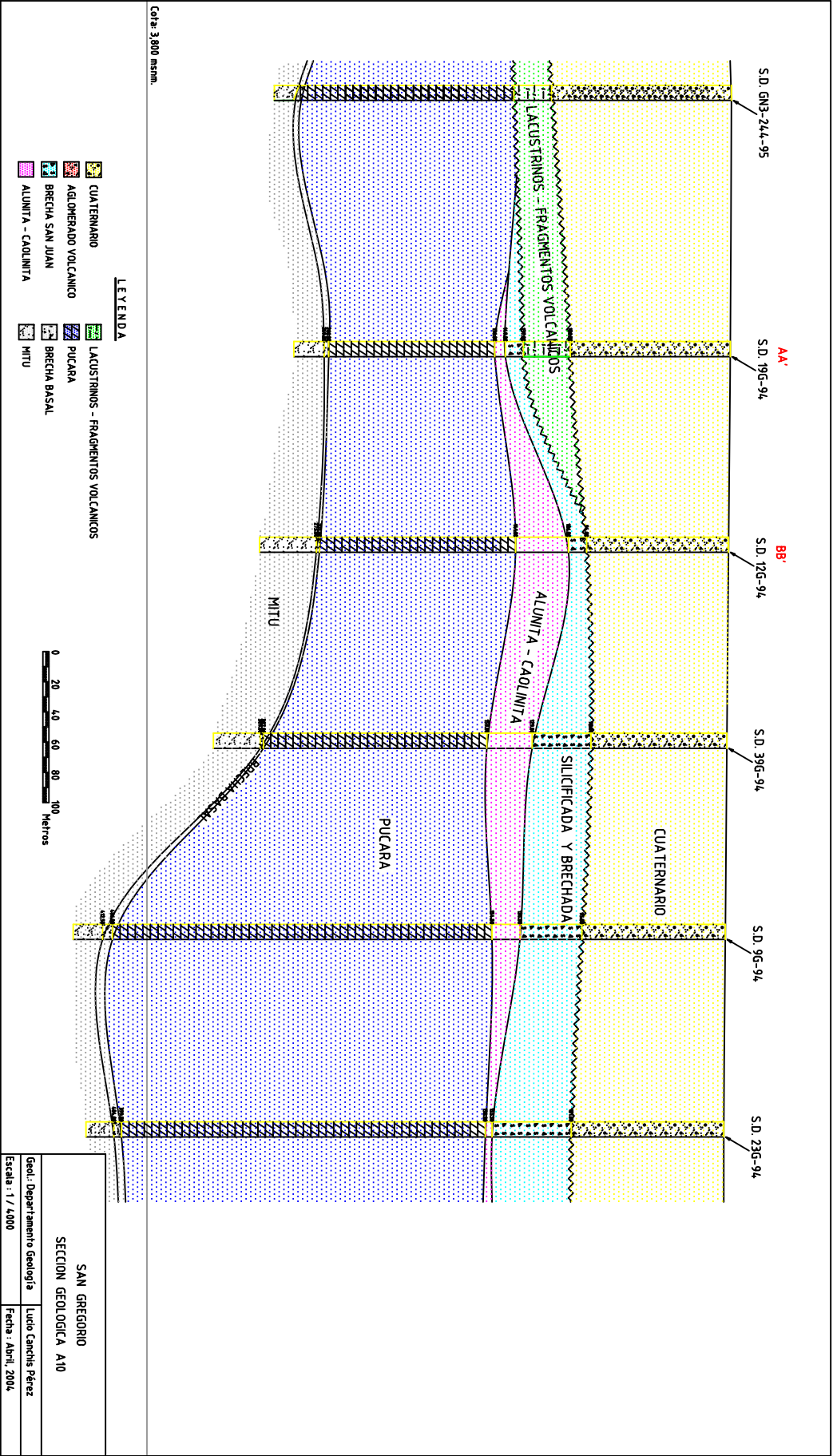


Fig. 23

APENDICE

GRAFICOS LEYES QUIMICAS

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

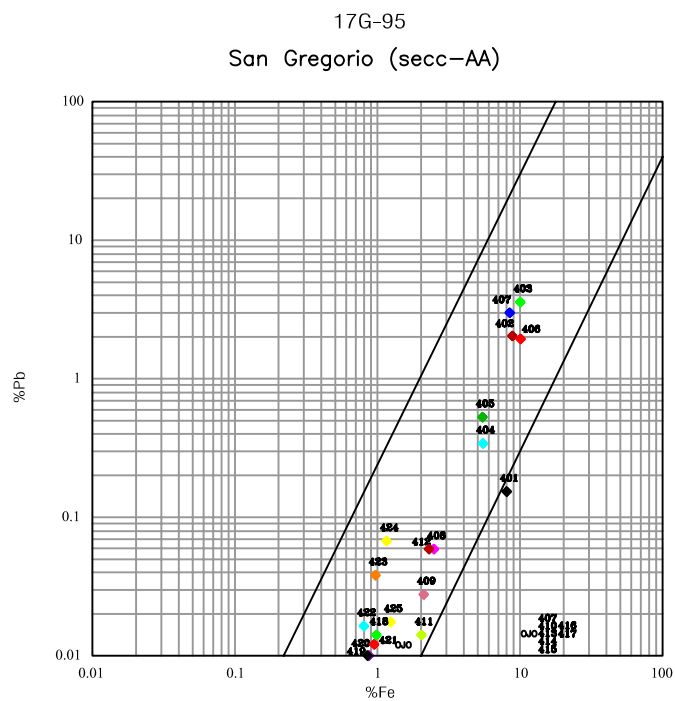
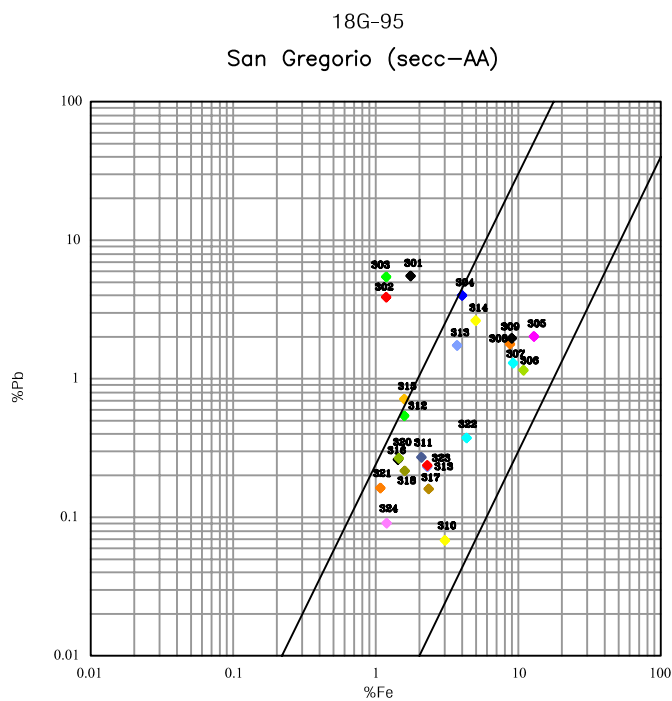
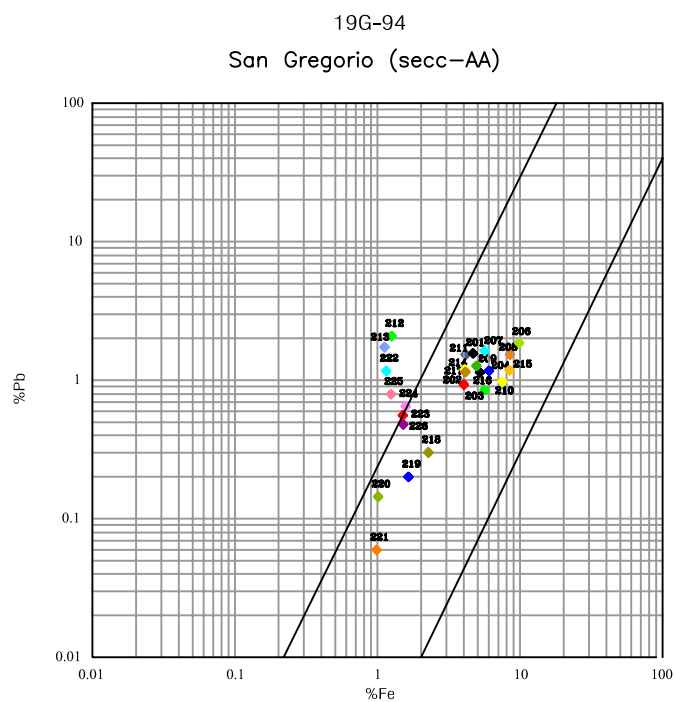
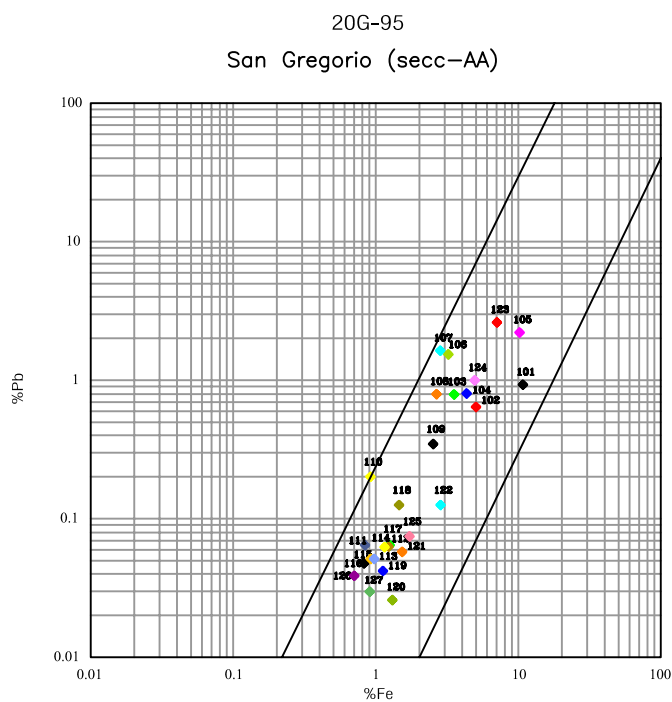


Fig. 24

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

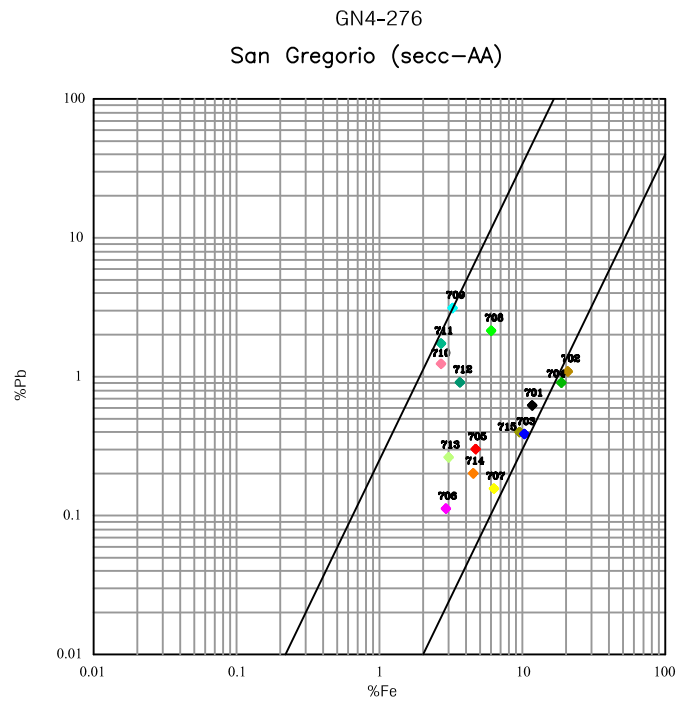
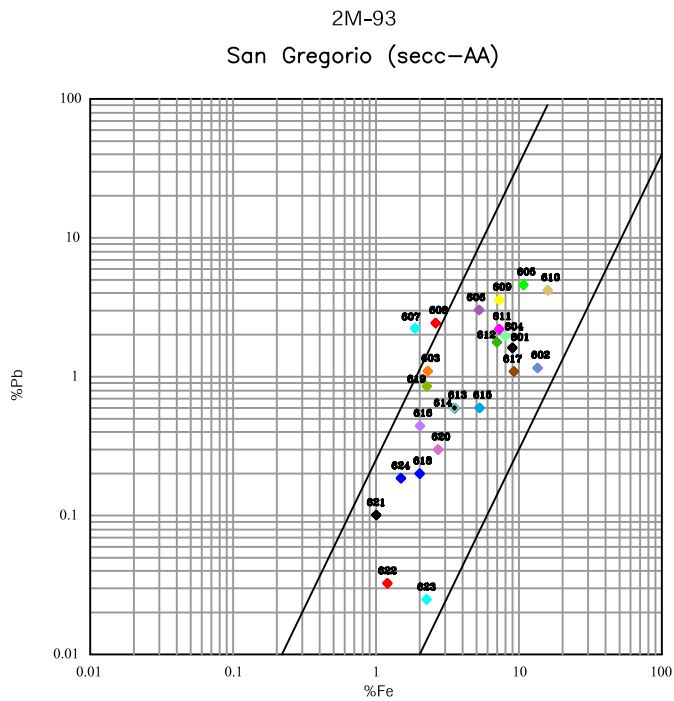
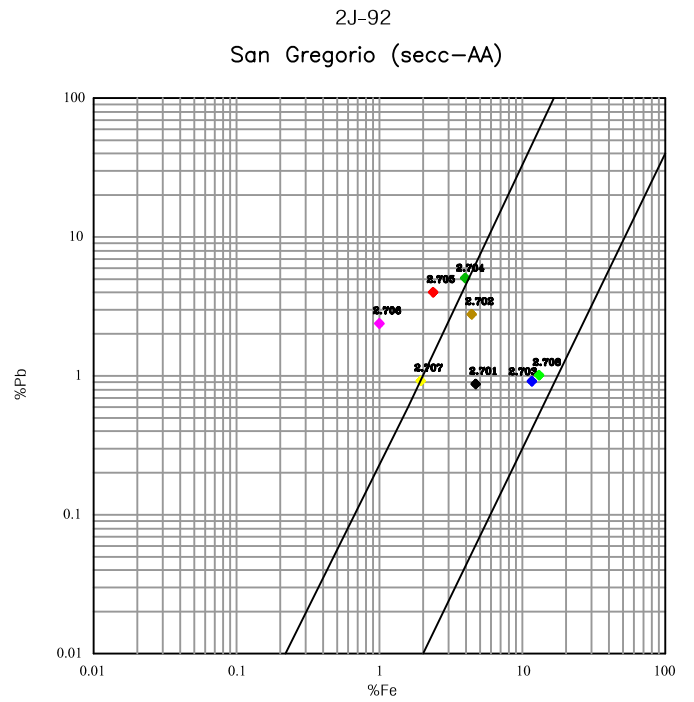
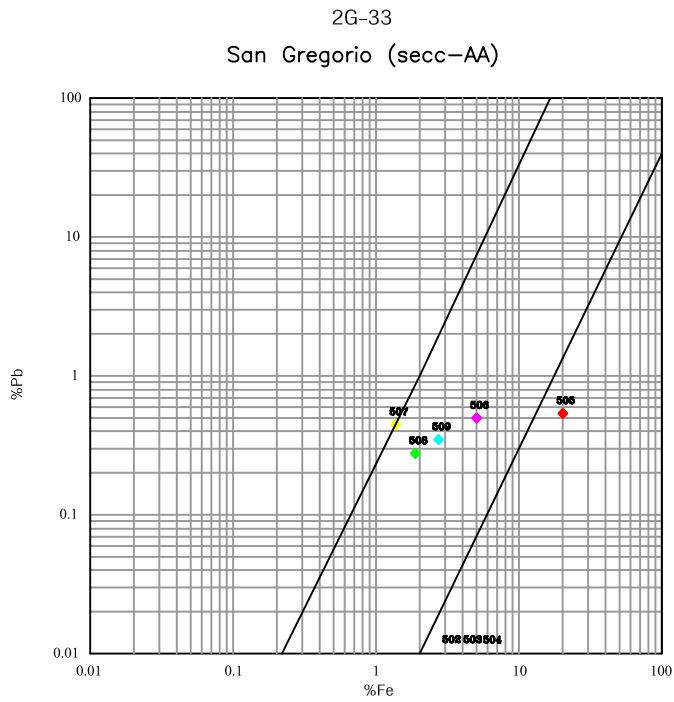
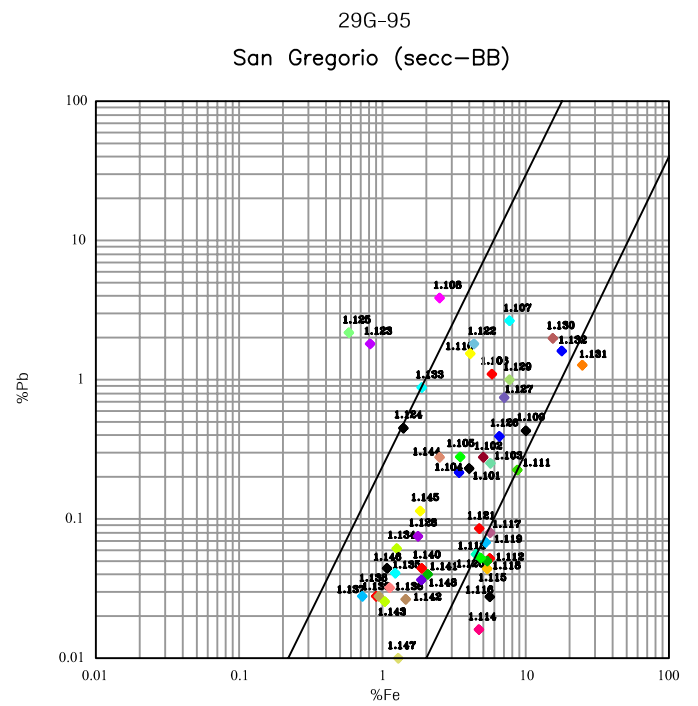
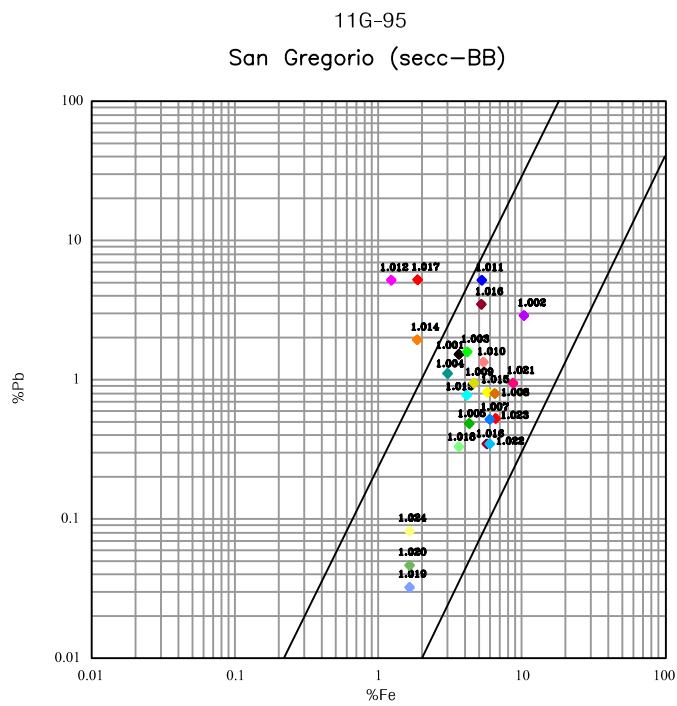
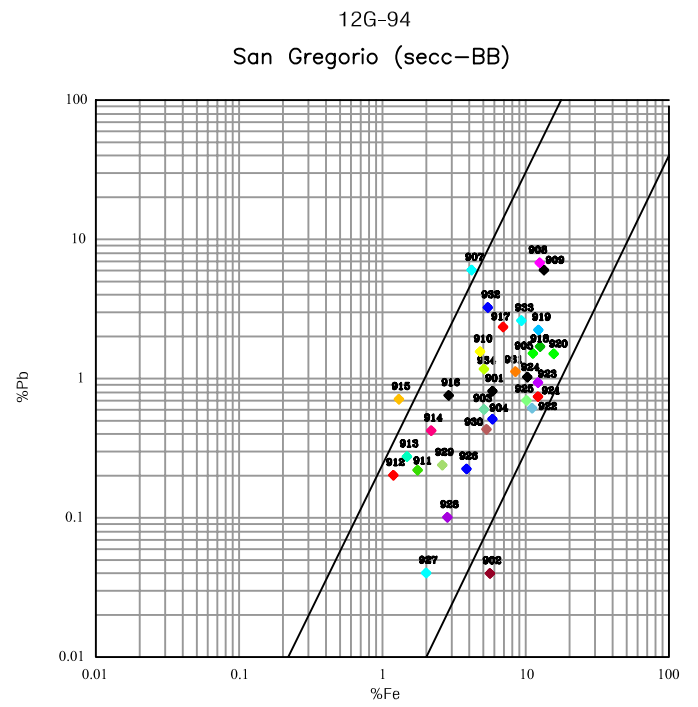
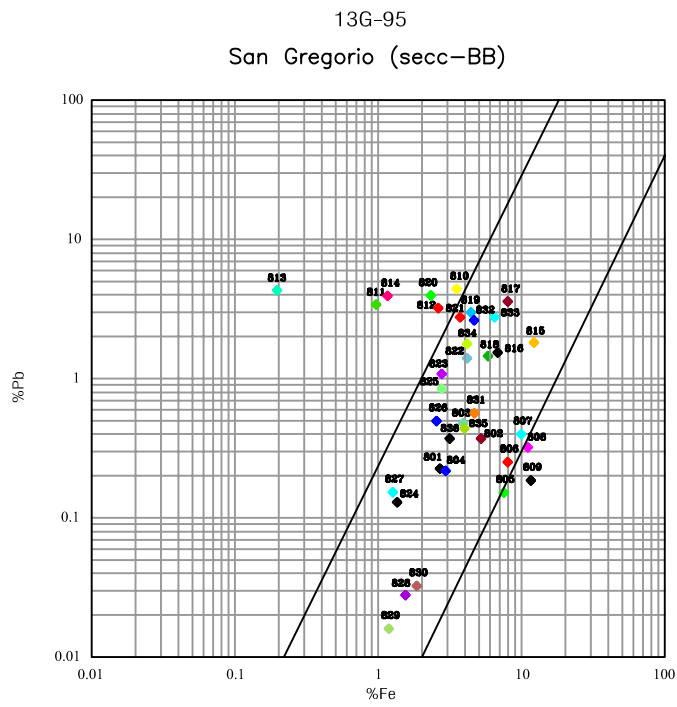


Fig. 25

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS



GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

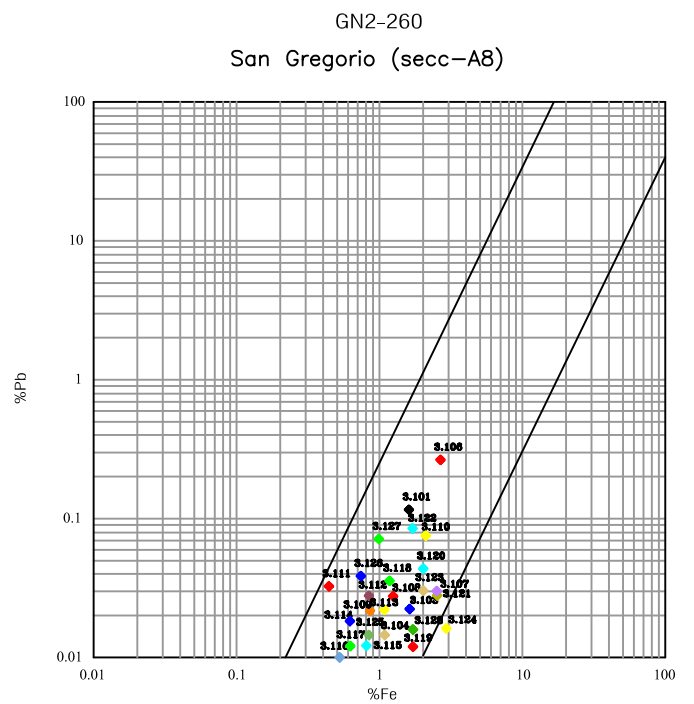
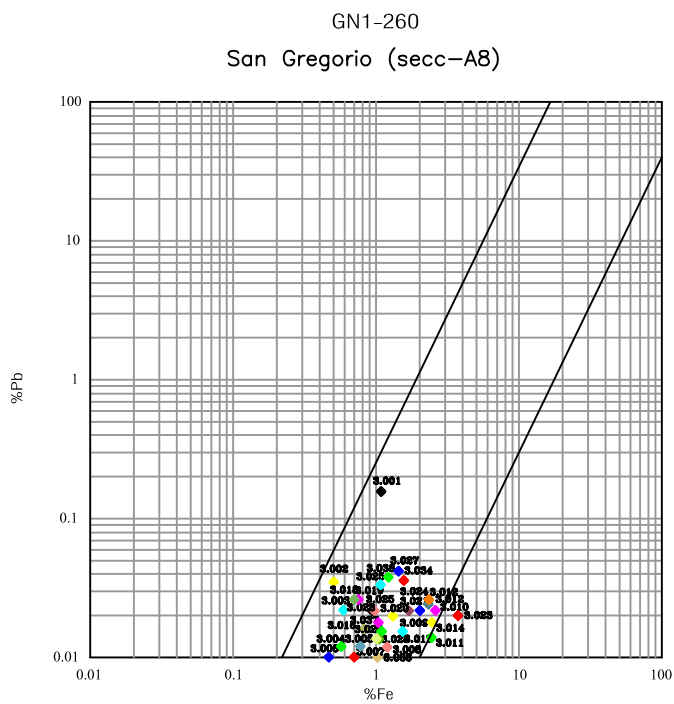
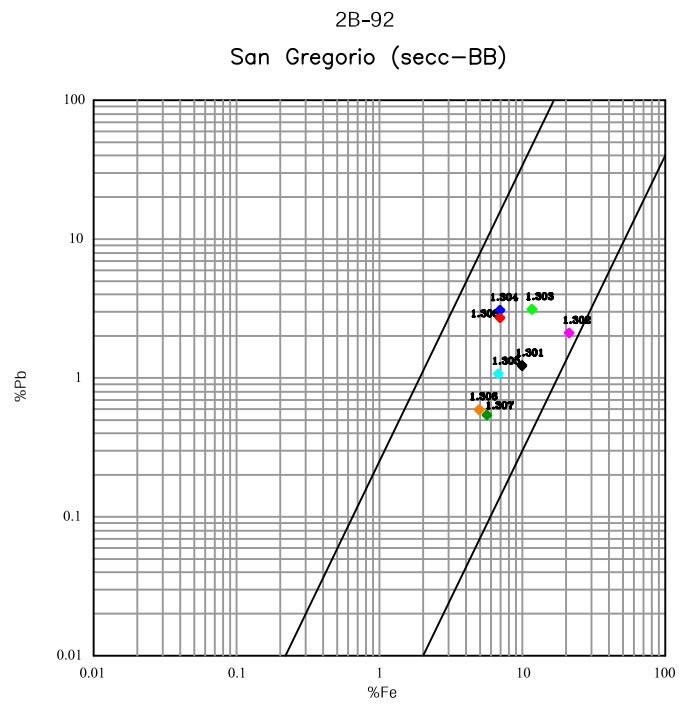
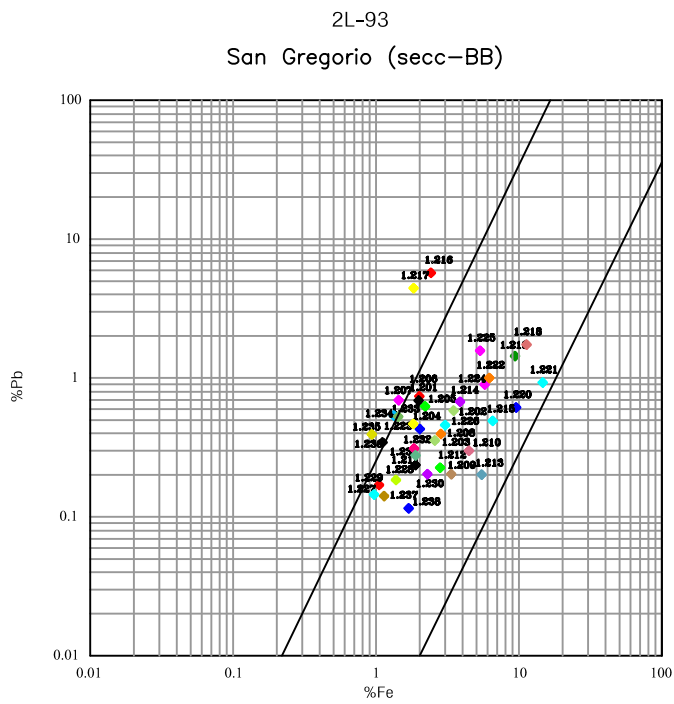


Fig. 27

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

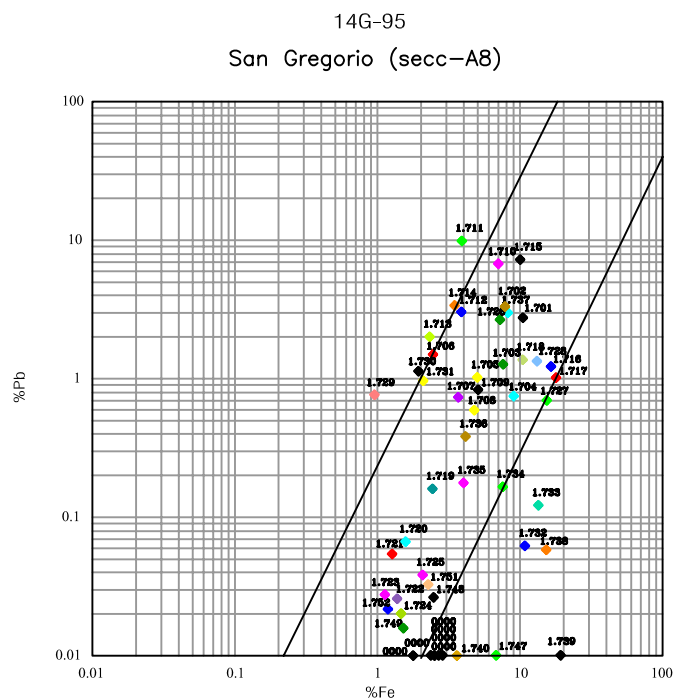
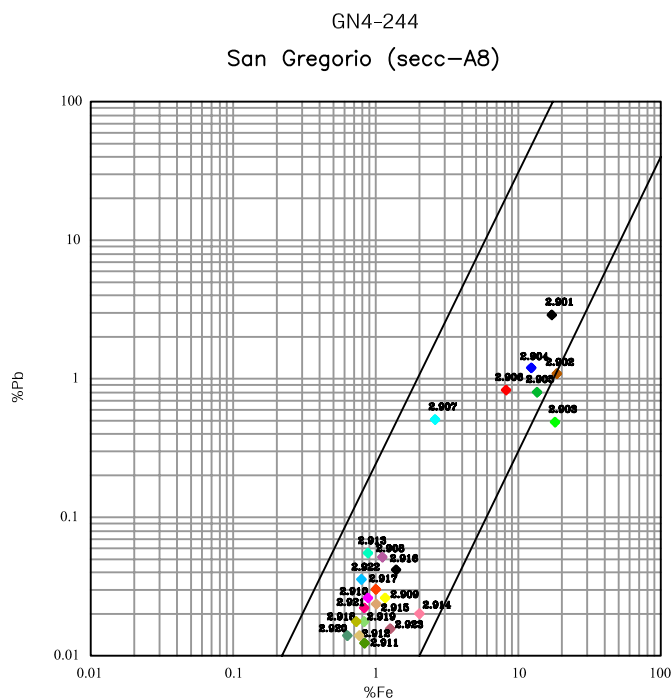
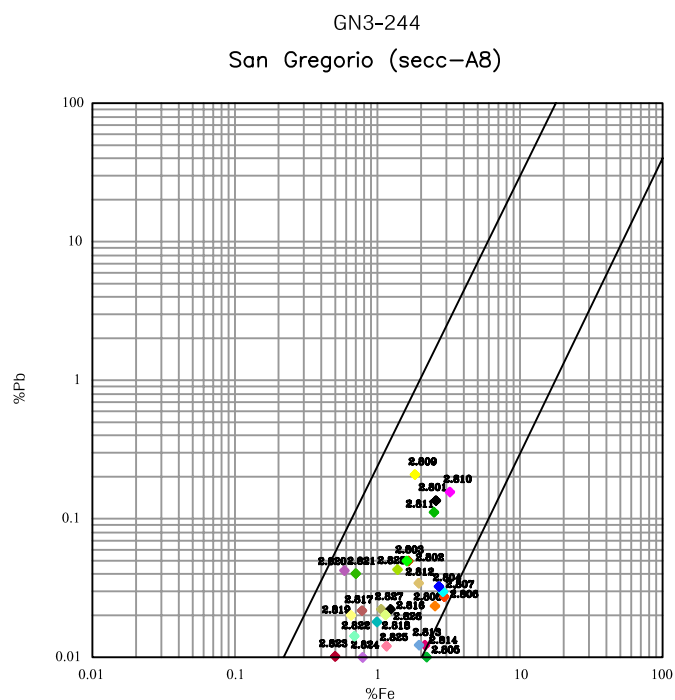
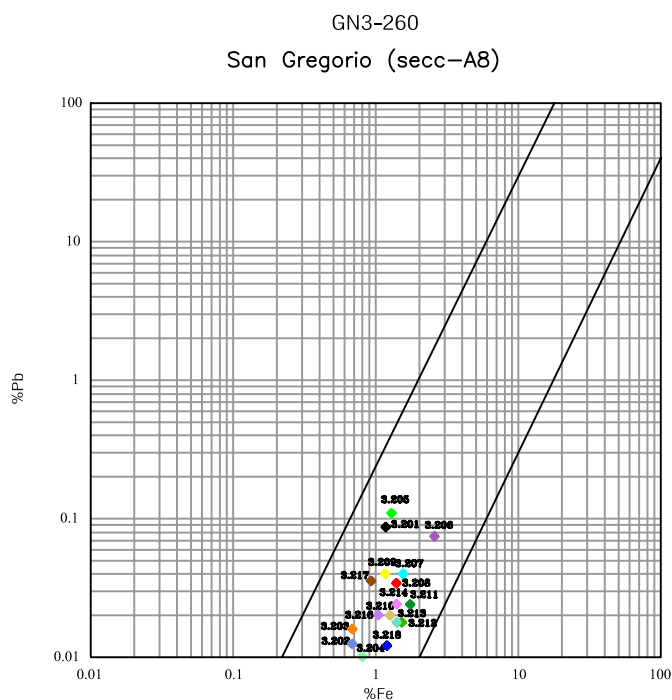


Fig. 28

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

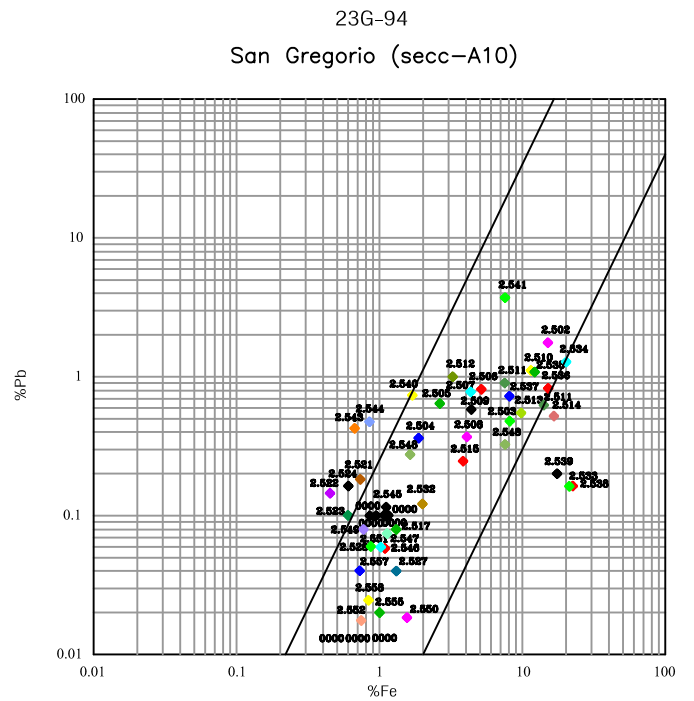
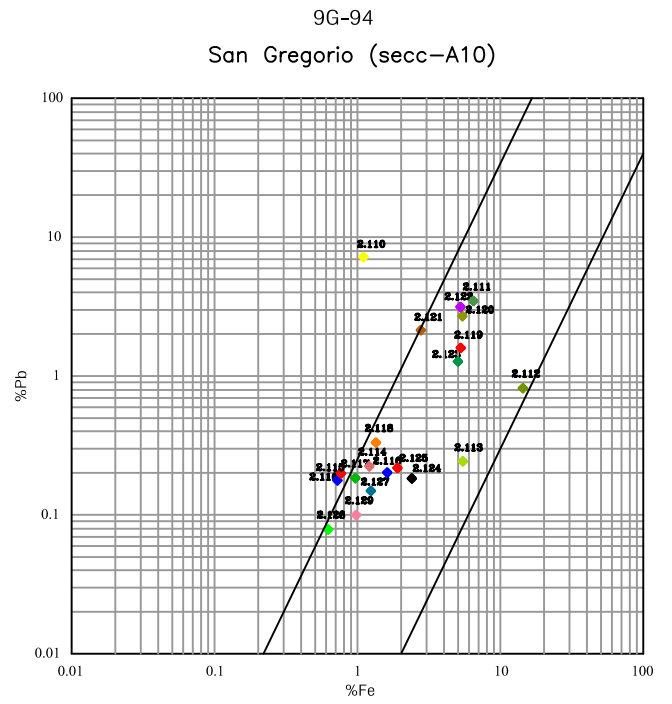
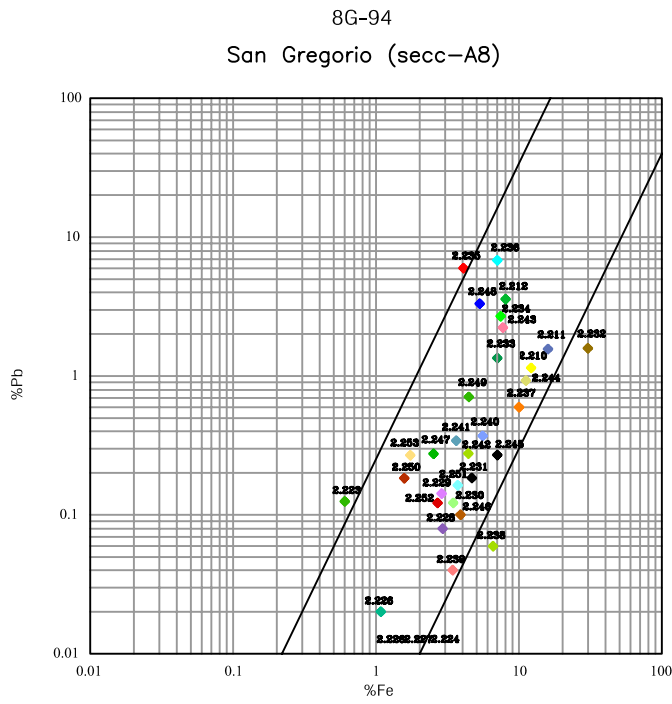


