

## Capítulo 9.

### CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

La implementación del método eléctrico, permitió con base en los contrastes de resistividad, asignar a los estratos de las unidades geológicas del subsuelo identificadas en la zona de estudio, rangos de resistividad generados a partir de calibraciones (mediciones de resistividad en afloramientos).

Los rangos de resistividad se complementaron con la misma interpretación de las curvas de resistividad, ya que en la zona de estudio, la información de columnas litoestratigráficas de pozos profundos es escasa y poco confiable. Esto conllevó a que no se pudieron hacer calibraciones con pozos perforados en la zona.

Según el inventario de captaciones de agua subterránea, el nivel freático es muy superficial en toda la zona de estudio, alrededor de 1.5 metros; esta situación facilitó la interpretación geofísica ya que los estratos se suponen saturados y el rango de resistividades se reduce para esta situación.

No fue posible discernir, según los valores de resistividad, entre los depósitos de origen marino y los continentales que conformarían las unidades hidrogeológicas 4 y 5, depósitos cuaternarios  $Qt_2$  y  $Qt_3$  respectivamente.

Tampoco fue posible establecer si los valores bajos en resistividad ( $0 - 1 \Omega.m$ ) de la formación  $Qt_2$ , interpretados como sedimentos con agua salada, representan intrusión marina en estratos continentales, o la salinidad que se supone tener el agua, es por influencia de estratos de origen marino.

La detección y determinación del alcance de la cuña marina, se estableció por los valores de resistividad entre  $0 - 1 \Omega.m$ , interpretados como sedimentos con agua salada.

De las 18 muestras de agua subterránea analizadas, se tiene certeza que 10, tomadas en aljibes con profundidades hasta 6 metros, y en un pozo de 12 metros, representan la composición fisicoquímica del agua de la unidad hidrogeológica 3 ( $Qt_1$ ).

De las otras muestras, no se tiene certeza si el agua es de mezcla de varias unidades acuíferas o representan la composición química de una sola, debido a que no se tuvo acceso al registro del diseño de los pozos. Solo se podría especular lo siguiente con base en el modelo hidrogeológico: 5 muestras de agua tomadas en pozos, pertenecen a la unidad hidrogeológica 5 ( $Qt_3$ ) asociada con depósitos de origen mixto (marinos y

continentales) y 2, tomadas también en pozos (84 metros) a la unidad hidrogeológica 2, asociada con el paquete B terciario de la formación Corpa.

El ión cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), presenta altas concentraciones en los pozos P7 y P8 (4198.7 y 1174.6 mg/L respectivamente), indicando que existe contaminación del acuífero por intrusión salina en esa zona. En los pozos P6, P17 y P18, con concentraciones de 599.81, 499.84 y 474.85 mg/L respectivamente, existe ya una mezcla con agua salobre, pero no se podría establecer con exactitud, si estas concentraciones son debidas a una incipiente contaminación por la intrusión marina, o porque el agua está bajo la influencia de un estrato de depósitos marinos que puedan aportarle aspecto salobre. Comparando la concentración de cloruro bajo el artículo 2115 de 2007, el cual establece 250 mg/L como máximo valor admisible para consumo humano, 6 de las 18 muestras, exceden este valor.

El ión nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), presenta valores que se consideran altos, con referencia al valor que suele aparecer en aguas subterráneas, que es de 10 mg/L en los pozos A5 y A20, cuyos valores son de 41.34 y 13.48 mg/L respectivamente. Estos valores representan muy seguramente, contaminación por vertimientos domésticos y ganadería, que es la actividad desarrollada en estas fincas. Comparando la concentración de nitratos bajo el artículo 2115 de 2007, el cual establece 10 mg/L como máximo valor admisible para consumo humano, solo las dos muestras descritas exceden este valor.

Las concentraciones de calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) se encuentran en los valores normales para aguas subterráneas. El aljibe A32 y el pozo P8, que presentan las concentraciones más altas (135.60 y 120.2 mg/L respectivamente), aportan a la dureza del agua de estos sitios. Comparando la concentración de calcio bajo el artículo 2115 de 2007, el cual establece 60 mg/L como máximo valor admisible para consumo humano, 8 de las 18 muestras analizadas exceden este valor.

El magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), presenta concentraciones en varias muestras, por encima del valor esperado en aguas dulces, que es de 40 mg/L. Las muestras con valores más elevados son el P6, P7, P8 y P17, cuyas concentraciones son de 101.52, 147.62, 156.09 y 91.48 mg/L respectivamente, indicando así, el aporte considerable a la dureza del agua. Comparando la concentración de magnesio bajo el artículo 2115 de 2007, el cual establece 36 mg/L como máximo valor admisible para consumo humano, 8 de las 18 muestras analizadas exceden este valor.

En general, el agua subterránea se puede clasificar como medianamente dura a dura (Pérez, 1997., concentraciones mayores de 100 como mg/L  $\text{CaCO}_3$ ), a excepción de 3 muestras con durezas totales de 52, 55 y 86 (como mg/L  $\text{CaCO}_3$ ). Comparando los valores de dureza total bajo el artículo 2115 de 2007, el cual establece 300 mg/L  $\text{CaCO}_3$  como máximo valor admisible para consumo humano, 9 de las 18 muestras, exceden este valor.

Respecto a la alcalinidad, comparando las concentraciones bajo el artículo 2115 de 2007, el cual establece 200 mg/L  $\text{CaCO}_3$  como máximo valor admisible para consumo humano, 13 de las 18 muestras, exceden este valor.

Las concentraciones del manganeso (Mn) exceden en su mayoría el valor esperado en concentraciones normales en agua subterránea que es hasta 1 mg/L (Custodio y Llamas, 1997). No fue posible explicar valores altos como los presentados en el aljibe A61 y A14 con concentraciones de 4.73 y 2.84 mg/L respectivamente. Comparando la concentración de manganeso bajo el artículo 2115 de 2007, el cual establece 0.1 mg/L como máximo valor admisible para consumo humano, 17 de las 18 muestras analizadas exceden este valor.

El hierro total (Fe) presenta valores apreciables en los aljibes A14 y A38, y el pozo P8 con concentraciones de 18.86, 13.92 y 9.24 mg/L respectivamente. Comparando la concentración de magnesio bajo el artículo 2115 de 2007, el cual establece 0.3 mg/L como máximo valor admisible para consumo humano, 17 de las 18 muestras analizadas exceden este valor.

Respecto a los sulfatos, ningún valor excede el valor admisible establecido por el artículo 2115 de 2007 que es de 250 mg/L.

La aplicación de isótopos ambientales al modelo hidrogeológico, se limitó demasiado por la poca información disponible, ya que solo se contó con datos de fraccionamiento isotópico de 6 meses de lluvia de una sola estación para comparar con los datos de agua de pozos, aljibes, manantiales y aguas superficiales de la zona de estudio.

El ideal de una red de monitoreo de la precipitación para análisis isotópico, es tener varias estaciones en la zona de estudio, a diferentes alturas, y con un registro como mínimo de un año (se recomiendan de 3 años para observar variabilidad que se pueda presentar), para poder construir la línea meteórica local, e inferir más, acerca de zonas de recarga, alturas a las que se presenta la recarga y otras relaciones del agua subterránea con las aguas superficiales y la precipitación. Con la información actualmente disponible se concluye lo siguiente:

No se pudieron definir claramente zonas de recarga que permitan identificar el origen del agua subterránea en la zona de estudio con los isótopos ambientales por falta de instrumentación y datos.

Los valores de fraccionamiento isotópico  $\delta$  de los isótopos  $^2\text{H}$  y el  $^{18}\text{O}$  están de acuerdo con la precipitación de los meses más húmedos que son mayo y agosto, lo que se verifica observando valores más negativos de  $\delta$  en estos meses, y con la precipitación de febrero que es un mes seco, presentando valores menos negativos de  $\delta$ .

Las precipitaciones de los meses de marzo, mayo y agosto no presentan relación con el agua subterránea de las unidades acuíferas que fueron muestreadas.

La unidad acuífera donde se encuentran los pozos PzC-03 y PzC-05 (sector de Nueva Colonia), se estarían recargando por precipitación de los meses de abril, junio y julio. La característica de estos pozos es que tienen una profundidad de 92 y 98 metros respectivamente.

Según los datos de fraccionamiento isotópico, se pueden identificar 4 tipos de agua:

La representada por los pozos PzC-13, PzC-17, PzC-18, PzC-19, PzC-20, PzC-21, PzC-22, PzC-23 y PzC-24, los cuales se encuentran entre el corregimiento Nueva Colonia y el río Currulao, cuya característica principal, fuera de estar en una misma zona, es que tienen profundidades mayores a los 93 metros de profundidad. Este tipo de agua se podría asociar a una unidad hidrogeológica de ese sector, pero no se tiene información de la continuidad del modelo geológico en esa zona, por lo que no se podría verificar.

La representada por los pozos PzC-04, PzC-10, PzC-16 y PzC-Gdlpe. La característica de esta formación, es que sería menos profunda que la anterior, ya que los pozos tienen profundidades entre 50 y 90 metros, y se encontraría más al sur, en cercanías a Nueva Colonia. Al igual que la anterior, se puede asociar a una unidad hidrogeológica.

La representada por los pozos PzC-03, PzC-05, PzC-09 y PzC-15. La característica de esta formación es que se encontraría infrayaciendo la segunda formación con pozos entre 90 y 112 metros.

La representada por el agua de los aljibes y pozos del municipio de Turbo pertenecientes a los depósitos cuaternarios ( $Qt_1$ ) y algunos del paquete B de la formación Corpa.

Según los valores más negativos del fraccionamiento isotópico de las precipitaciones de los meses de marzo, mayo y agosto, se sugiere que los frentes que las forman, provengan de latitudes más alejadas.

Los valores de conductividad hidráulica calculados por los métodos de Cooper-Bredehoeft-Papadopulos y Hvorslev, presentan diferencias en los valores, pero conservan el mismo orden de magnitud. En el análisis gráfico se puede observar, que no todas los puntos se ajustan bien las curva tipo (Cooper) o a la recta (Hvorslev). Esta es una metodología desarrollada para acuíferos confinados donde se deben cumplir ciertas condiciones, de las cuales los aljibes, no las cumplen estrictamente, lo que podría explicar que las medidas pueden diferir de las curvas tipo o la recta de ajuste. Aún así, se emplea esta metodología para determinar las propiedades hidráulicas de los aljibes, al no tener más metodologías de análisis desarrolladas para este tipo de captación.

La hidrogeoquímica aportó al modelo hidrogeológico, principalmente información de la composición química de los iones mayoritarios y propiedades físicas del agua subterránea de un solo período del año. Se sugerirá a Corpouraba el monitoreo en períodos húmedos y secos para recolectar datos que permitan analizar la evolución química del agua y otros procesos como avance de intrusión salina. Como se menciona anteriormente, solo hay

certeza de la composición química de la formación acuífera superficial  $Qt_1$ . Desde este punto vista, hay limitación al aporte en información al modelo hidrogeológico, debido a que no se tiene certeza si las muestras de los pozos, son de agua de mezcla o de una sola unidad acuífera según la ubicación de las rejillas.

Las pruebas de bombeo suministraron información relevante para la unidad acuífera superficial asociada a los depósitos cuaternarios  $Qt_1$  obteniendo un orden de magnitud de los valores de la conductividad hidráulica; pero desde el punto de vista de aporte a todo el modelo hidrogeológico fue muy pobre, debido a que no hay muchos pozos profundos en la zona (y los que hay con limitaciones de infraestructura necesaria para realizarlas) sin poder obtener información de parámetros hidráulicos de las unidades acuíferas más profundas e interesantes desde el punto de vista de aprovechamiento del agua subterránea. Sin embargo, se tiene una permeabilidad promedio de las formaciones superficiales, lo que es importante cuando se determina la recarga.

Las líneas de flujo determinadas a partir del mapa de isopiezas, son representativas sólo de la unidad acuífera superior  $Qt_1$ .

Se recomienda a Corpouraba:

Construcción de piezómetros, tanto en cercanías a la costa como hacía la serranía, para el monitoreo en períodos húmedos y secos de niveles y calidad del agua que permitan analizar la evolución química del agua y otros procesos como avance de intrusión salina o sobreexplotación.

Continuar con el análisis isotópico de la precipitación por al menos 3 años, y adecuar estaciones de muestreo en la zona de Turbo y a diferentes alturas en la serranía para inferir acerca del fenómeno de la recarga.

Monitoreo de pesticidas

# Capítulo 10.

## REFERENCIAS

- ASFAHANI, J. Geoelectrical investigation for characterizing the hydrogeological conditions in semi-arid region in Khanasser valley, Syria. *Journal of Arid Environments*. 2007.
- BAUER, P., SUPPER, R., ZIMMERMANN, S., KINZELBACH, W. Geoelectrical imaging of groundwater salinization in the Okavango Delta, Botswana. *Journal of Applied Geophysics*. 2006.
- COOPER, H., BREDEHOEFT, J. & PAPADOPULOS, I. Response to a finite diameter well to an instantaneous charge of water. *Water Resources Research* 3:263-69.
- CRITES, R. y TCHOBANOGLOUS, G. *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. Mc Graw Hill. 2001.
- CUSTODIO, E. y LLAMAS, M. *Hidrología Subterránea*. Omega, Barcelona, España. 1976.
- DANSGAARD, W. Stable isotopes in precipitation. 1964. *Tellus* 16: 436-468.
- FETTER, C. *Applied Hydrogeology*. 4th ed. Prentice Hall Macmillan, New Jersey, USA. 2001.
- GASULLA, M. Obtención de imágenes de la distribución de impedancia eléctrica del subsuelo. Aplicación a la detección de objetos locales. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. 1999.
- Instituto de investigaciones en geociencias, minería y química INGEOMINAS., Subdirección de Minería. Evaluación del agua subterránea en la región de Urabá, departamento de Antioquia. 1995.
- Instituto de investigaciones en geociencias, minería y química INGEOMINAS., Subdirección de Minería. Geología de los cinturones Sinú-San Jacinto. 50 Puerto Escondido, 51 Lorica, 59 Mulatos, 60 Canalete, 61 Montería, 69 Necoclí, 70 San Pedro De Urabá, 71 Planeta Rica, 79 Turbo, 80 Tierralta. Memoria explicativa. Bogotá, D.C., Colombia. 2003.
- Instituto geográfico Agustín Codazzi. Suelos del Departamento de Antioquia. Tomo 1 y 2. Bogotá, 1979.

Instituto geográfico Agustín Codazzi. Estudio general de los suelos de la región del Darien. Bogotá, 1980.

Instituto geográfico Agustín Codazzi. Suelos del Departamento de Antioquia y su aptitud de uso. Bogotá, 1982.