Fig. 29

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

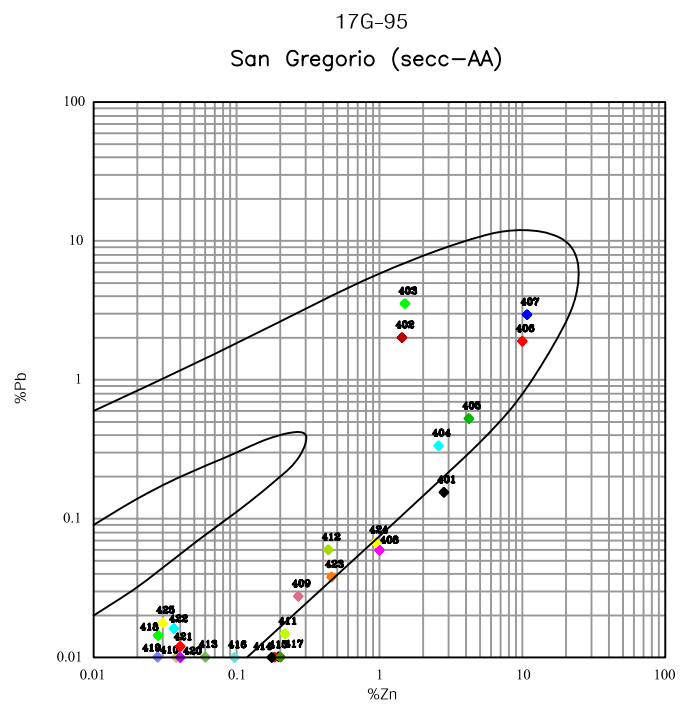
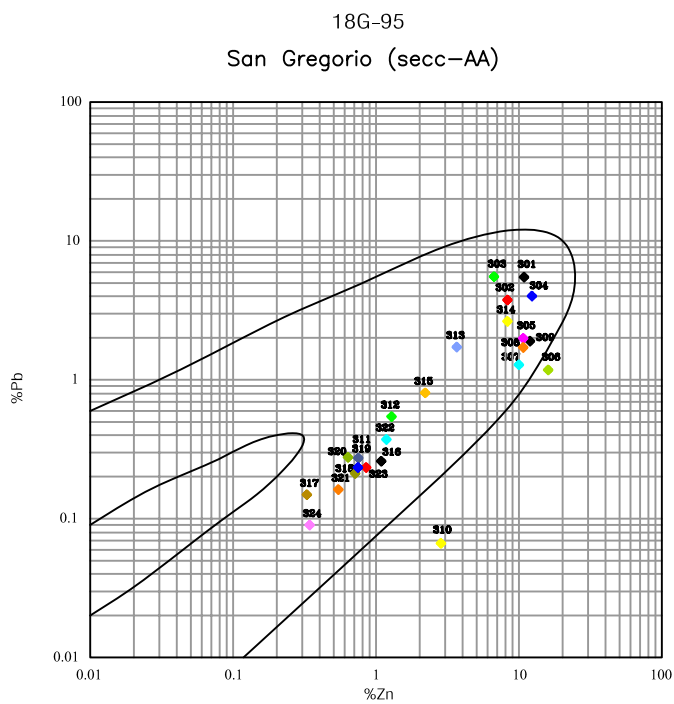
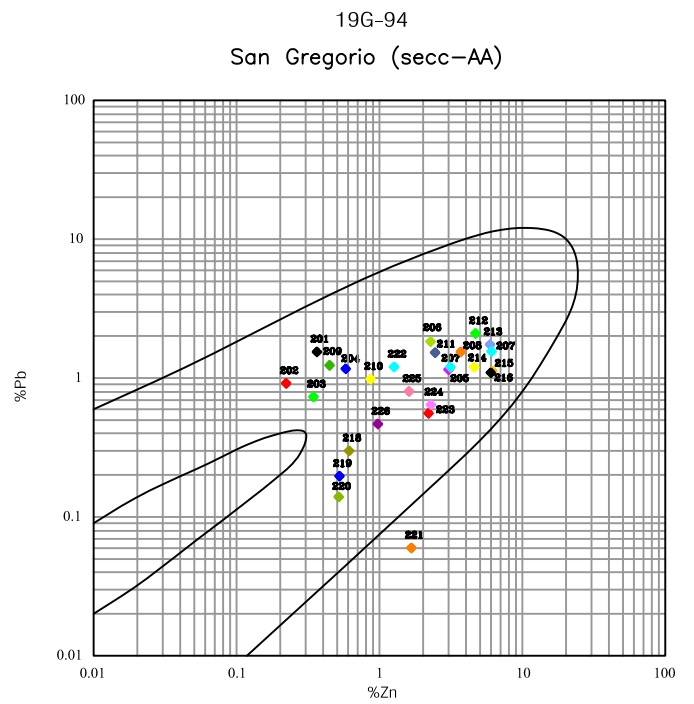
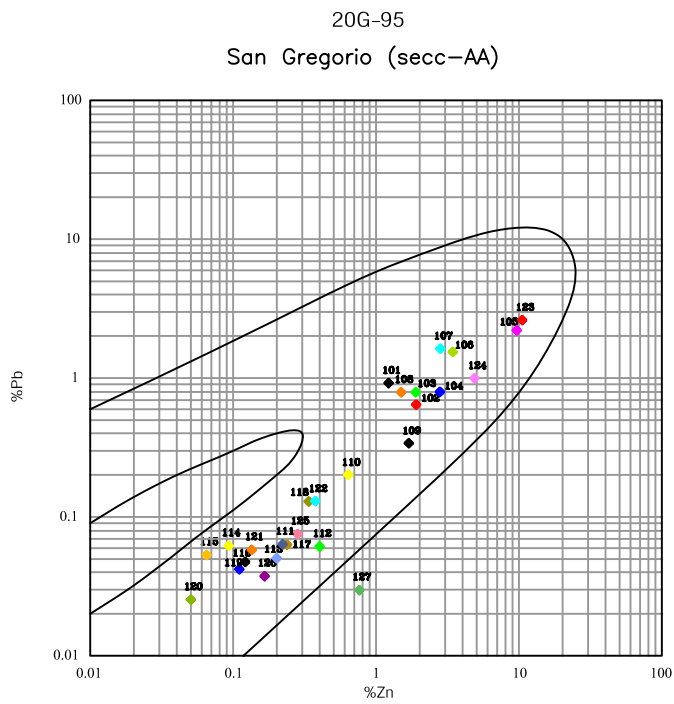


Fig. 30

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

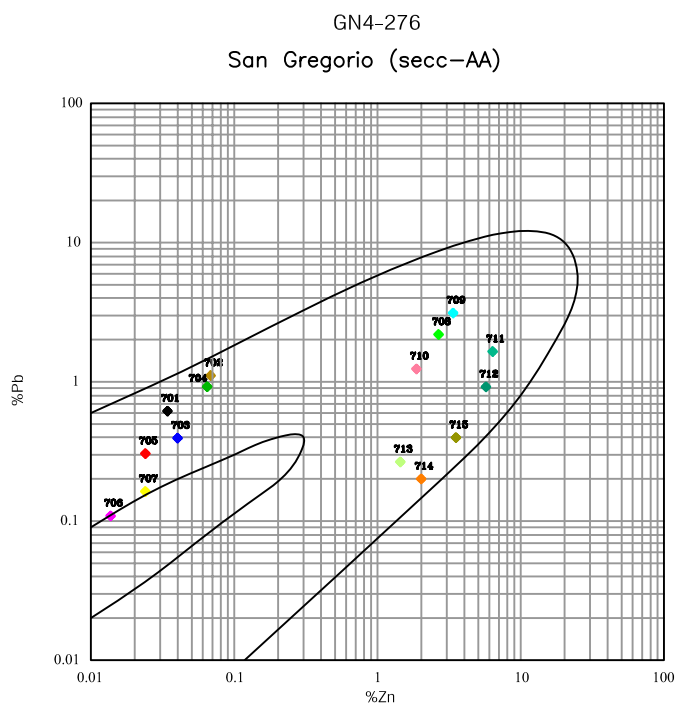
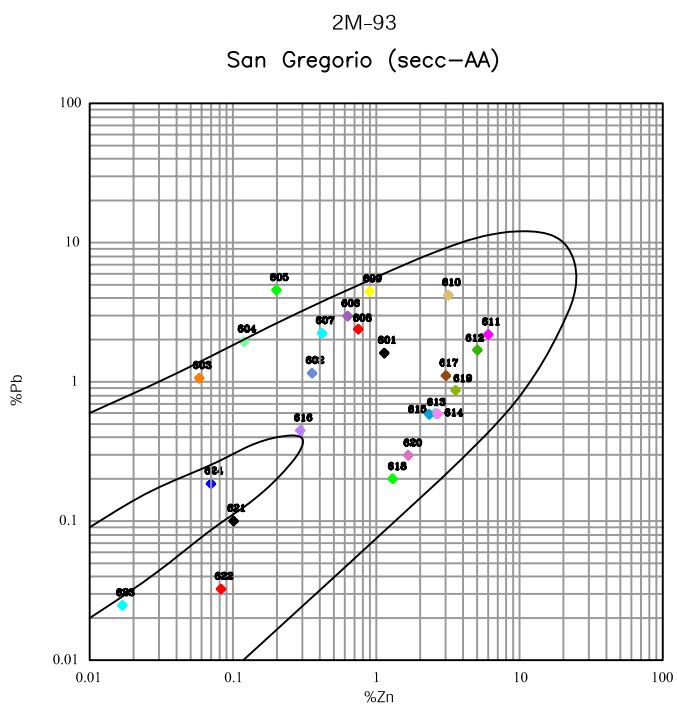
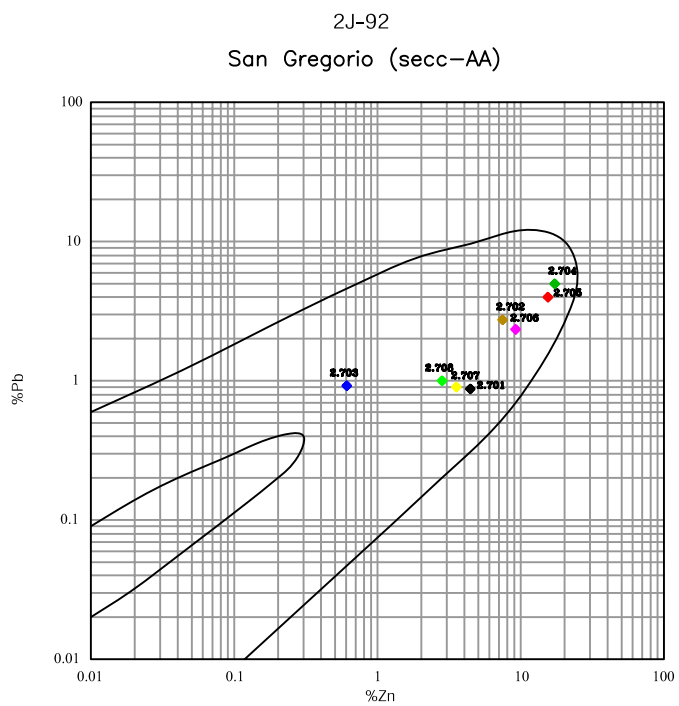
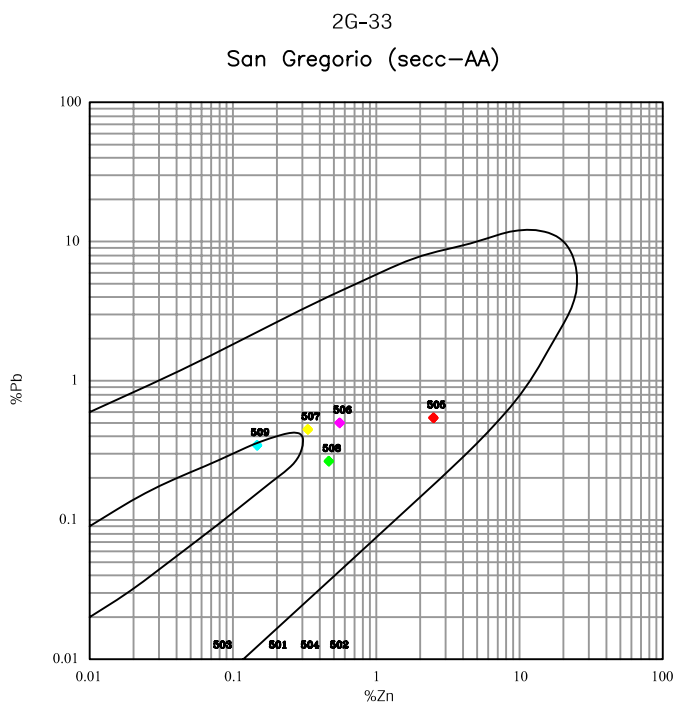


Fig. 31

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

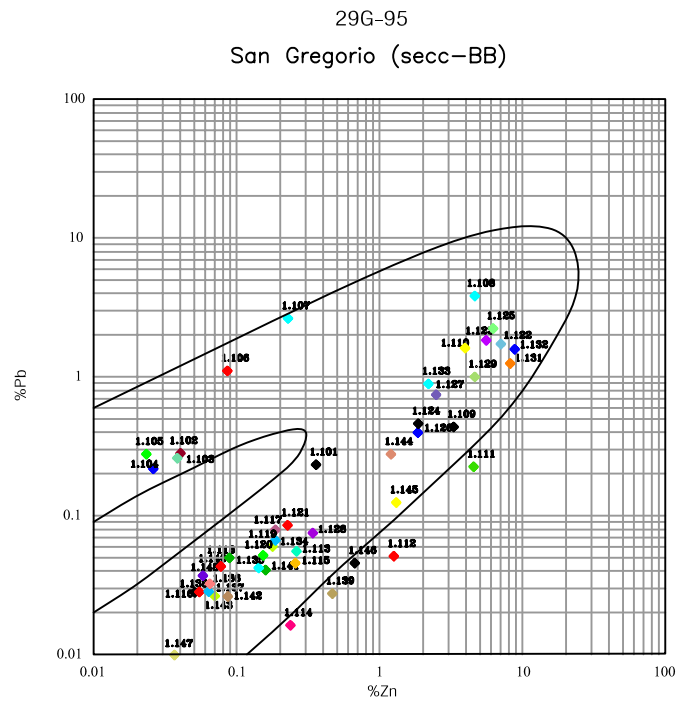
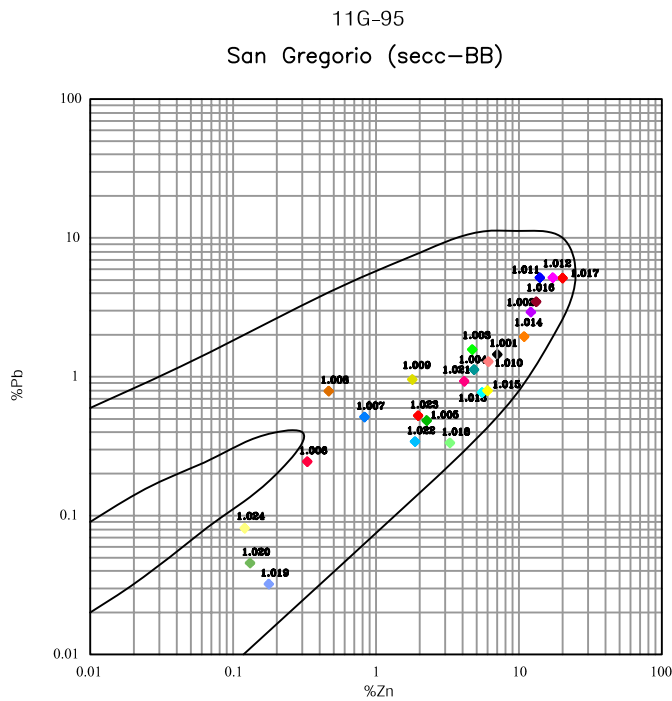
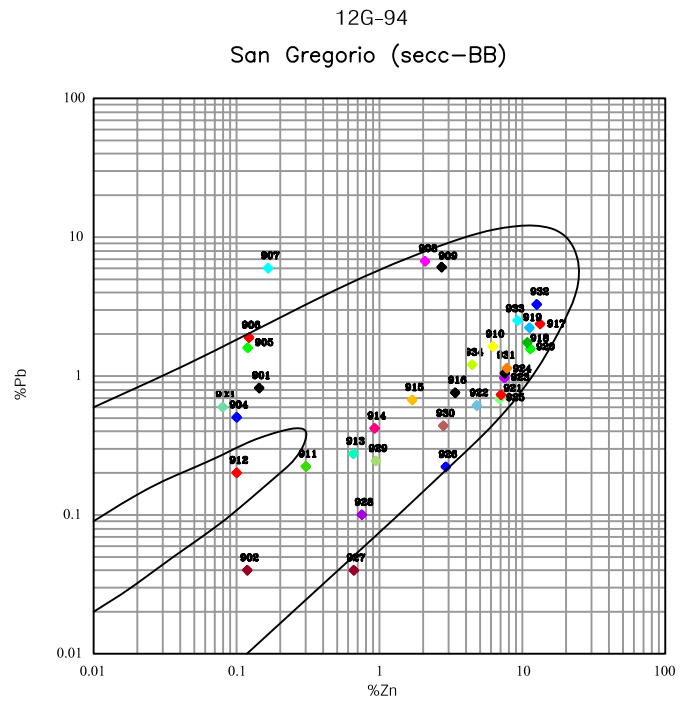
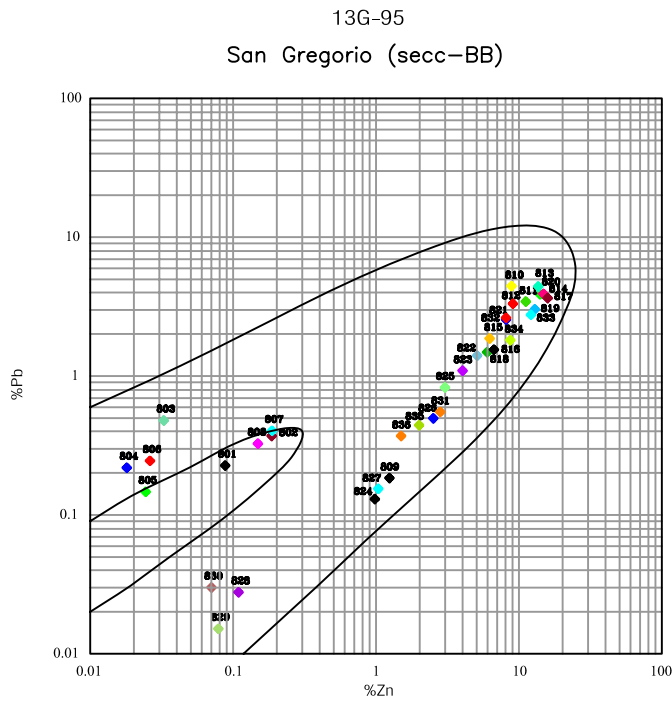


Fig. 32

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

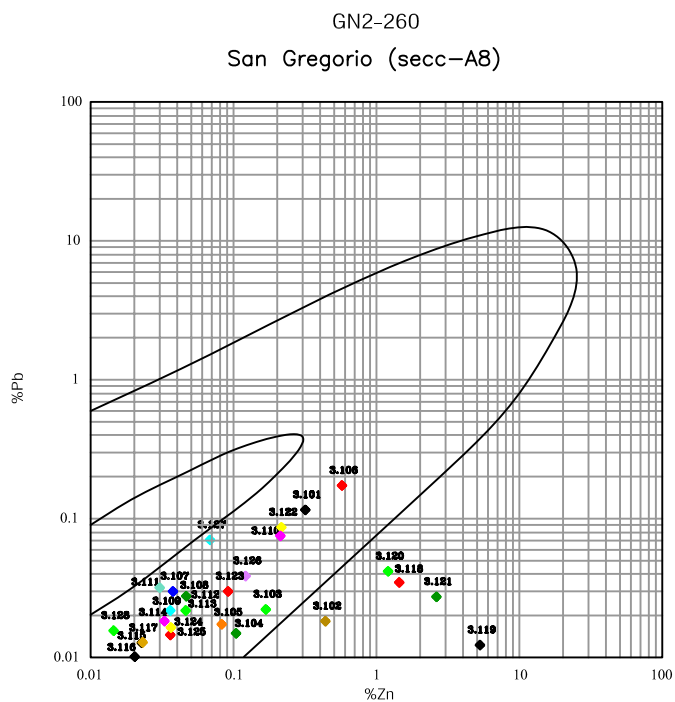
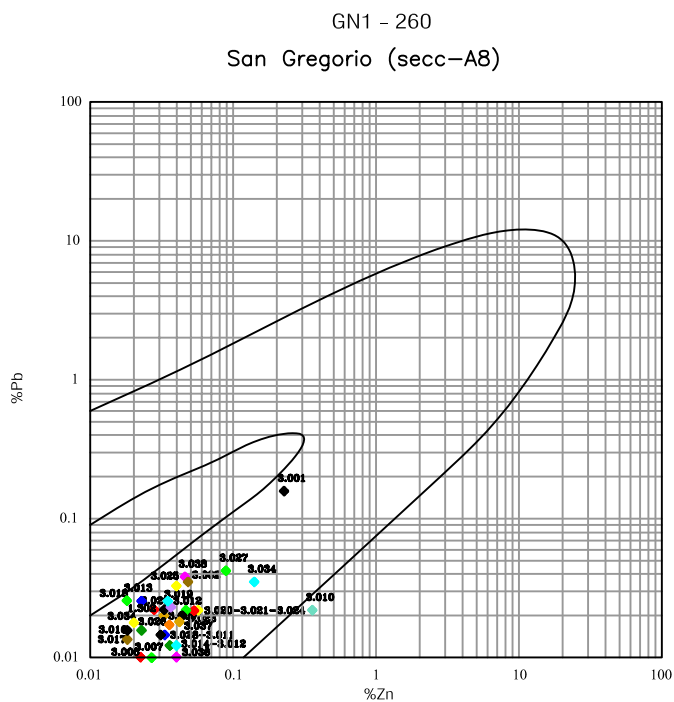
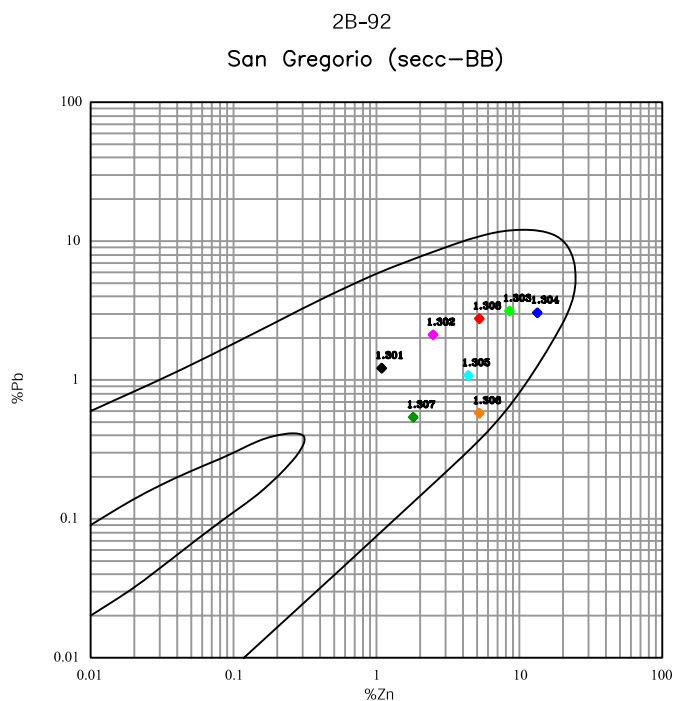
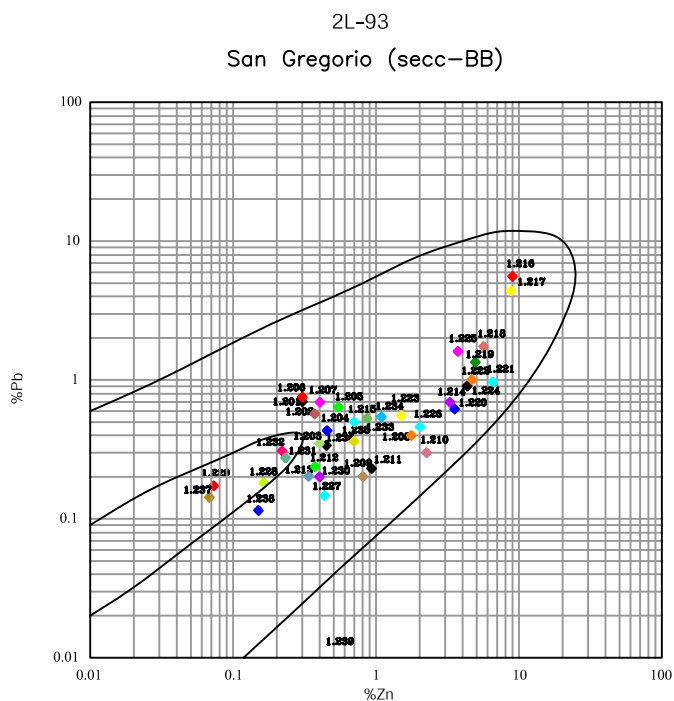


Fig. 33

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

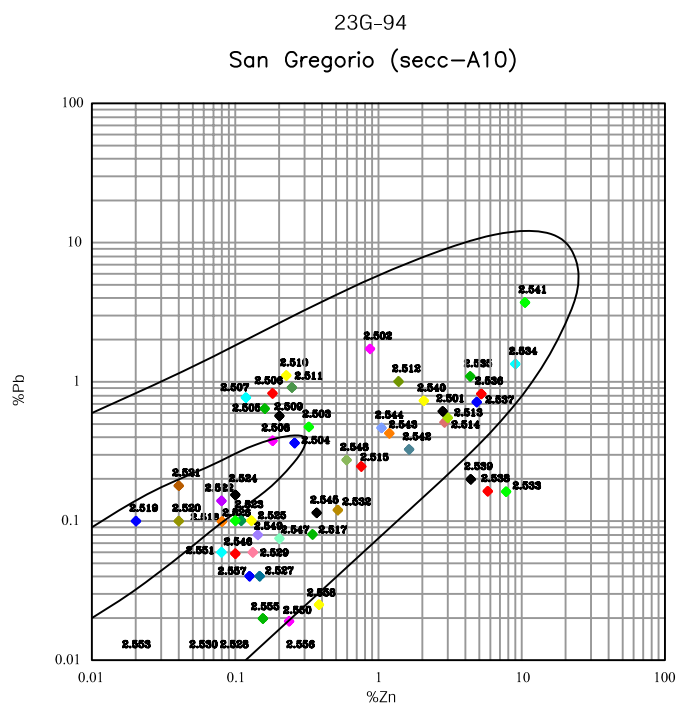
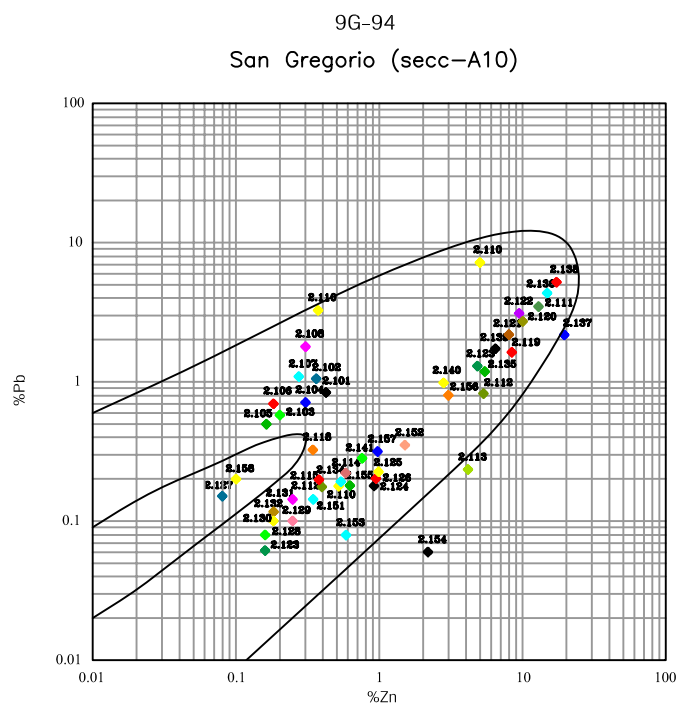
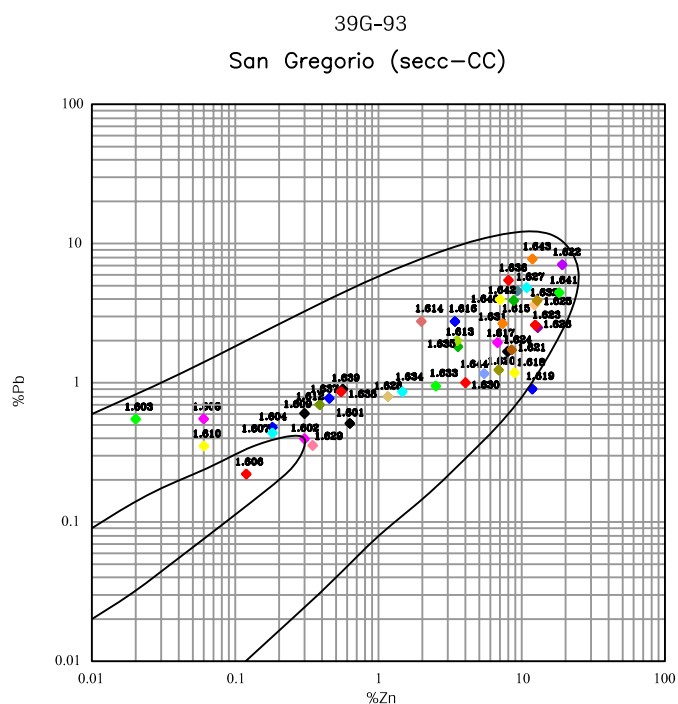
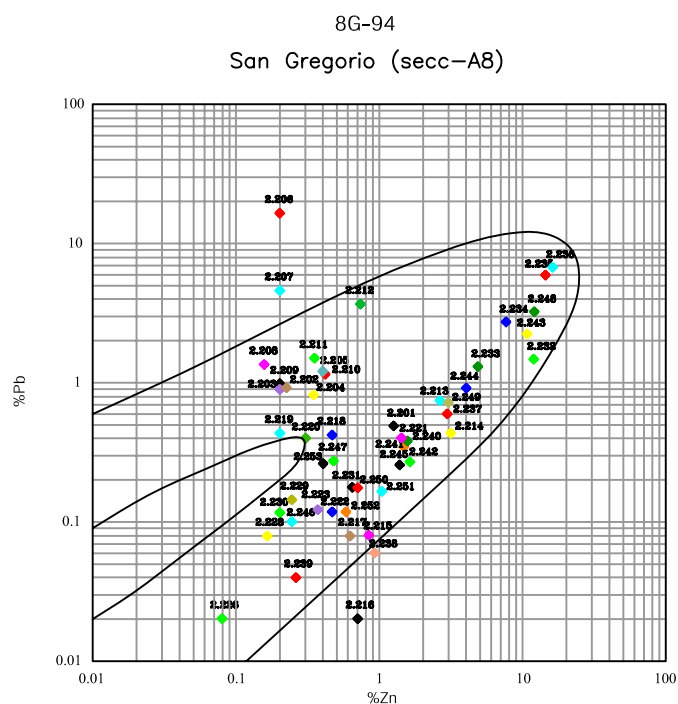
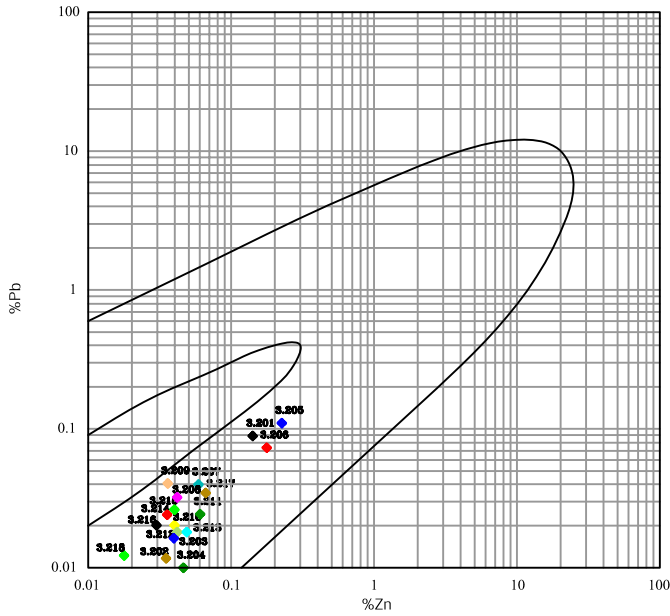


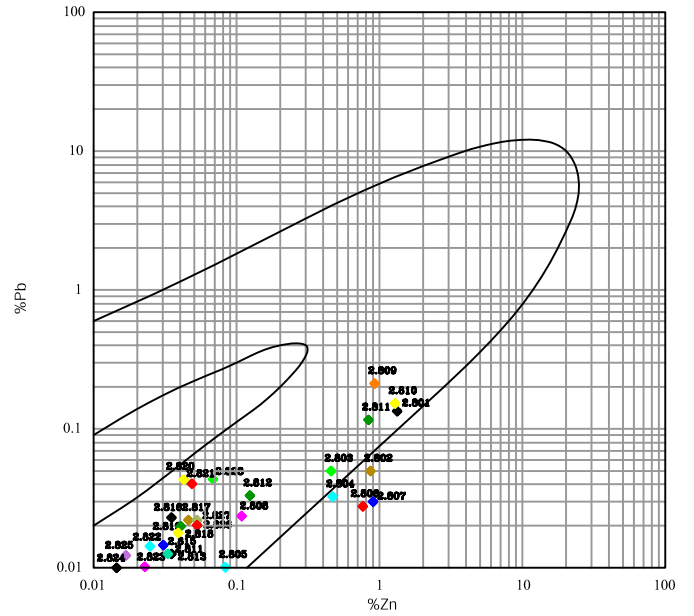
Fig. 34

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

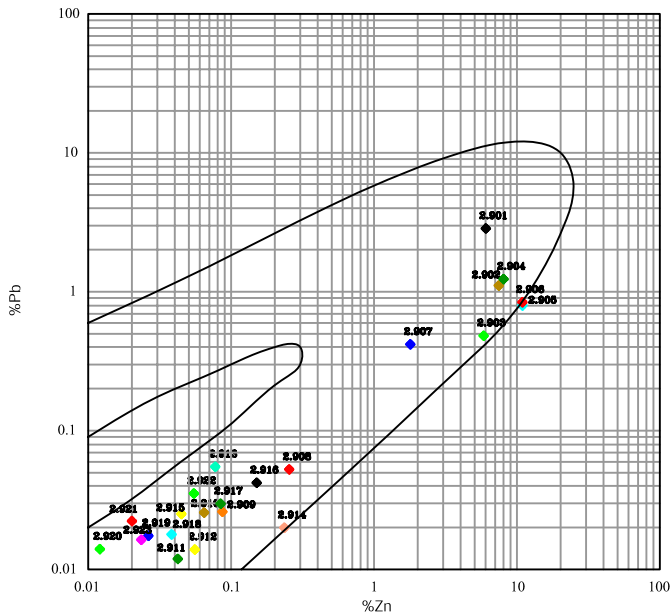
GN3-260
San Gregorio (secc-A8)



GN3-244
San Gregorio (secc-A8)



GN4-244
San Gregorio (secc-A8)



14G-95
San Gregorio (secc-A8)

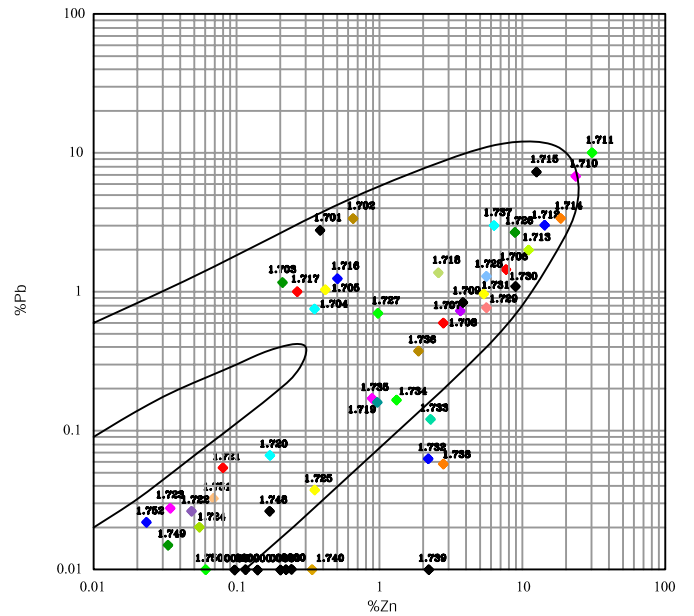


Fig. 35

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

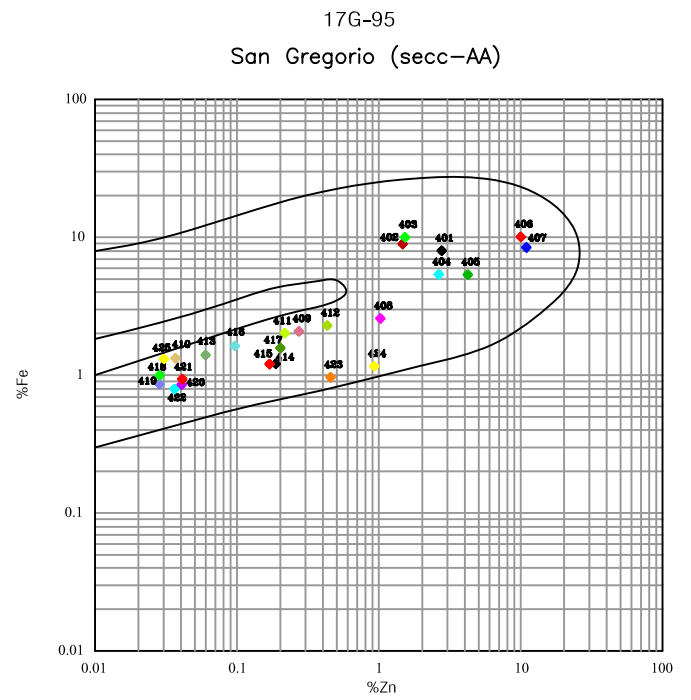
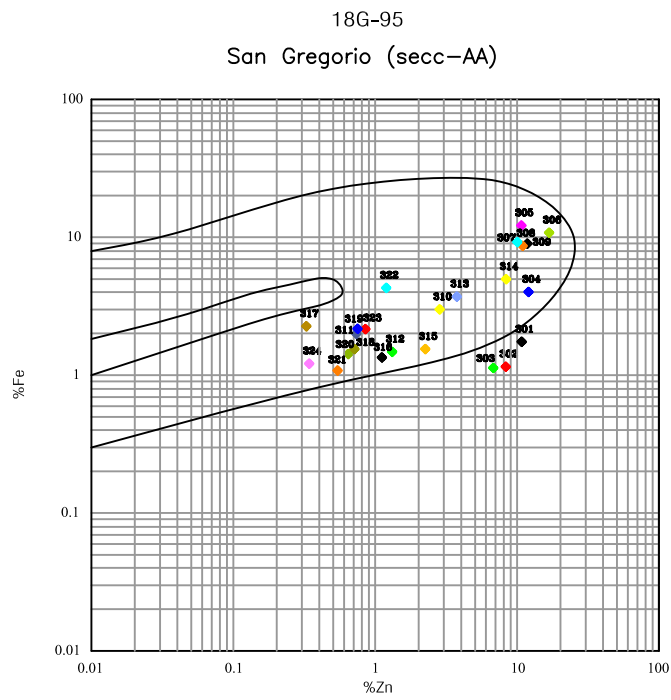
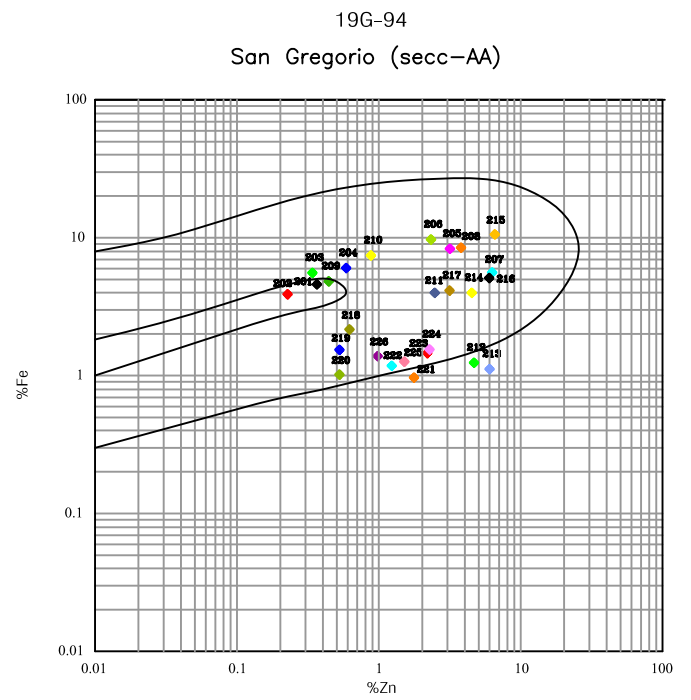
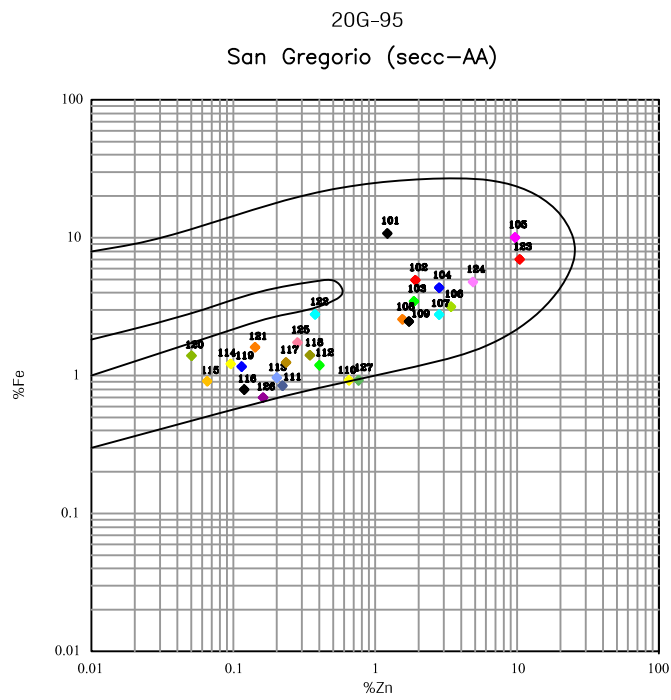


Fig. 36

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

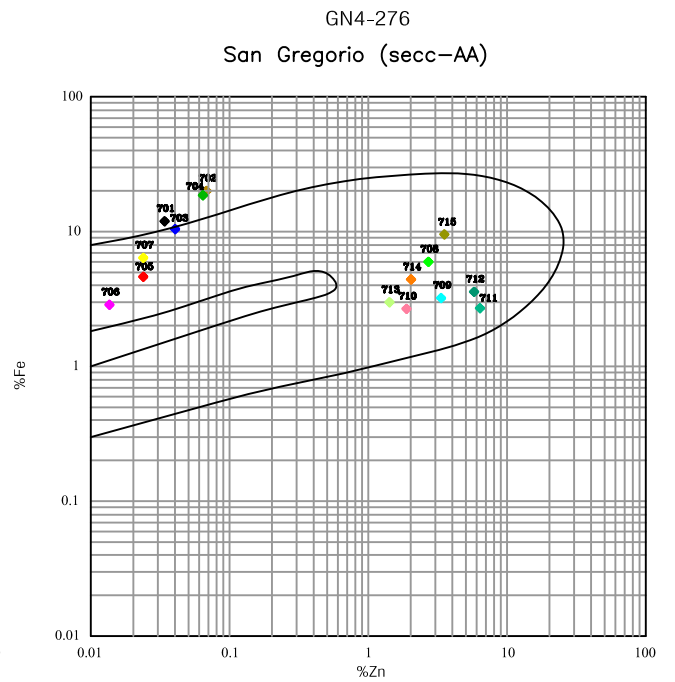
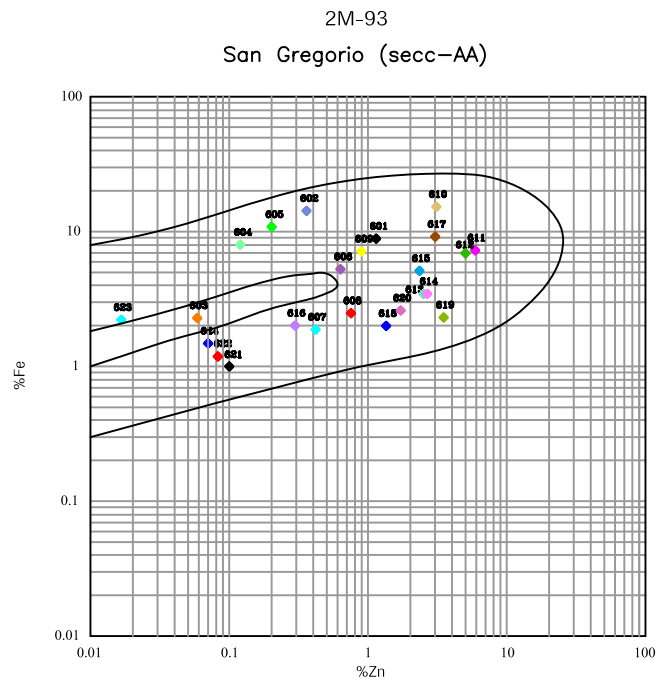
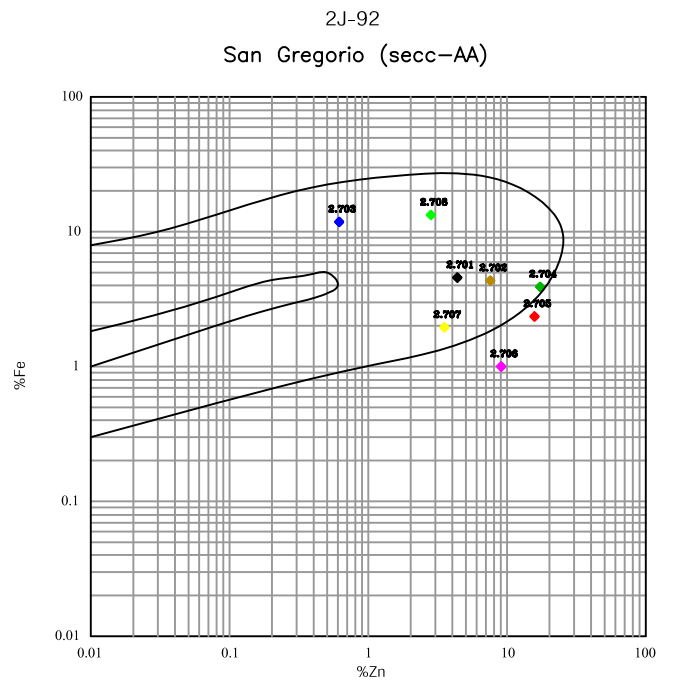
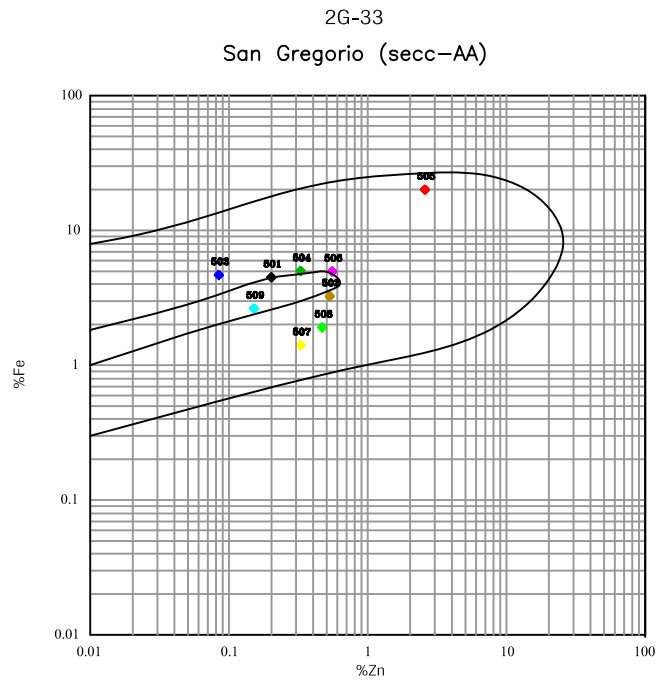
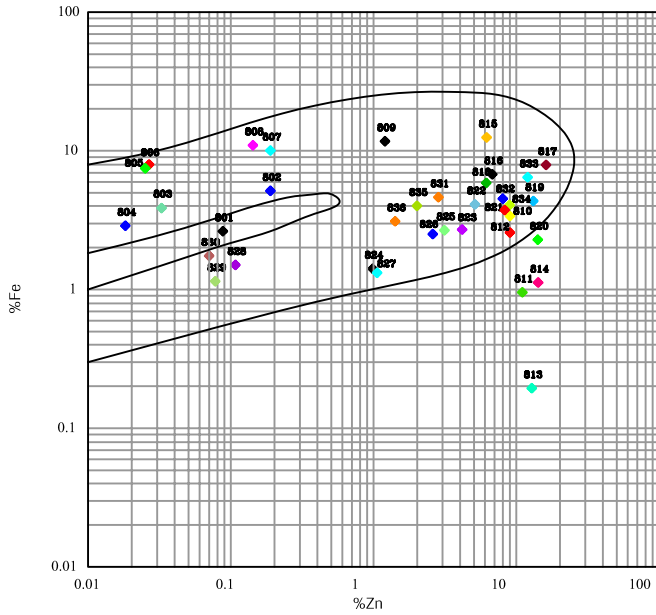


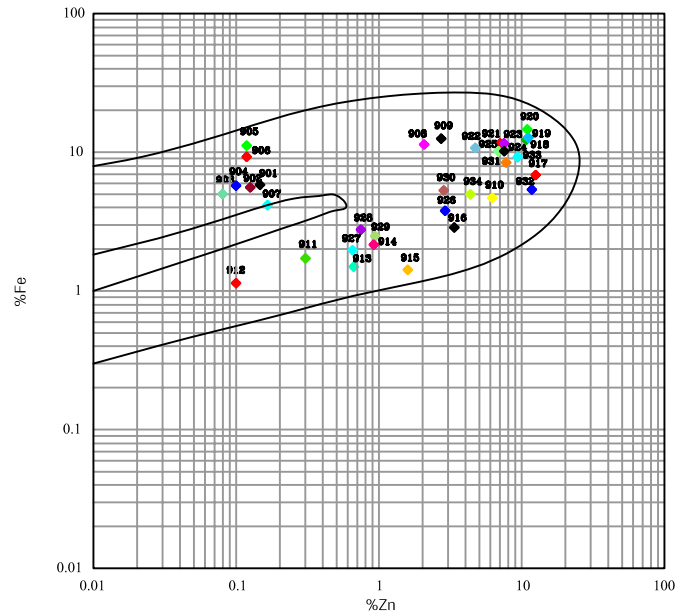
Fig. 37

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

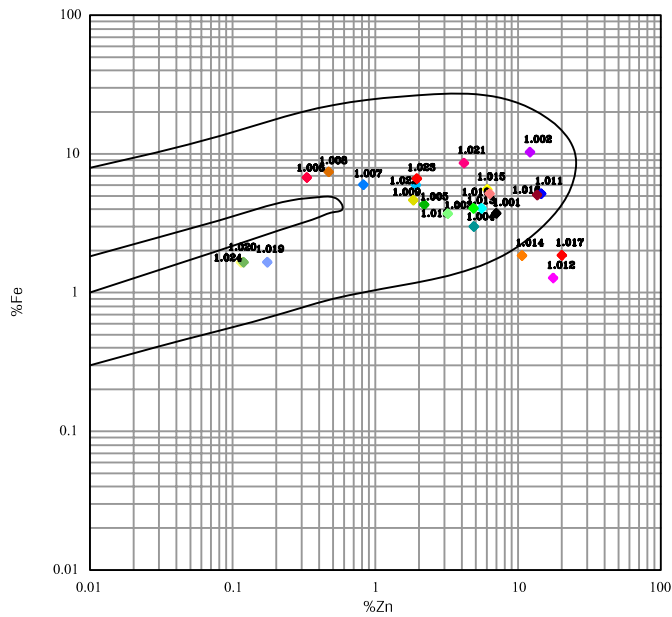
13G-95
San Gregorio (secc-BB)



12G-94
San Gregorio (secc-BB)



11G-95
San Gregorio (secc-BB)



29G-95
San Gregorio (secc-BB)

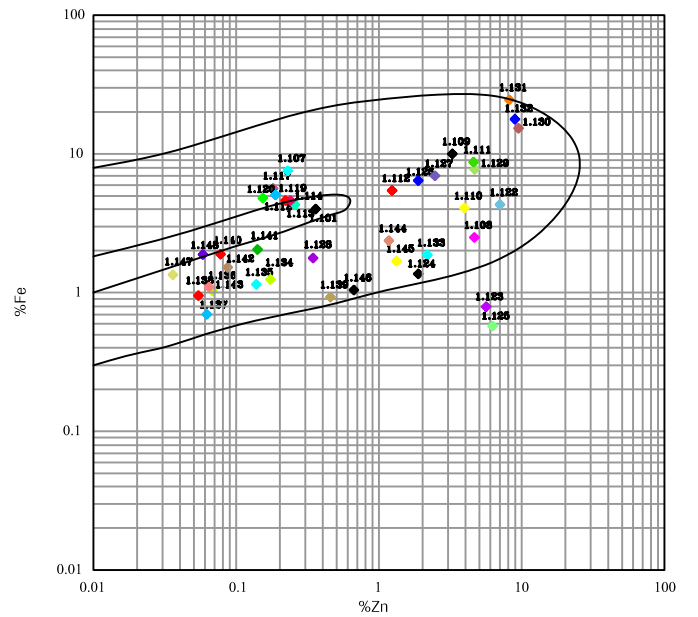


Fig. 38

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

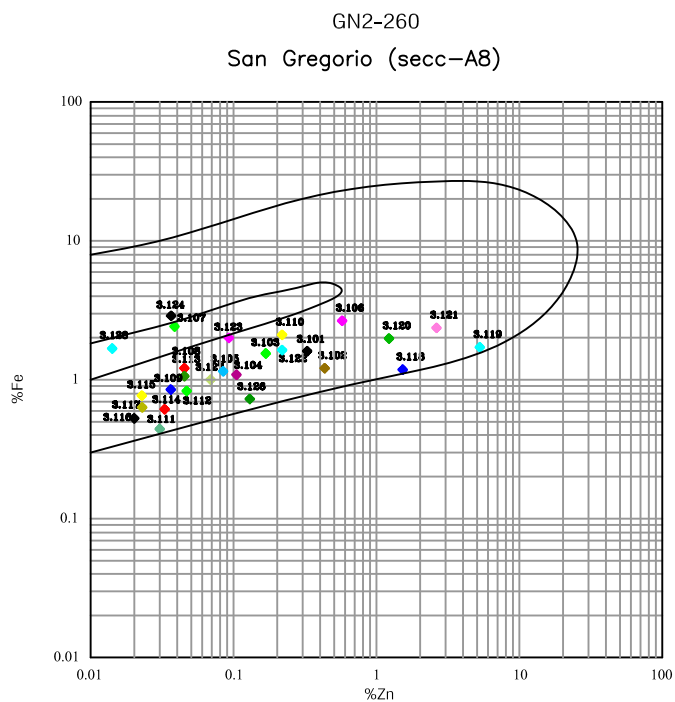
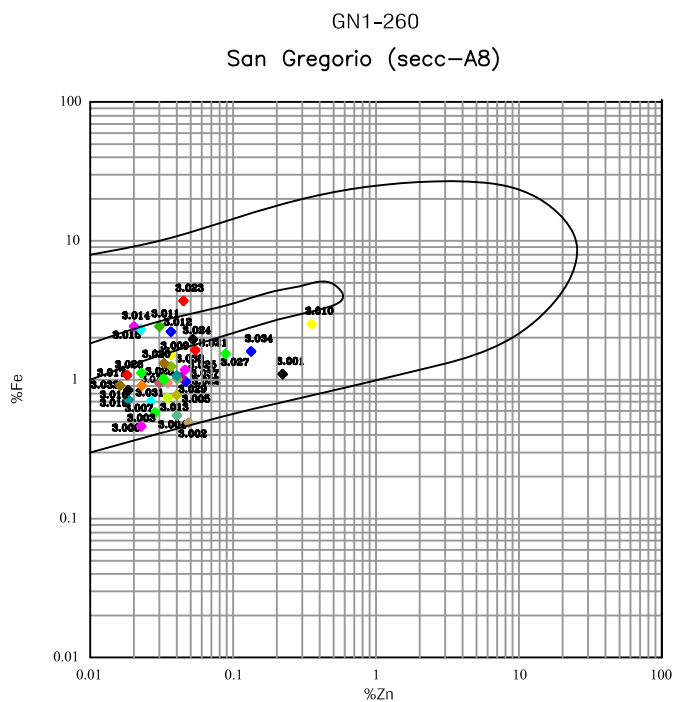
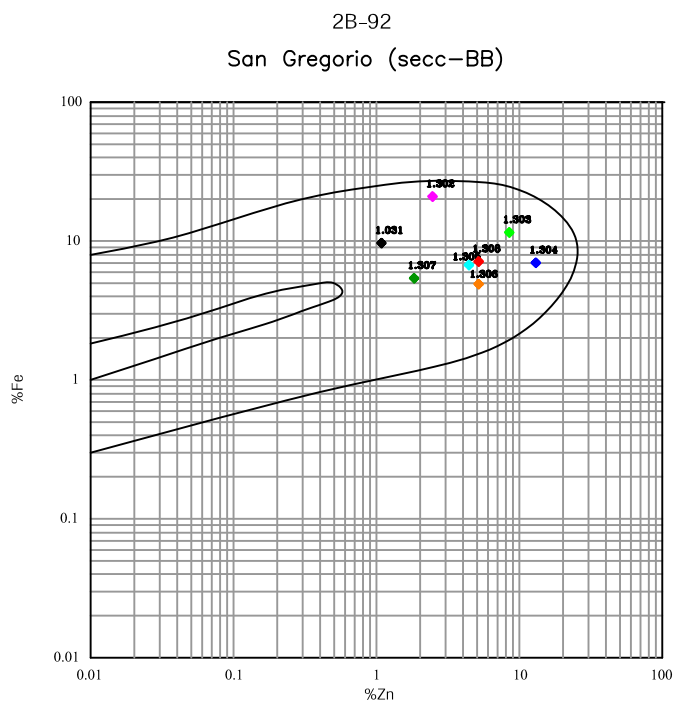
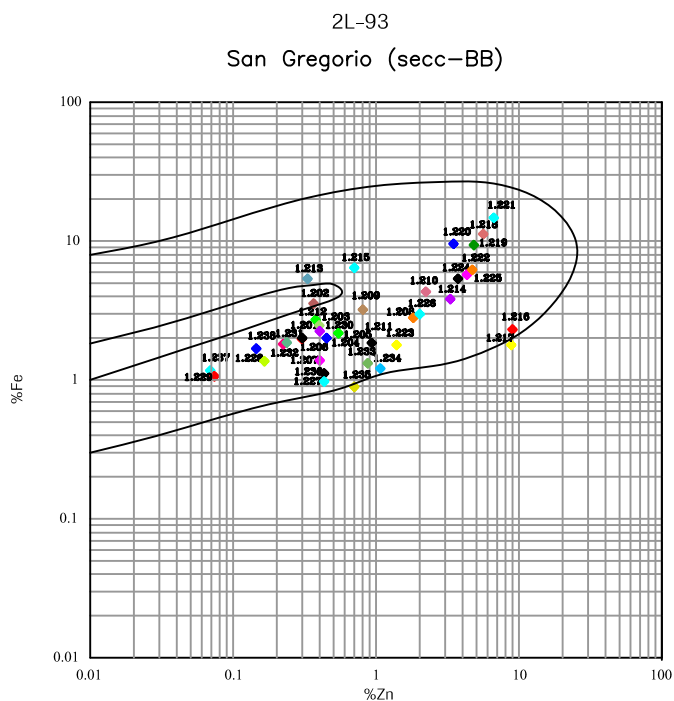


Fig. 39

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

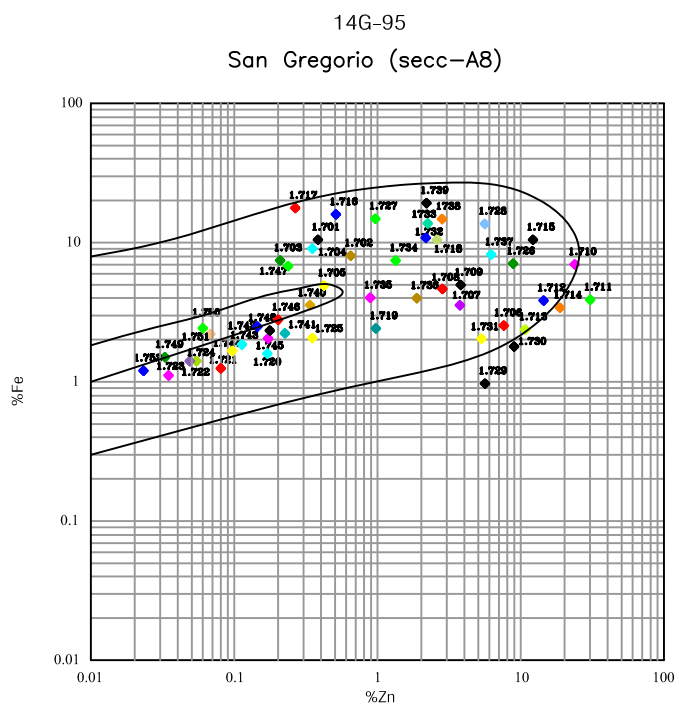
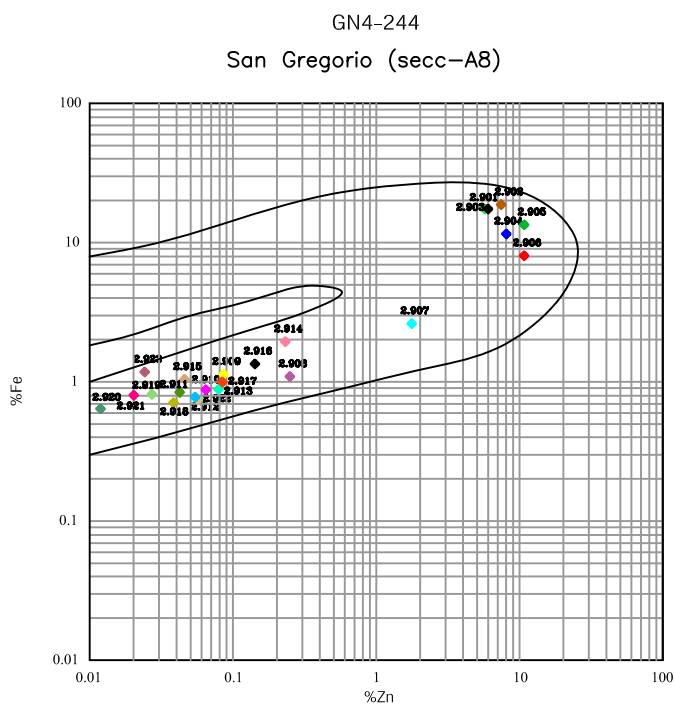
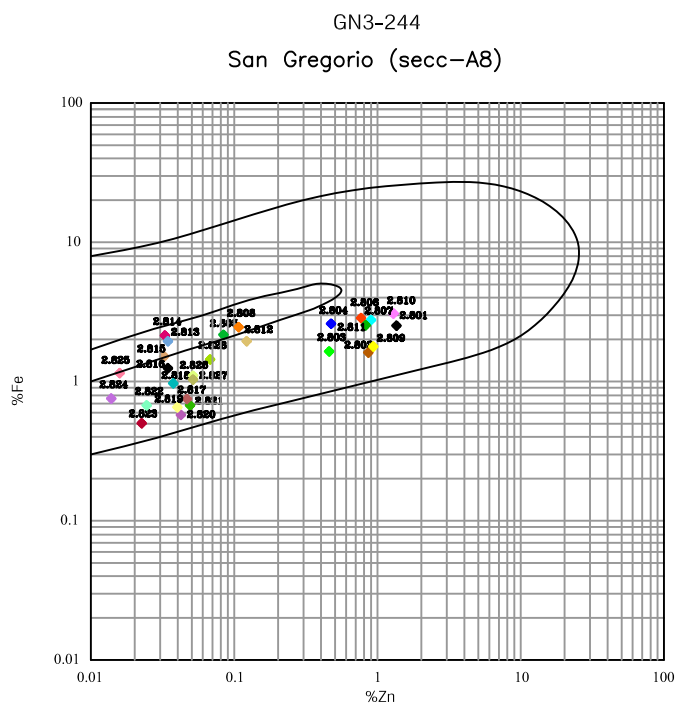
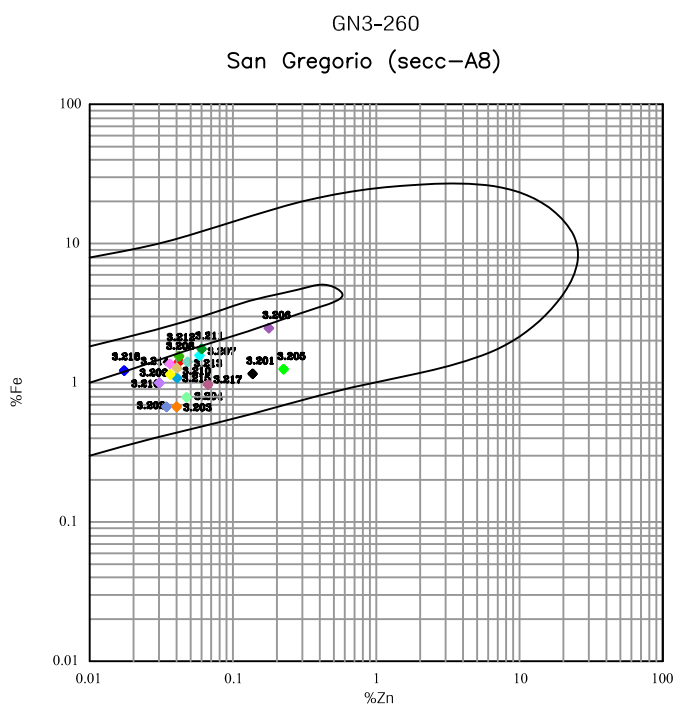


Fig. 40

GRÁFICOS DE LEYES QUÍMICAS

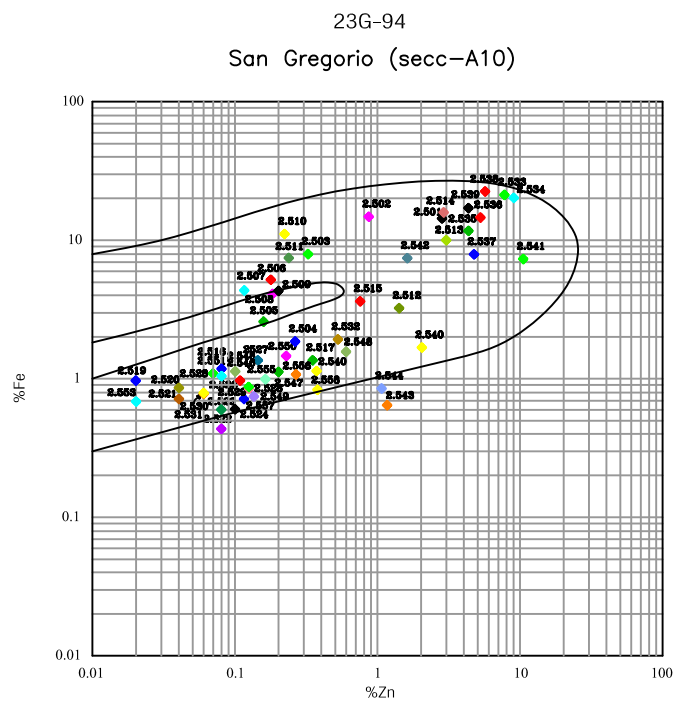
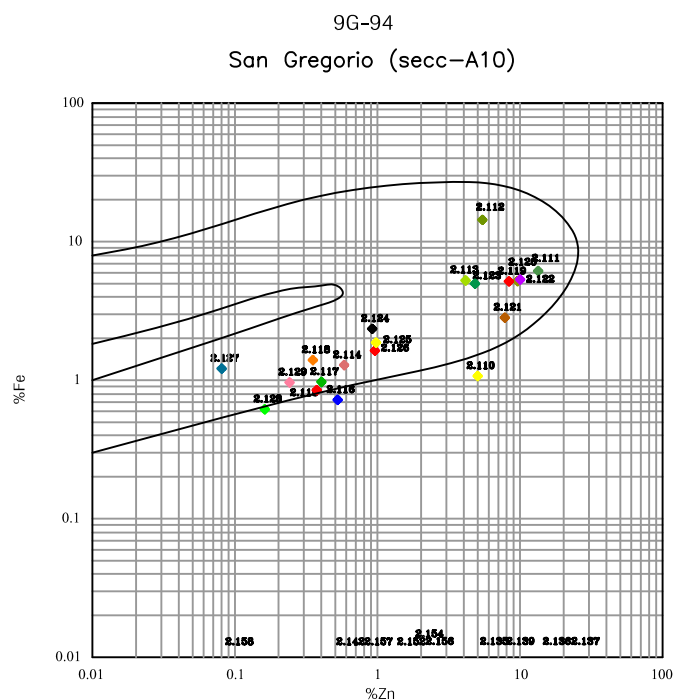
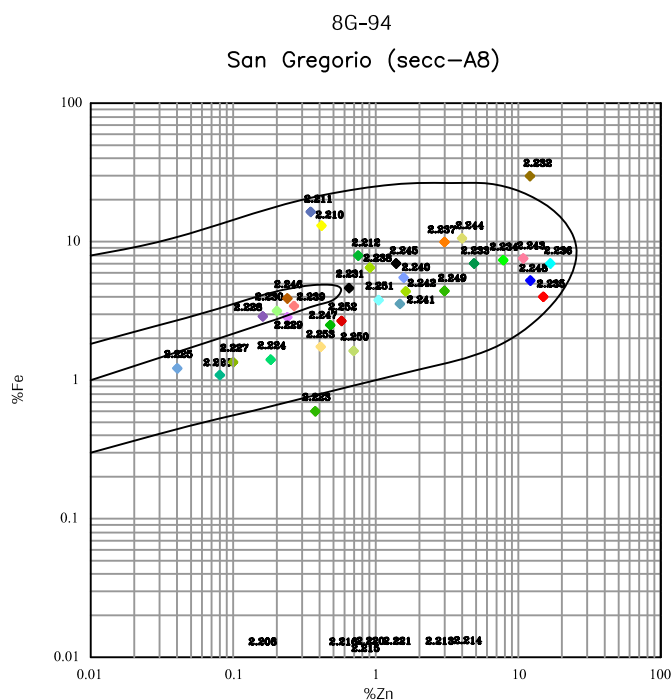