Instituto Geológico y Minero de España (IGME): PORRAS, J.; NIETO, P.; EPTISA: ALVAREZ, C.; FERNÁNDEZ, A.; GIMENO, M. Calidad y Contaminación de las Aguas Subterráneas en España. Instituto Geológico y Minero de España. 1985.

Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Isótopos Ambientales en el Ciclo Hidrológico, Principios y Aplicaciones. 2002.

LÓPEZ, A., LOKE, MENG., FANTON, G., RUBÍ, E. Técnicas prácticas para investigación de resistividad en dos y tres dimensiones (tomografía eléctrica 2d y 3d). 2003.

KHALIL, M., Geoelectric resistivity sounding for delineating salt water intrusion in the Abu Zenima area, west Sinai, Egypt. Journal of geophysics and engineering, 2006. 243-251

KIRSCH, R. Groundwater Geophysics, A tool for hydrogeology. 2006.

MACE, R. E., 1999. Estimation of Hydraulics Conductivity in Large Diameter; Hand-Dug Wells using Slug-Text Methods. Journal of Hydrology (212): 34-45.

MORENO, L., NAVARRETE, P., VIRGOS, L. Conceptos Básicos de Microbiología de las Aguas Subterráneas. 1998.

PATERNOSTER, M., LIOTTA, M., FAVARA, R. Stable isotope ratios in meteoric recharge and groundwater at Mt. Vulture volcano, southern Italy. Journal of Hydrology 348, 87-97. 2008.

PÉREZ P., J. Manual de Potablización del Agua. 3ra edición. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 1997.

PLATA, J. L. Técnicas convencionales de Geofísica de superficie aplicadas en Hidrogeología. Actualidad de las técnicas geofísicas aplicadas en hidrogeología. Instituto Geológico y Minero de España (IGME). 2000.

RHENALS, R. Validación de un modelo hidrogeológico mediante técnicas isotópicas e hidroquímicas. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, 2007.

RODRÍGUEZ, N. C. Línea meteórica isotópica de Colombia. Meteorología Colombiana. N° 8 Marzo de 2004. pp. 43-51. ISSN-0124-6984. Bogotá. 2004.

SALGUERO, M., VARGAS, ASDRUBAL. Geofísica aplicada al problema de la intrusión salina en los acuíferos costeros de costa rica. Tecnología de la intrusión de agua de mar en acuíferos costeros: países mediterráneos IGME. Madrid 2003.



SÁNCHEZ, F. 1990. Disponible en: <http://web.usal.es/javisan/hidro/temas/SEV.pdf>.

SOSA, D., VENENCIO, M., PALAZZO, R. La utilización de gráficos para expresar las características geeléctricas de las formaciones (del subsuelo de la provincia de Santa Fe) como base para los estudios hidrogeológicos. 1999.

Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín – INGEOMINAS. Las aguas subterráneas un enfoque práctico. En prensa.

VÉLEZ, M. Hidráulica de Aguas Subterráneas. 3ra edición. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 2004.



## ANEXOS

## ANEXO A. MEDIDAS DE RESISTIVIDAD

**Tabla 39.** SEV 1

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	21
2	0.5	21
3	0.5	21
4	0.5	21
5	0.5	21
6	0.5	21
8	0.5	20
10	0.5	20
12	0.5	20
18	0.5	17
18	5	17
25	5	17
30	5	17
30	10	17
40	10	16
50	10	17
60	10	17
75	10	16
75	25	16
100	25	16
125	25	15
150	25	14
150	50	15
200	50	14
250	50	15
300	50	14

**Tabla 40.** SEV 2

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	19
2	0.5	20
3	0.5	21
4	0.5	15
5	0.5	14
6	0.5	13
8	0.5	16
10	0.5	18
12	0.5	17
15	0.5	18
15	5	20
20	5	23
25	5	19
30	5	17
30	10	19
39	10	22
50	10	16
60	10	14
75	10	14
75	25	16
100	25	15
125	25	13
150	25	12
150	50	14
200	50	17
250	50	19
300	50	17
350	50	16
400	50	23

**Tabla 41.** SEV 3

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	17
2	0.5	18
3	0.5	17
4	0.5	17
5	0.5	17
6	0.5	16
8	0.5	22
12	0.5	21
15	0.5	24
15	5	27
20	5	25
25	5	20
30	5	16
30	10	18
40	10	18
50	10	11
60	10	8
75	10	7
75	25	10
100	25	9
125	25	8
150	25	8
150	50	9
200	50	11
250	50	11
300	50	11
350	50	13

**Tabla 42.** SEV 4

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	18
2	0.5	15
3	0.5	15
4	0.5	13
5	0.5	13
6	0.5	12
8	0.5	11
10	0.5	10
12	0.5	5
15	0.5	3
15	5	4
25	5	2
30	5	2
30	10	2
40	10	2
50	10	1
75	10	1
75	25	2
100	25	2
125	25	2
150	25	3
150	50	3
200	50	3
250	50	2
300	50	3

**Tabla 43.** SEV5

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	49
2	0.5	45
3	0.5	41
4	0.5	46
5	0.5	44
6	0.5	46
8	0.5	50
10	0.5	37
12	0.5	29
15	0.5	26
15	5	26
20	5	20
25	5	14
30	5	11
30	10	12
40	10	9
50	10	8
60	10	7
75	10	7
75	25	6
100	25	6

**Tabla 44.** SEV6

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	11
2	0.5	10
3	0.5	14
4	0.5	15
5	0.5	17
6	0.5	18
8	0.5	19
10	0.5	21
12	0.5	21
15	0.5	20
15	5	21
20	5	18
25	5	16
30	5	14
30	10	14
40	10	11
50	10	10
60	10	9
75	10	9
75	25	9
100	25	9
125	25	9
150	25	10
150	50	10
200	50	10
250	50	10
300	50	11
350	50	10
400	50	11

**Tabla 45.** SEV 7

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	39
2	0.5	38
3	0.5	34
4	0.5	36
5	0.5	36
6	0.5	36
8	0.5	40
10	0.5	35
15	0.5	37
15	5	23
20	5	22
25	5	20
30	5	18
30	10	19
40	10	16
50	10	14
60	10	13
75	10	12
75	25	12
100	25	12
125	25	12
150	25	11
150	50	12
200	50	13
250	50	13

**Tabla 46.** SEV 8

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	17
2	0.5	22
3	0.5	24
4	0.5	28
5	0.5	32
6	0.5	36
8	0.5	37
10	0.5	36
12	0.5	34
15	0.5	33
15	5	28
20	5	25
25	5	24
30	5	22
30	10	23
40	10	20
50	10	18
65	10	16
75	10	15
75	25	16
100	25	14
125	25	14
150	25	13
150	50	13
200	50	13
250	50	13
300	50	12
350	50	10
400	50	11

**Tabla 47.** SEV 9

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	20
2	0.5	22
3	0.5	23
4	0.5	23
5	0.5	21
6	0.5	20
8	0.5	18
10	0.5	16
12	0.5	15
15	0.5	14
15	5	16
20	5	14
25	5	13
30	5	13
30	10	13
40	10	12
50	10	12
60	10	12
75	10	11
75	25	11
100	25	11
125	25	11
150	25	11
150	50	12
200	50	11
250	50	10
300	50	8
353	50	11
400	50	7

**Tabla 48.** SEV10

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	22
2	0.5	25
3	0.5	28
4	0.5	31
5	0.5	30
6	0.5	28
8	0.5	27
10	0.5	26
12	0.5	25
15	0.5	23
15	5	19
20	5	17
25	5	15
30	5	14
30	10	14
40	10	12
50	10	10
60	10	11
75	10	9
75	25	10
100	25	9
125	25	10
150	25	10
150	50	10

**Tabla 49.** SEV 11

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	10
2	0.5	9
3	0.5	12
5	0.5	13
6	0.5	13
8	0.5	13
10	0.5	12
12	0.5	11
15	0.5	10
15	5	10
20	5	8
25	5	8
30	5	7
30	10	7
40	10	7
50	10	7
60	10	8
75	10	8
75	25	8
100	25	9
125	25	8
150	25	9
150	50	9
200	50	9
250	50	10
300	50	10
350	50	11
400	50	11

**Tabla 50.** SEV 12

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	18
2	0.5	19
3	0.5	24
4	0.5	25
5	0.5	23
6	0.5	23
8	0.5	22
10	0.5	21
12	0.5	21
15	0.5	19
15	5	18
20	5	17
25	5	17
30	5	16
30	10	17
38	10	16
50	10	14
60	10	13
75	10	13
75	25	12
100	25	12
130	25	11
150	25	12
150	50	12
200	50	13
250	50	13
300	50	12
350	50	12
400	50	11



**Tabla 51.** SEV 13

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	37
2	0.5	39
3	0.5	44
4	0.5	48
5	0.5	44
6	0.5	38
8	0.5	32
10	0.5	27
12	0.5	23
15	0.5	19
15	5	21
20	5	17
25	5	14
30	5	12
30	10	12
40	10	10
50	10	9
60	10	8
75	10	7
100	25	7
125	25	8
150	25	6
150	50	6
200	50	7
250	50	12
300	50	10
400	100	12

**Tabla 52.** SEV 14

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	7
2	0.5	8
3	0.5	10
4	0.5	11
5	0.5	13
6	0.5	14
8	0.5	15
10	0.5	16
12	0.5	16
15	0.5	15
15	5	13
20	5	12
25	5	11
30	5	10
30	10	12
40	10	8
50	10	7
60	10	6
75	10	5
75	25	6
100	25	5
125	25	6
150	25	6
150	50	6
200	50	7
250	50	7
300	50	7
350	50	7
400	50	6

**Tabla 53.** SEV 15

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	13
2	0.5	15
3	0.5	16
4	0.5	17
5	0.5	17
6	0.5	17
8	0.5	17
10	0.5	16
12	0.5	16
15	0.5	16
15	5	18
20	5	17
25	5	16
30	5	15
30	10	16
40	10	15
50	10	13
60	10	13
75	10	13
75	25	12
100	25	13
125	25	14
150	25	14
150	50	12
200	50	14
250	50	14
300	50	14
350	50	15
400	50	14

**Tabla 54.** SEV 16

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	22
2	0.5	21
3	0.5	19
4	0.5	19
5	0.5	19
6	0.5	19
8	0.5	21
10	0.5	22
12	0.5	24
15	0.5	24
15	5	21
20	5	23
25	5	22
30	5	21
30	10	21
40	10	19
50	10	17
60	10	17
75	10	16
75	25	16
100	25	14
125	25	14
150	25	15
150	50	15
200	50	15
250	50	15
300	50	16
350	50	15

**Tabla 55.** SEV 17

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	20
2	0.5	19
3	0.5	20
4	0.5	20
5	0.5	19
6	0.5	19
8	0.5	18
10	0.5	19
12	0.5	18
15	0.5	17
15	5	17
20	5	14
25	5	14
30	5	13
30	10	13
40	10	12
50	10	11
60	10	10
75	10	10
75	25	10
100	25	10
125	25	10
150	25	11
200	50	11

**Tabla 56.** SEV 18

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	35
2	0.5	32
3	0.5	34
4	0.5	32
5	0.5	31
6	0.5	30
8	0.5	27
10	0.5	24
12	0.5	24
15	0.5	22
15	5	22
20	5	20
25	5	20
30	5	20
30	10	19
50	10	17
60	10	16
75	10	15
75	25	14
100	25	13
125	25	13
150	25	14
200	50	15

**Tabla 57.** SEV 19

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	18
2	0.5	21
3	0.5	25
4	0.5	28
5	0.5	30
6	0.5	32
8	0.5	36
10	0.5	36
12	0.5	35
15	0.5	32
15	5	27
20	5	22
25	5	17
30	5	12
30	10	14
40	10	8
50	10	4
60	10	3
75	10	3
75	25	3
100	25	3
125	25	3
150	25	4
150	50	4
200	50	5
250	50	5
300	50	6
300	100	5
350	100	6
400	100	7

**Tabla 58.** SEV 20

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	14
2	0.5	17
3	0.5	19
4	0.5	17
5	0.5	17
6	0.5	16
8	0.5	16
10	0.5	15
12	0.5	15
15	0.5	15
15	5	16
20	5	15
25	5	9
30	5	13
30	10	13
40	10	12
50	10	12
60	10	11
75	10	10
75	25	10
100	25	10
125	25	11
150	25	11
150	50	11
200	50	12
250	50	13
300	50	13
350	50	15
400	50	17

**Tabla 59.** SEV 21

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	21
2	0.5	25
3	0.5	32
4	0.5	36
5	0.5	41
6	0.5	43
8	0.5	46
10	0.5	41
12	0.5	35
15	0.5	27
15	5	31
20	5	26
25	5	22
30	5	18
30	10	21
40	10	14
50	10	10
60	10	7
75	10	5
75	25	6
100	25	4
125	25	5
150	25	4
150	50	4
200	50	5
250	50	7
300	50	6
350	50	7

**Tabla 60.** SEV 22

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	29
2	0.5	35
3	0.5	40
4	0.5	41
5	0.5	41
6	0.5	40
8	0.5	39
10	0.5	33
12	0.5	28
15	0.5	24
15	5	25
20	5	17
25	5	14
30	5	13
30	10	14
40	10	10
50	10	8
60	10	6
75	10	6
75	25	7
100	25	6
125	25	7
150	25	8
150	50	8
200	50	10
250	50	10
300	50	10
350	50	8

**Tabla 61.** SEV 23

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	37
2	0.5	38
3	0.5	36
4	0.5	28
5	0.5	18
6	0.5	12
8	0.5	6
10	0.5	3
12	0.5	2
15	0.5	2
15	5	2
20	5	1
25	5	0.7
30	5	0.9
30	10	0.9
40	10	1
50	10	0.8
60	10	1
75	10	1
75	25	1
100	25	1
125	25	1
150	25	2
150	50	2
200	50	2
250	50	2
300	50	3

**Tabla 62.** SEV 24

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	11
2	0.5	10
3	0.5	14
4	0.5	15
5	0.5	17
6	0.5	18
8	0.5	19
10	0.5	21
12	0.5	21
15	0.5	20
15	5	21
20	5	18
25	5	16
30	5	14
30	10	14
40	10	11
50	10	10
60	10	9
75	10	9
75	25	9
100	25	9
125	25	9
150	25	10
150	50	10
200	50	10
250	50	10
300	50	11
350	50	10
400	50	11

**Tabla 63.** SEV 25

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	11
2	0.5	10
3	0.5	14
4	0.5	15
5	0.5	17
6	0.5	18
8	0.5	19
10	0.5	21
12	0.5	21
15	0.5	20
15	5	21
20	5	18
25	5	16
30	5	14
30	10	14
40	10	11
50	10	10
60	10	9
75	10	9
75	25	9
100	25	9
125	25	9
150	25	10
150	50	10
200	50	10
250	50	10
300	50	11
350	50	10
400	50	11