Fig. 41

APENDICE

SECCIONES NUMERO DE MUESTRA GEOQUIMICAS

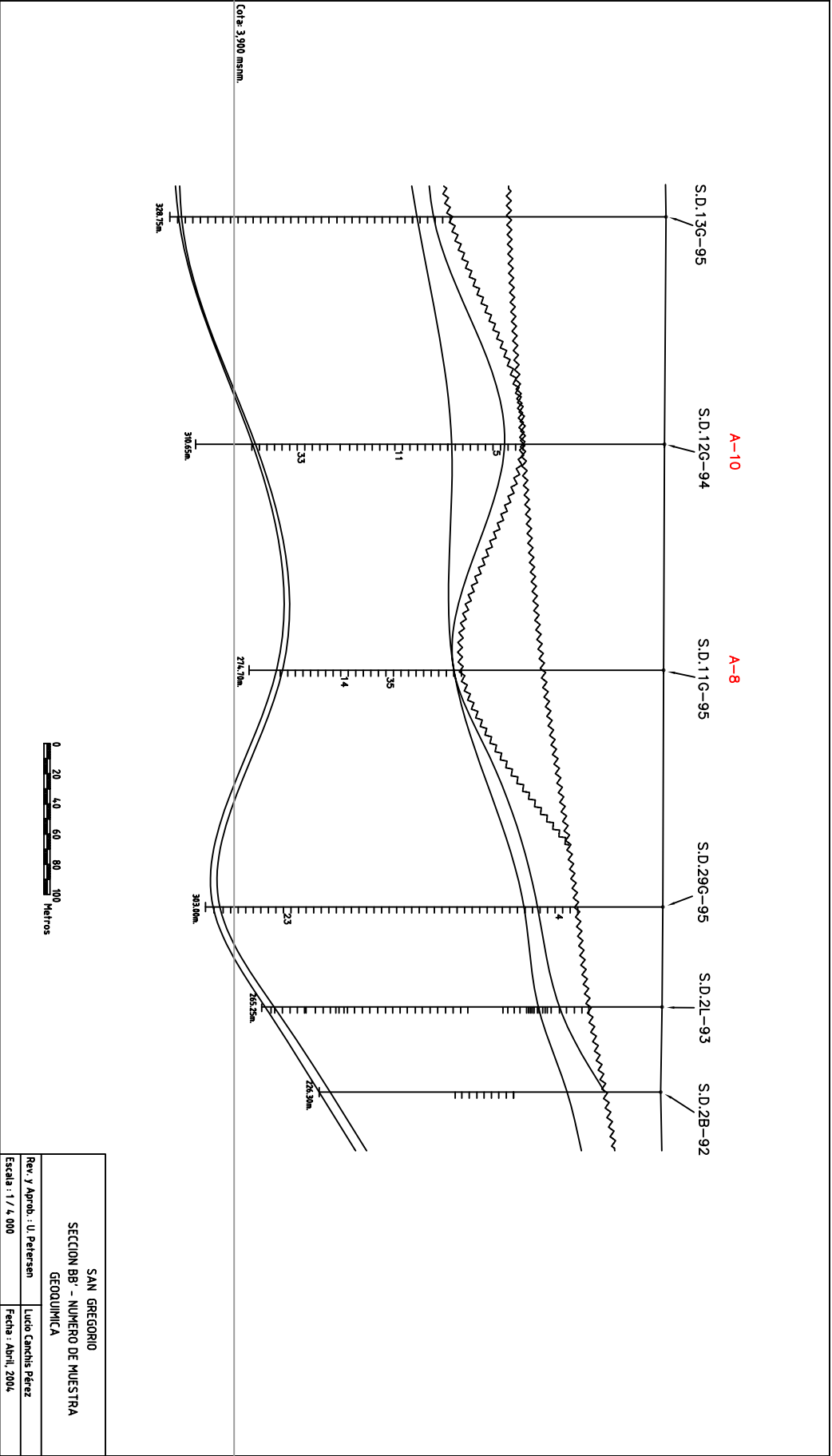


Fig. 43

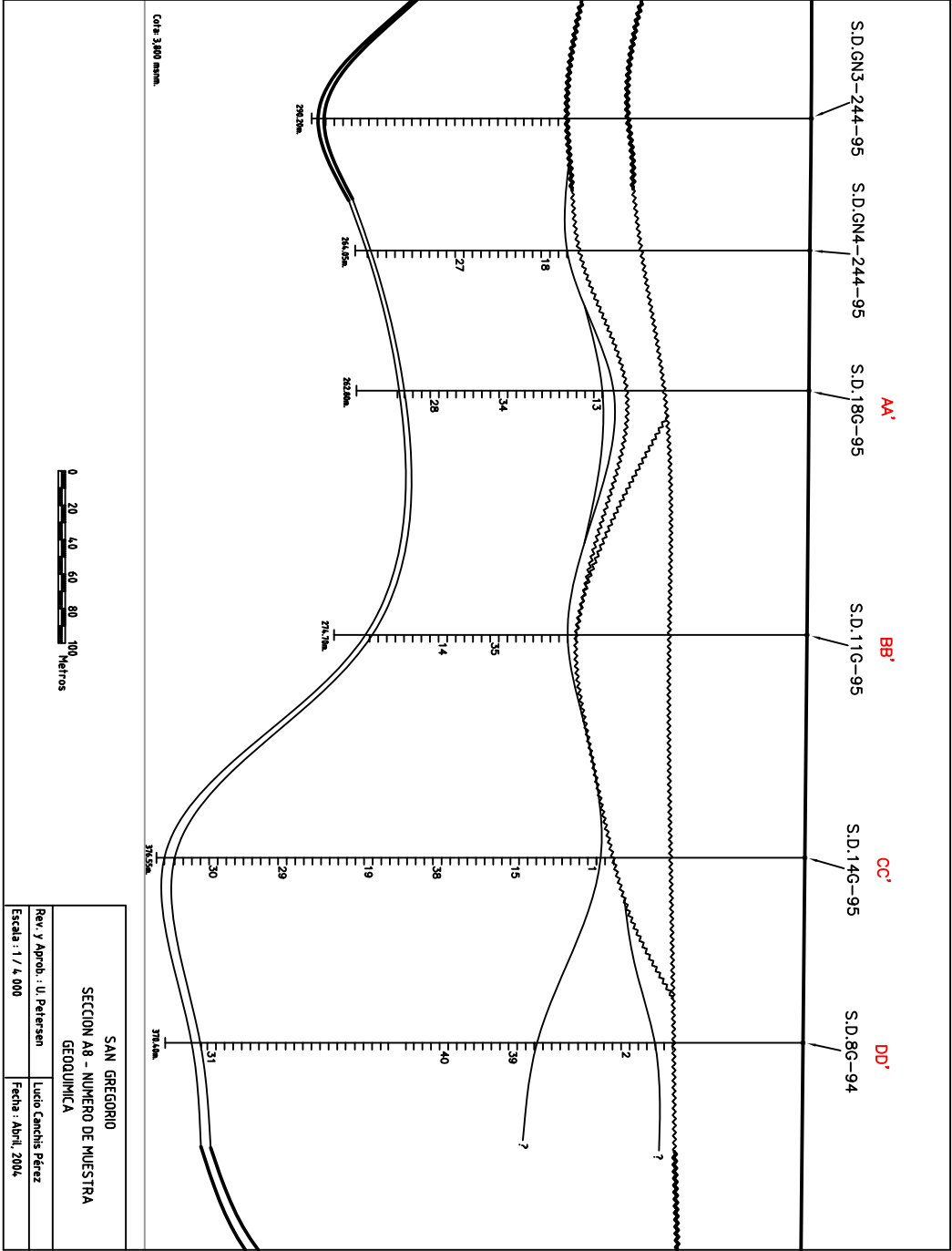


Fig. 44

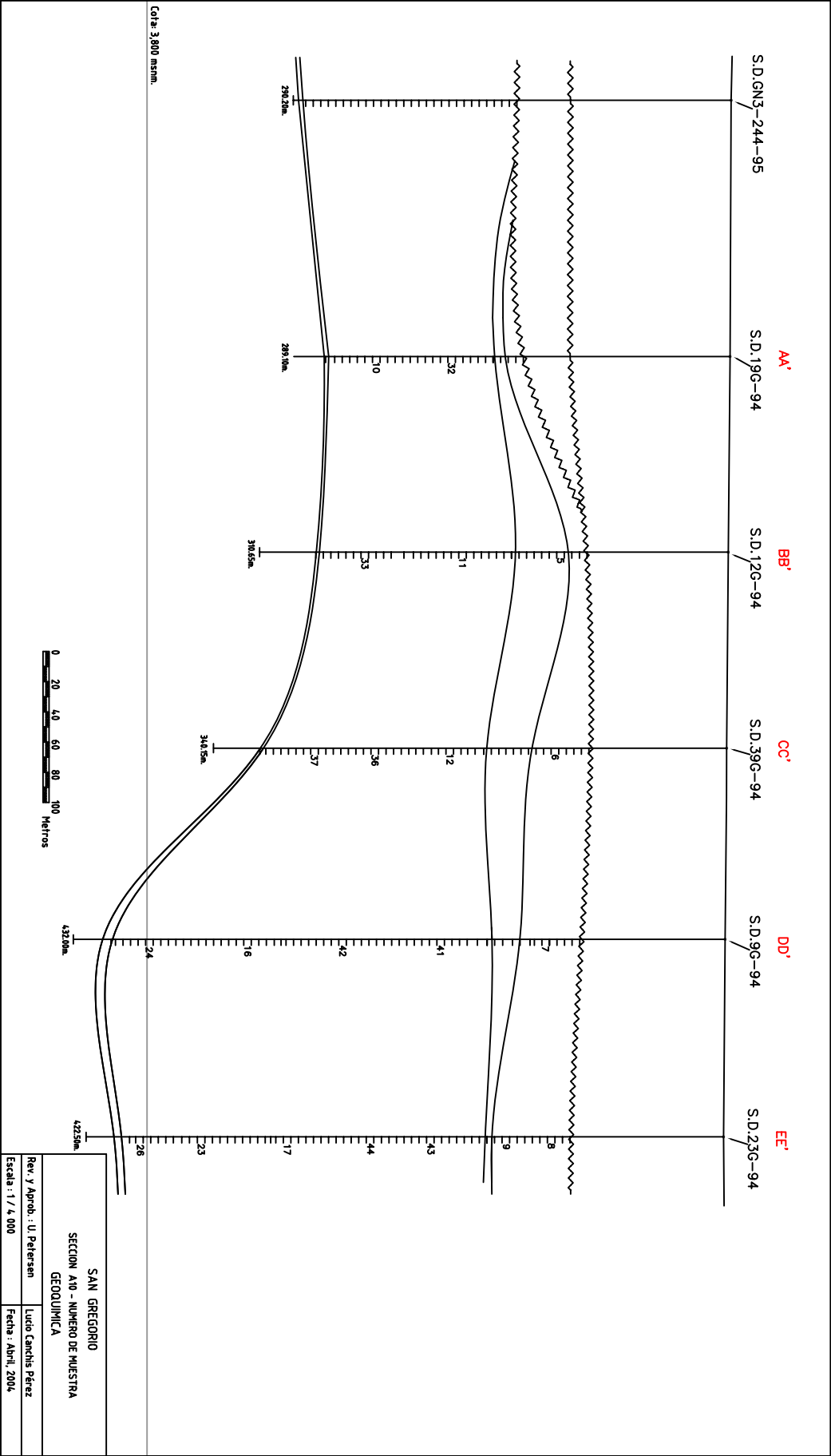


Fig. 45

APENDICE

GRAFICOS LEYES GEOQUIMICAS

GRÁFICOS DE LEYES GEOQUÍMICAS

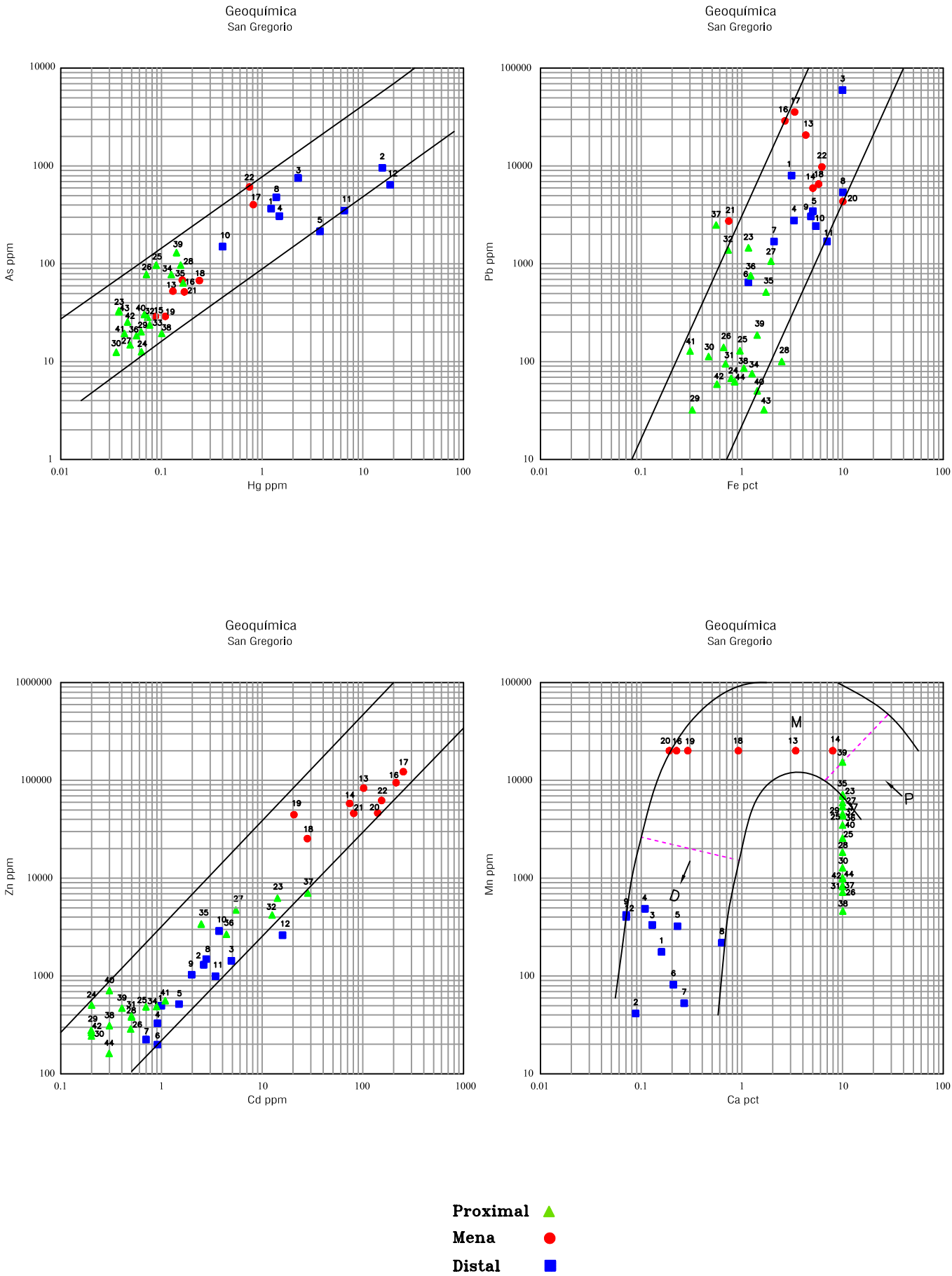
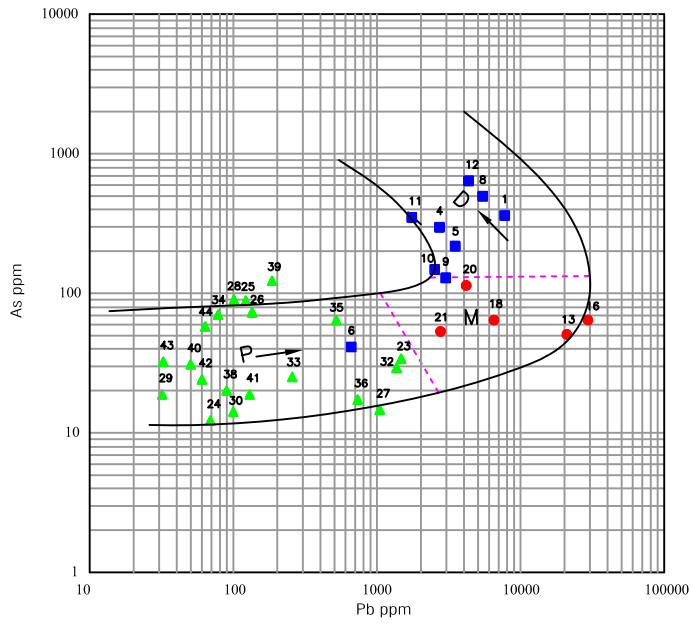


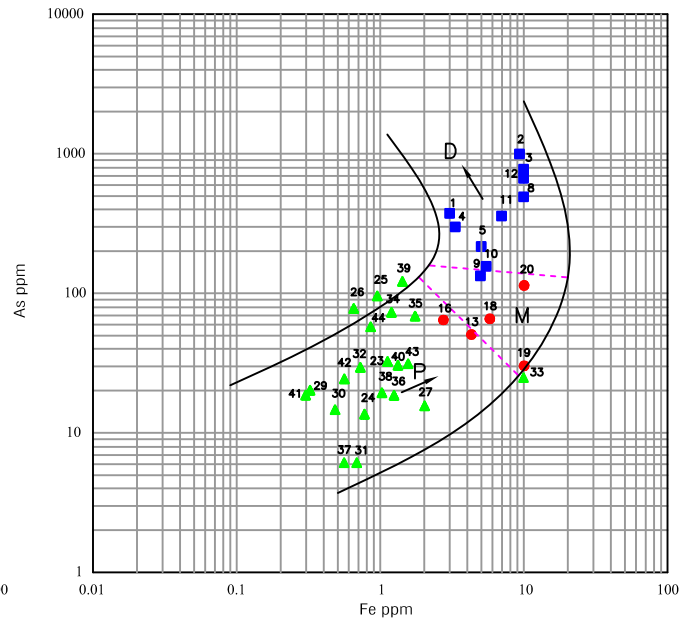
Fig. 46

GRÁFICOS DE LEYES GEOQUÍMICAS

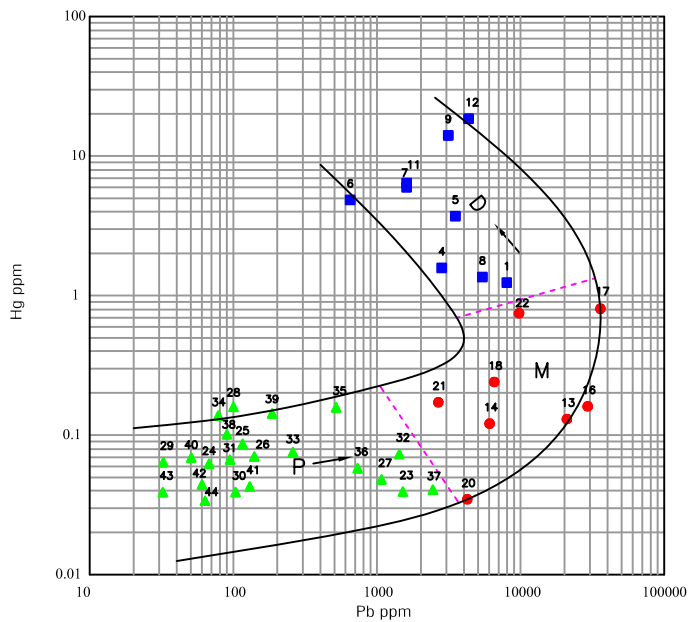
Geoquímica
San Gregorio



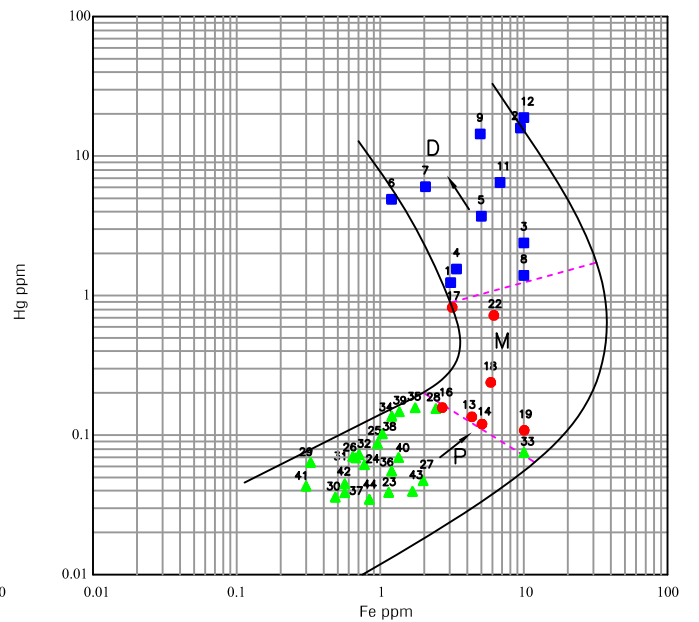
Geoquímica
San Gregorio



Geoquímica
San Gregorio



Geoquímica
San Gregorio



Proximal ▲
Mena ●
Distal ■

Fig. 47

GRÁFICOS DE LEYES GEOQUÍMICAS

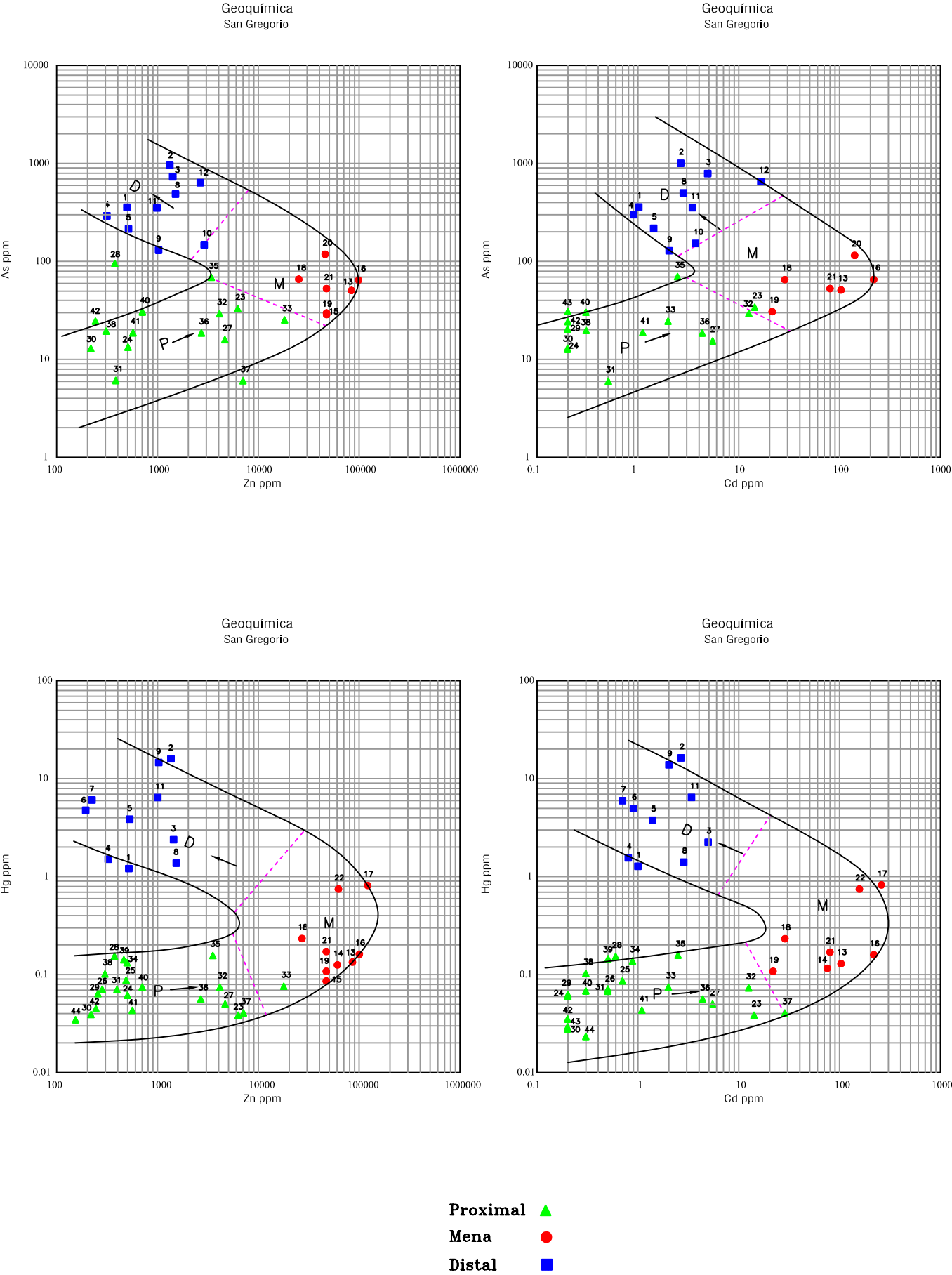


Fig. 48

GRÁFICOS DE LEYES GEOQUÍMICAS

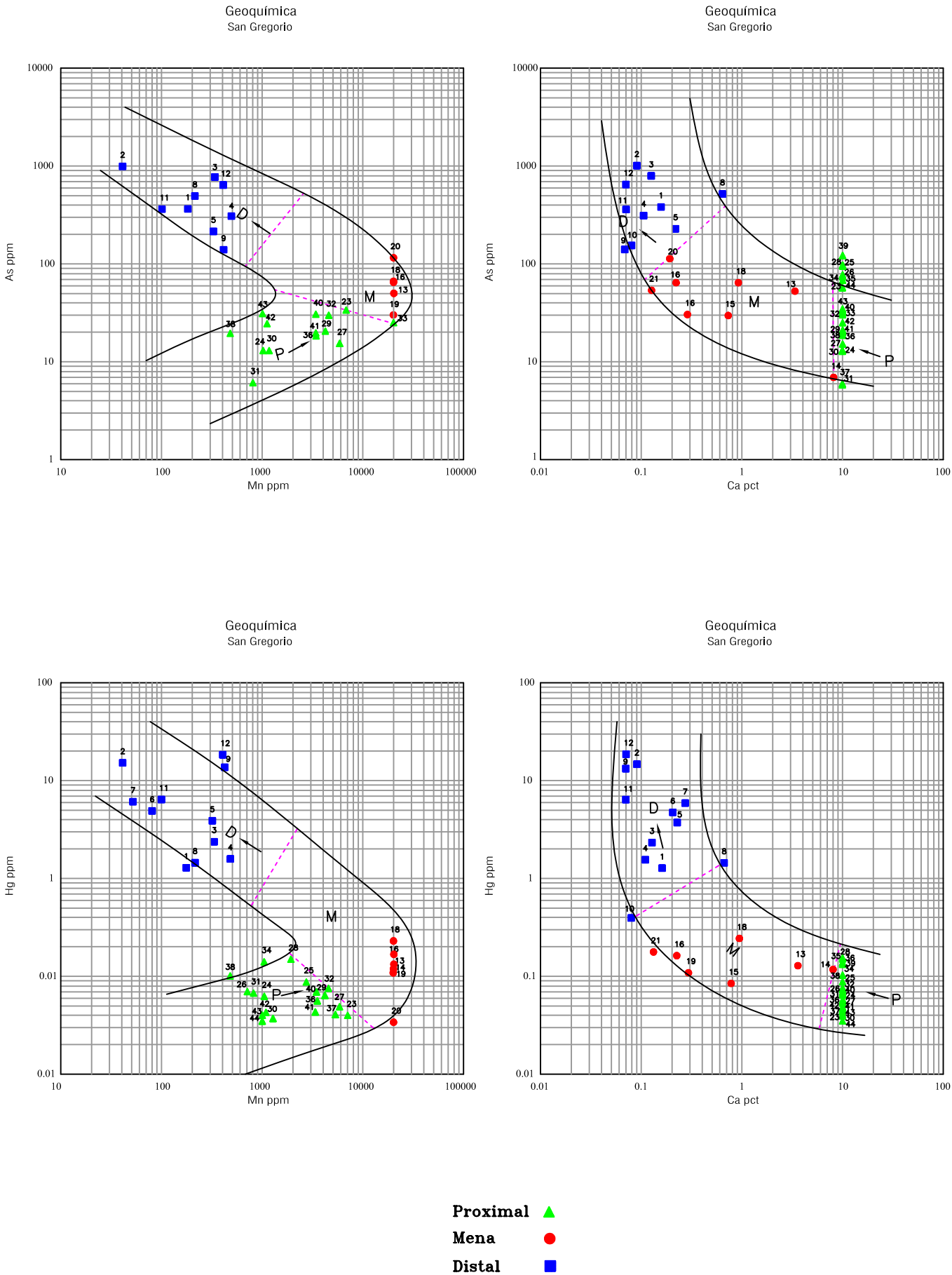
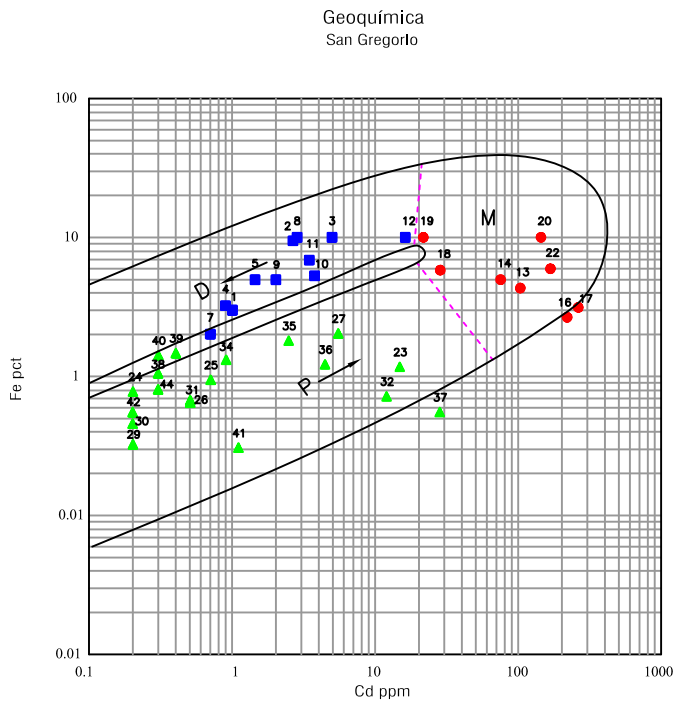
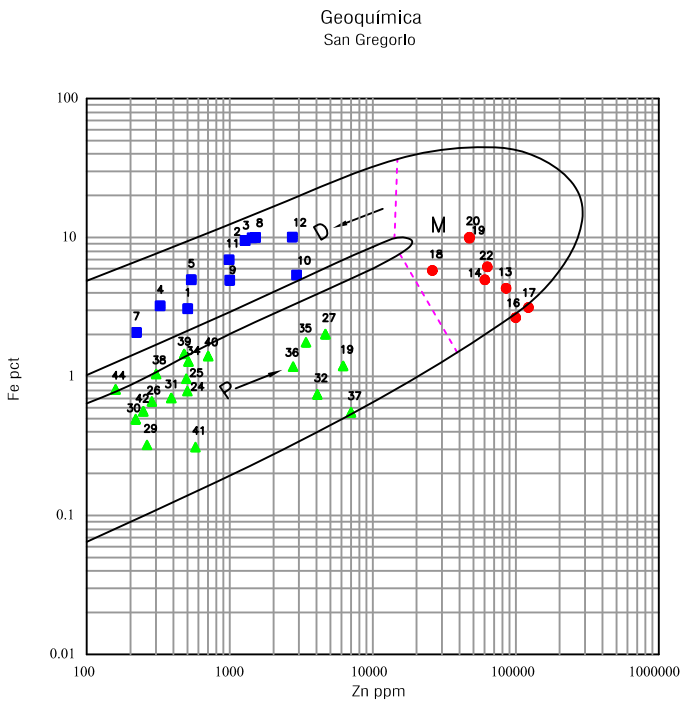
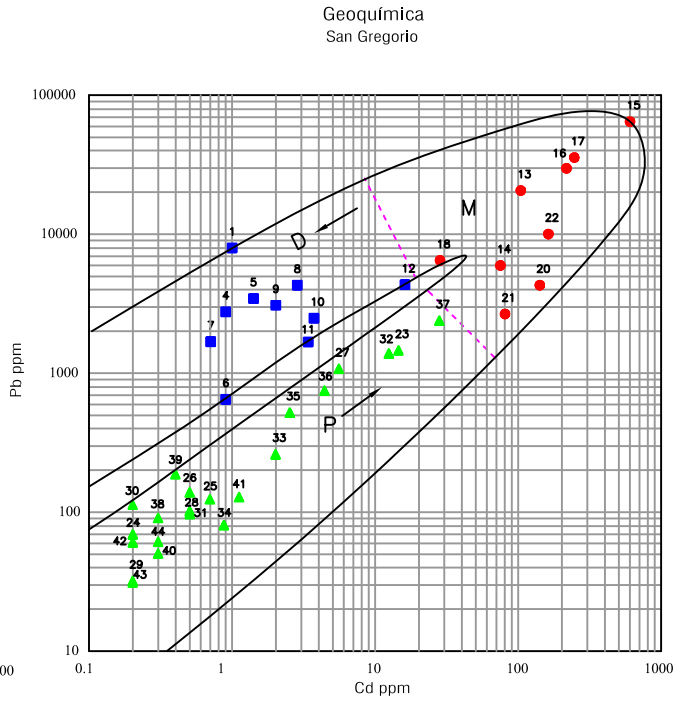
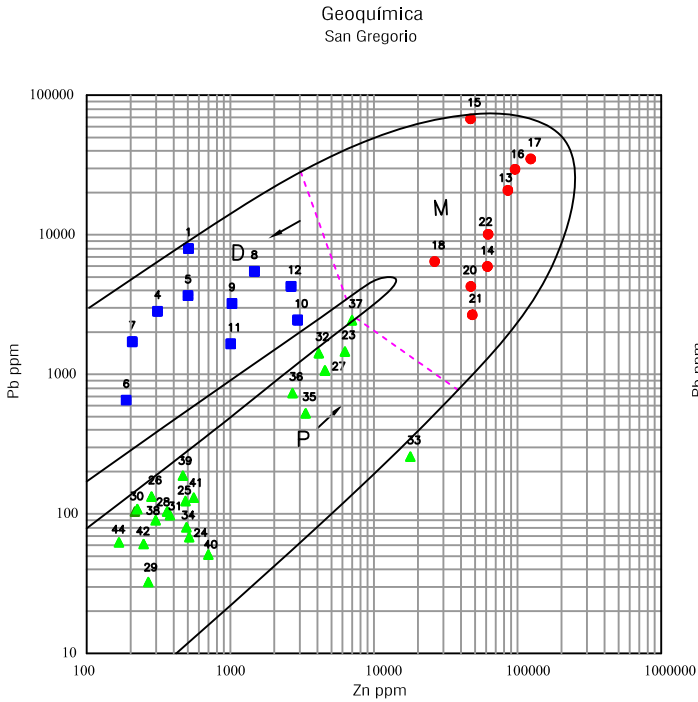


Fig. 49

GRÁFICOS DE LEYES GEOQUÍMICAS



Proximal ▲
Mena ●
Distal ■

Fig. 50

GRÁFICOS DE LEYES GEOQUÍMICAS

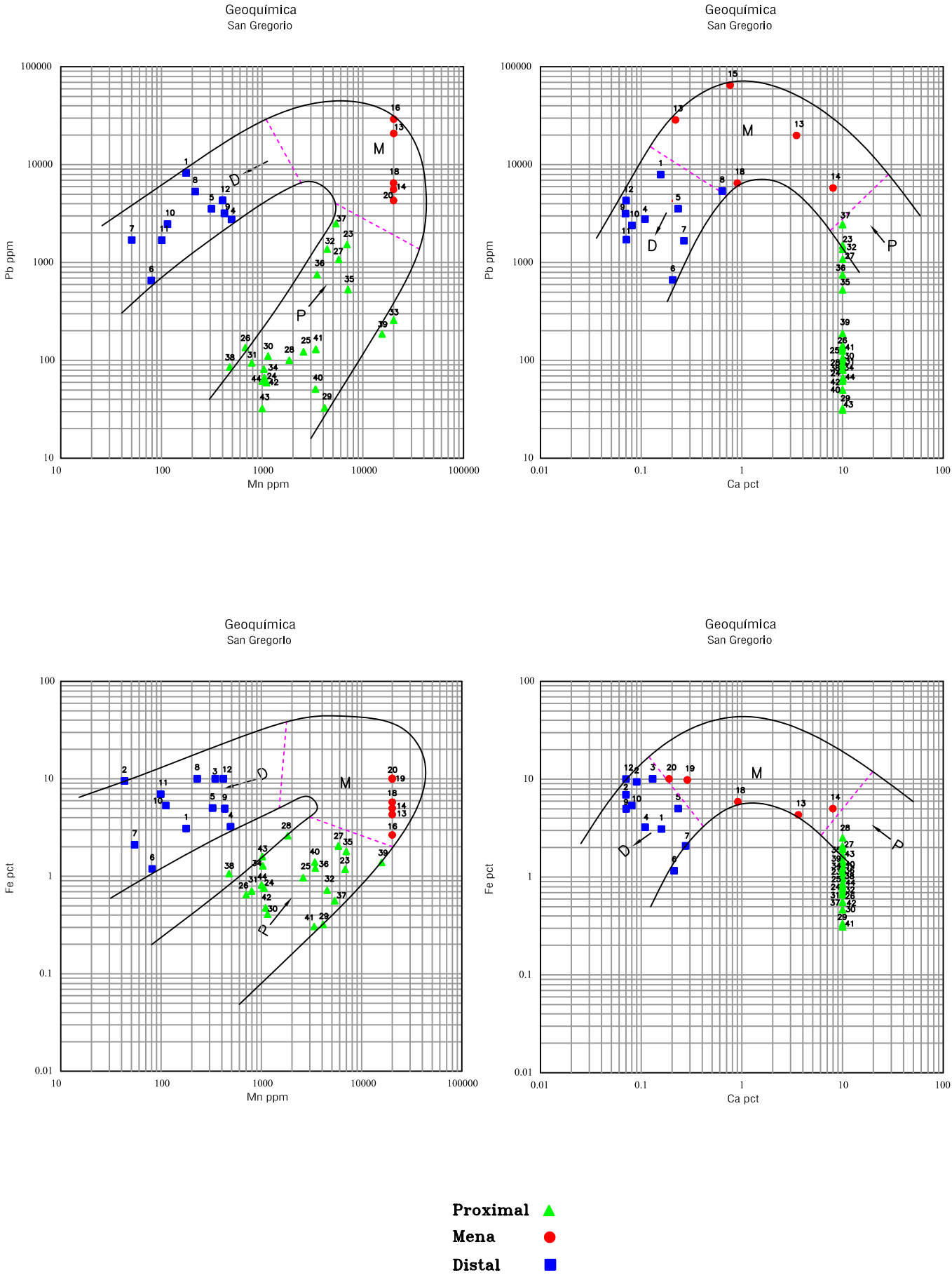


Fig. 51

GRÁFICOS DE LEYES GEOQUÍMICAS

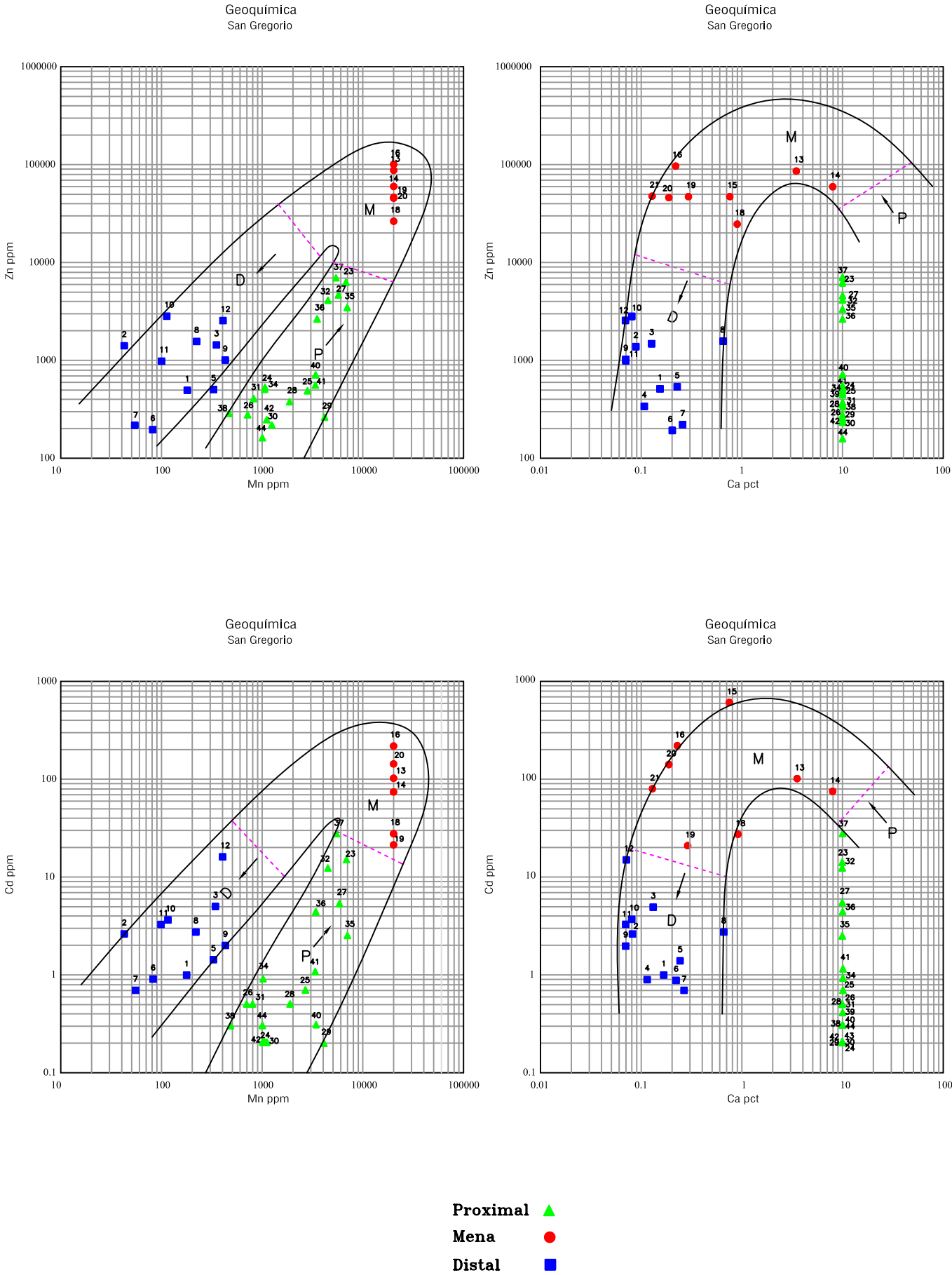


Fig. 52

APENDICE

TABLAS

Tabla 1

**POSICION DE LAS FRANJAS DE LEYES MAXIMAS DE Pb Y Fe
RESPECTO A LA DE Zn. (LEYES QUIMICAS)**

+ = encima de Zn

≅ = coincide con Zn

- = debajo de Zn

? = Diagnostico Incierto

		Pb	Fe
AA'	20G-95	≅	+
	19G-94	≅	+
	18G-95	≅	≅
	17G-95	+	—
	2G-33	?	?
	2J-92	?	?
	2M-93	+	+
	GN4-276-95	+	+
Total	<u>8</u>	<u>3≅, 3+, 2?</u>	<u>1≅, 4+, 1-, 2?</u>
BB'	13G-95	+	+
	12G-94	+	+
	11G-95	≅	—
	29G-95	+	+
	2L-93	+	+
	2B-92	+	+
Total	<u>6</u>	<u>1≅, 5+</u>	<u>5+, 1—</u>
A8	GN4-244-95	≅	≅
	14G-95	+	+
	8G-94	+	+
	X-33	+	+
Total	<u>3</u>	<u>3+, 1≅</u>	<u>3+, 1≅</u>
A10	39G-94	+	?
	9G-94	+	+
	23G-94	+	+
Total	<u>3</u>	<u>3+</u>	<u>2+, 1?</u>

RESUMEN

	Pb	Fe	Pb	Fe
	14+	14+	67%	67%
	5≅	2≅	24%	9%
		2—	0%	9%
	2?	3?	9%	15%
Nº de taladros =	<u>21</u>	<u>21</u>	<u>100%</u>	<u>100%</u>

Tabla 2

**COINCIDENCIA DE LAS FRANJAS DE Pb Y Fe
(LEYES QUIMICAS)**

		Plomo relativo al Fe	
			+ Pb mas arriba que Fe ≅ Pb superpuesto a Fe - Pb mas abajo que Fe ? Diasnóstico incierto
AA'	20G-95	≅	
	19G-94	-	
	18G-95	+	
	17G-95	-	
	2G-33	?	
	2J-92	?	
	2M-93	+	
	GN4-276-95	-	
Total	8	<u>2+, 3-, 2?, 1≅</u>	
BB'	13G-95	-	
	12G-94	-	
	11G-95	+	
	29G-95	-	
	2L-93	+	
	2B-92	+	
Total	6	<u>2+, 3-</u>	
A8	GN4-244-95	≅	
	14G-95	+	
	8G-94	+	
	X-33	-	
Total	4	<u>2+, 1-, 1≅</u>	
A10	39G-94	?	
	9G-94	+	
	23G-94	≅	
Total	3	<u>1+, 1?, 1≅</u>	

RESUMEN

8+, 7-, 3?, 3≅ Es decir mas o menos a la misma altura.

Tabla 3

SAN GREGORIO - 31 MUESTRAS

LEYES GEOQUIMICAS NO REPRESENTATIVAS O ERRATICAS

muestra	As	Hg	Pb	Fe	Zn	Cd	Mn	Ca	Σ
1		↓	↓						2
2			↓				↓		2
3									
4									
5									
6	↑		↑	↑					3
7	↑								1
8									
9		↓							1
10									
11									
12	↑								1
13			↓	↑		↓	↑		4
14									
15	↓		↓				↑	↑	4
16									
17			↑						1
18		↑						↑	2
19				↑			↑	↑	3
20									
21	↓								1
22	↓								1
23									
24	↓			↓					2
25							↓		1
26									
27									
28									
29				↓	↓		↓		3
30	↓								1
31									
31	8	3	6	5	1	1	6	3	33
%	24.24	9.09	18.18	15.15	3.03	3.03	18.18	9.09	13.31

% Erráticos

$$8 \times 31 = 248$$

$$33 : 248 = 13\%$$

↓ muestra tiene exeso = 18

↑ muestra tiene defecto = 15

Tabla 4

DIAGNOSTICO DE MUESTRAS INDEFINIDAS.

Gráfico	Muestras												
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Pb-Zn	?	P	P	M	?	?	P	P	P	P	P	P	P
Pb-Cd	?	P	P	M	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Fe-Zn	D	P	↑Fe	M	D	D	P	P?	P	P	P	D?	P
Fe-Cd	D	P	↑Fe	M	D	D/M	P	D?	D?	P	P	D?	P
Zn-Mn	D	P	P?	M	D	D	↑Mn	↓Mn	P	P	P	P	P
Cd-Mn	D	P	P/M	M	D	D	P	↓Mn	↑Cd	P	P	P	P
Pb-Mn	D	P	P	M	D	D	P	↓Mn	P	P	P	P	P
Fe-Mn	D	P	↑Fe	M	D	D	↑Mn	↓Mn	P	P	P	P	P
Hg-Pb	↑Hg	P	P/M	M	D	↑Hg	P	P	P	P	P	P	P
Hg-Fe	↑Hg	P	P	M	D	↑Hg	P	P	P	P	P	P	P
Hg-Zn	↑Hg	P	P	M	D	↑Hg	P	P	P	P	P	P	P
Hg-Cd	↑Hg	P	P/M	M	D	↑Hg	P	P	P	P	P	P	P
Hg-Mn	↑Hg	P	P	M	D	↑Hg	P	↓Mn	P	P	P	P	P
As-Pb	D	P	↑As	M	D	D	P	↓As	P	P	P	P	↓As
As-Fe	D	P	P	M	D	D	P	↓As	P	P	P	P	↓As
As-Zn	D	P	↑As	M	D	D	P	↓As	P	P	P	P?	↓As
As-Cd	D	P	↑As	M	D	D	P	↓As	↑Cd	P	P	P?	↓As
As-Mn	D/M	P	↑As	M	D	D	P	MnAs	P	P	P	P	↓As
Diagnóstico.	D	P	P	M	D	D	P	P	P	P	P	P	P
Erráticos	↑Hg		↑Fe ↑As			↑Hg	↑Mn	↓Mn ↓As	↑Cd				↓As

↑ Muestra tiene defecto

↓ Muestra tiene exceso

Tabla 5

SAN GREGORIO - 44 MUESTRAS
LEYES GEOQUIMICAS NO REPRESENTATIVAS O ERRATICAS

muestra	As	Hg	Pb	Fe	Zn	Cd	Mn	Ca	Σ
1		↓	↓						2
2			↓				↓		2
3									
4									
5									
6	↑		↑	↑					3
7	↑								1
8									
9		↓							1
10									
11									
12	↑								1
13			↓	↑		↓	↑		4
14									
15	↓		↓				↑	↑	4
16									
17			↑						1
18		↑						↑	2
19				↑			↑	↑	3
20									
21	↓								1
22	↓								1
23									
24	↓			↓					2
25							↓		1
26									
27									
28									
29				↓	↓		↓		3
30	↓								1
31									
32		↑							1
33									
34	↑			↑					2
35	↓						↑	↑	3
36									
37		↓							1
38							↑		1
39	↓						↓		2
40						↑			1
41									
42									
43									
44	↓								1
44	12	5	6	6	1	2	9	4	45
%	27	11	14	14	2	5	20	9	# 12.78

Erráticos 8x44 = 352 45:352 = **13%**

Tabla 6

DIAGNOSTICOS DISTALES

DIAGNOSTICOS DISTALES DE LA RUEDA INICIAL

En Silice-alunita-caolinita		Debajo de Silice-alunita-caolinita	
Número	Erraticos	Número	Erraticos
2	2	1	2
3	0		
4	0		
5	0		
6	3		
7	1		
8	0		
9	1		
TOTAL	<u>8</u>	<u>1</u>	<u>2</u>

DIAGNOSTICOS DISTALES DE LA SEGUNDA RUEDA

En Silice-alunita-caolinita		Debajo de Silice-alunita-caolinita	
Número	Erraticos	Número	Erraticos
		32	1
		36	0
		37	1
TOTAL	<u>0</u>	<u>3</u>	<u>2</u>
GRAN TOTAL	<u><u>8</u></u>	<u><u>4</u></u>	<u><u>4</u></u>

$$8 \times 8 = 64 \text{ análisis}$$

$$7 : 64 = \mathbf{10,9\% \text{ erráticos}}$$

$$4 \times 8 = 32 \text{ análisis}$$

$$4 : 32 = \mathbf{12,5\% \text{ erráticos}}$$

Total muestras Distales analizadas = 12

Tabla 7

RANGOS USADOS PARA LEYES GEOQUIMICAS

Zn	3,000	30,000	ppm
Cd	3	30	ppm
Pb	1000	10,000	ppm
Fe	2	5	%
As	30	200	ppm
Hg	0.15	1	ppm
Mn	500	5,000	ppm
Ca	0.5	5	%

Tabla 8

CONTORNOS OBSERVADOS EN LAS SECCIONES GEOQUIMICAS PRELIMINARES

	Márgen Superior				Alta ley Superior				Alta ley Inferior				Márgen Inferior			
	AA'	BB'	A8	A10	AA'	BB'	A8	A10	AA'	BB'	A8	A10	AA'	BB'	A8	A10
As									x	x	x	x	x	x	x	x
Hg									x	x	x	x	x	x	x	x
Pb				x		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Fe				x			x	x	x	x	x	x	x		x	x
Zn	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cd	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x		x	x
Mn	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x				x
Ca	x	x	x	x		x	x	x	x			x				x

RESUMEN

	Márgen Superior	Alta ley Superior	Alta ley Inferior	Márgen Inferior
As	0	0	4	4
Hg	0	0	4	4
Pb	1	2	4	4
Fe	1	2	4	4
Zn	4	4	4	4
Cd	4	3	3	3
Mn	4	3	4	1
Ca	4	3	2	1

Tabla 9

**CONTORNOS OBSERVADOS EN LAS SECCIONES GEOQUIMICAS
AJUSTADAS A SECCIONES QUIMICAS**

	Márgen Superior				Alta ley Superior				Alta ley Inferior				Márgen Inferior			
	AA'	BB'	A8	A10	AA'	BB'	A8	A10	AA'	BB'	A8	A10	AA'	BB'	A8	A10
As								x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hg									x	x	x	x	x	x	x	x
Pb					(x)	x		x	x	x	x	x	x	x		x
Fe					(x)	(x)	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Zn	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cd	x	x	x	x	(x)	x	x	x	(x)	x	x	x	x	(x)	x	x
Mn	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Ca	x	x	x	x	x	x	x	x								

RESUMEN

	Márgen Superior	Alta ley Superior	Alta ley Inferior	Márgen Inferior
As	0	0.5	4	4
Hg	0	0	4	4
Pb	0	2.5	4	3
Fe	0	3	4	3
Zn	4	4	4	4
Cd	4	3.5	3.5	3.5
Mn	4	4	4	0
Ca	4	4	0	0