**Tabla 64.** SEV 26

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	16
2	0.5	21
3	0.5	23
4	0.5	20
5	0.5	16
6	0.5	13
8	0.5	8
10	0.5	5
12	0.5	3
15	0.5	2
15	5	3
20	5	2
25	5	2
30	5	2
30	10	2
40	10	2
50	10	2
60	10	2
75	10	2
75	25	2
100	25	3
125	25	3
150	25	3
150	50	3
200	50	4
250	50	3
300	50	3
300	100	4
350	100	5
400	100	6



**Tabla 65.** SEV 27

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	4
2	0.5	3
3	0.5	3
4	0.5	3
5	0.5	3
6	0.5	3
8	0.5	2
10	0.5	2
12	0.5	2
15	0.5	2
15	5	2
20	5	2
25	5	1
30	5	1
30	10	1
40	10	1
50	10	1
60	10	2
75	10	2
75	25	2
105	25	2
125	25	2
150	25	3
200	25	3

**Tabla 66.** SEV 28

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	11
2	0.5	12
3	0.5	12
4	0.5	12
5	0.5	12
6	0.5	12
8	0.5	9
10	0.5	9
12	0.5	8
15	0.5	6
15	5	7
20	5	5
25	5	4
30	5	4
30	10	4
40	10	3
50	10	2
60	10	3
75	10	4
75	25	4
100	25	4
125	25	5
150	25	6
150	50	5
250	50	5
300	50	14
350	50	8
400	50	6

**Tabla 67.** SEV 29

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	29
2	0.5	31
3	0.5	31
4	0.5	26
5	0.5	20
6	0.5	17
8	0.5	11
10	0.5	8
12	0.5	6
15	0.5	4
15	5	5
20	5	3
25	5	2
30	5	2
30	10	2
40	10	2
50	10	2
60	10	2
75	10	3
75	25	2
100	25	3
125	25	2
150	25	2
150	50	4
200	50	4
250	50	5
300	50	4
300	100	4
350	100	6
400	100	6

**Tabla 68.** SEV 30

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	19
2	0.5	13
3	0.5	9
4	0.5	7
5	0.5	6
6	0.5	5
8	0.5	4
10	0.5	3
12	0.5	2
15	0.5	2
15	5	2
20	5	1
25	5	1
30	5	1
30	10	1
40	10	1
50	10	1
60	10	1
75	10	2
75	25	1
100	25	2
125	25	2
150	25	2
150	50	2
200	50	3
250	50	3
300	50	4
350	50	3
400	50	4

**Tabla 69.** SEV 31

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	17
2	0.5	16
3	0.5	10
4	0.5	9
5	0.5	8
6	0.5	7
8	0.5	6
10	0.5	4
12	0.5	4
15	0.5	2
15	5	3
20	5	2
25	5	1
30	5	1
30	10	1
40	10	1
50	10	1
60	10	1
75	10	2
75	25	2
100	25	2
125	25	3
150	25	3
150	50	3
200	50	4
250	50	5
300	50	5
350	50	5
400	50	6

**Tabla 70.** SEV 32

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	34
2	0.5	34
3	0.5	34
4	0.5	28
5	0.5	24
6	0.5	21
8	0.5	13
10	0.5	8
16	0.5	5
16	5	4
19	5	3
25	5	2
30	5	2
30	10	2
40	10	2
50	10	2
60	10	2
75	10	2
75	25	2
100	25	2
125	25	3
150	25	3
150	50	3
200	50	4
250	50	5
300	50	5
350	50	5
390	50	6

**Tabla 71.** SEV 33

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	36
2	0.5	47
3	0.5	57
4	0.5	61
5	0.5	65
6	0.5	63
8	0.5	60
10	0.5	58
12	0.5	53
15	0.5	42
15	5	33
20	5	23
25	5	17
30	5	14
30	10	15
40	10	11
50	10	10
60	10	9
75	10	9
75	25	9
100	25	8
125	25	8
150	25	8
150	50	6
200	50	9
250	50	10
300	50	10
350	50	10
400	50	9

**Tabla 72.** SEV 34

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	20
2	0.5	21
3	0.5	19
4	0.5	18
5	0.5	17
6	0.5	18
8	0.5	17
10	0.5	16
12	0.5	15
15	0.5	13
15	5	12
20	5	7
25	5	7
30	5	6
30	10	6
40	10	6
50	10	5
60	10	5
75	10	5
75	25	5
100	25	5
125	25	6
150	25	7
150	50	7
200	50	8
250	50	9
300	50	10
350	50	10
400	50	11

**Tabla 73.** SEV 35

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	16
2	0.5	19
3	0.5	20
4	0.5	21
5	0.5	21
6	0.5	20
8	0.5	19
10	0.5	17
12	0.5	17
15	0.5	16
15	5	16
20	5	15
25	5	15
30	5	14
30	10	12
40	10	14
50	10	14
60	10	14
75	10	13
75	25	13
100	25	14
125	25	15
150	25	14
150	50	14
200	50	14

**Tabla 74.** SEV 36

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	17
2	0.5	15
3	0.5	16
4	0.5	18
5	0.5	18
6	0.5	19
8	0.5	19
10	0.5	19
12	0.5	17
15	0.5	15
15	5	16
20	5	12
25	5	9
30	5	8
30	10	9
40	10	6
50	10	5
60	10	5
75	10	6
75	25	5
100	25	6
125	25	7
150	25	8
150	50	8
200	50	9

**Tabla 75.** SEV 37

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	28
2	0.5	24
3	0.5	21
4	0.5	21
5	0.5	20
6	0.5	20
8	0.5	21
10	0.5	21
12	0.5	21
15	0.5	22
15	5	18
20	5	19
25	5	19
30	5	19
30	10	19
40	10	18
50	10	17
60	10	17
75	10	15
75	25	14
100	25	14
125	25	14
150	25	13
150	55	13
200	55	13
250	55	13
300	55	12

**Tabla 76.** SEV 38

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	8
2	0.5	9
3	0.5	8
4	0.5	8
5	0.5	8
6	0.5	8
8	0.5	7
10	0.5	6
12	0.5	5
15	0.5	4
15	5	4
20	5	3
25	5	3
30	5	3
30	10	3
40	10	3
50	10	3
60	10	3
75	10	4
75	25	3
100	25	4
125	25	5
150	25	6
150	50	6
200	50	6
250	50	6
300	50	7
350	50	7

**Tabla 77.** SEV 39

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	20
2	0.5	21
3	0.5	20
4	0.5	22
5	0.5	23
6	0.5	24
8	0.5	26
10	0.5	28
12	0.5	27
15	0.5	28
15	5	25
20	5	24
25	5	25
30	5	25
30	10	25
40	10	23
50	10	20
60	10	19
75	10	17
75	25	15
100	25	15
125	25	14
150	25	15
150	50	14
200	50	13
250	50	14
300	50	13
350	50	17
400	50	16

**Tabla 78.** SEV 40

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	16
2	0.5	21
3	0.5	26
4	0.5	29
5	0.5	29
6	0.5	28
8	0.5	21
10	0.5	16
12	0.5	11
15	0.5	7
15	5	9
20	5	4
25	5	3
30	5	2
30	10	2
40	10	2
50	10	2
60	10	3
75	10	3
75	25	3
100	25	3
125	25	4
150	25	4
150	50	4
200	50	5
250	50	5
300	50	5
350	50	7
400	50	7



**Tabla 79.** SEV 41

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	28
3	0.5	33
4	0.5	32
5	0.5	30
6	0.5	26
8	0.5	22
10	0.5	20
12	0.5	17
15	0.5	16
15	5	14
20	5	10
25	5	8
30	5	6
30	10	7
40	10	5
50	10	4
60	10	4
75	10	4
75	25	4
100	25	5
125	25	5
150	25	6
150	50	5
200	50	7
250	50	8
300	50	7
350	50	8
400	50	8

**Tabla 80.** SEV 42

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	4
2	0.5	3
3	0.5	3
4	0.5	3
5	0.5	3
6	0.5	3
8	0.5	3
10	0.5	2
12	0.5	2
15	0.5	2
15	5	2
20	5	1
25	5	1
30	5	1
30	10	1
40	10	1
50	10	1
60	10	2
75	10	2
75	25	2
100	25	2
125	25	2
150	25	3
150	50	3
200	50	3
250	50	5
300	50	5
350	50	6

**Tabla 81.** SEV 43

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	24
2	0.5	22
3	0.5	25
4	0.5	33
5	0.5	32
6	0.5	32
8	0.5	34
10	0.5	34
12	0.5	35
15	0.5	36
15	5	26
20	5	24
25	5	23
30	5	21
30	10	24
40	10	20
50	10	19
66	10	17
75	10	16
75	25	15
100	25	14
150	25	12

**Tabla 82.** SEV 44

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	27
2	0.5	23
3	0.5	23
4	0.5	22
5	0.5	19
6	0.5	21
8	0.5	20
10	0.5	22
12	0.5	22
15	0.5	22
15	5	23
20	5	21
25	5	19
30	5	16
30	10	16
40	10	12
55	10	10
60	10	9
75	10	8
75	25	8
100	25	8
125	25	8
150	25	8
150	55	8
200	55	8
250	55	9
300	55	10
350	55	8
400	55	11

**Tabla 83.** SEV 45

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	11
2	0.5	12
3	0.5	13
4	0.5	14
5	0.5	12
6	0.5	10
8	0.5	7
10	0.5	5
12	0.5	4
15	0.5	3
15	5	4
20	5	3
25	5	2
30	5	2
30	10	2
40	10	2
50	10	3
60	10	3
75	10	3
100	25	4
125	25	4
142	25	4

**Tabla 84.** SEV 46

AB/2	MN/2	RESIS
1.5	0.5	6
2	0.5	7
3	0.5	6
4	0.5	5
5	0.5	4
6	0.5	3
8	0.5	2
10	0.5	2
12	0.5	1
15	0.5	1
15	5	1
20	5	1
25	5	1
30	5	1
30	10	1
40	10	1
50	10	2
60	10	2
75	10	2
75	25	2
100	25	2
125	25	3
150	25	3
150	50	3
200	50	4
250	50	5
300	50	5
350	50	6
400	50	7

**Tabla 85.** SEV 47

<b>AB/2</b>	<b>MN/2</b>	<b>RESIS</b>
1.5	0.5	11
2	0.5	10
3	0.5	14
4	0.5	15
5	0.5	17
6	0.5	18
8	0.5	19
10	0.5	21
12	0.5	21
15	0.5	20
15	5	21
20	5	18
25	5	16
30	5	14
30	10	14
40	10	11
50	10	10
60	10	9
75	10	9
75	25	9
100	25	9
125	25	9
150	25	10
150	50	10
200	50	10
250	50	10
300	50	11
350	50	10
400	50	11