APENDICE

SECCIONES GEOQUIMICAS

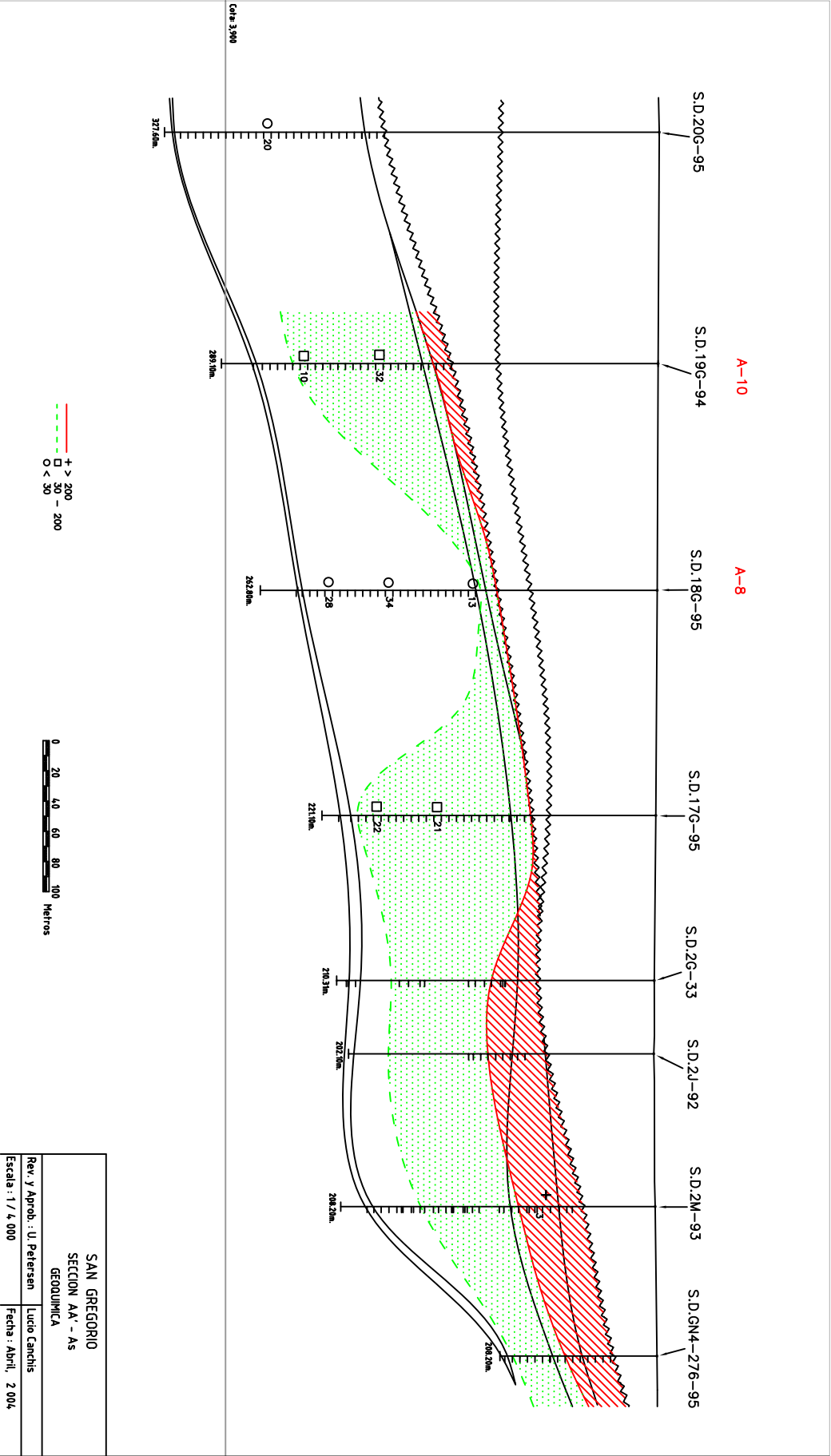


Fig. 62

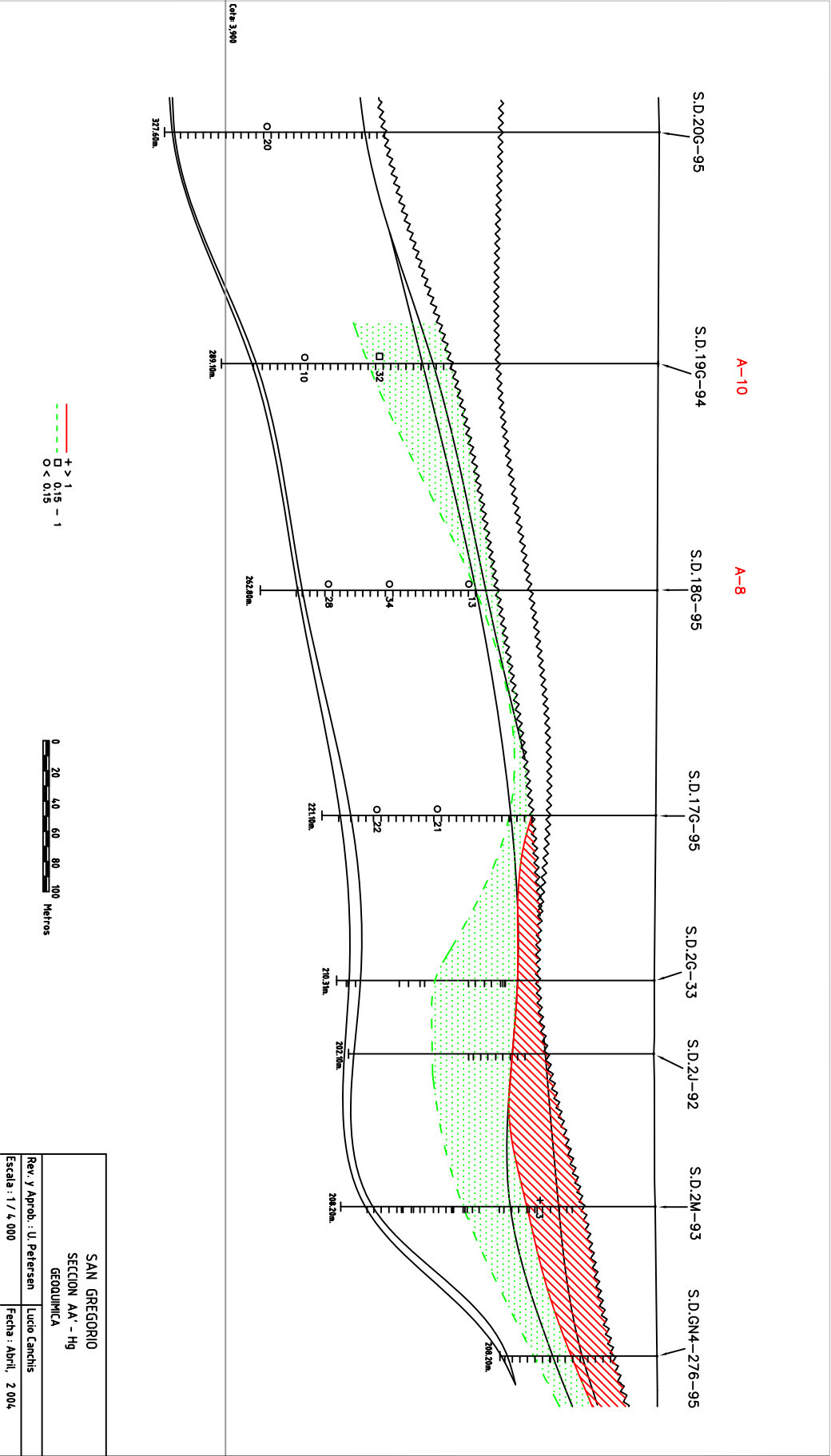


Fig. 63

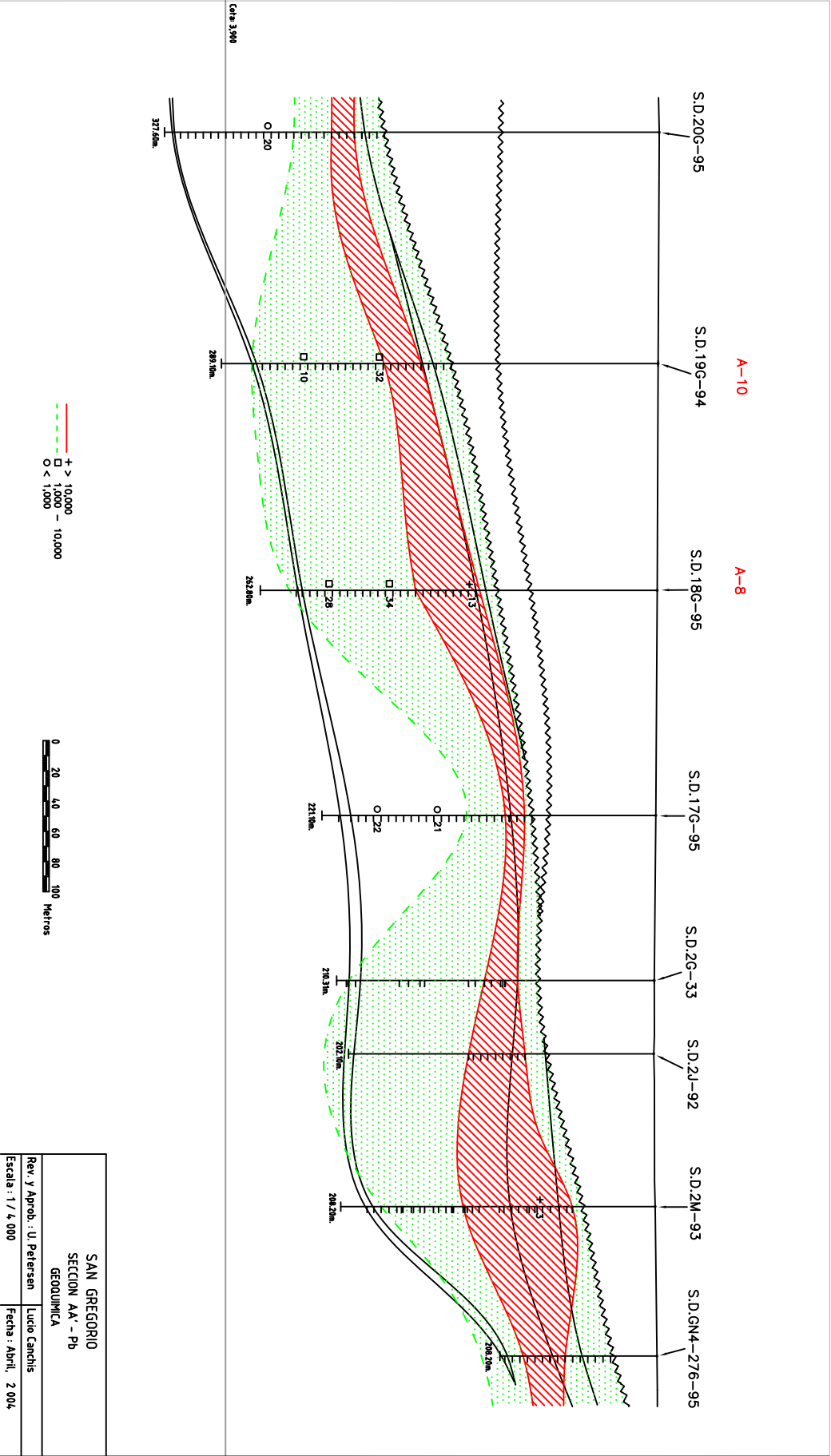


Fig. 64

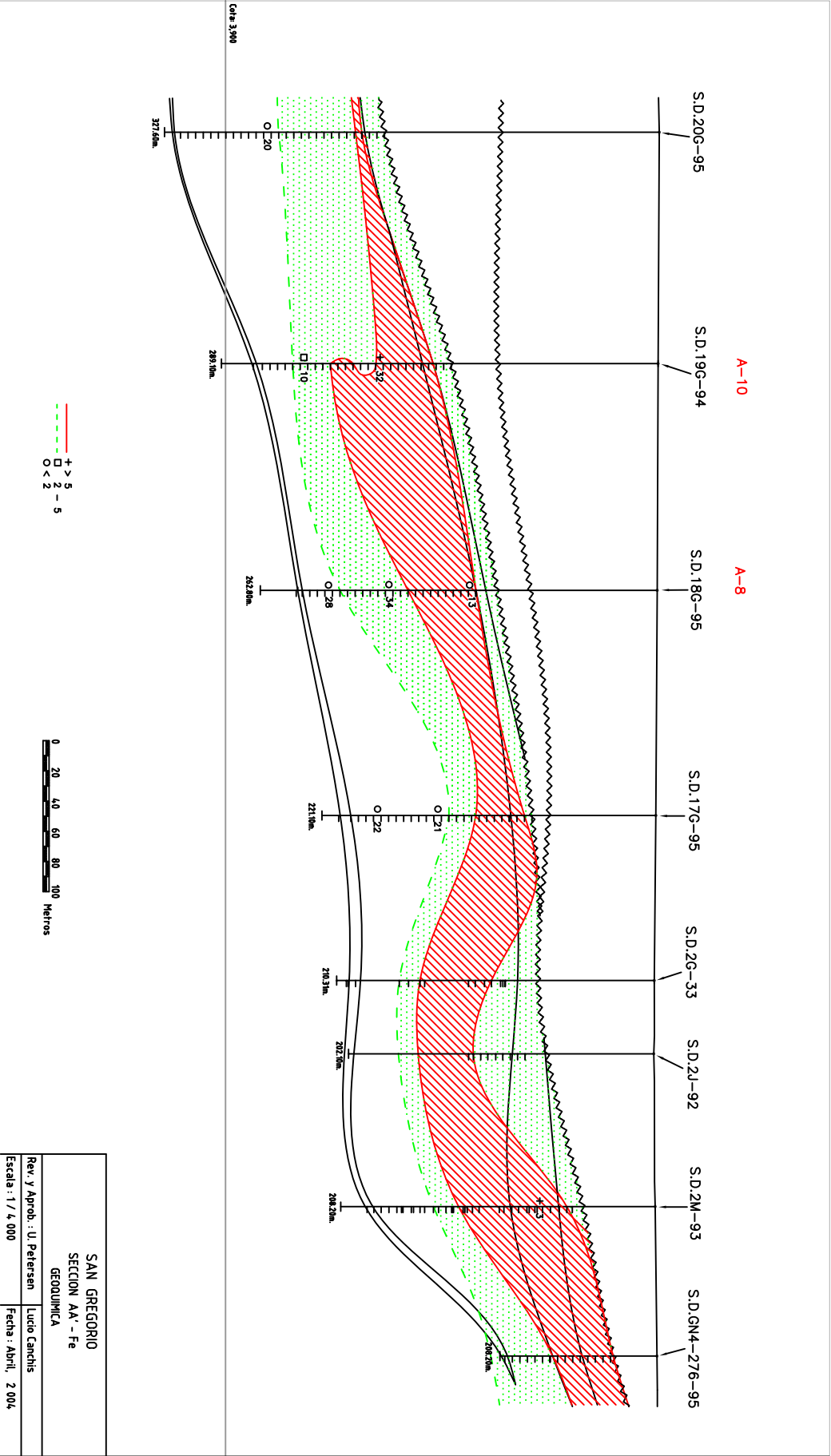


Fig. 65

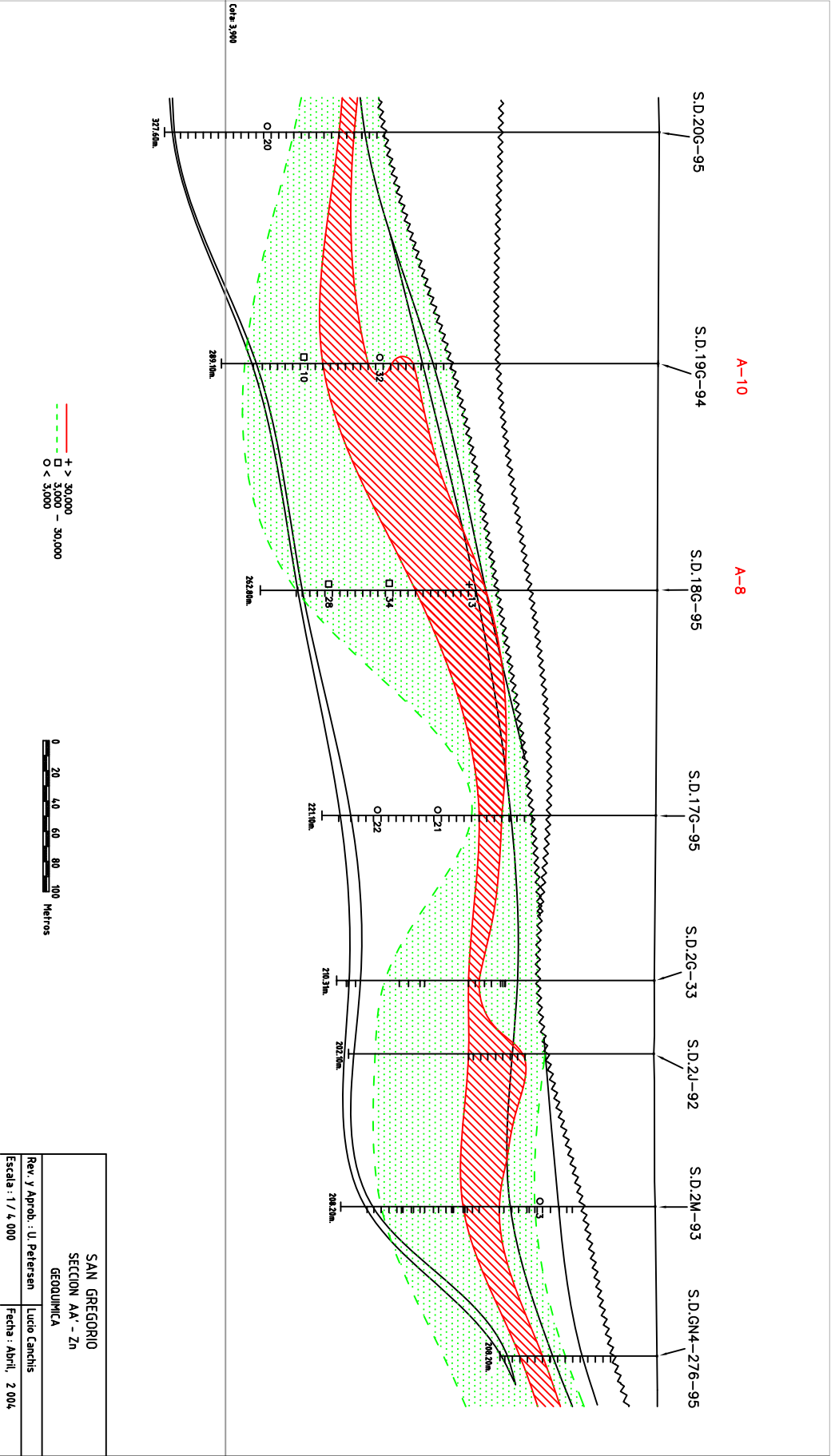


Fig. 66

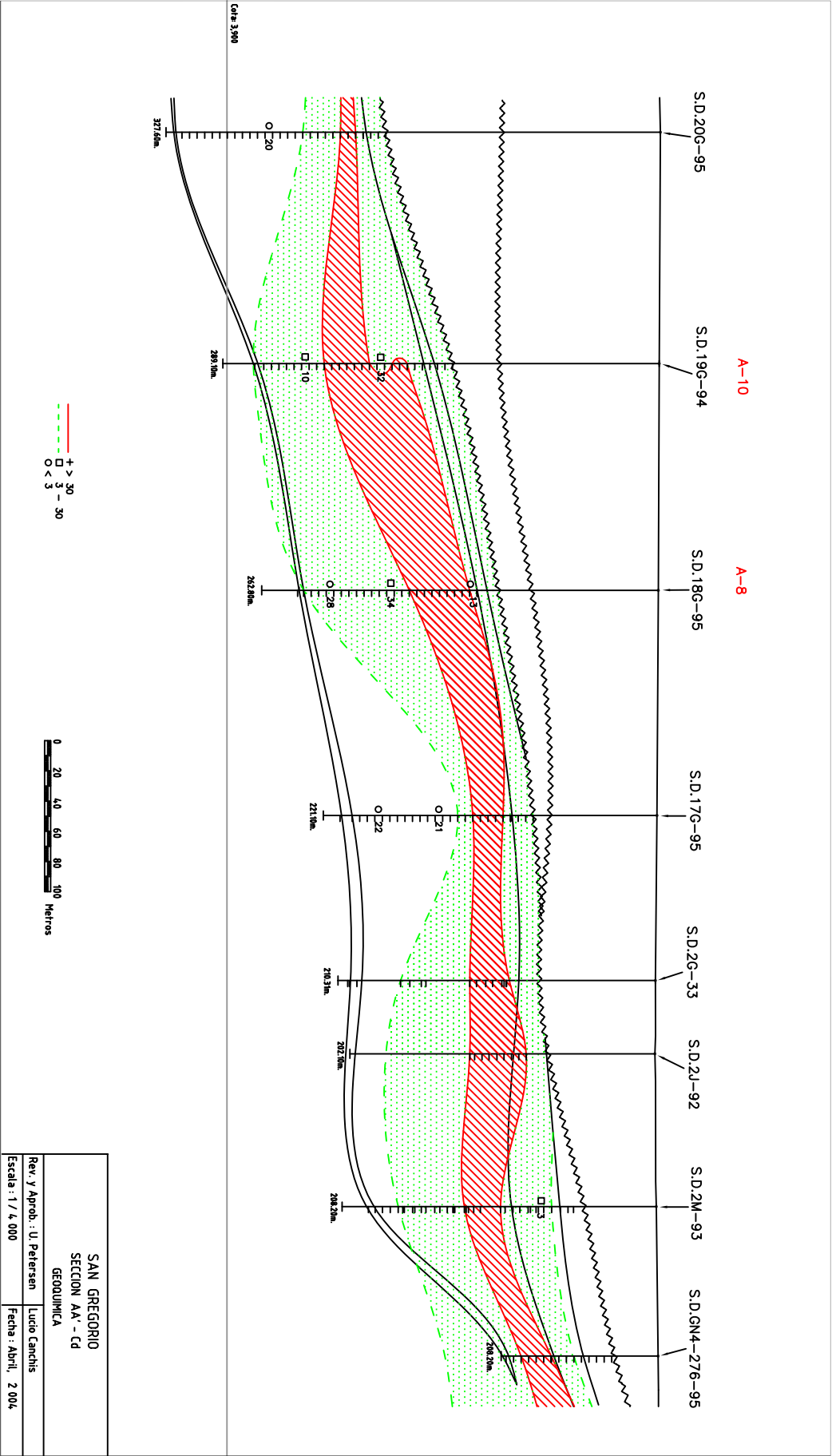


Fig. 67

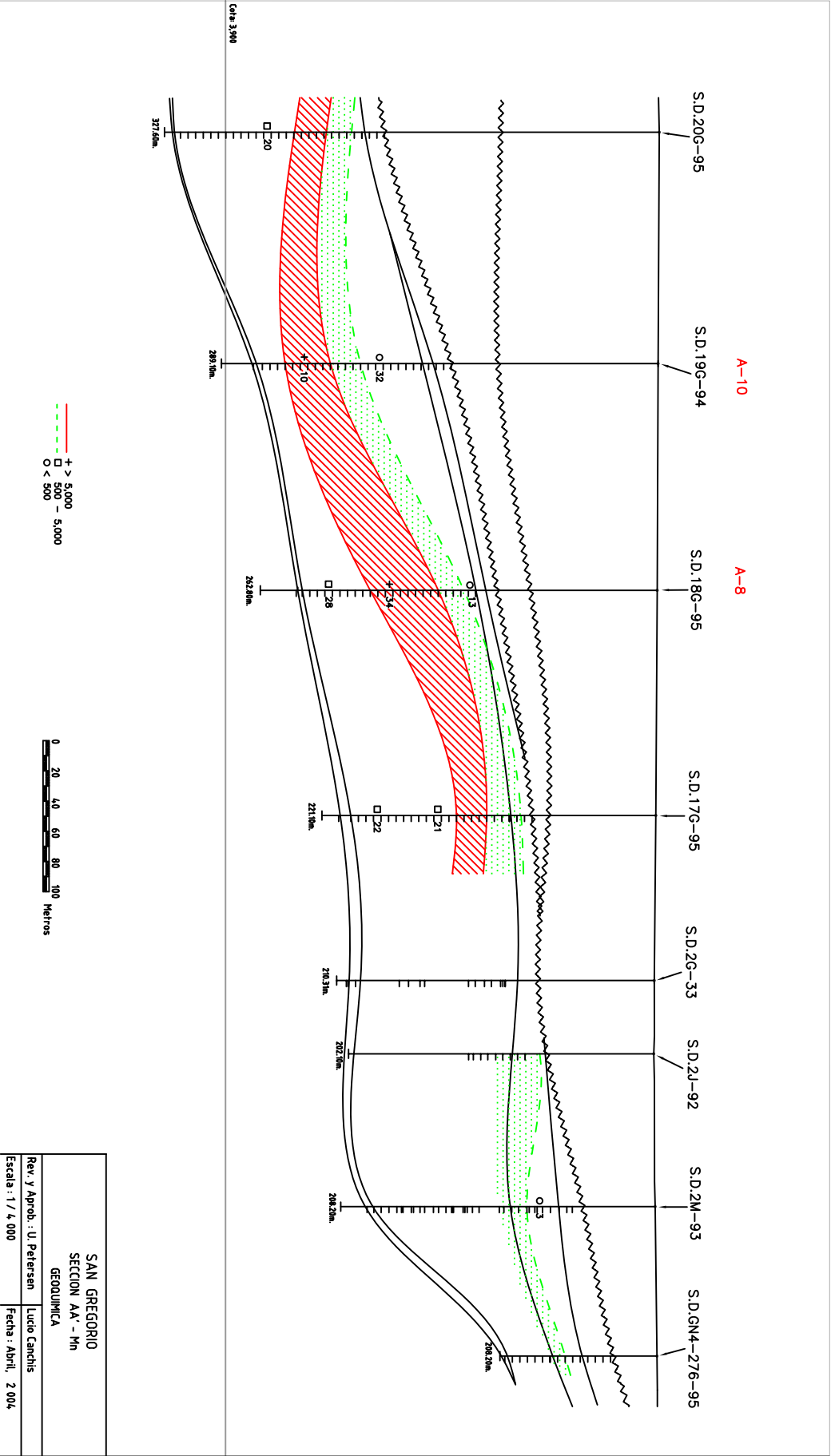


Fig. 68

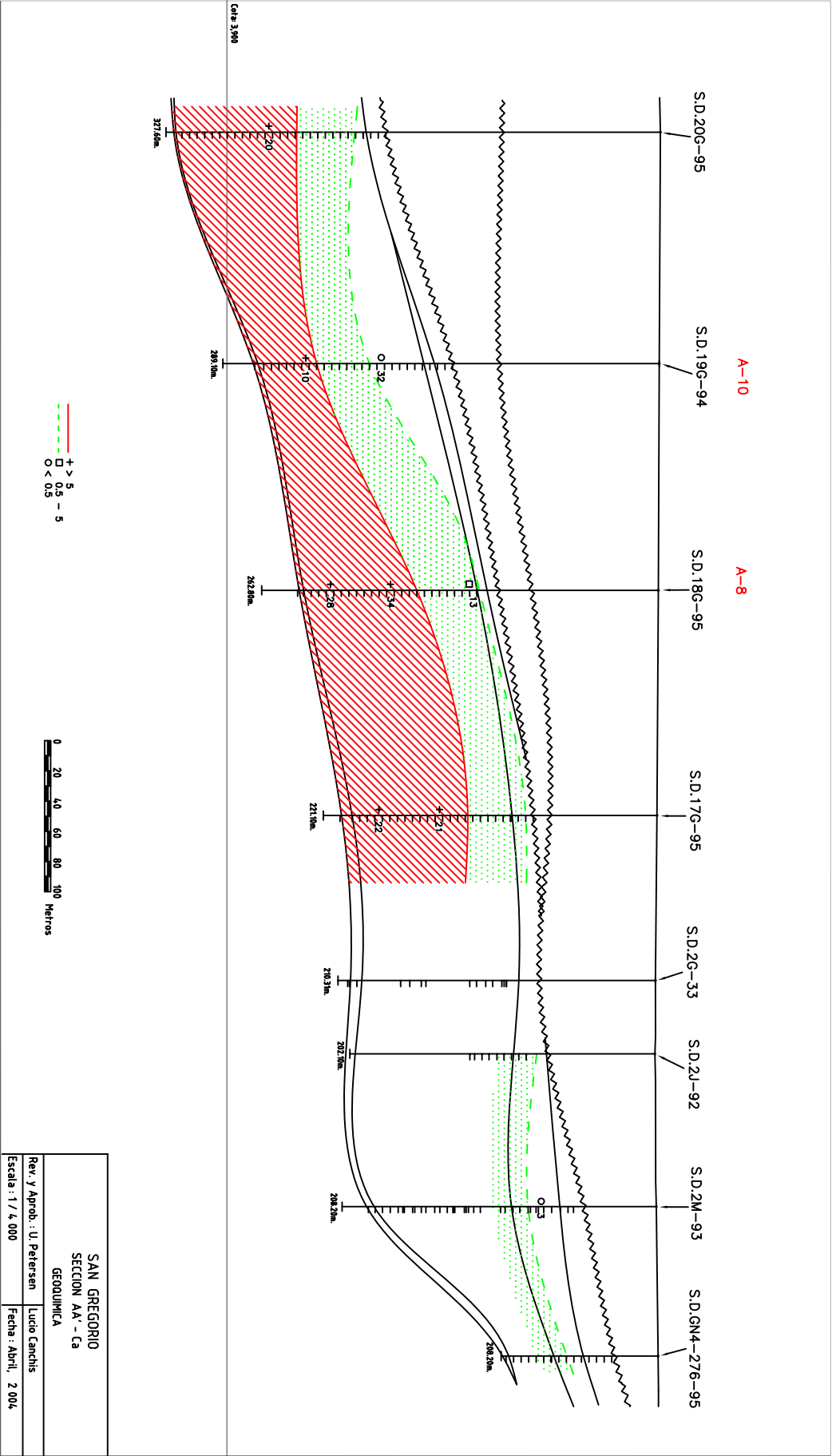


Fig. 69

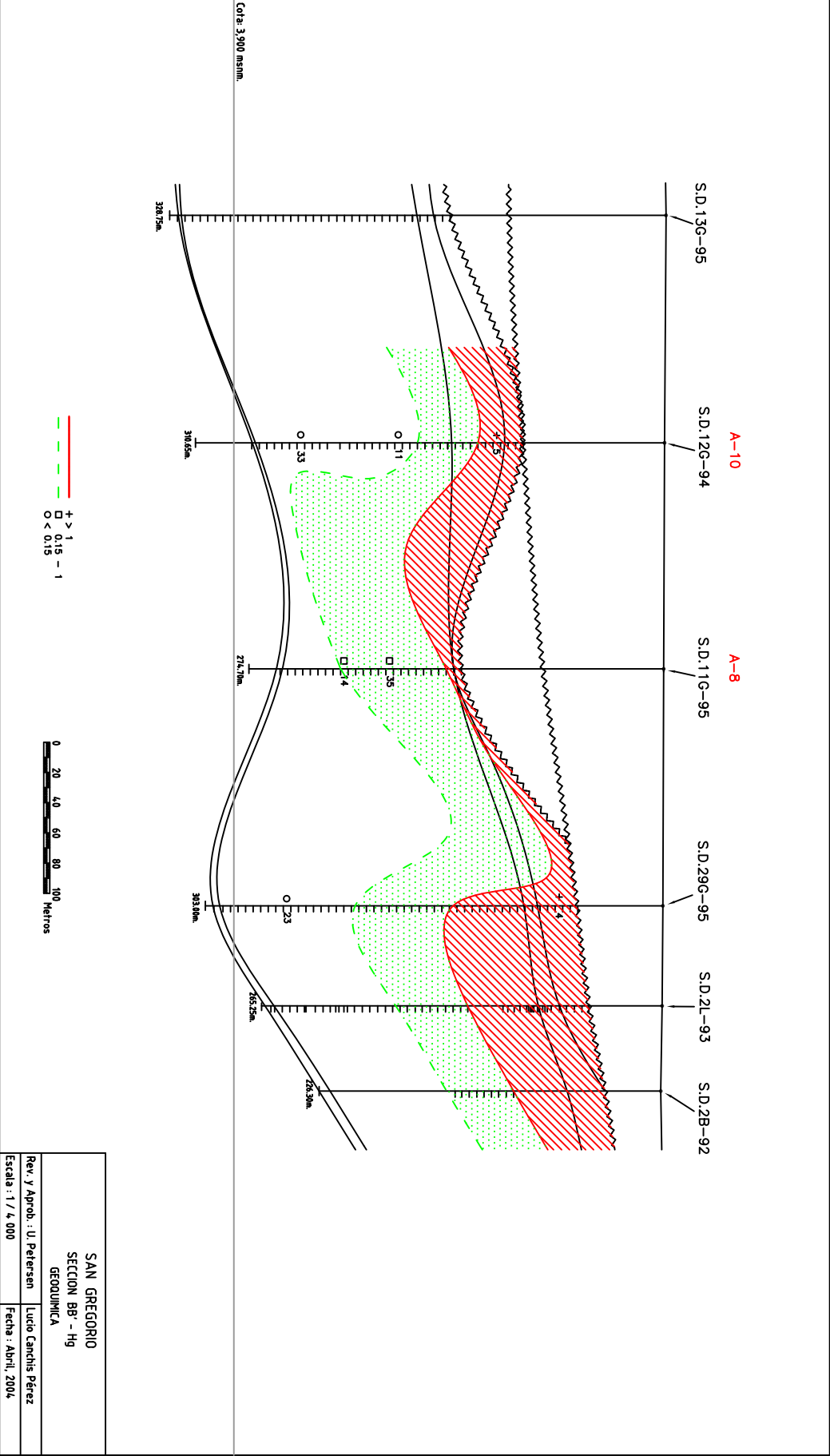


Fig. 71

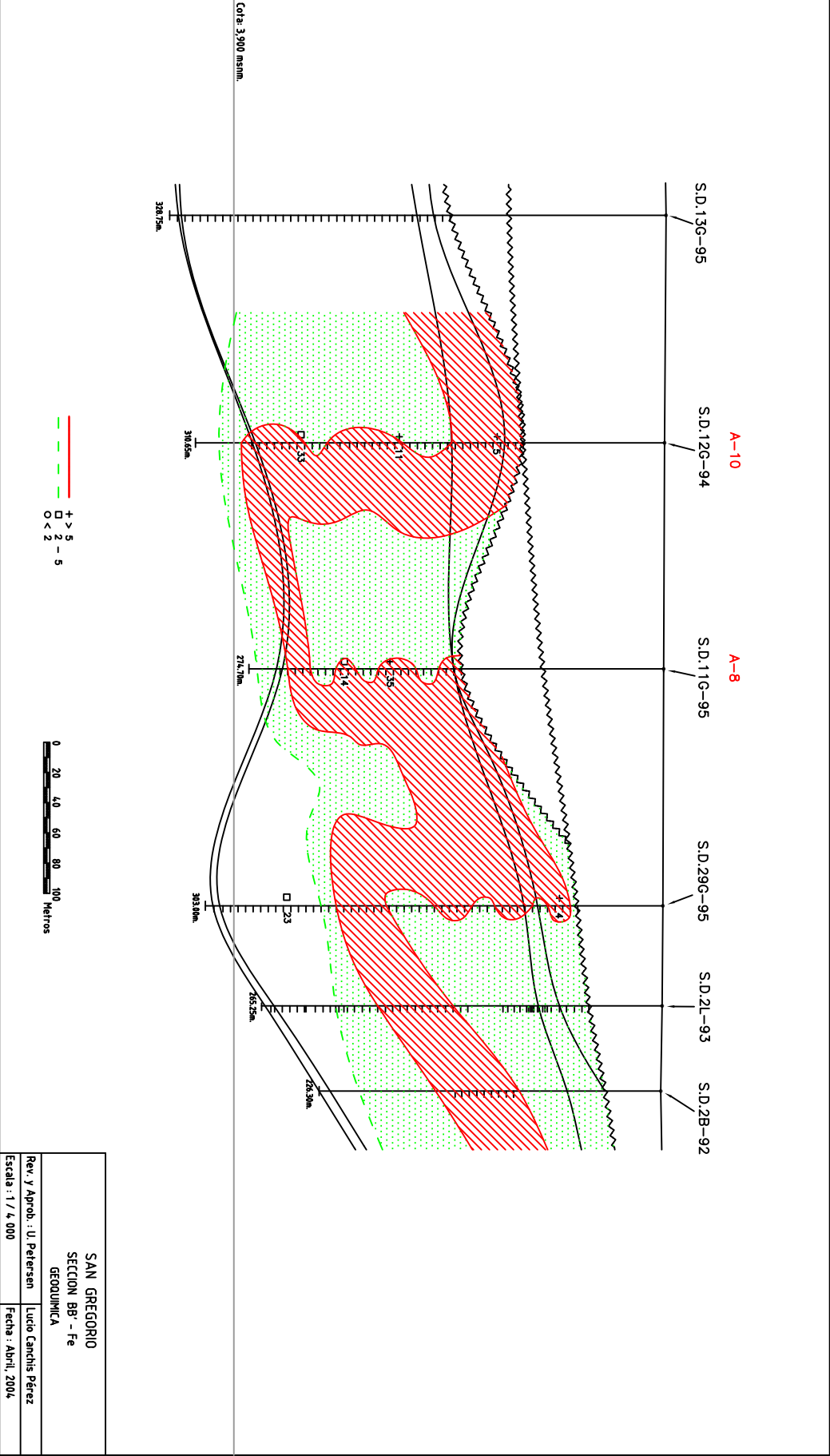
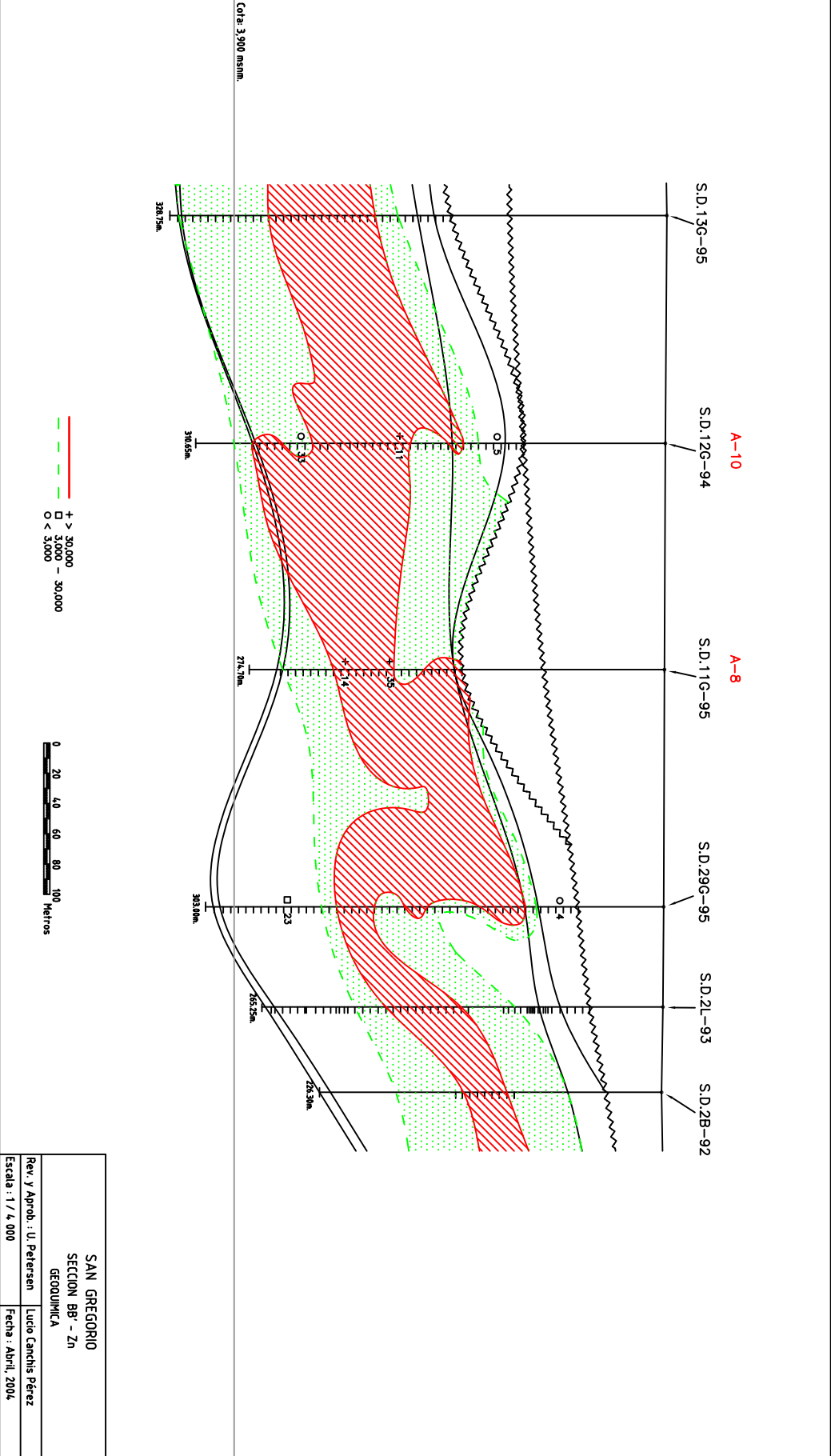


Fig. 73



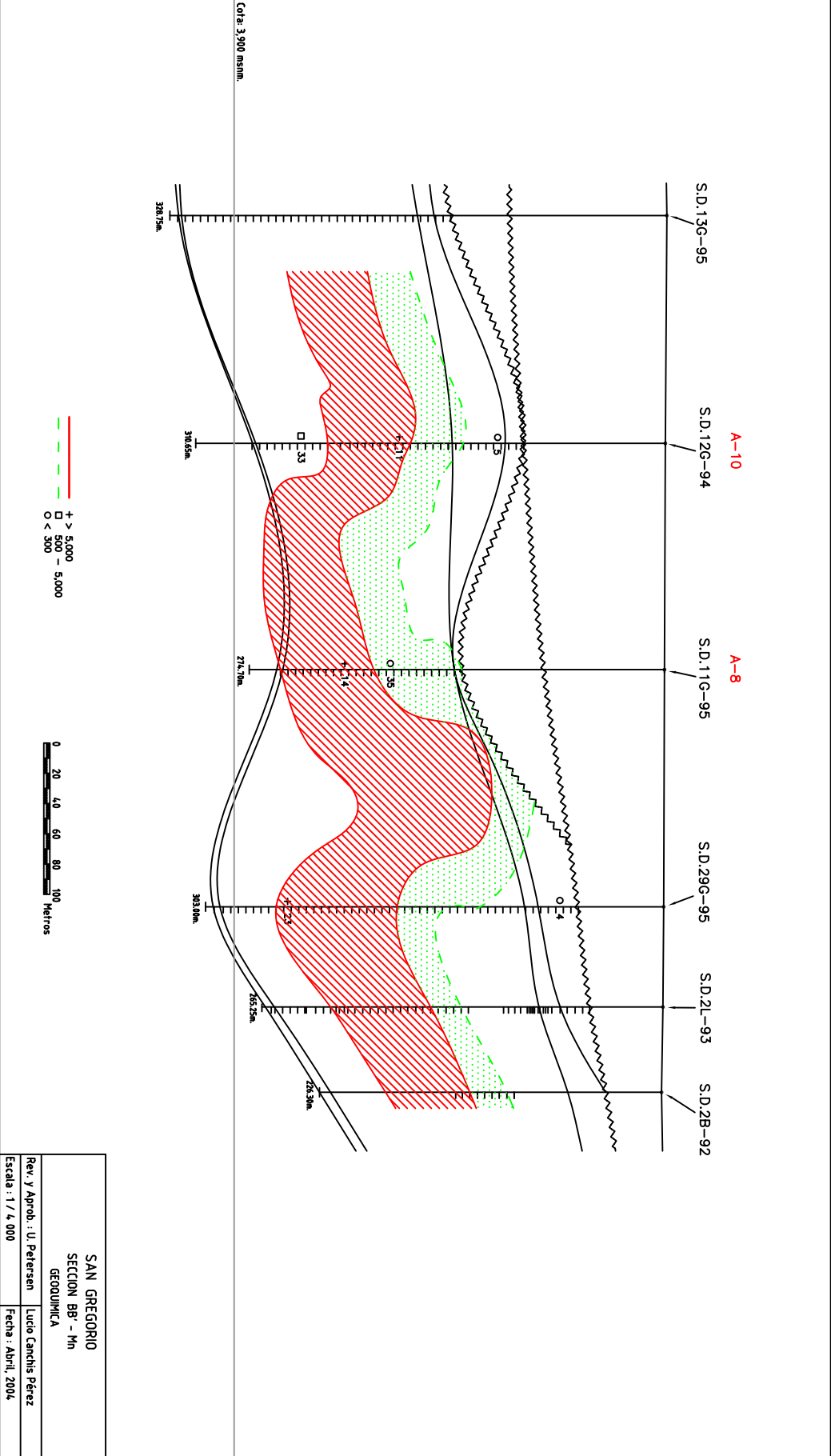


Fig. 76

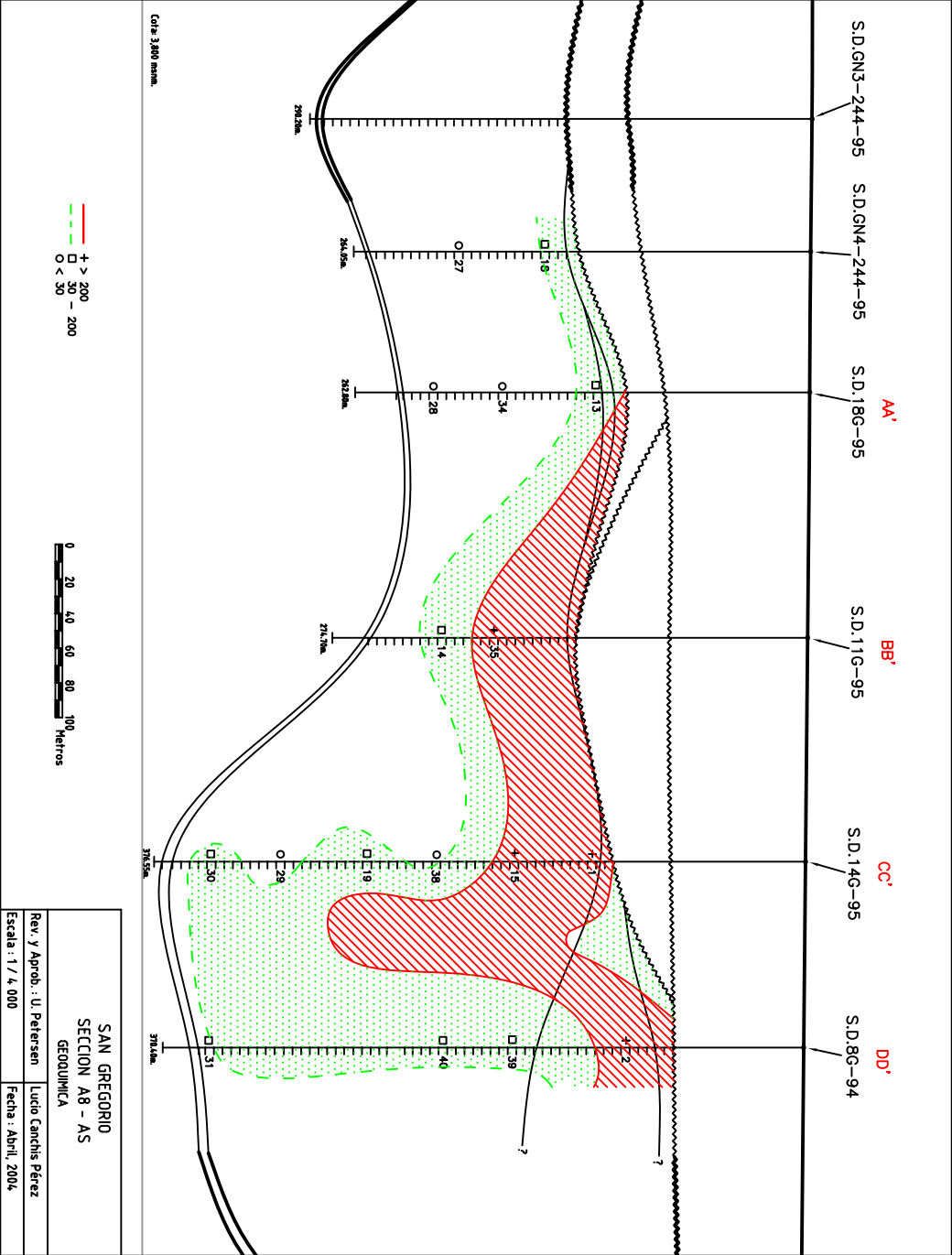


Fig. 78

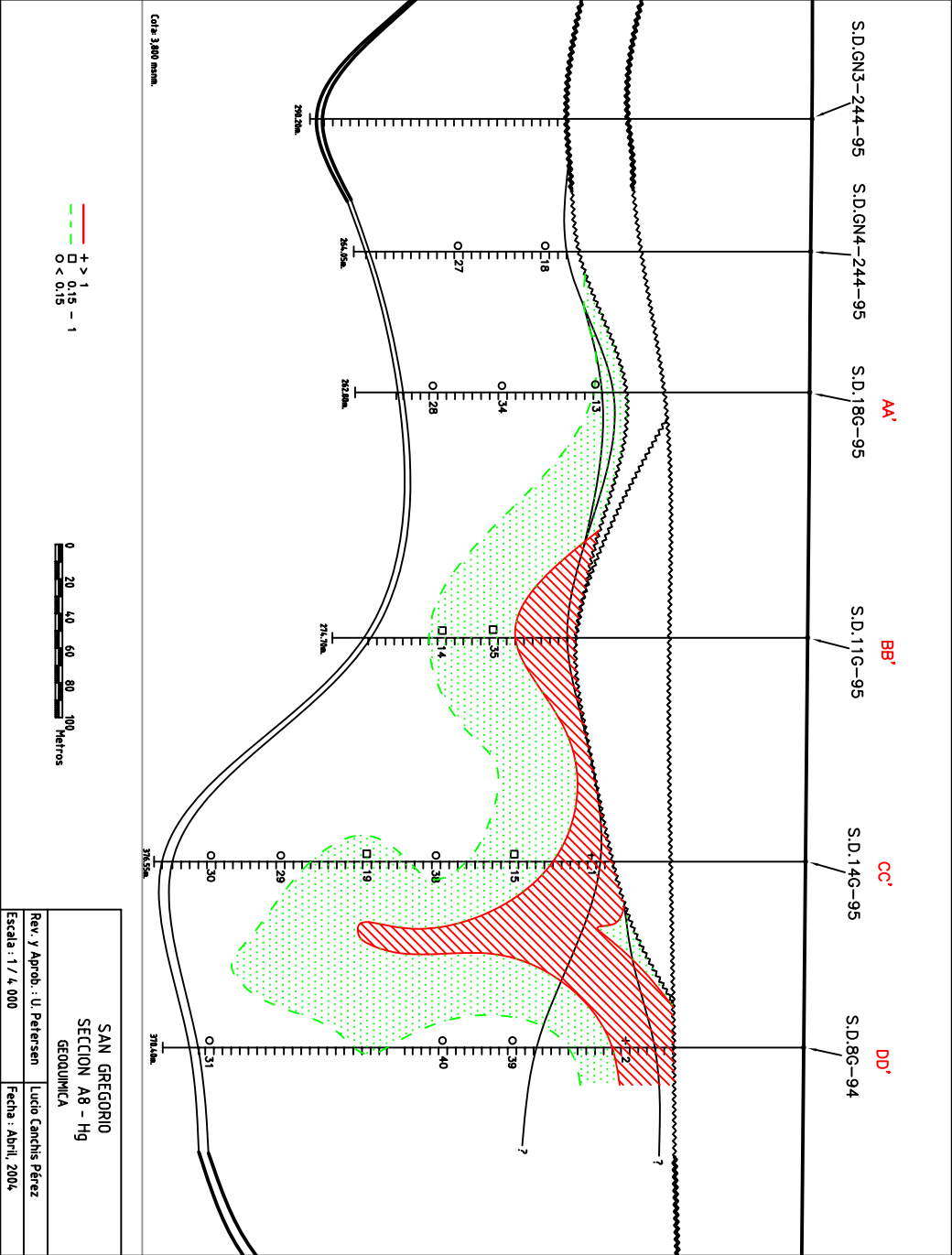


Fig. 79

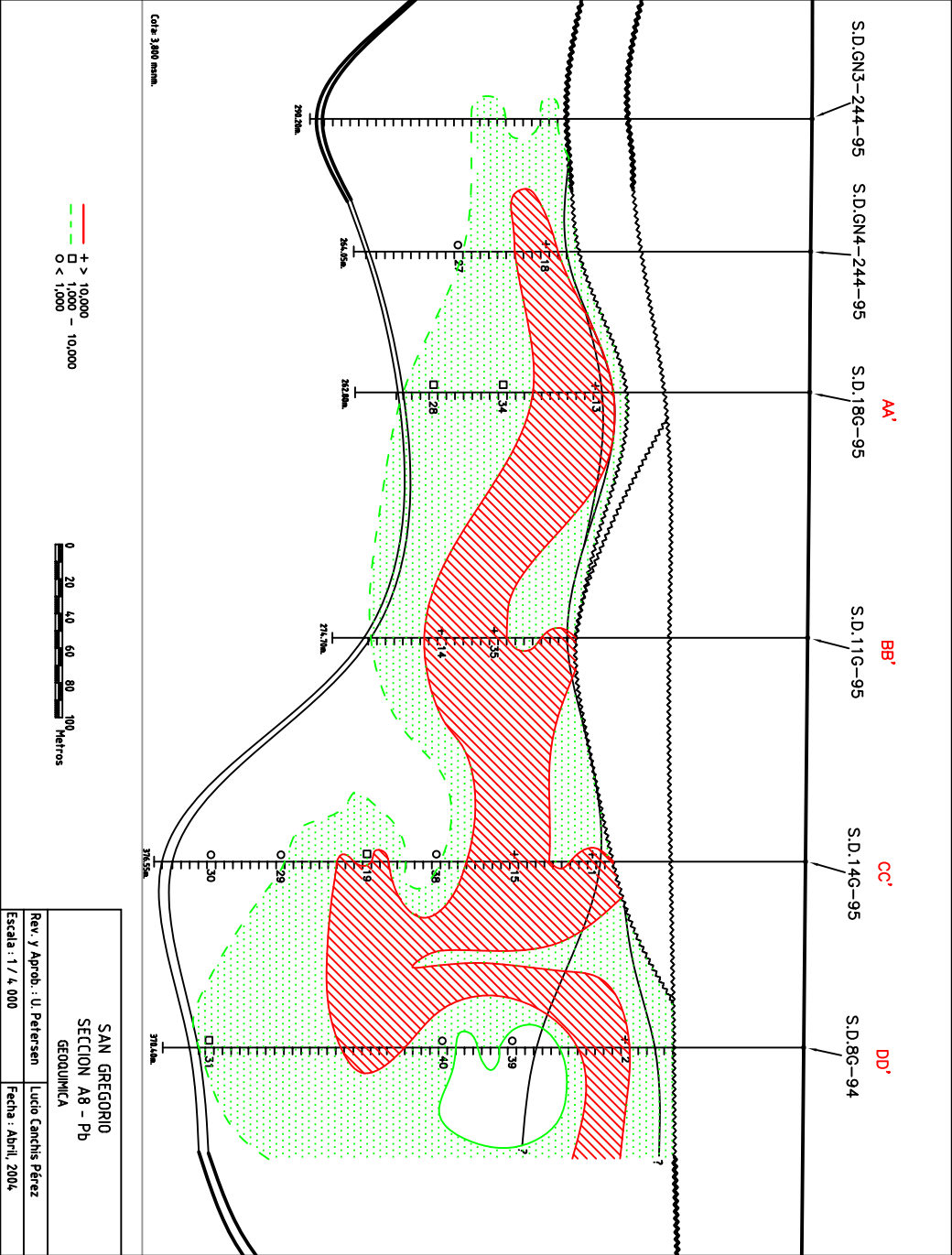


Fig. 80

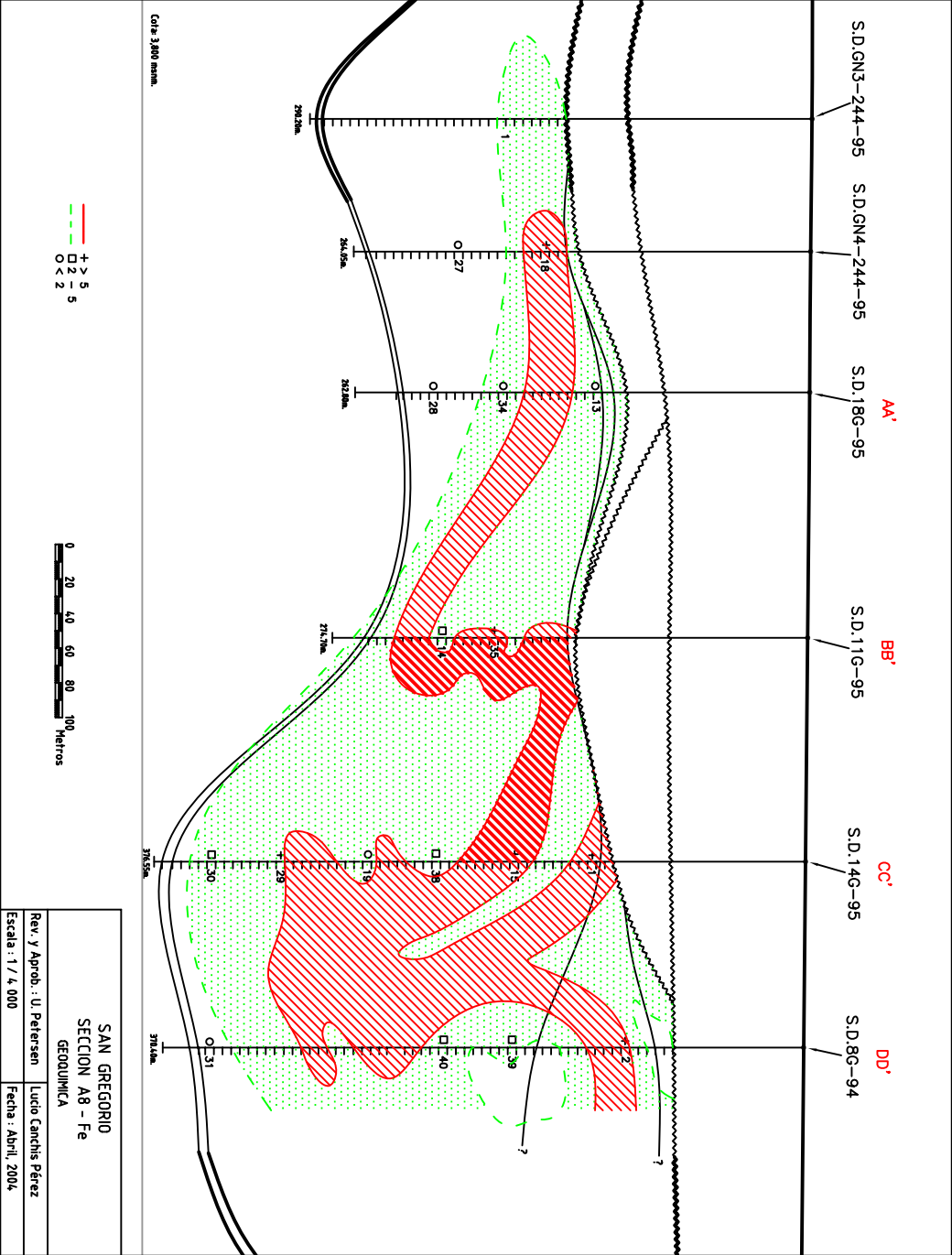


Fig. 81

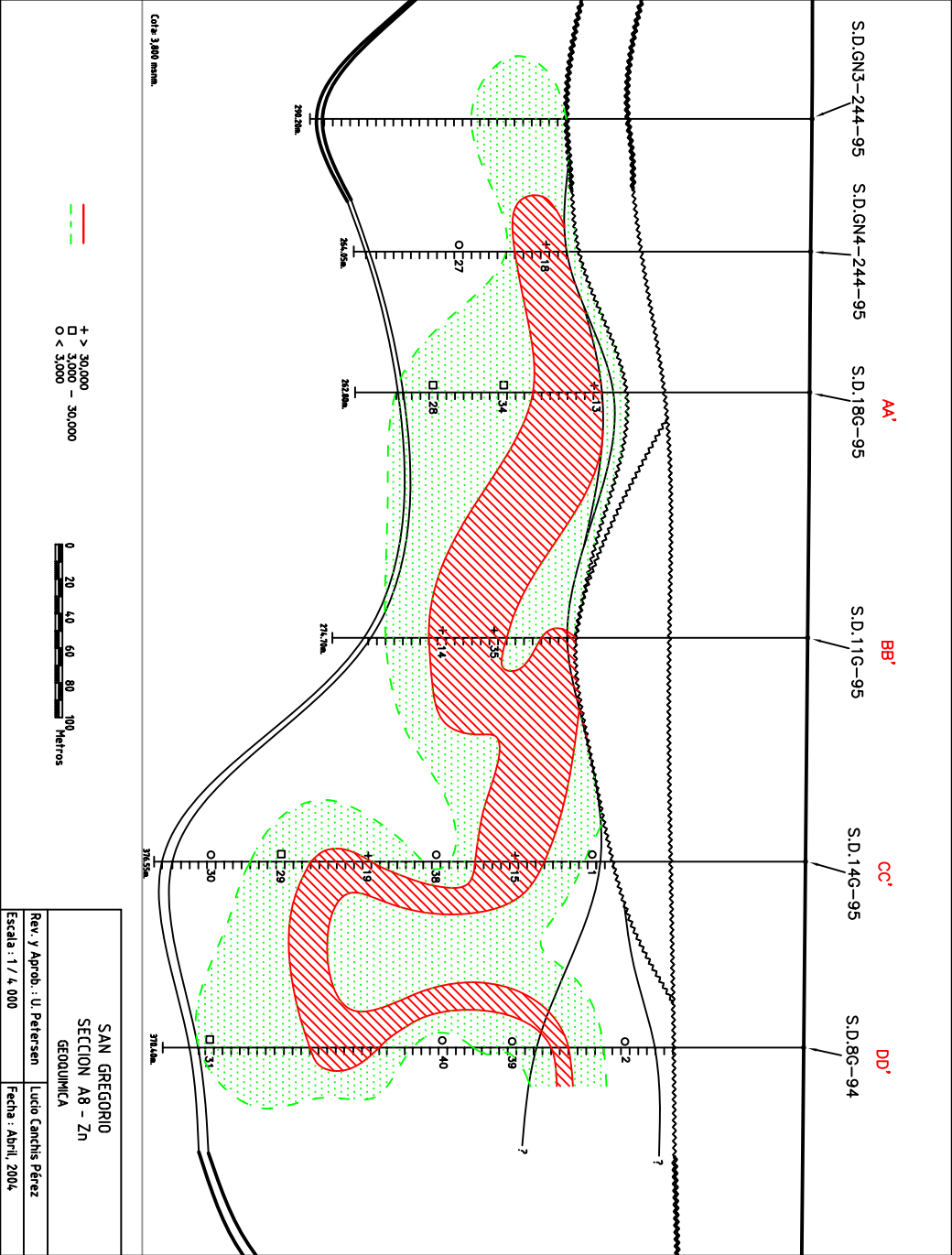


Fig. 82

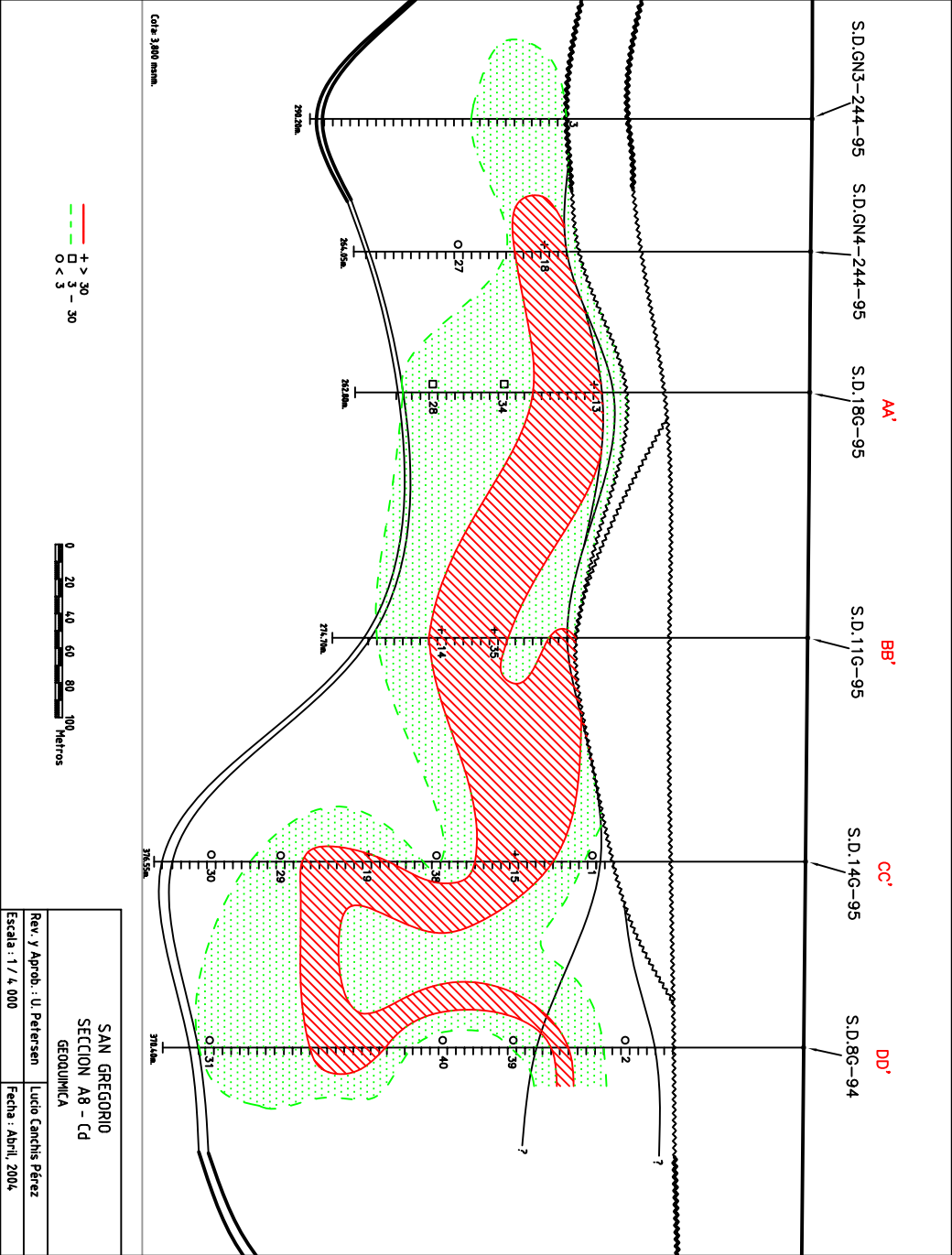


Fig. 83

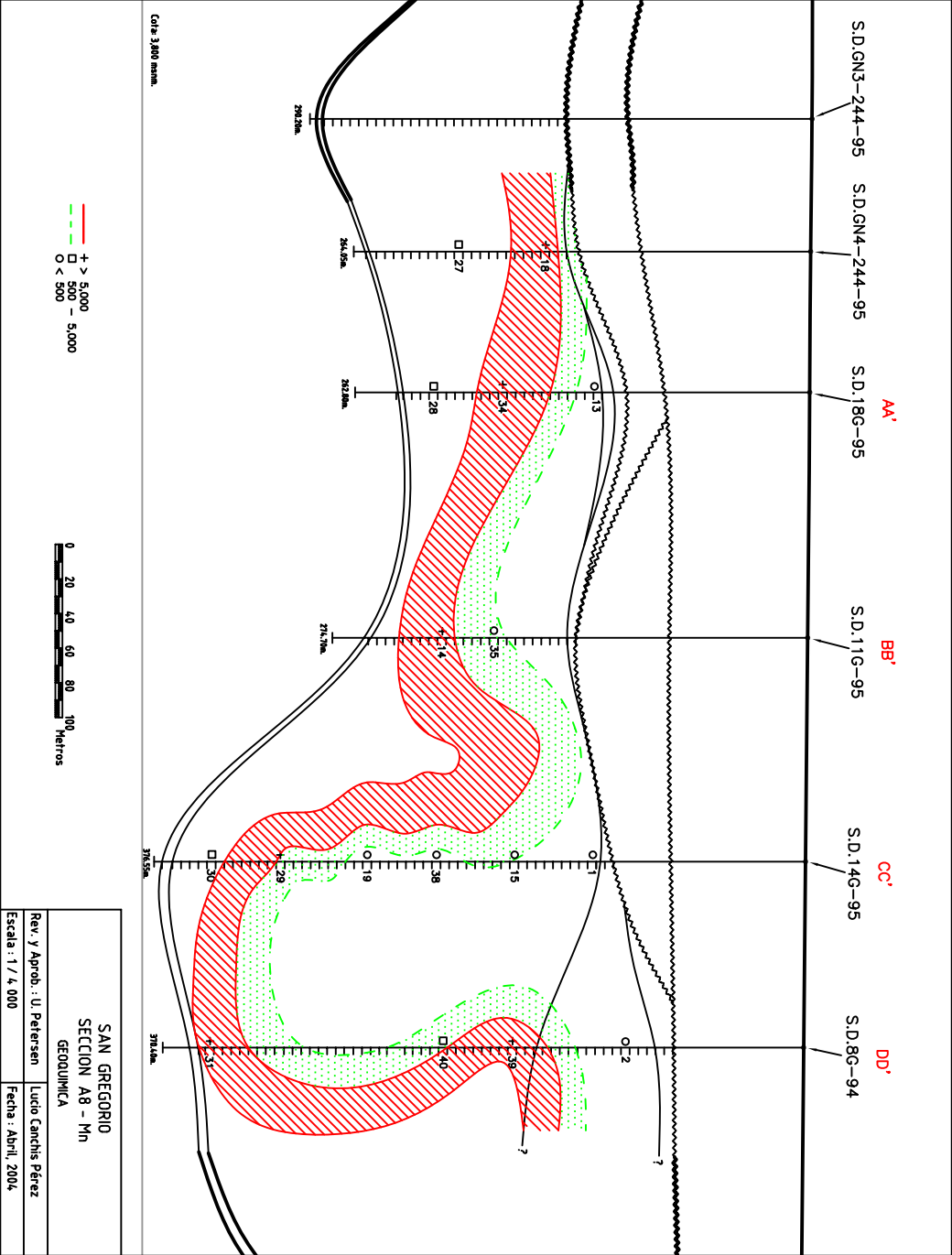


Fig. 84

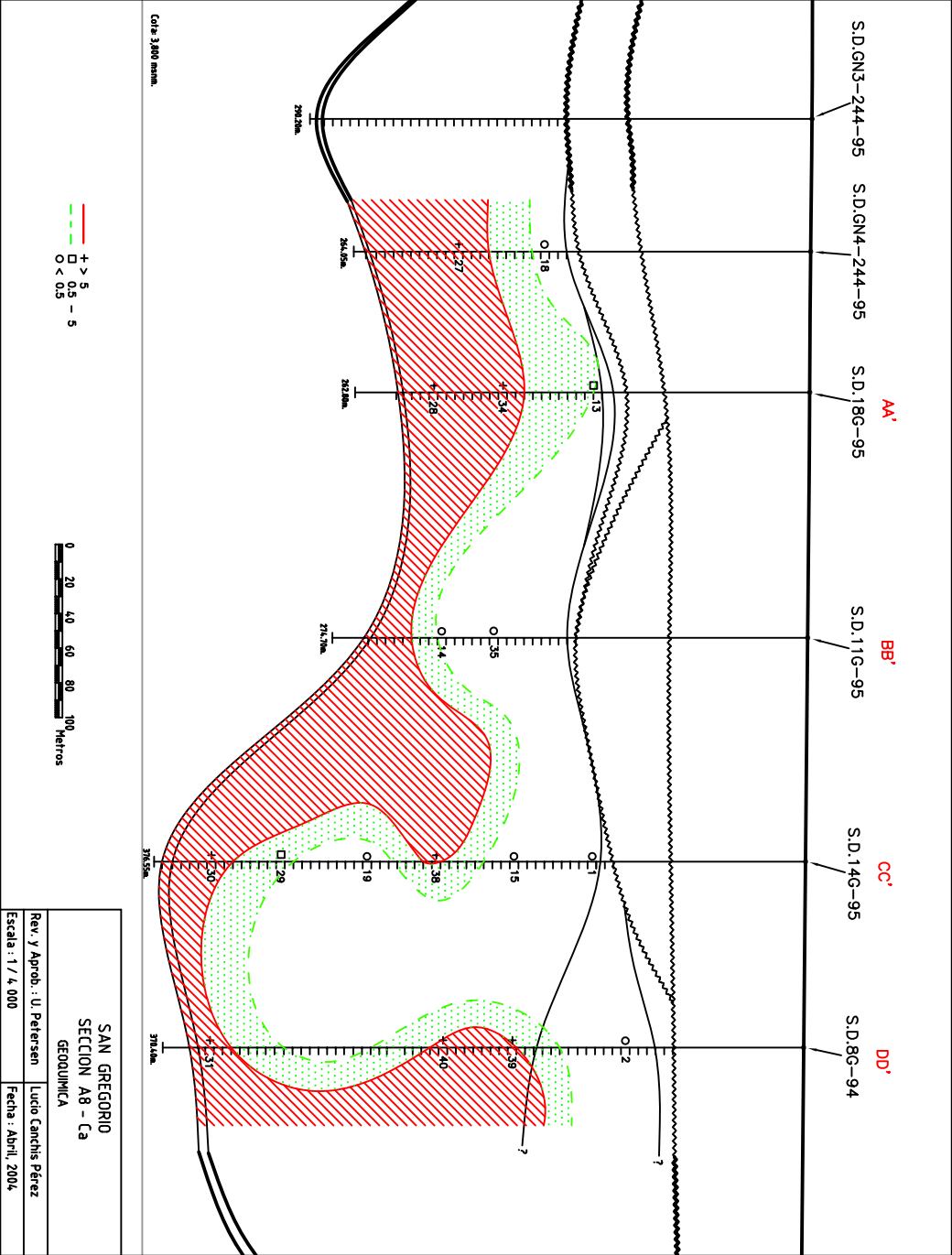


Fig. 85

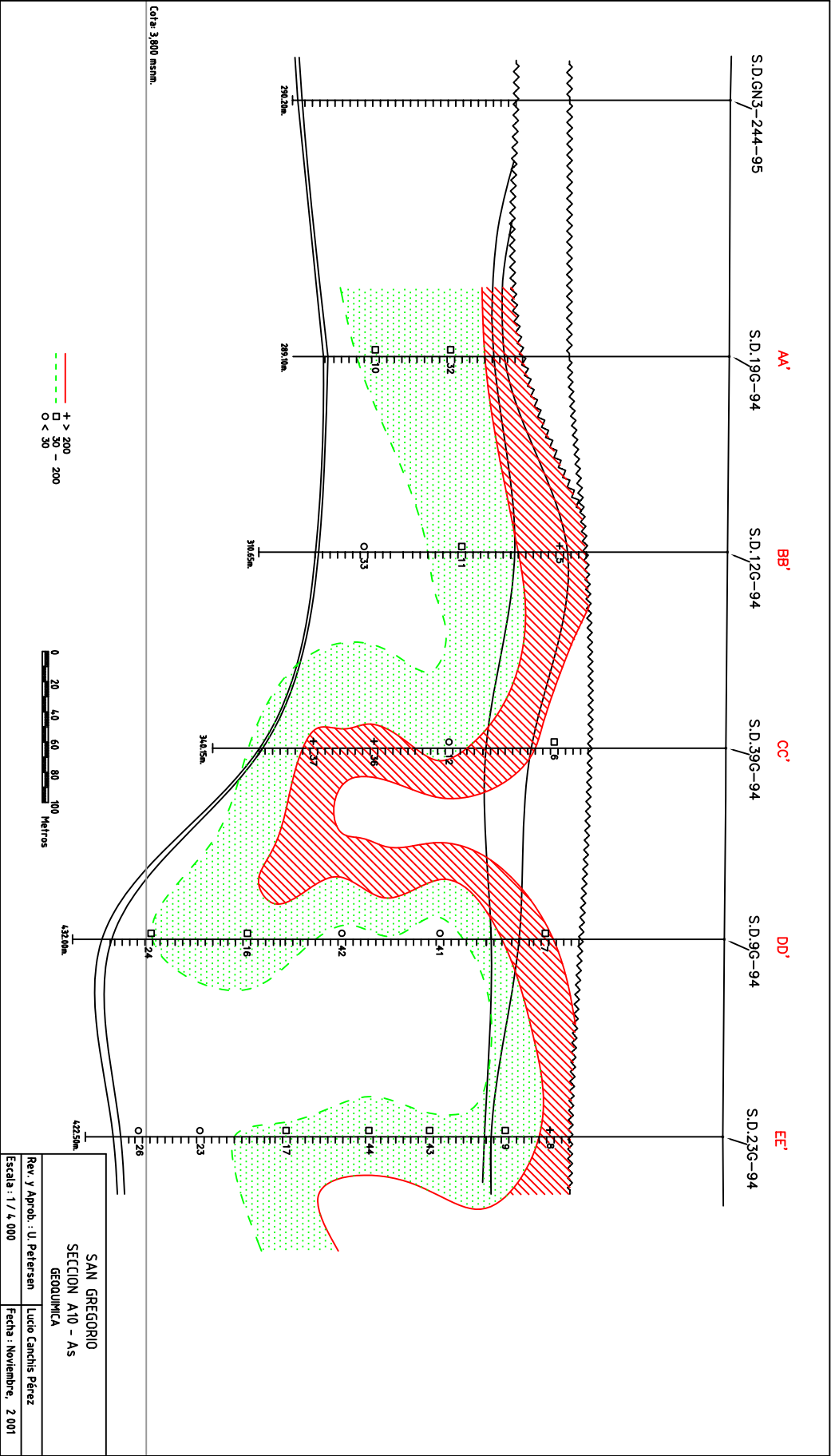


Fig. 86

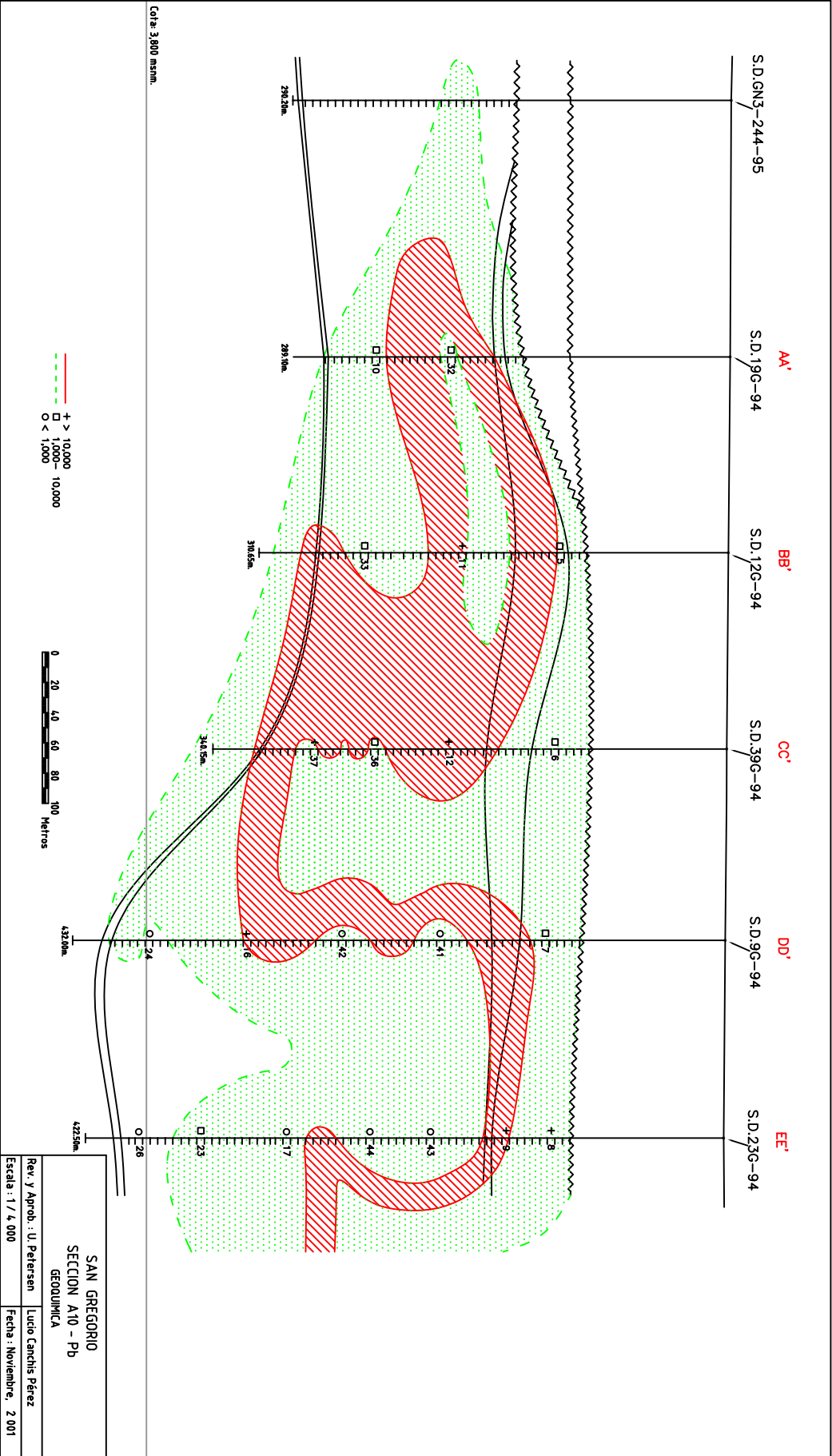


Fig. 88

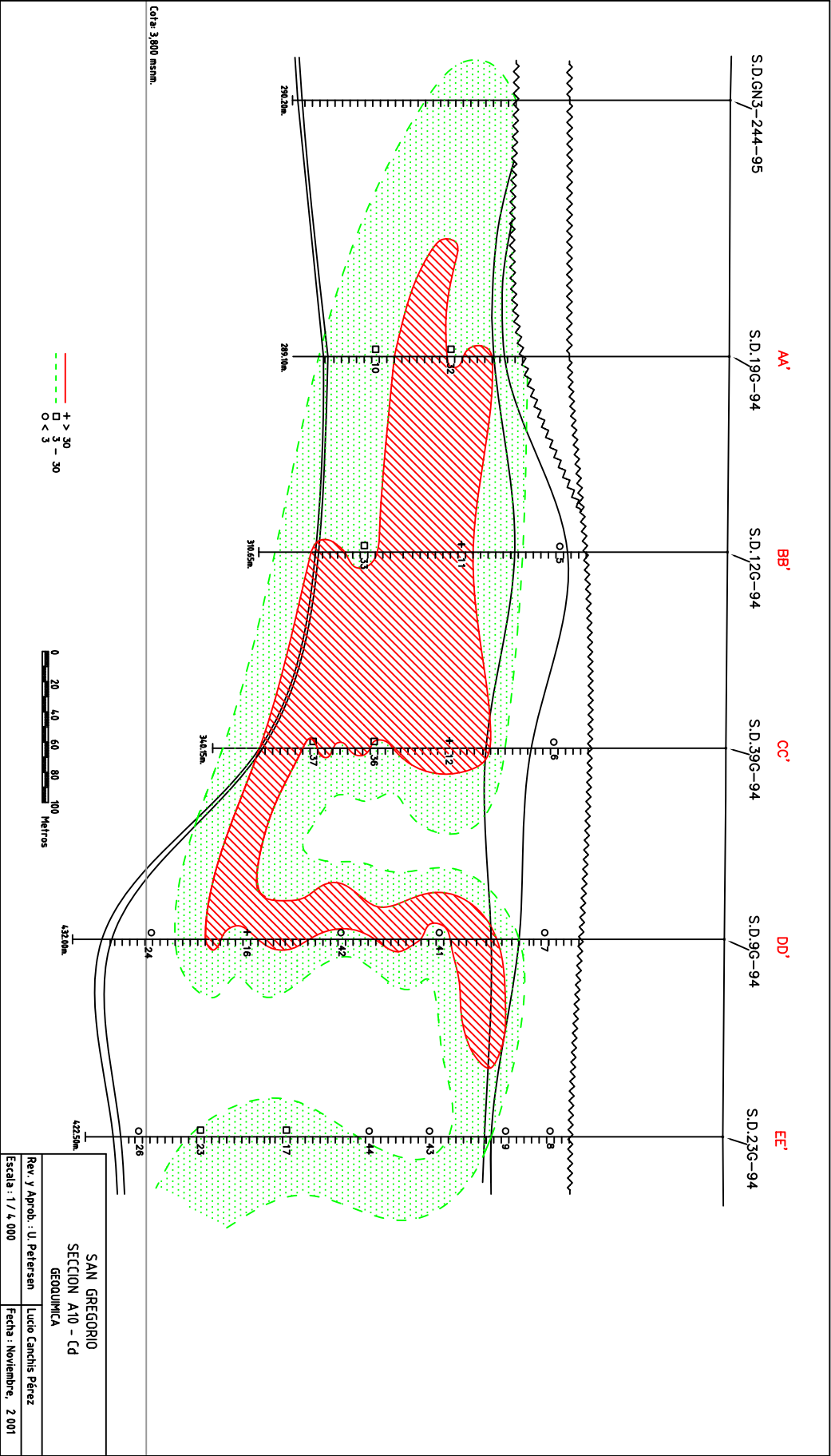


Fig. 91

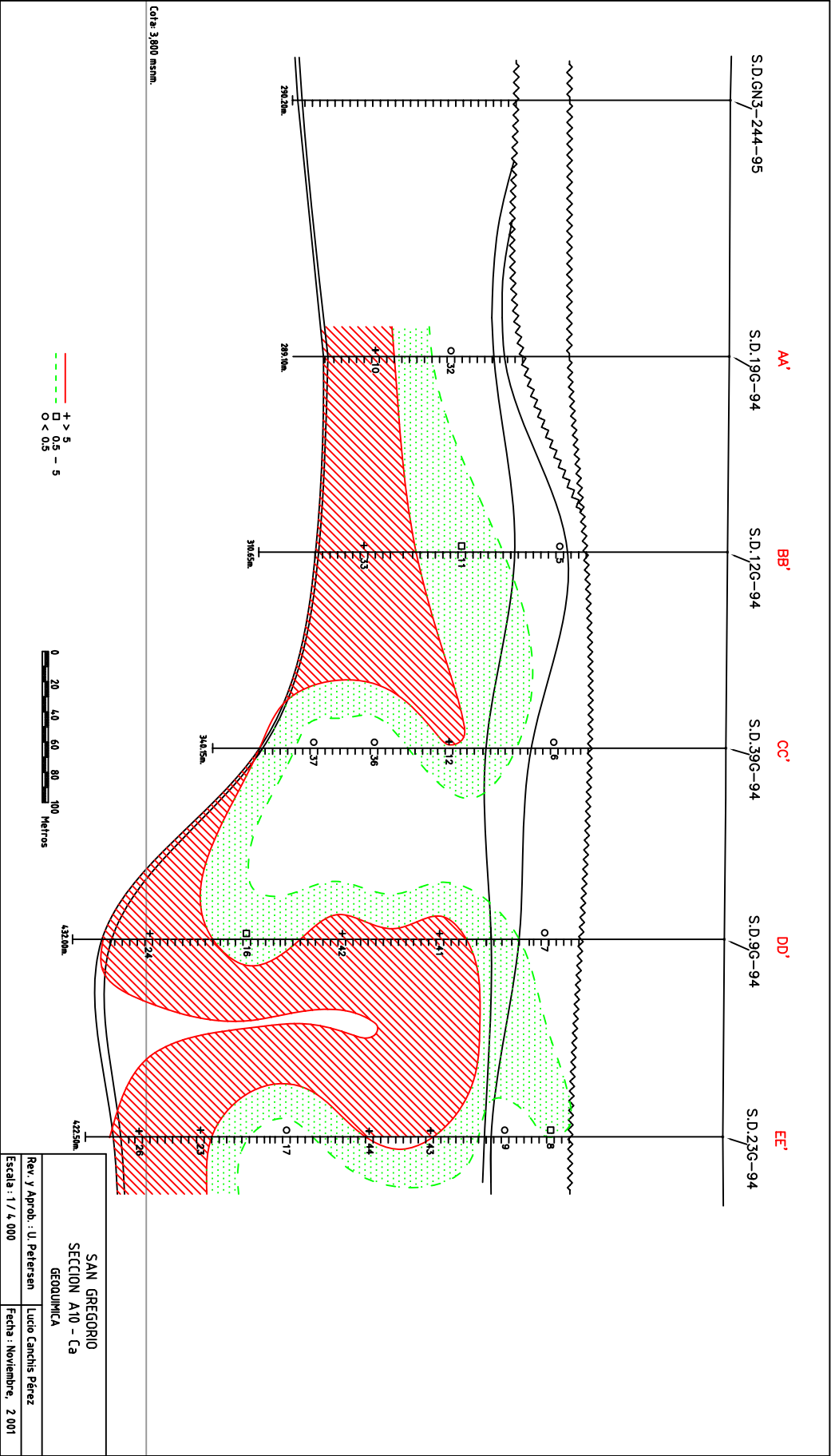


Fig. 93

APENDICE

SECCIONES ECONOMICAS

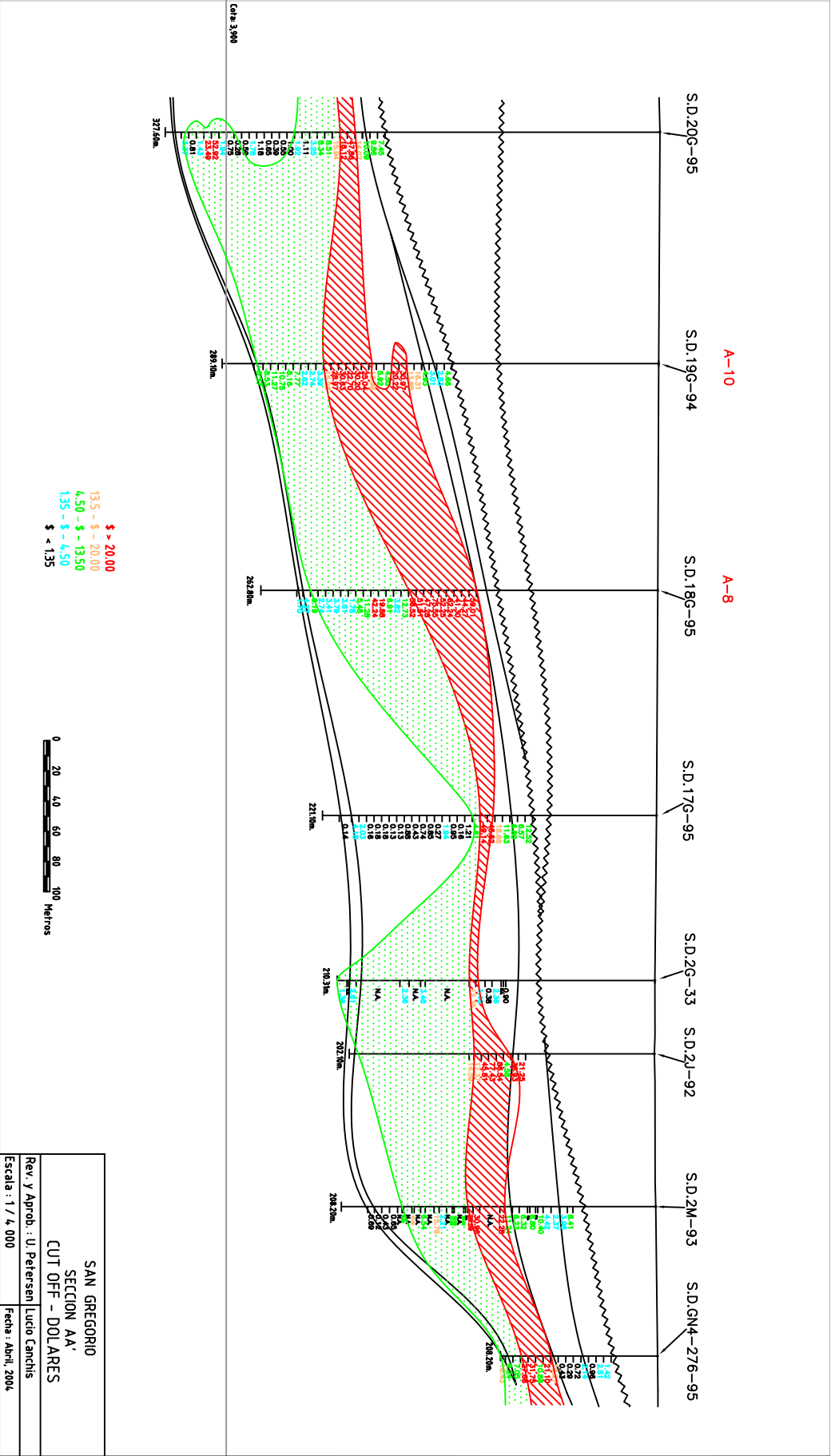
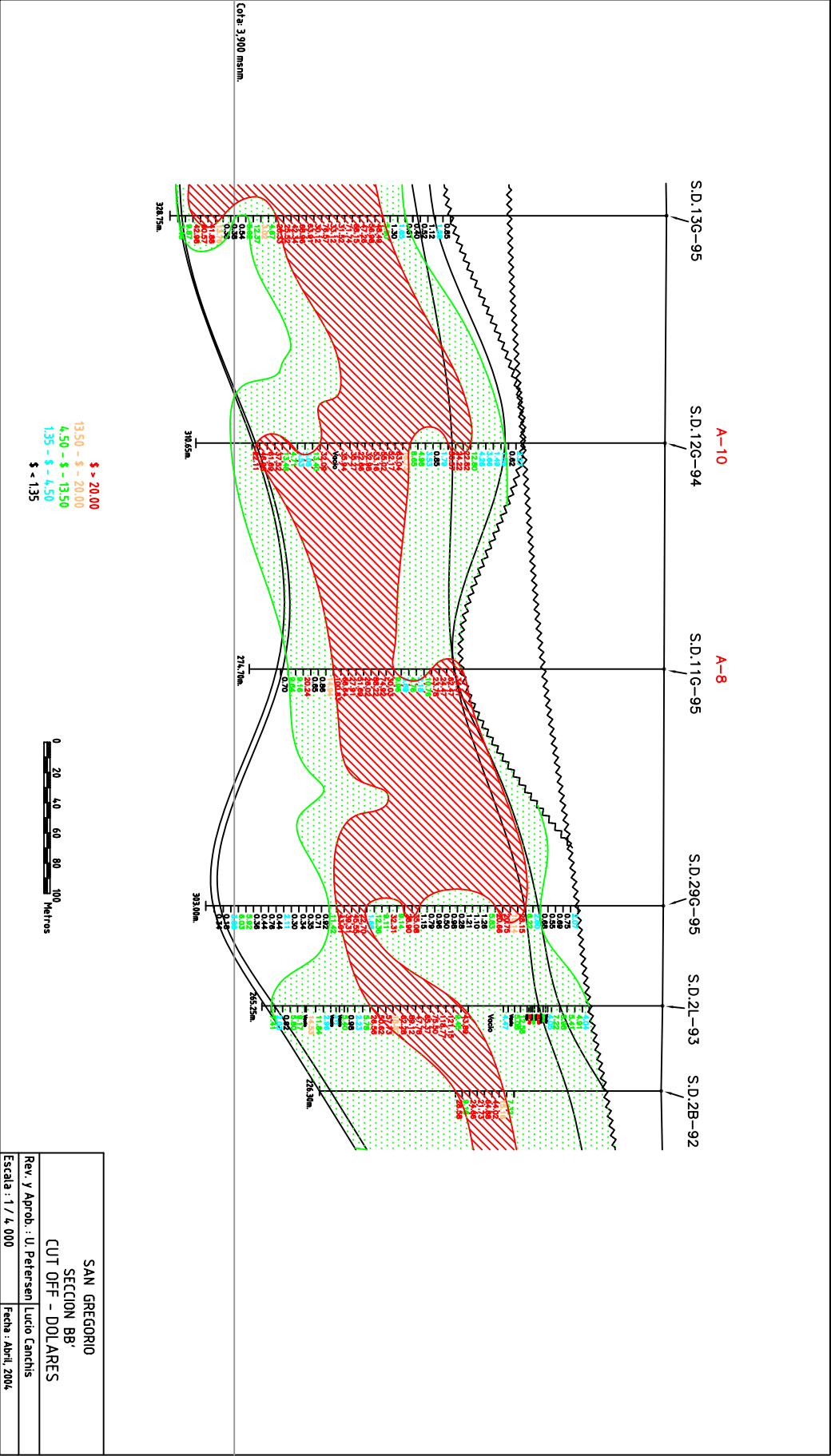
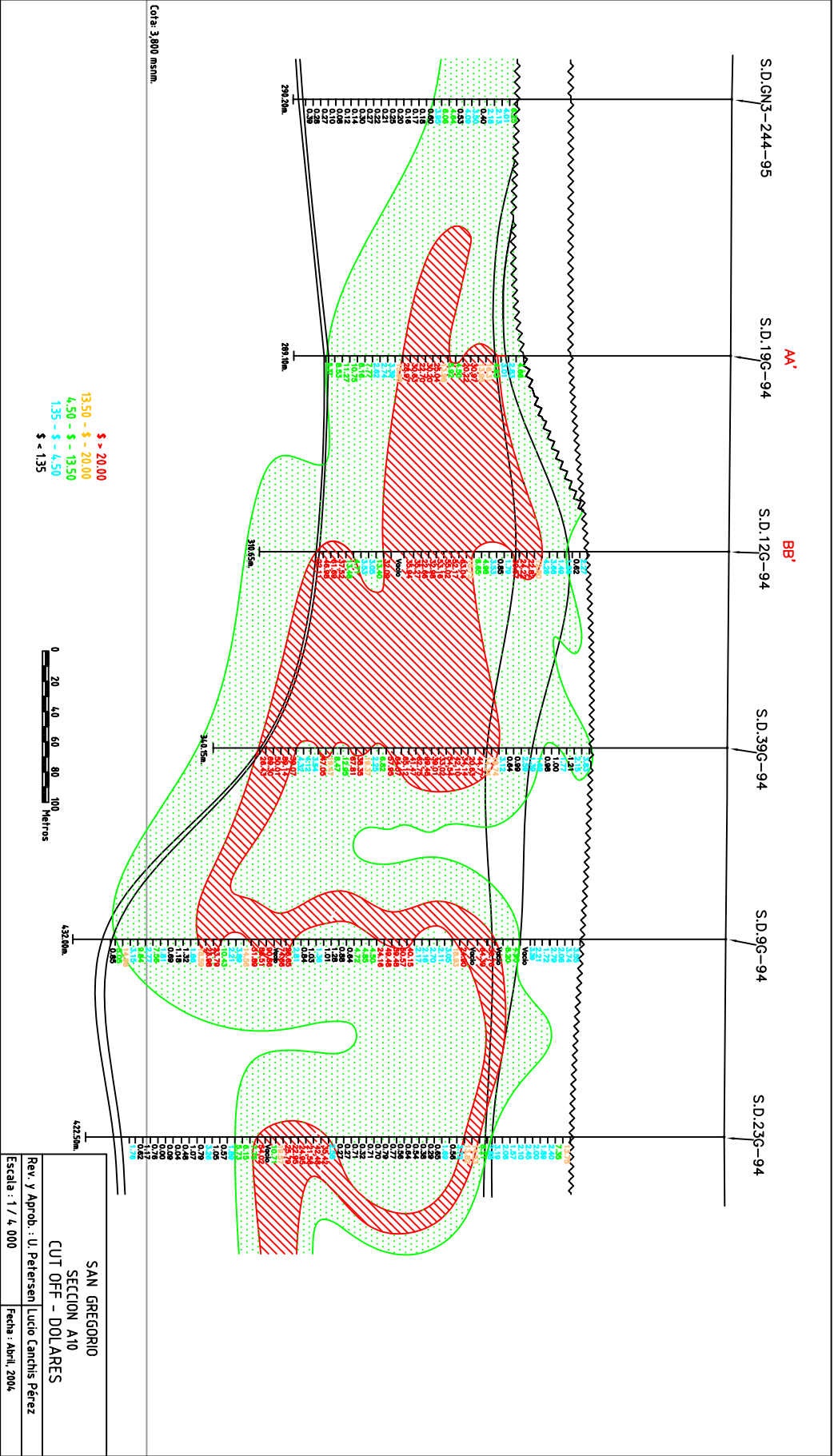