## ANEXO B. INTERPRETACIÓN DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

Tabla A.1. Análisis SEV 1

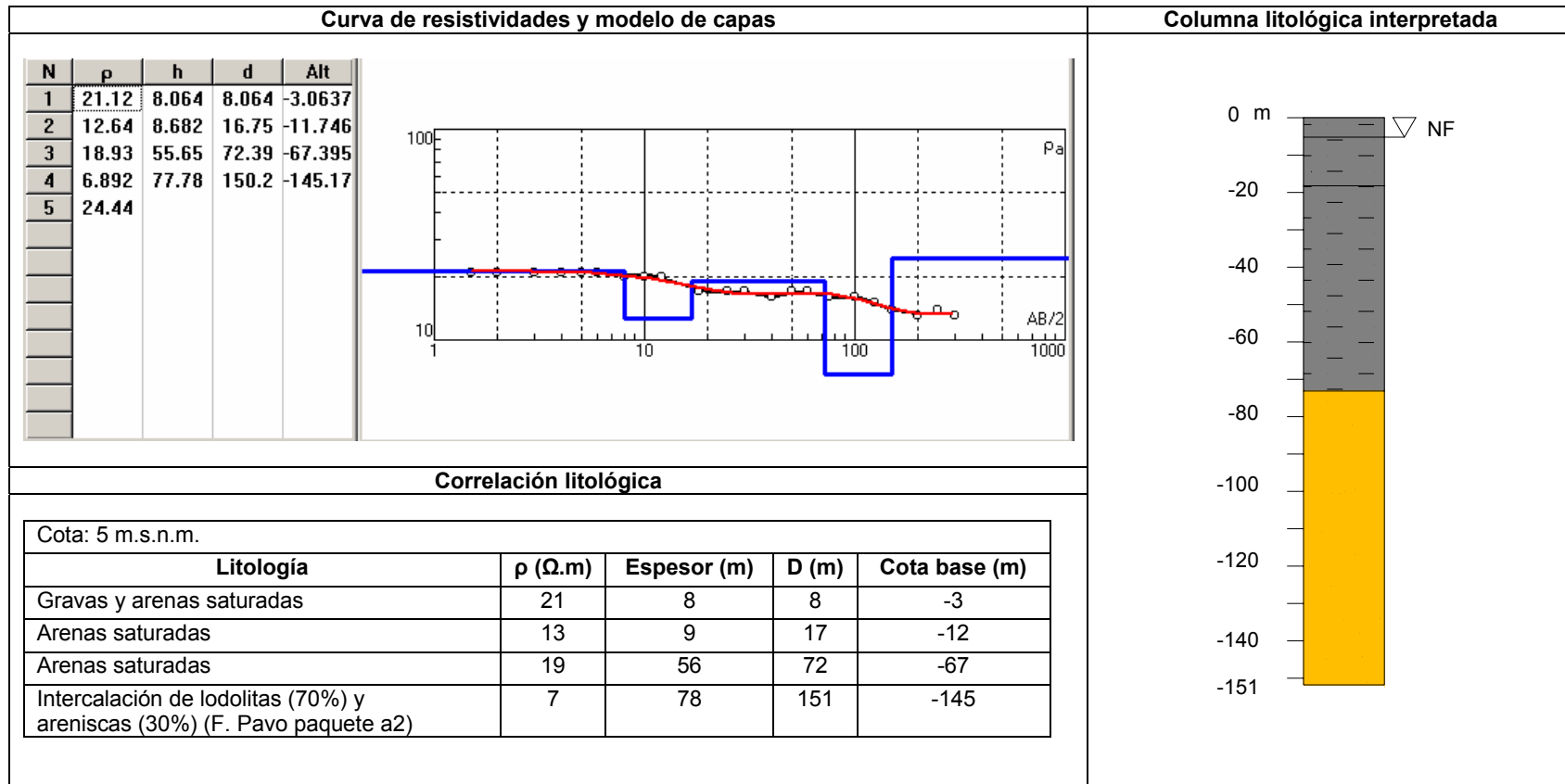
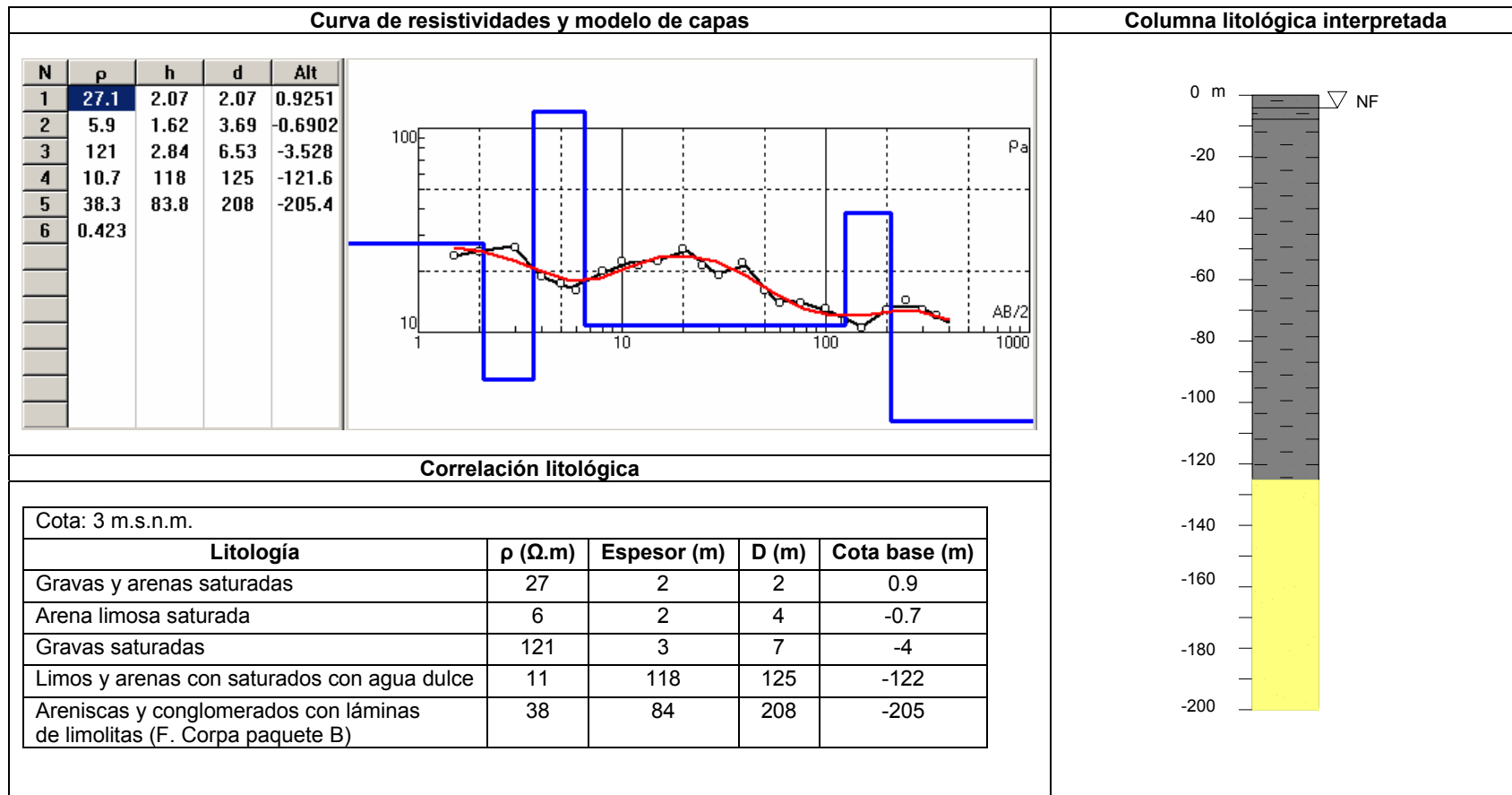
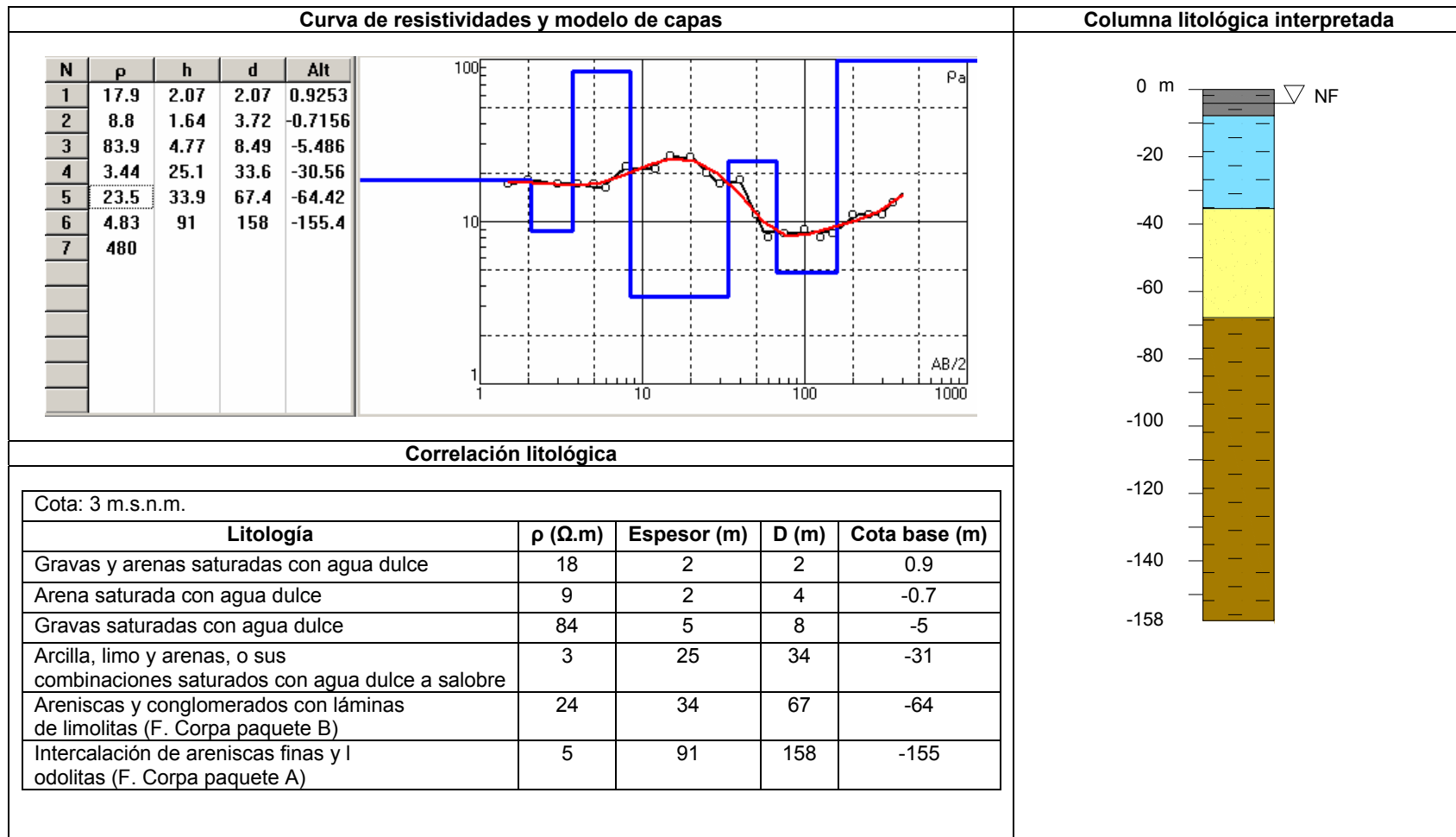