Fig. 94





APENDICE

SECCIONES INTERPRETACION FINAL

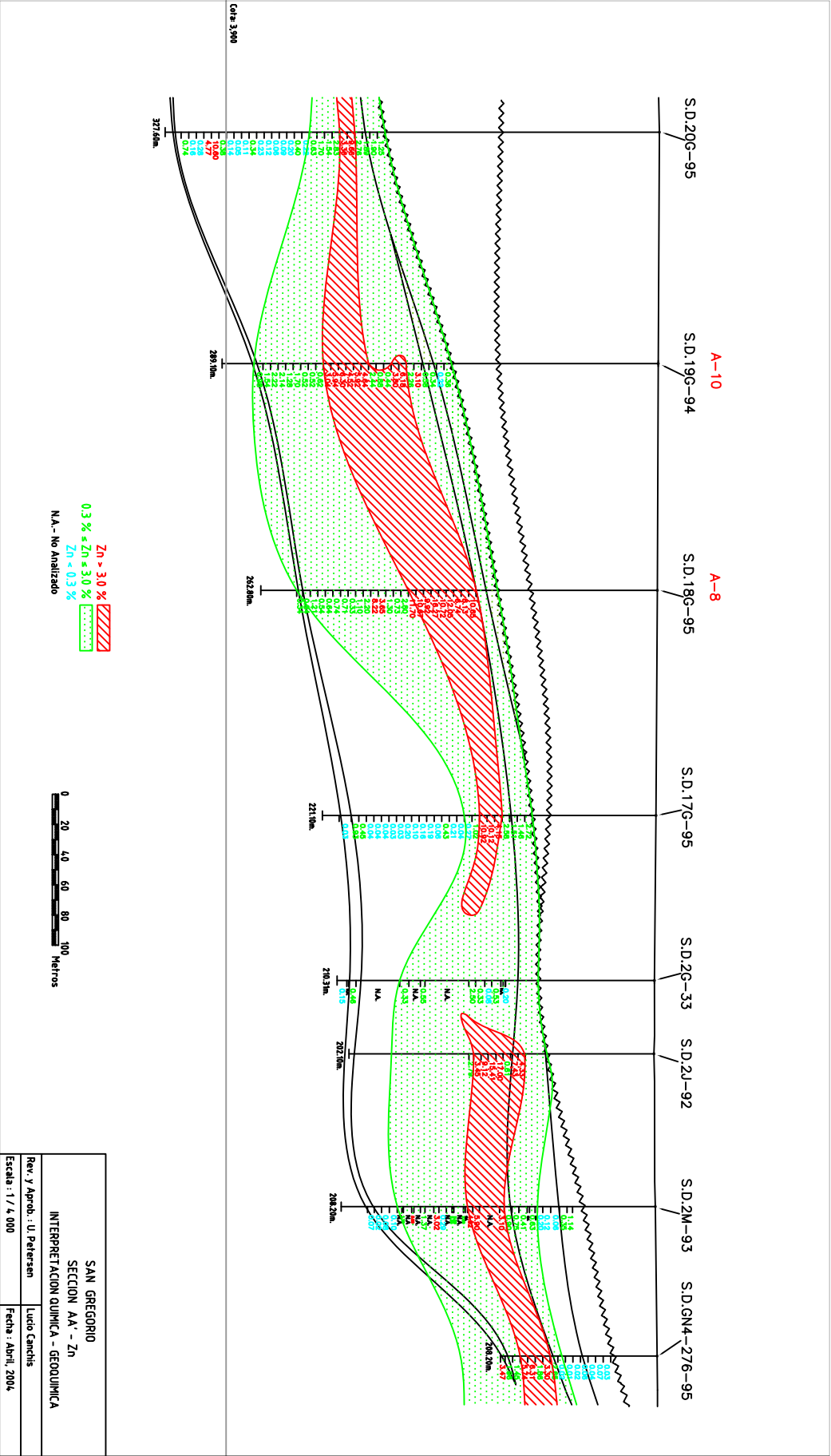


Fig. 98

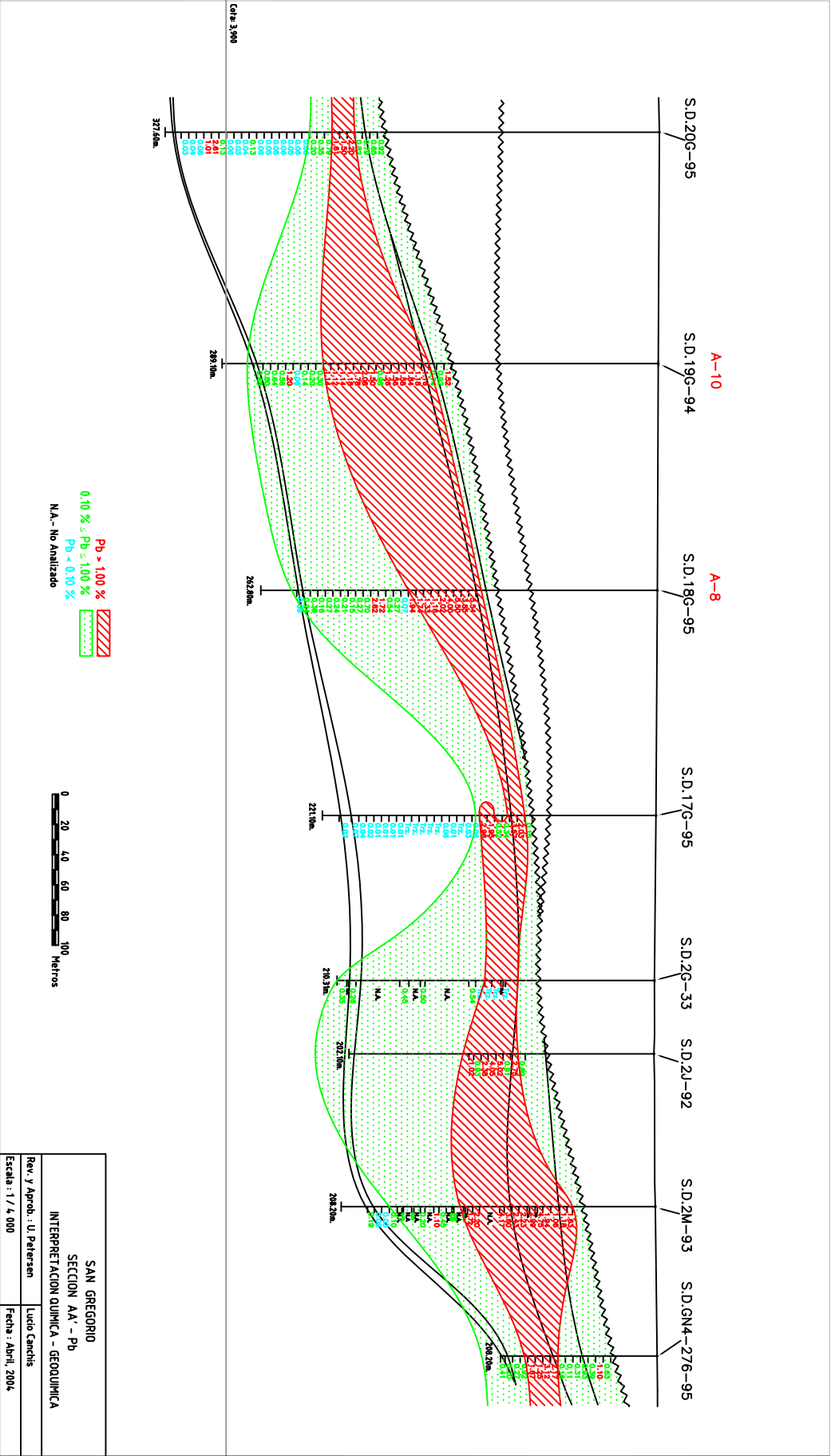


Fig. 99

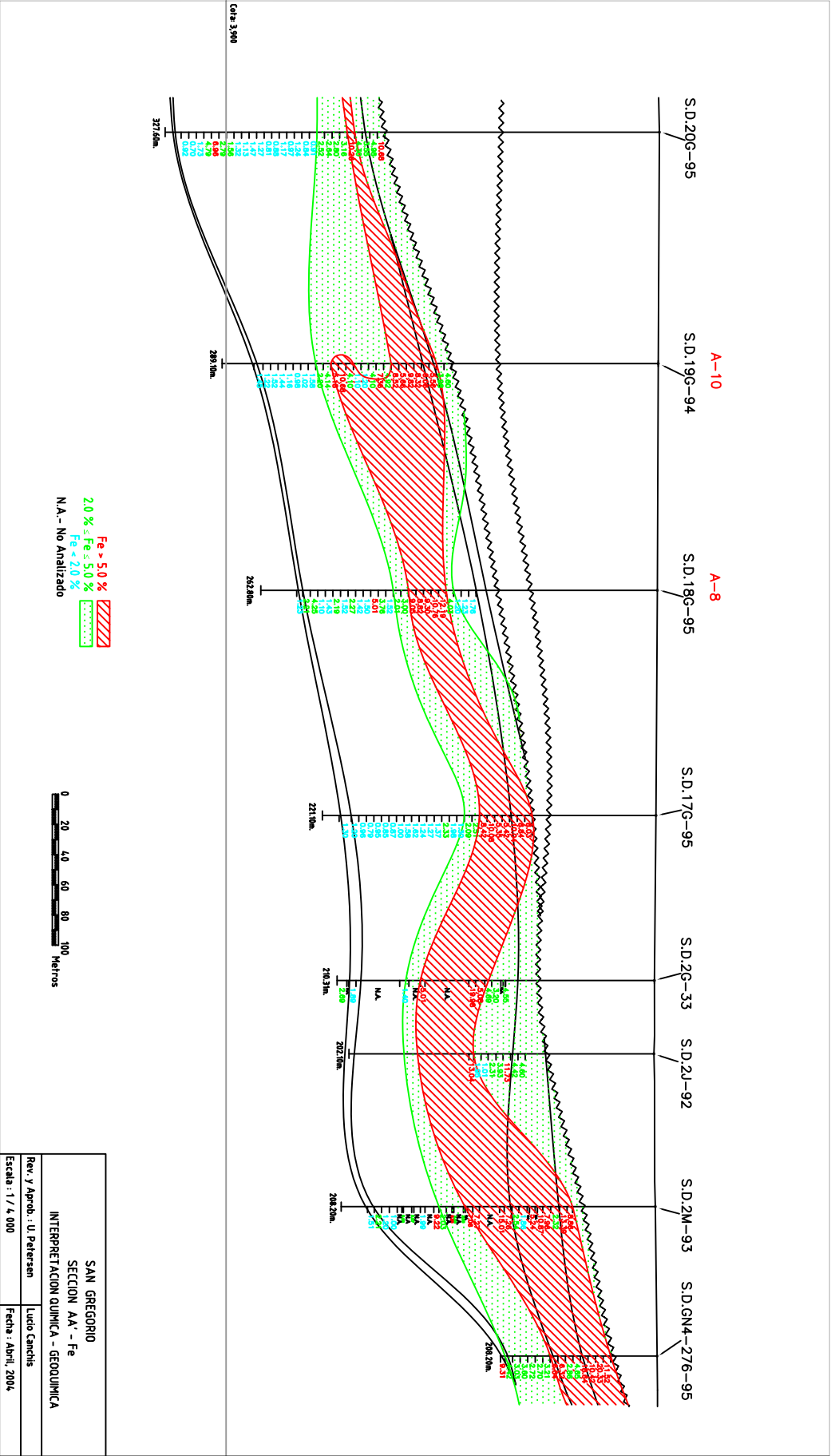


Fig. 100

SAN GREGORIO	
SECCION AA' - Fe	
INTERPRETACION QUIMICA - GEOQUIMICA	
Rev y Aprob.: U. Petersen	Ludo Canchis
Escala: 1 / 4 000	Fecha: Abril, 2004

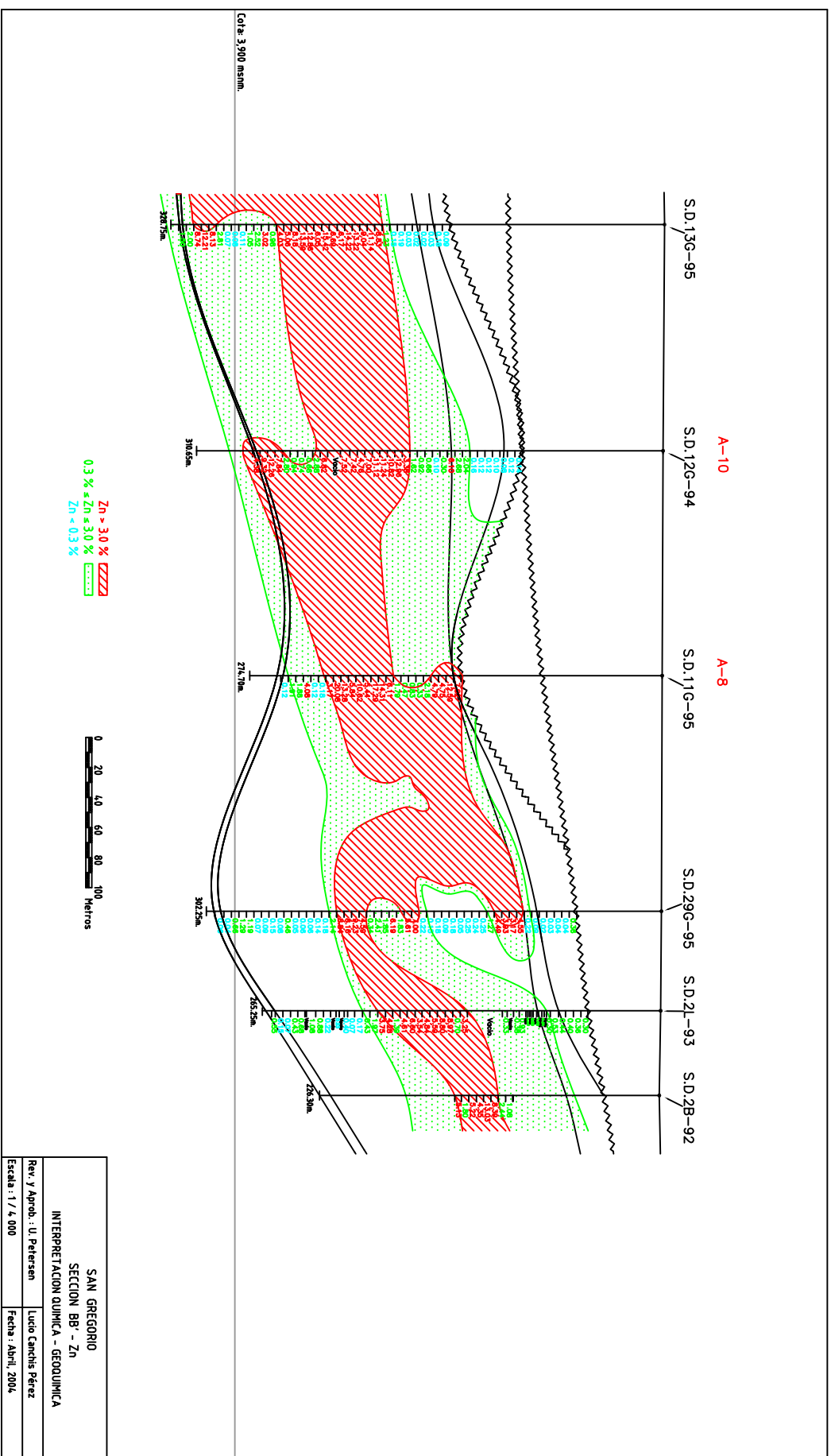


Fig. 101

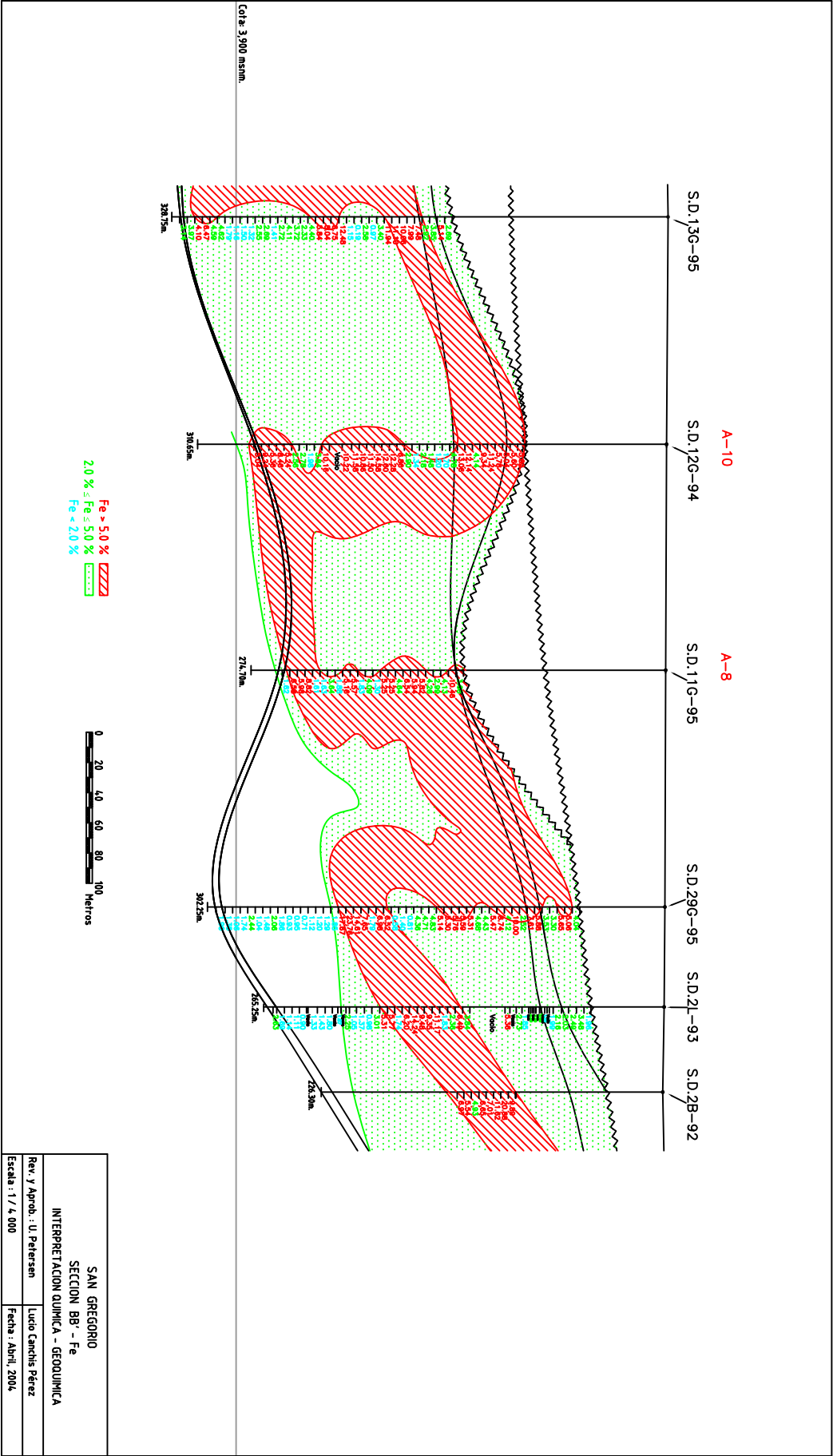


Fig. 103

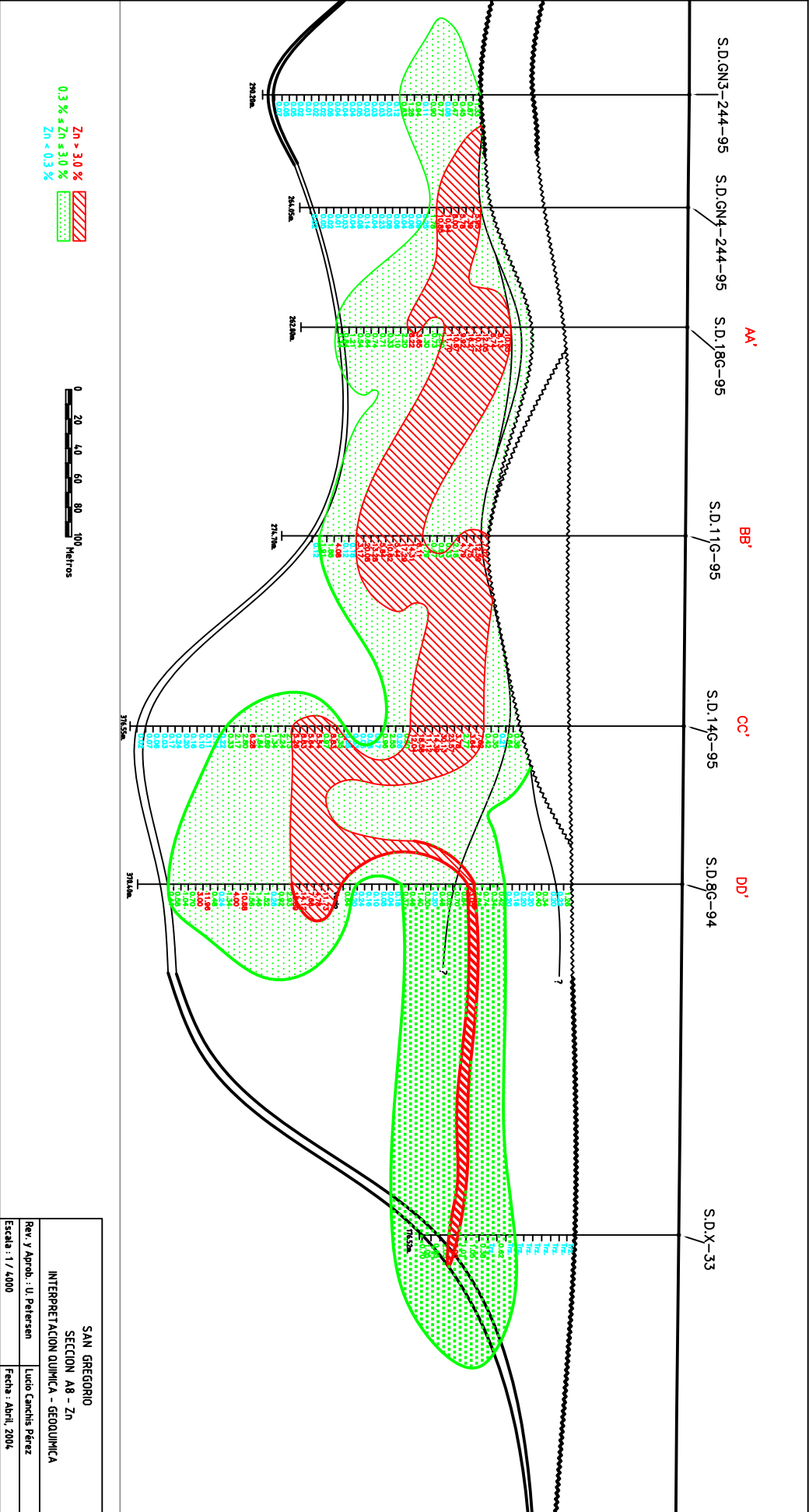


Fig. 104

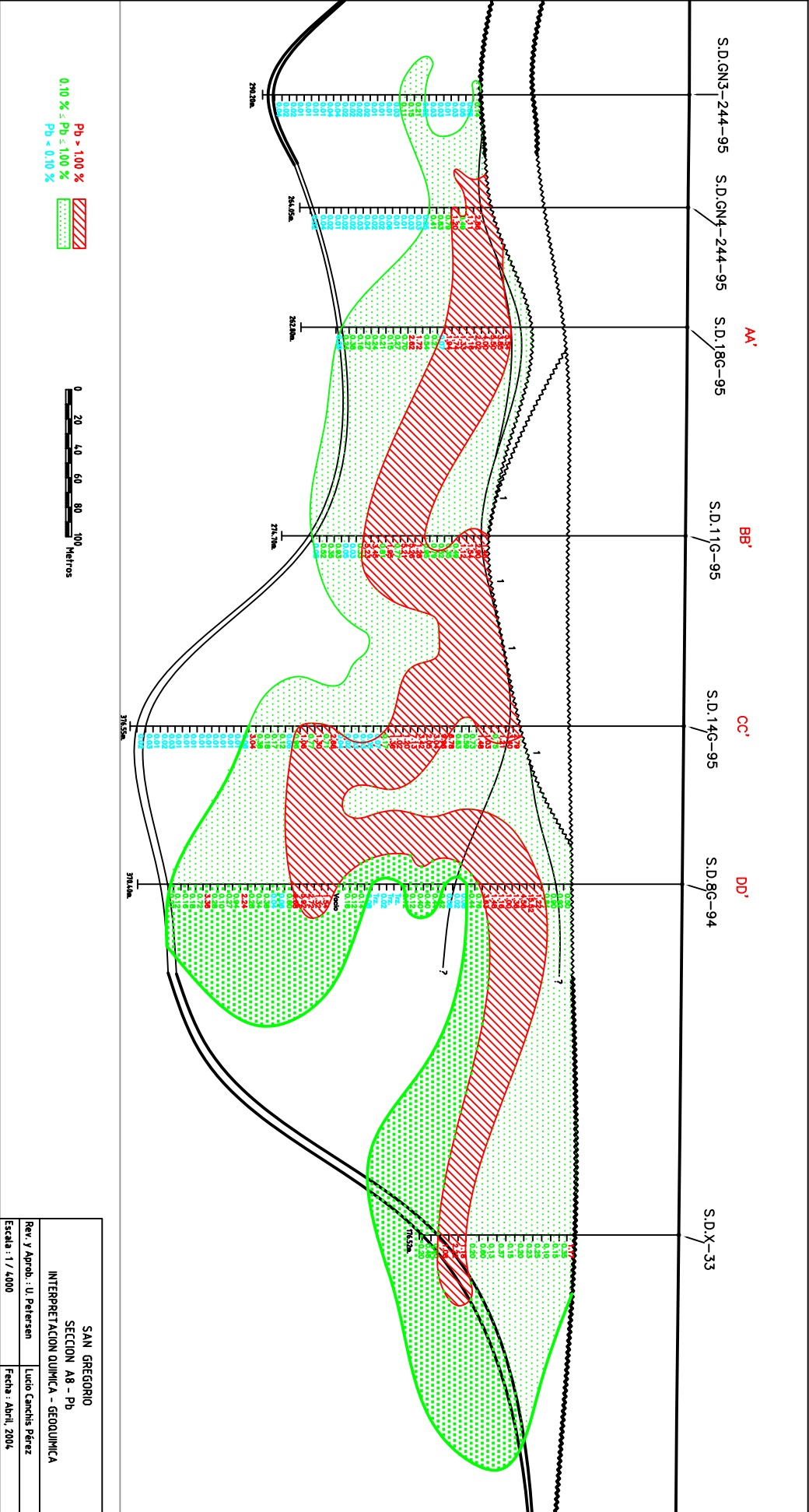


Fig. 105

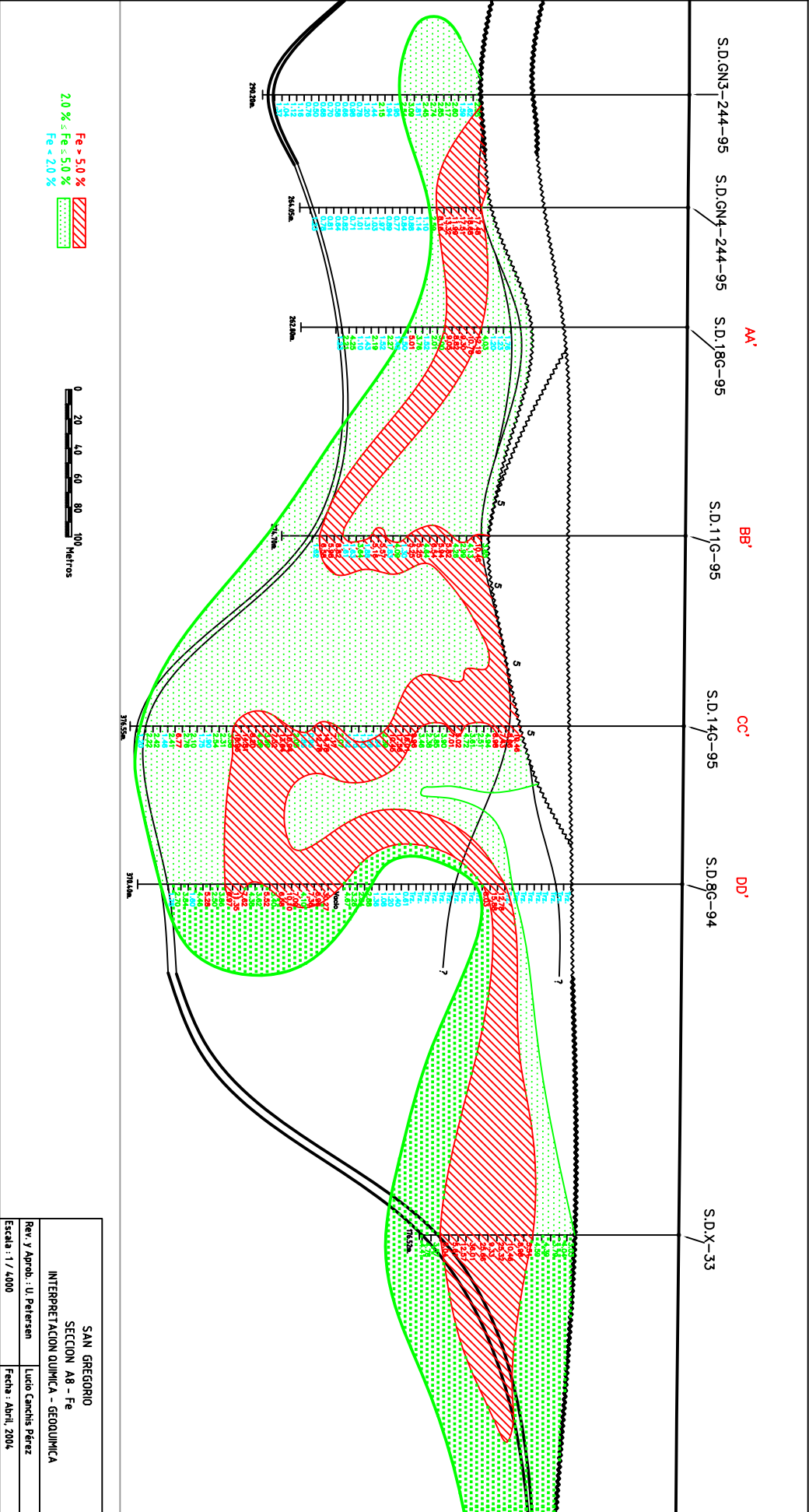


Fig. 106

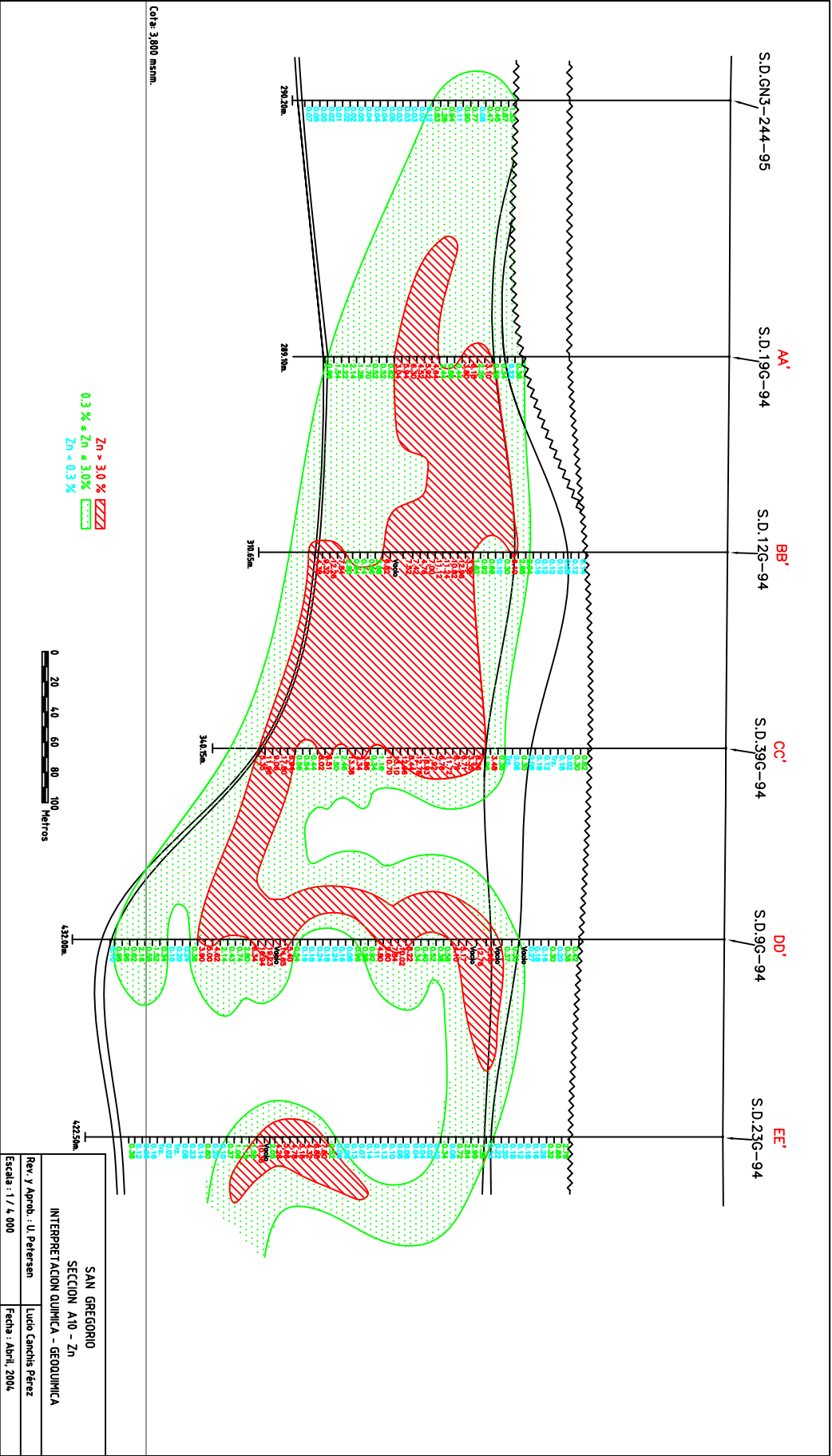


Fig. 107

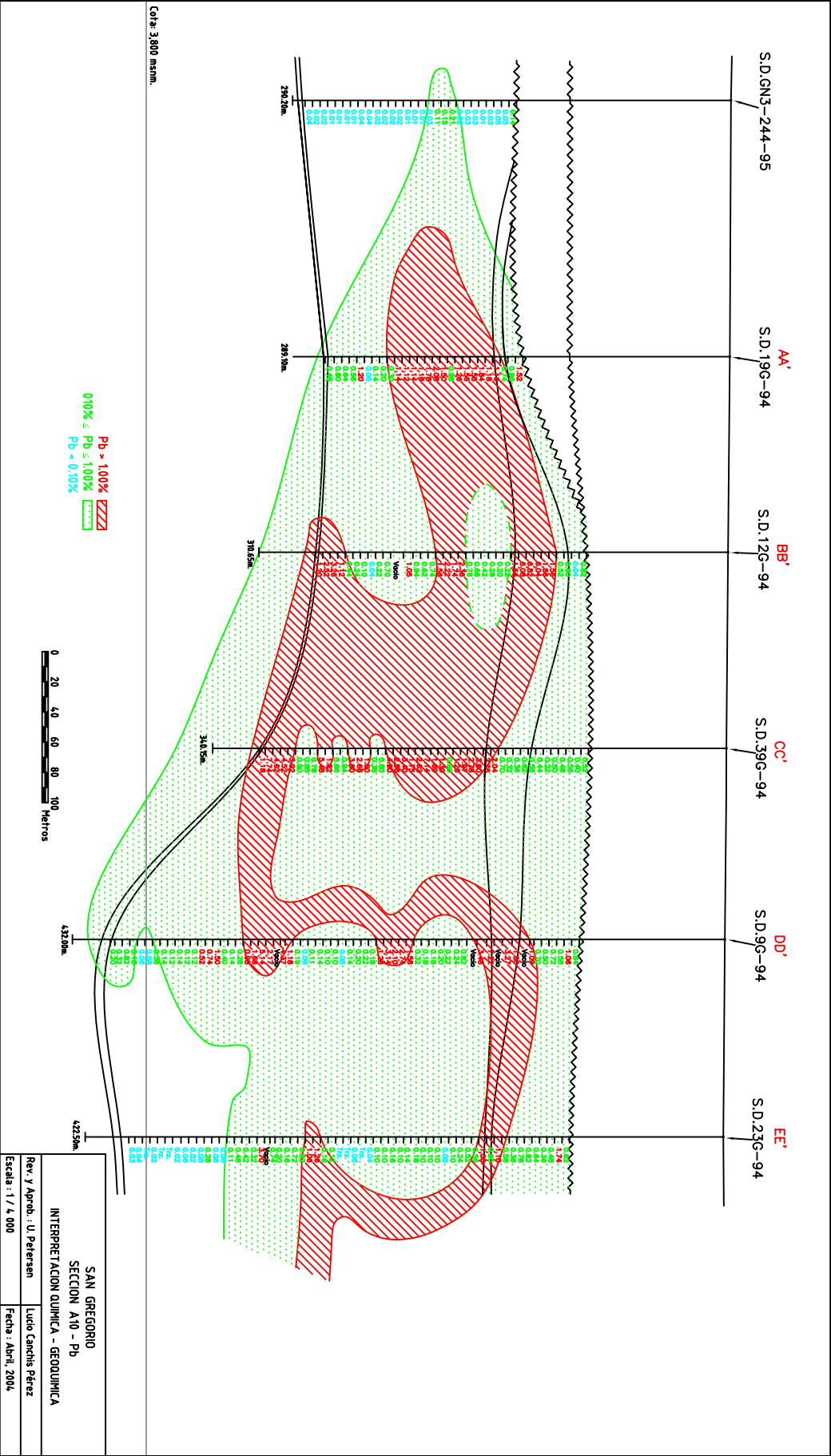


Fig. 108

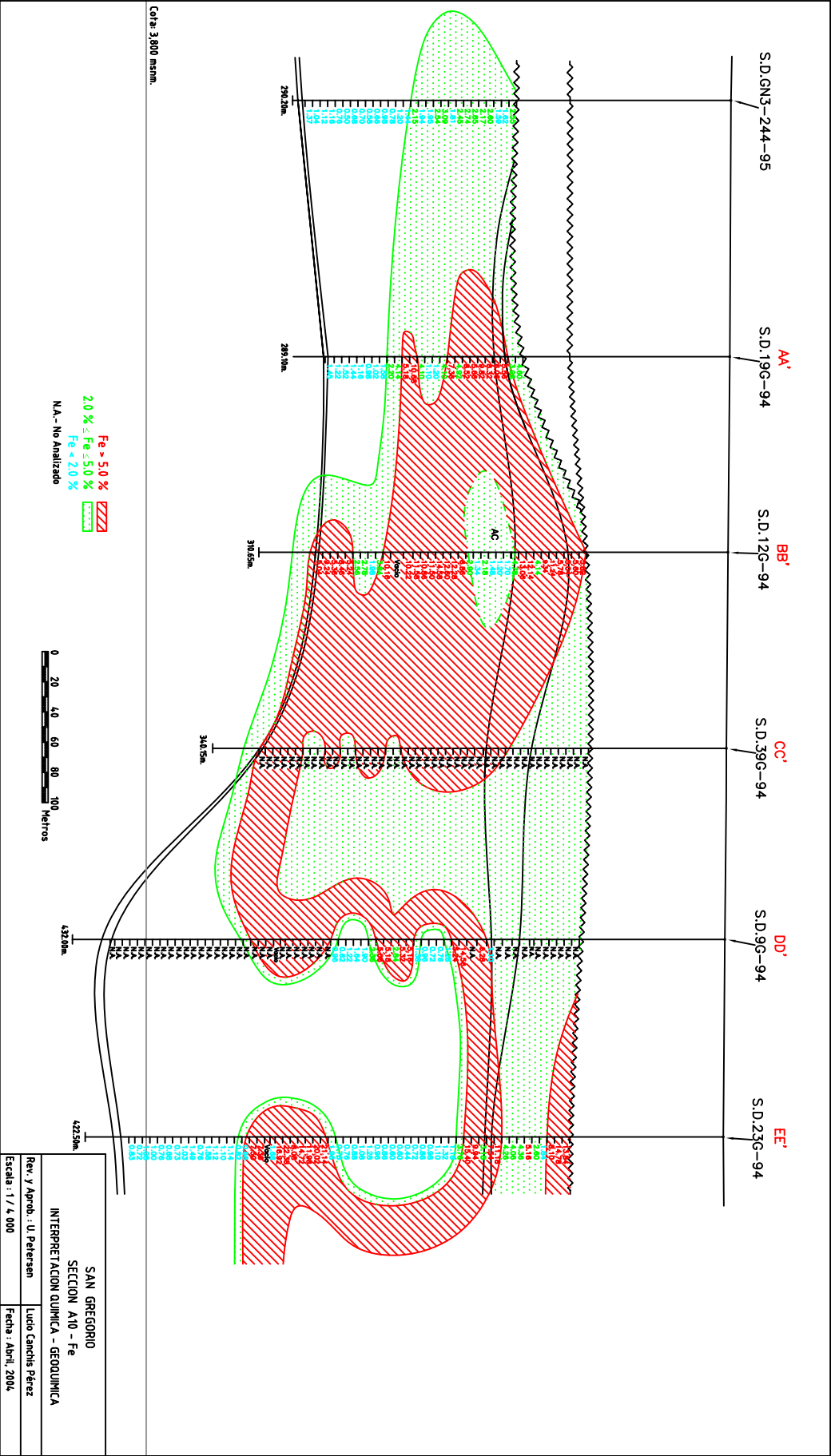


Fig. 109