Tabla A.2. Análisis SEV 2

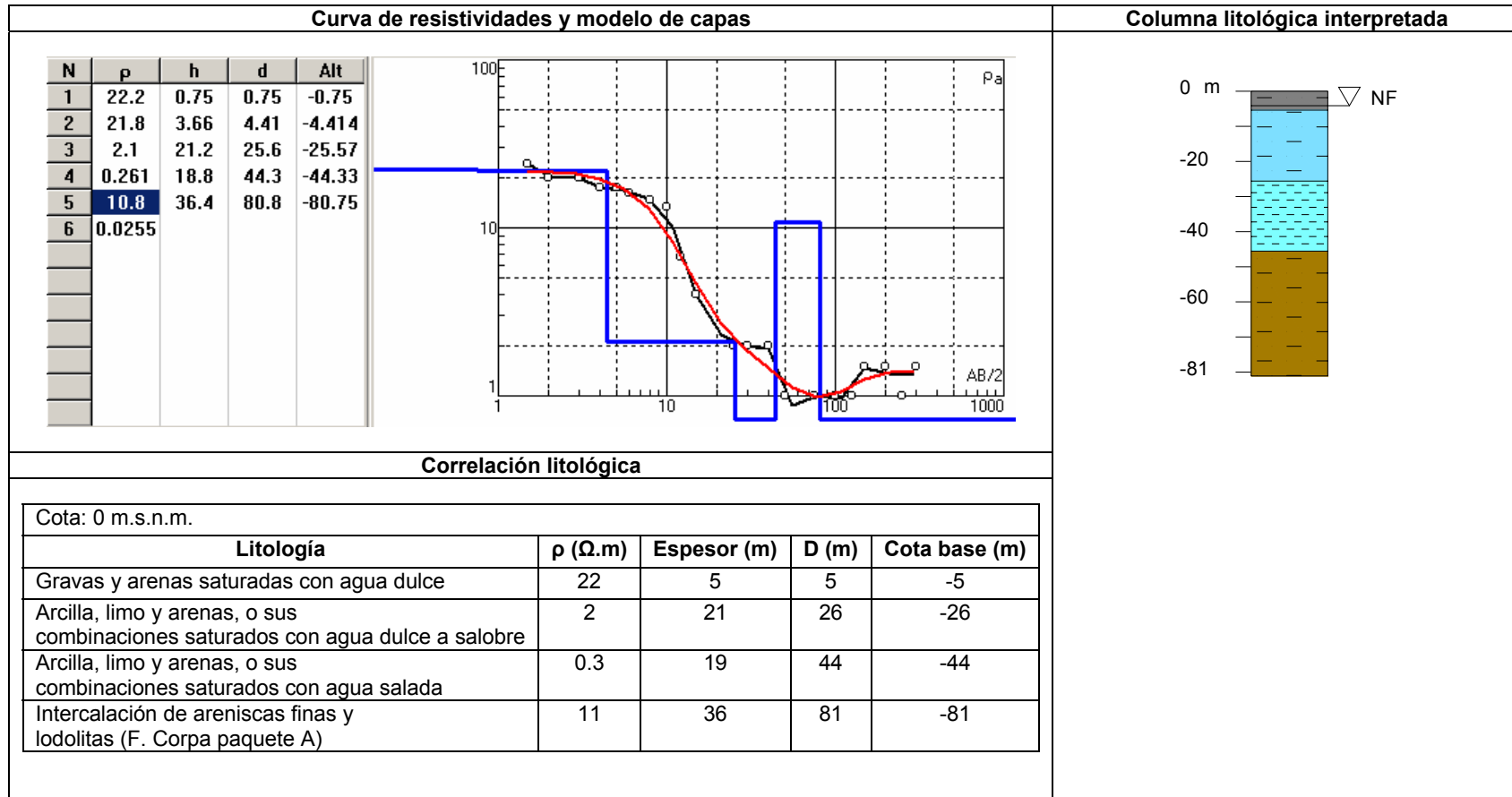


**Tabla A.3.** Análisis SEV 3

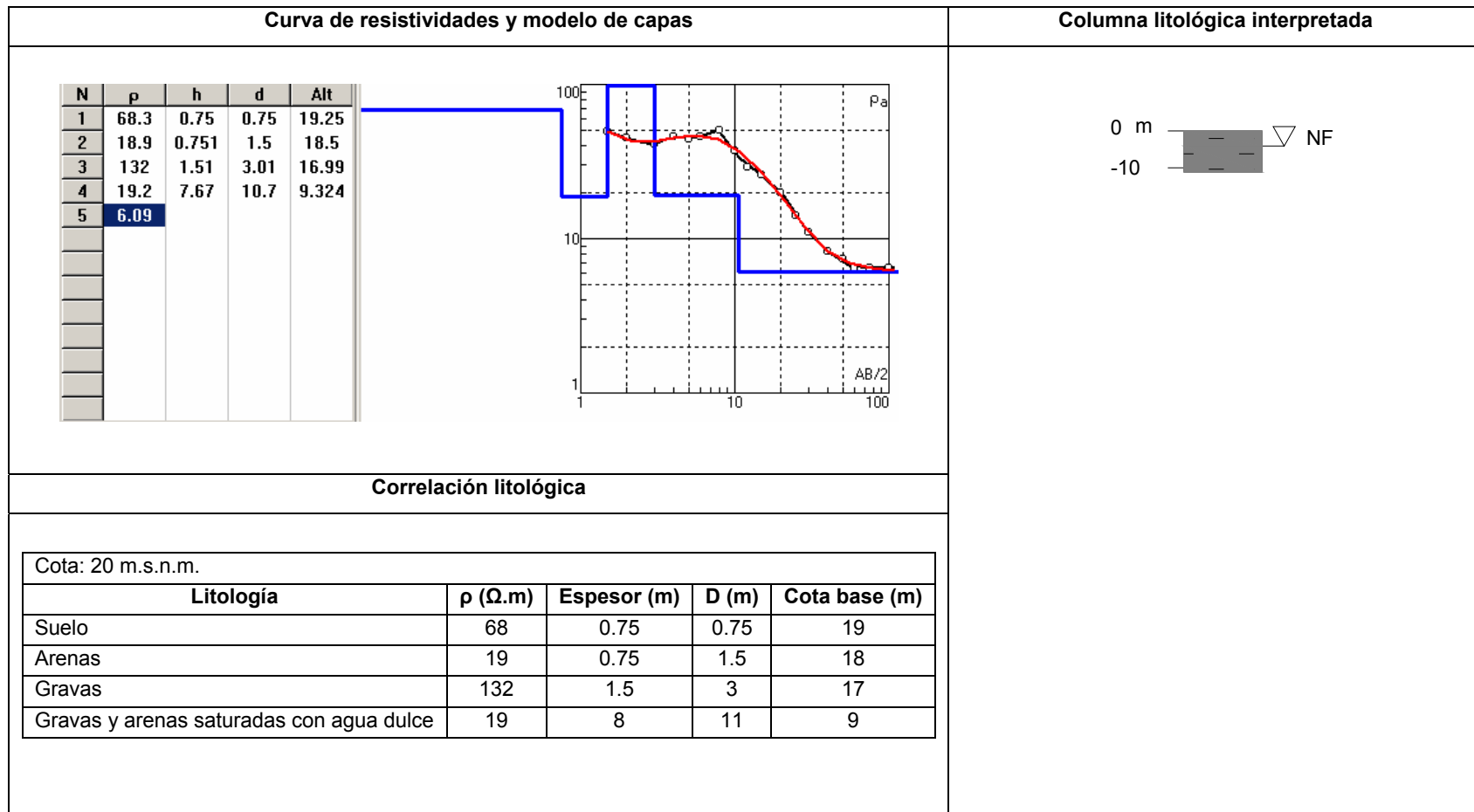




**Tabla A.4. Análisis SEV 4**



**Tabla A.5. Análisis SEV 5**



**Tabla A.6. Análisis SEV 6**

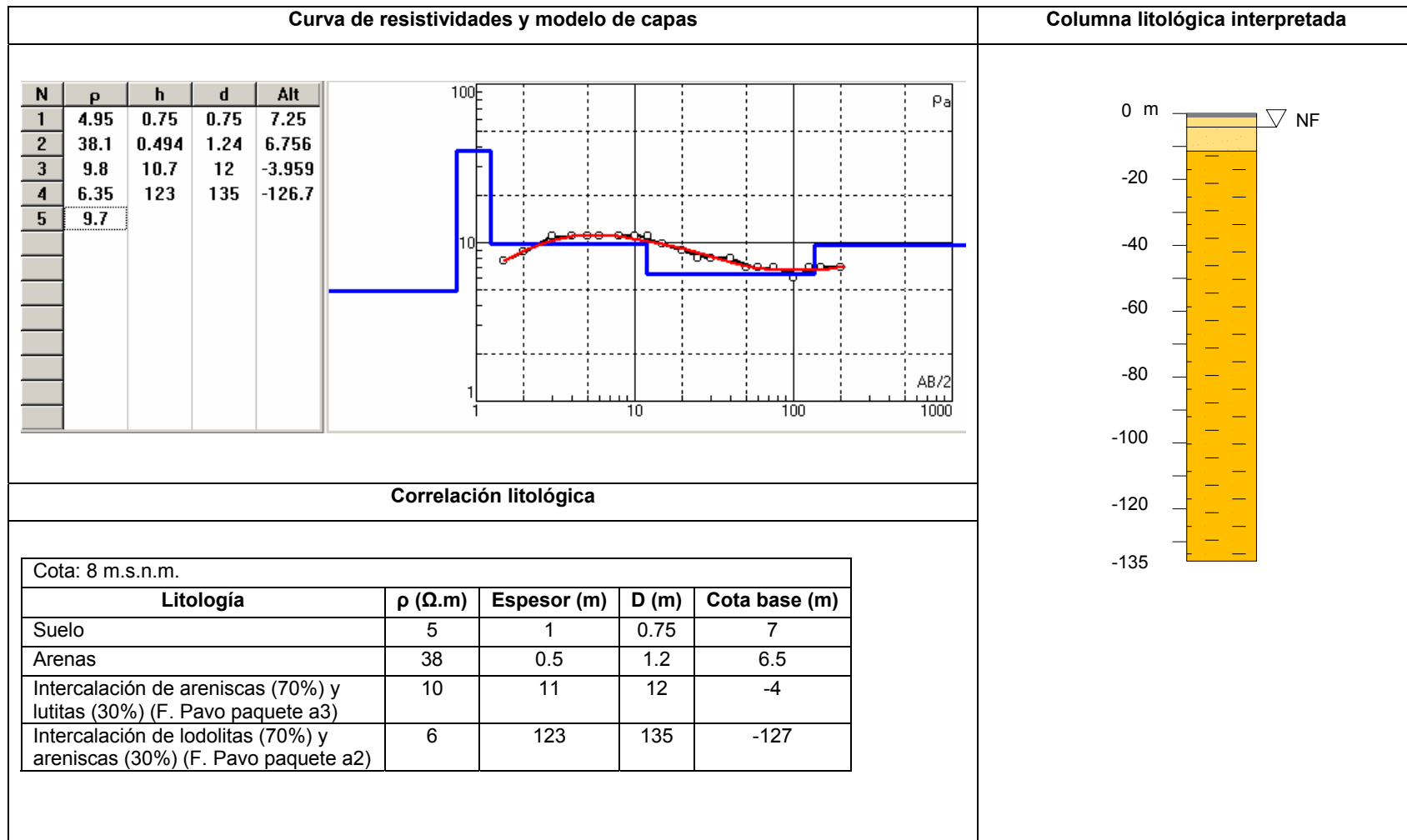


Tabla A.7. Análisis SEV 7

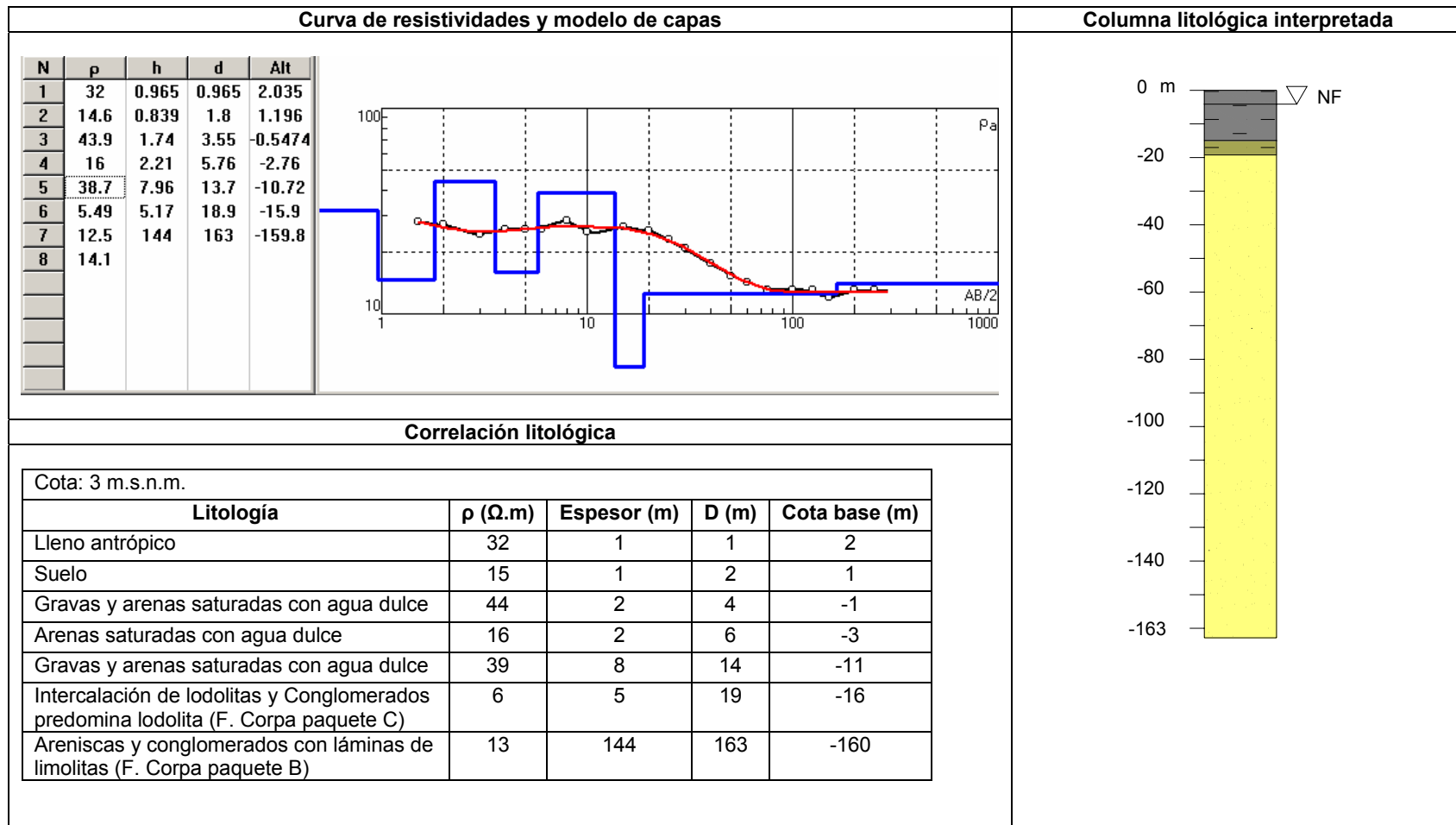
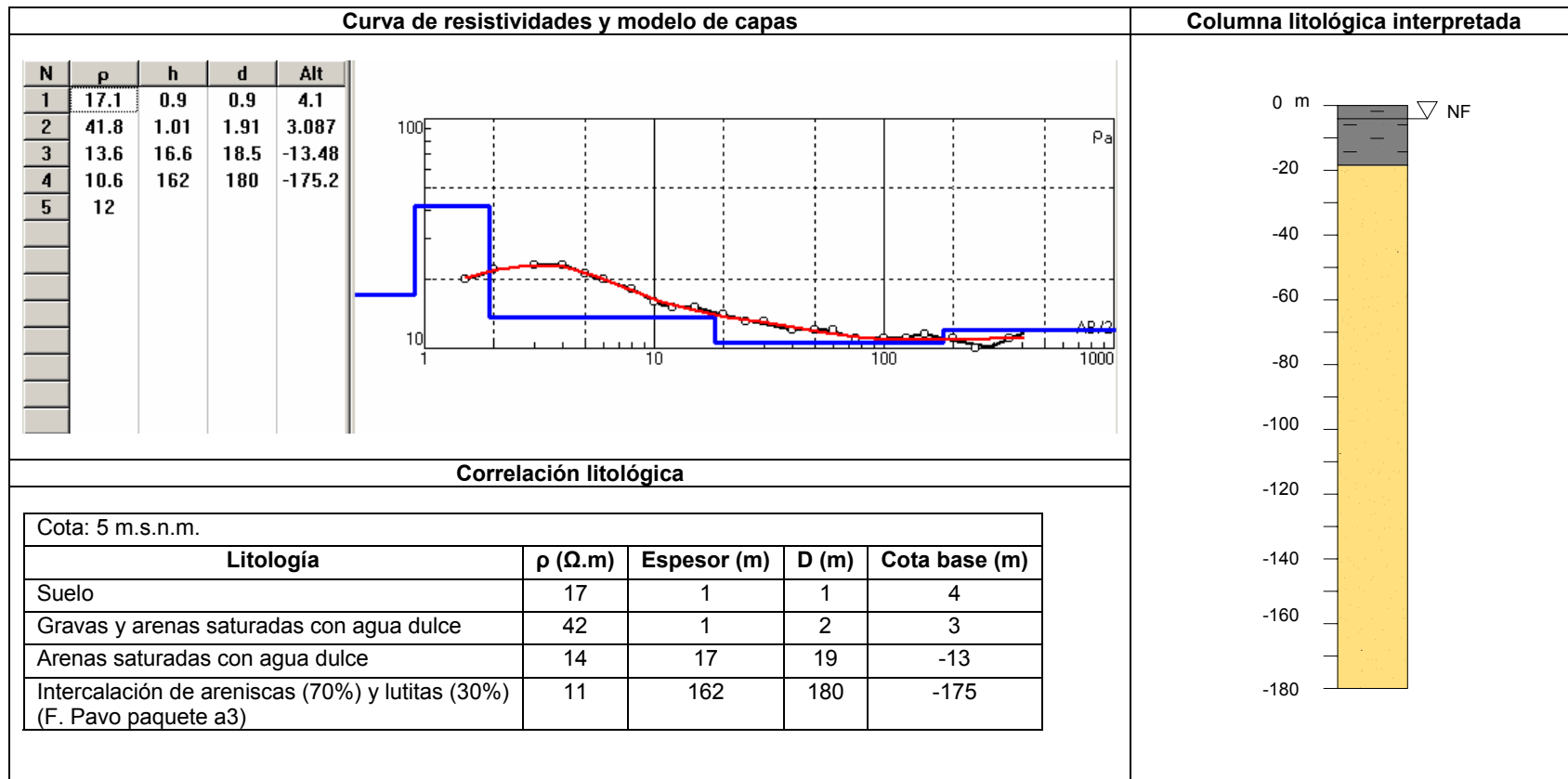
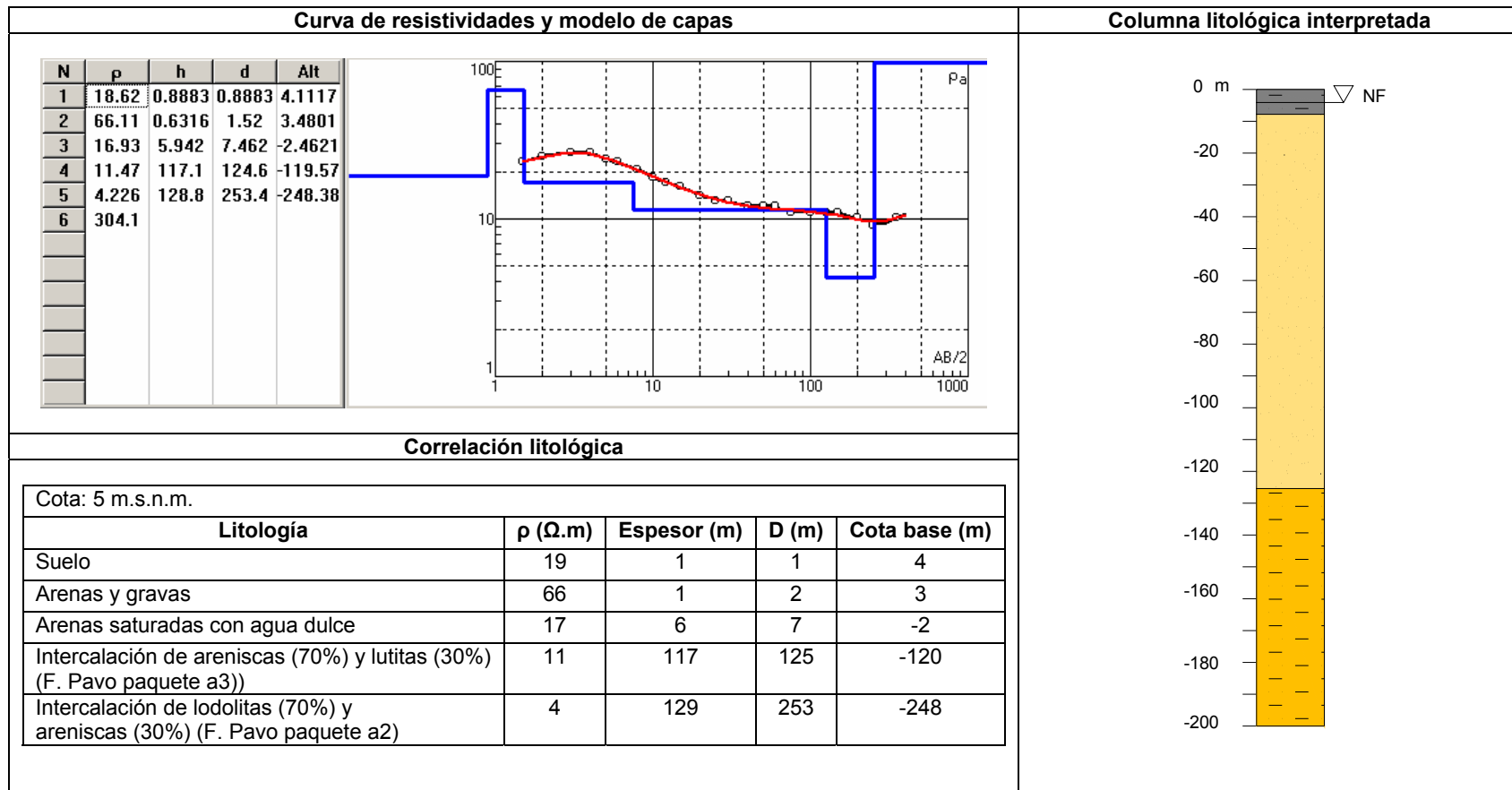


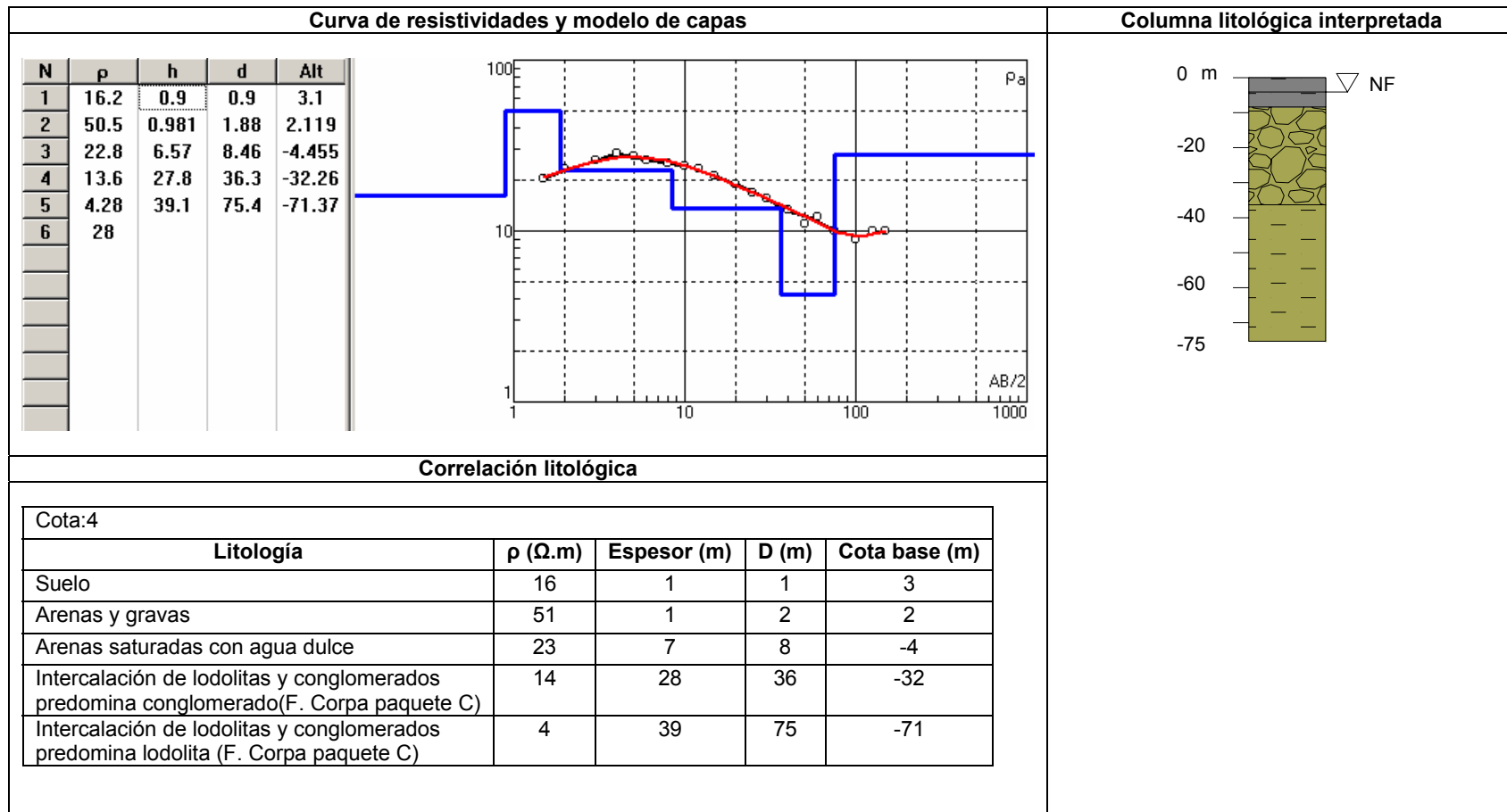
Tabla A.8. Análisis SEV 8



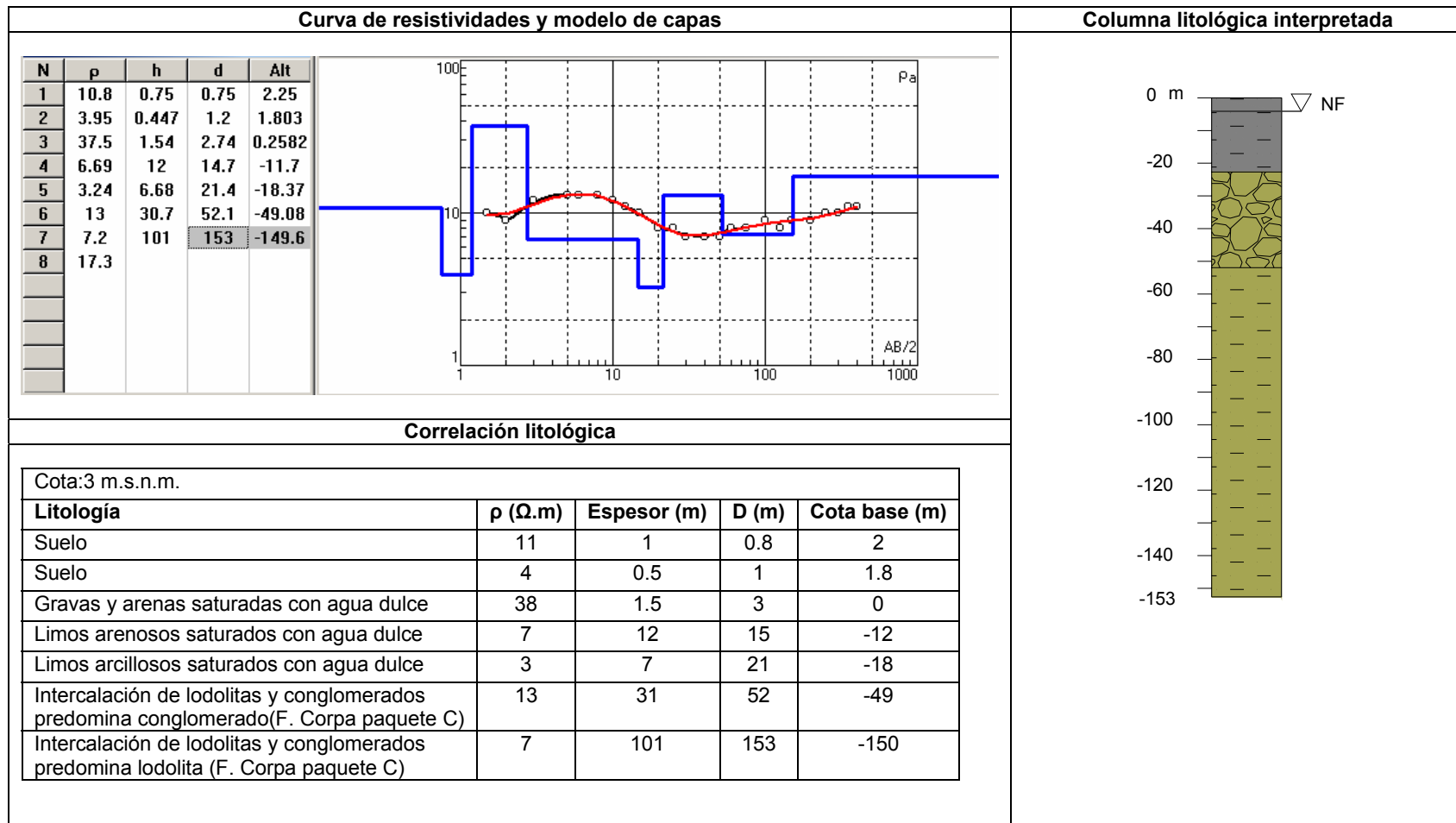
**Tabla A.9.** Análisis SEV 9



**Tabla A.10.** Análisis SEV 10

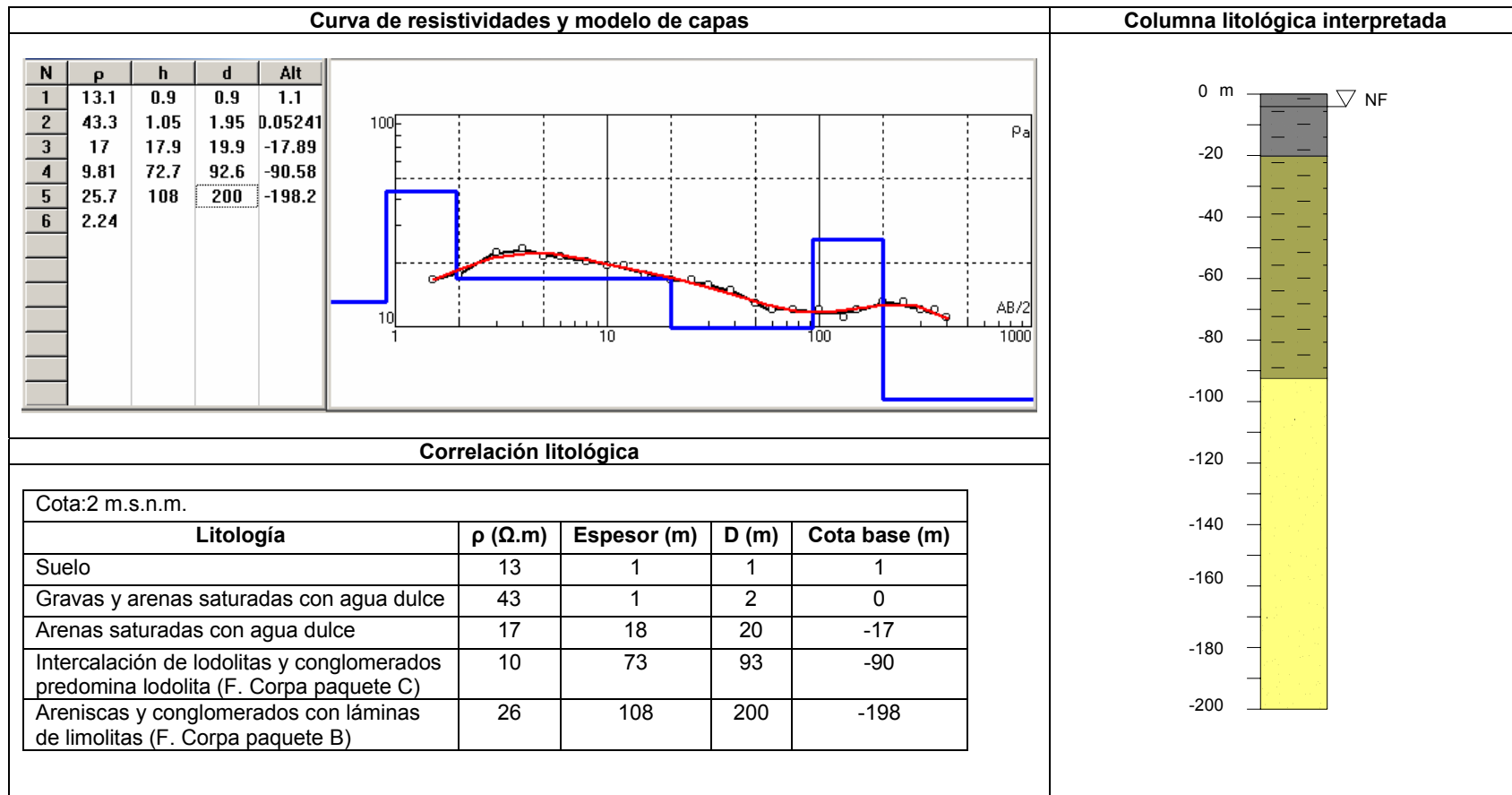


**Tabla A.11.** Análisis SEV 11

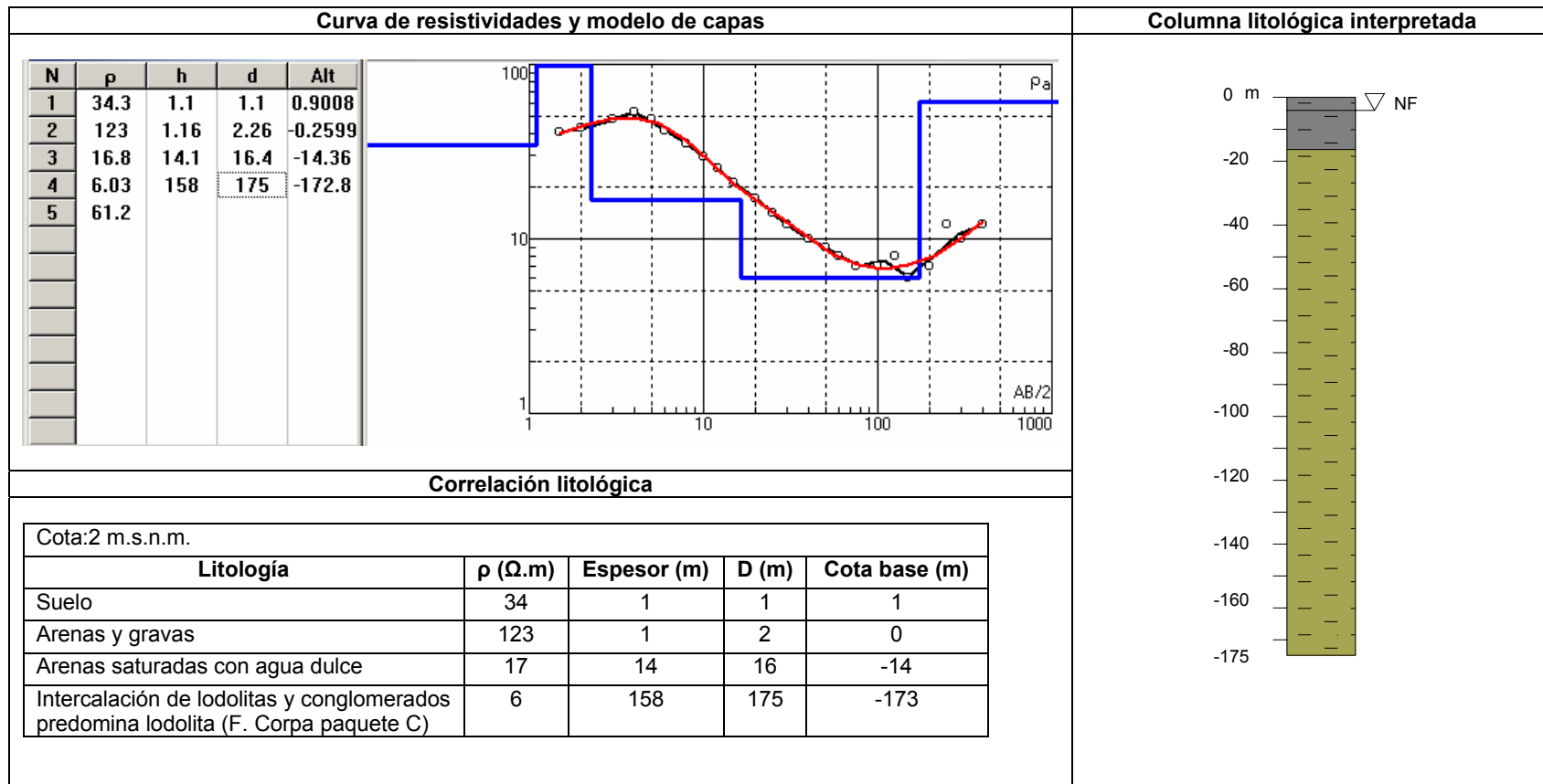




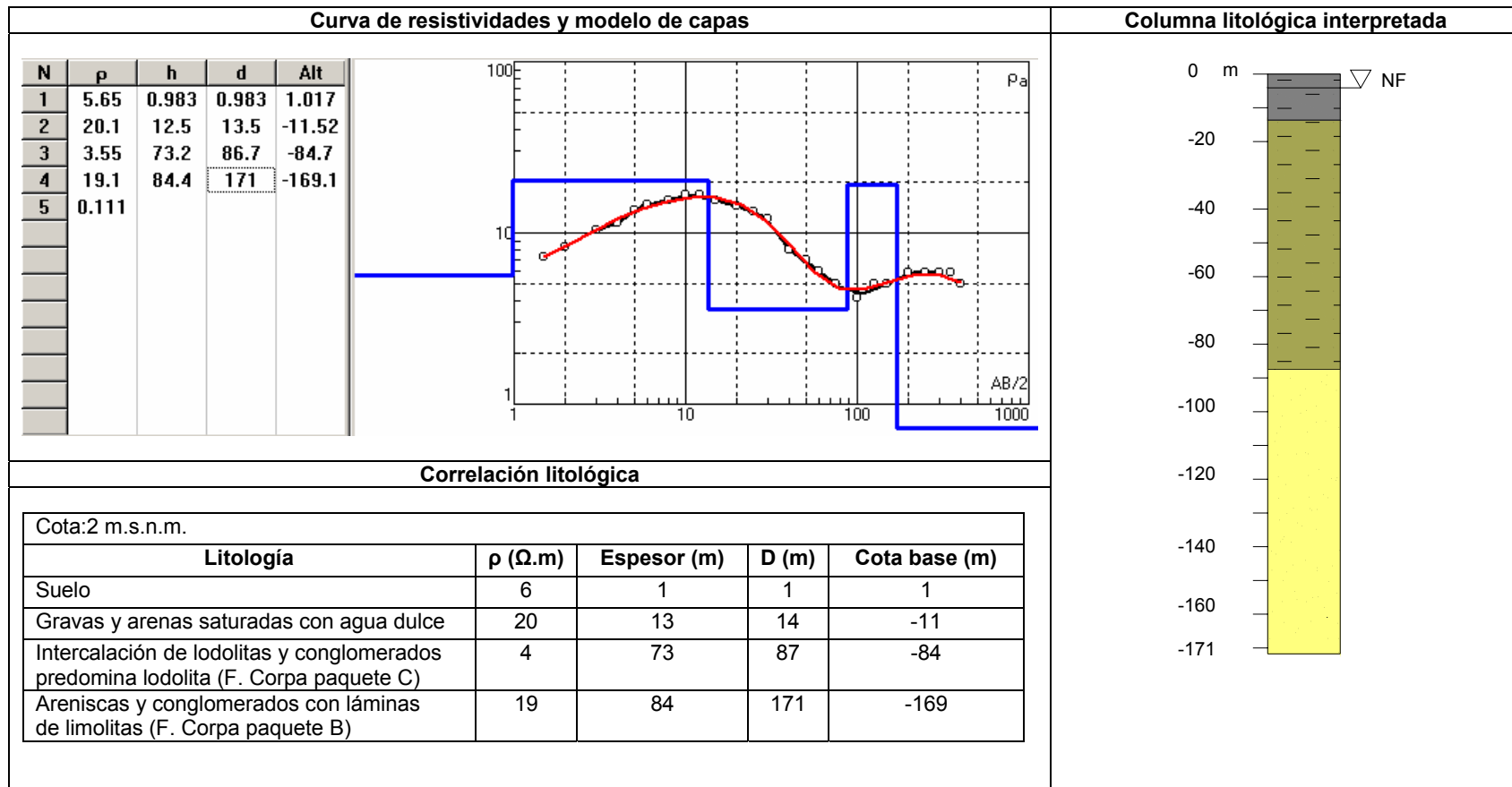
**Tabla A.12.** Análisis SEV 12



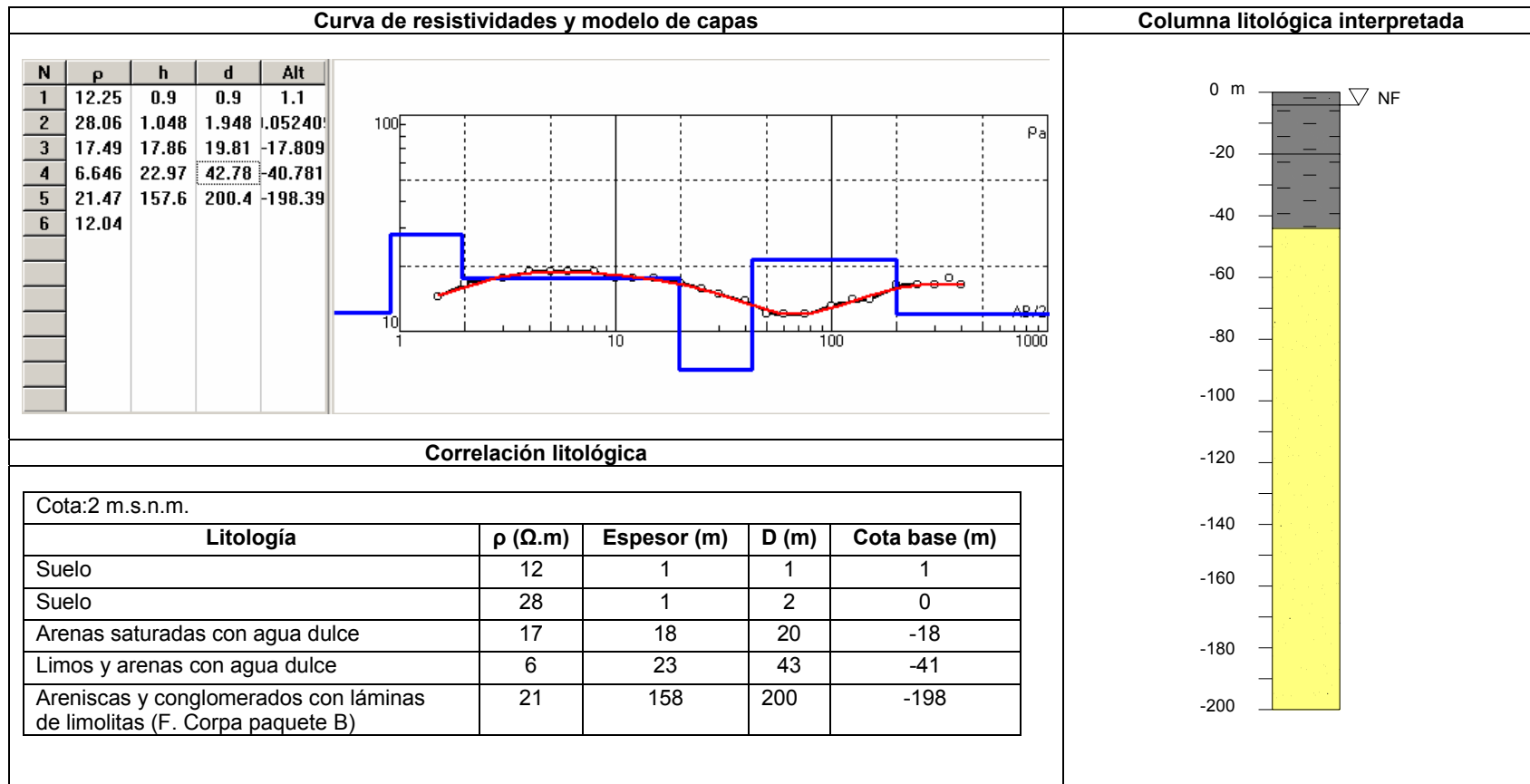
**Tabla A.13.** Análisis SEV 13



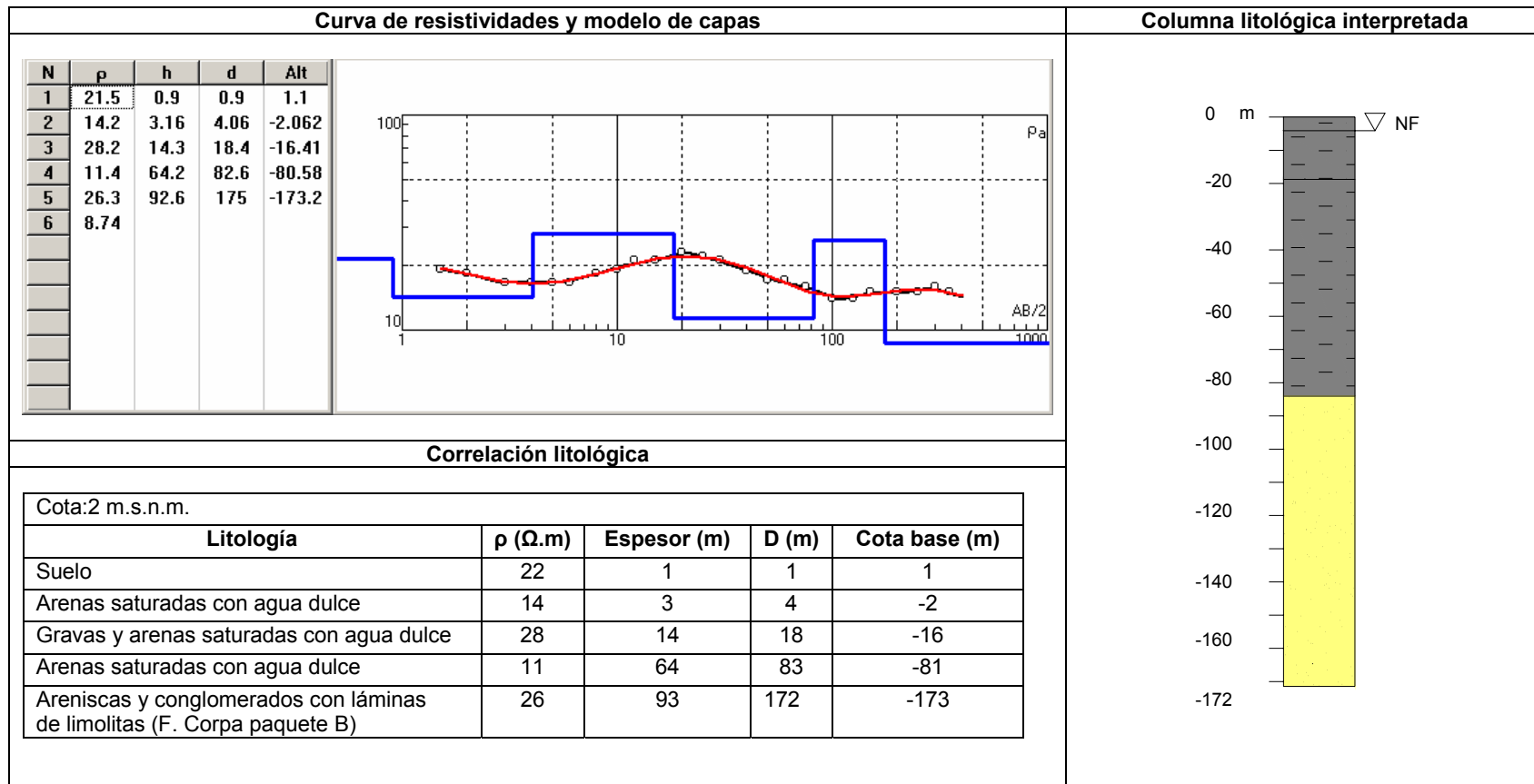
**Tabla A.14.** Análisis SEV 14



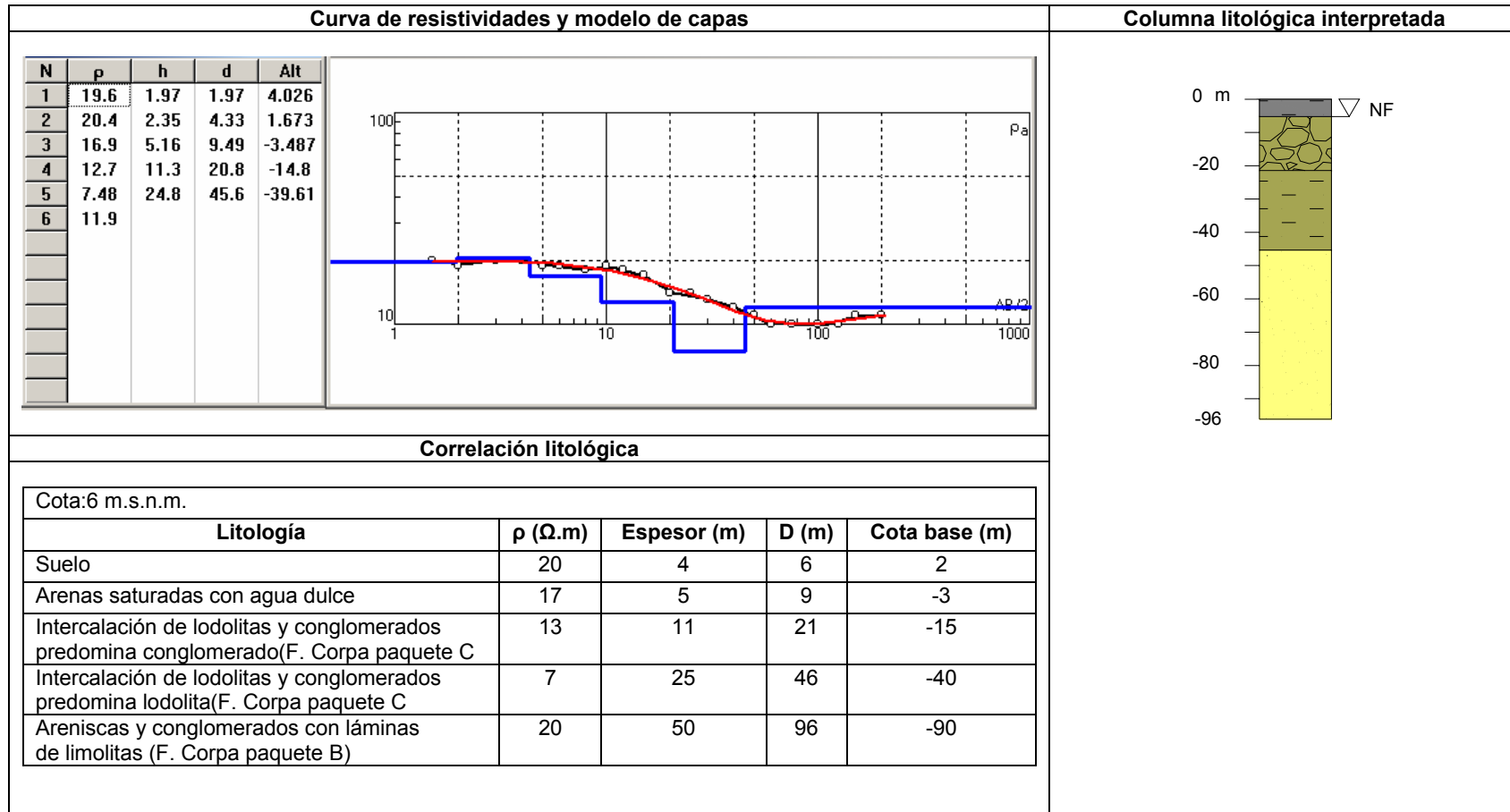
**Tabla A.15.** Análisis SEV 15



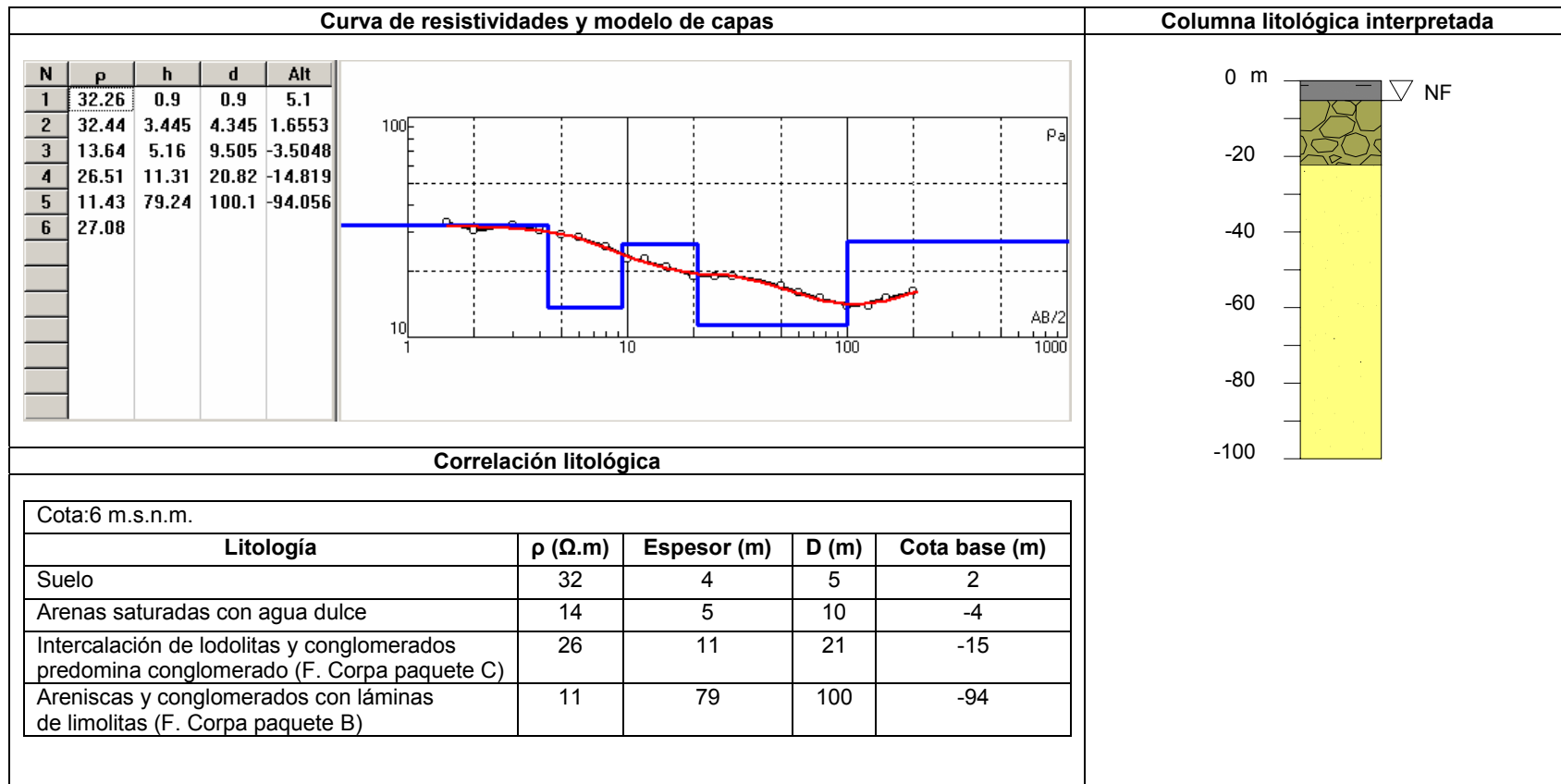
**Tabla A.16.** Análisis SEV 16



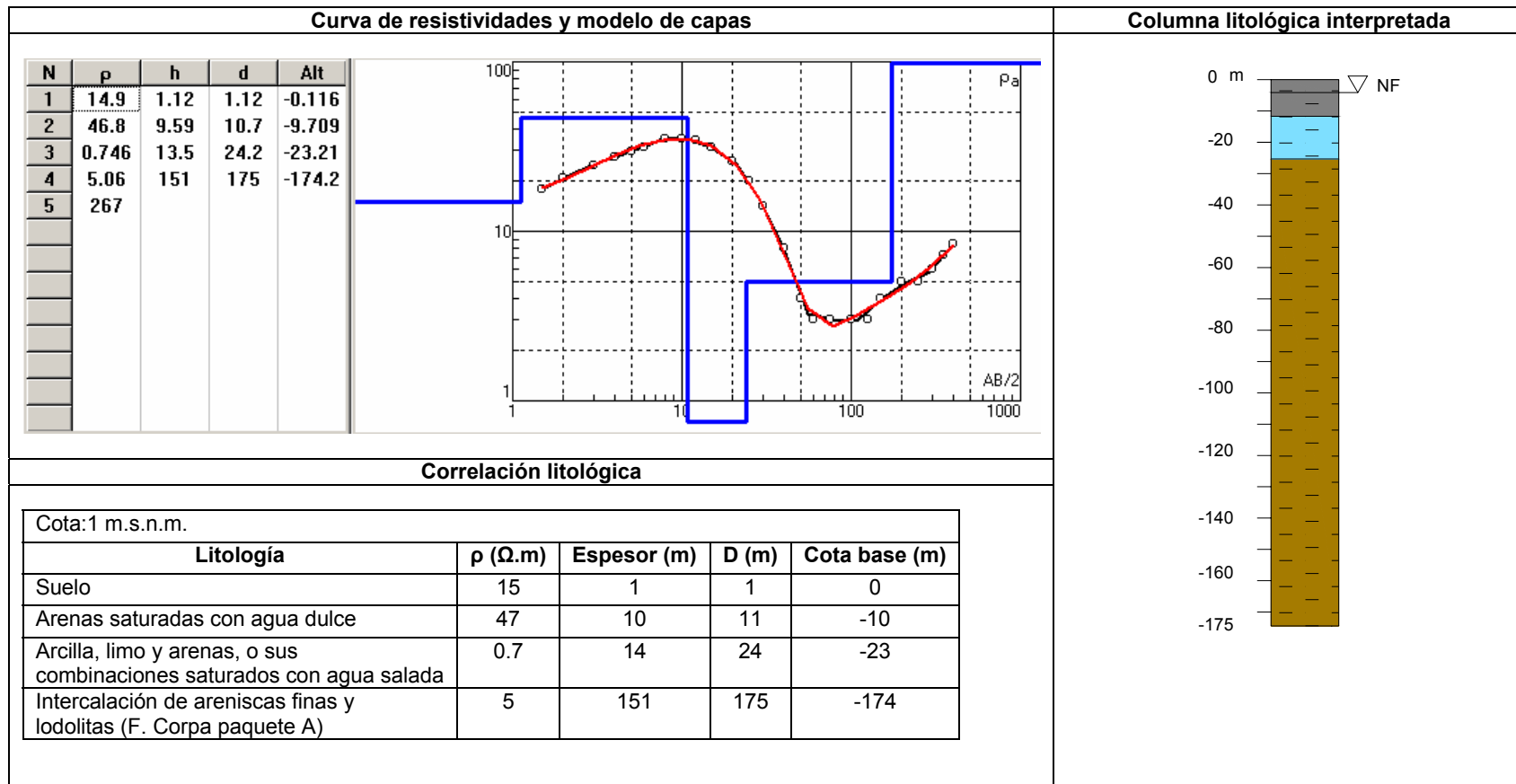
**Tabla A.17. Análisis SEV 17**



**Tabla A.18.** Análisis SEV 18

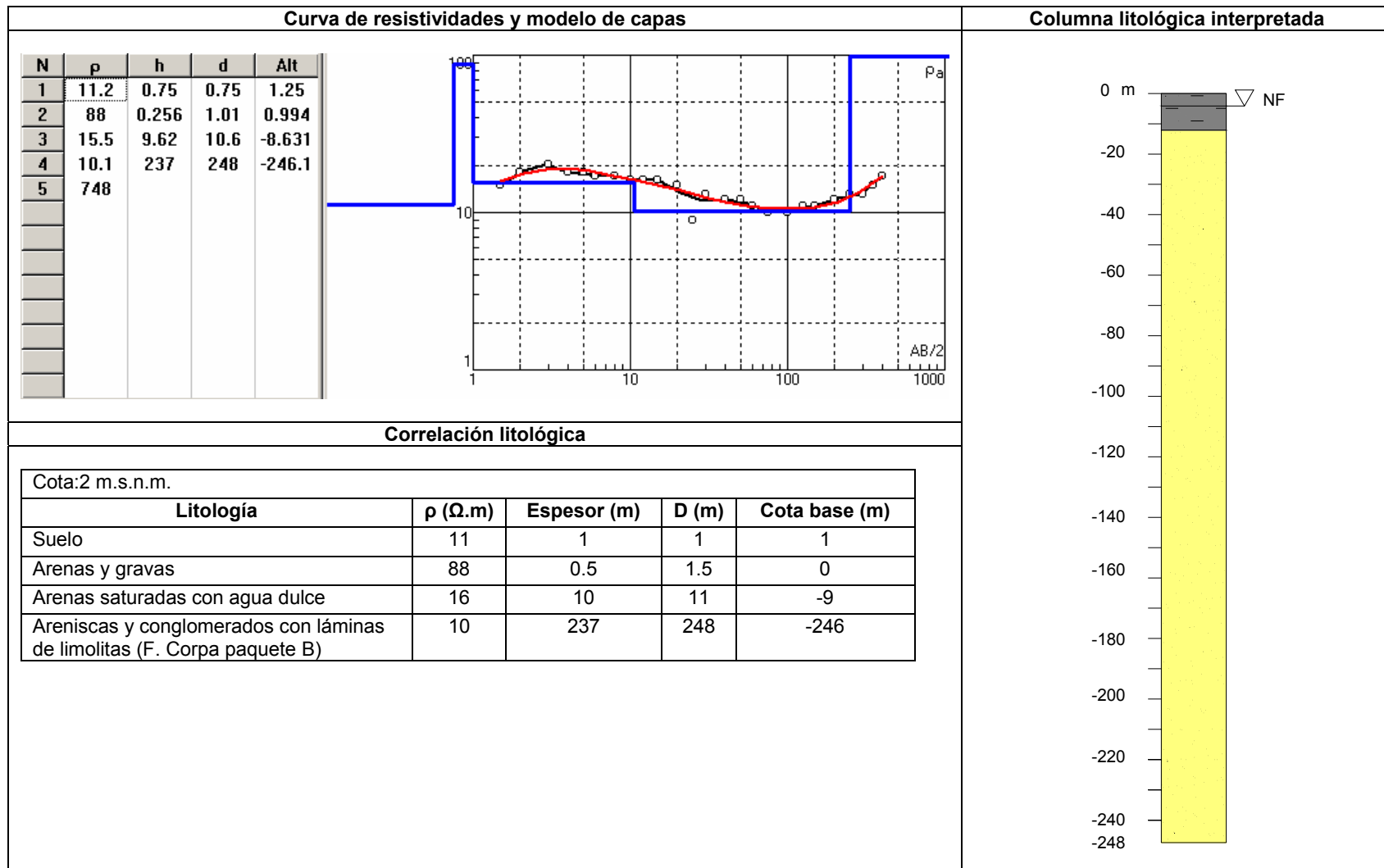


**Tabla A.19.** Análisis SEV 19

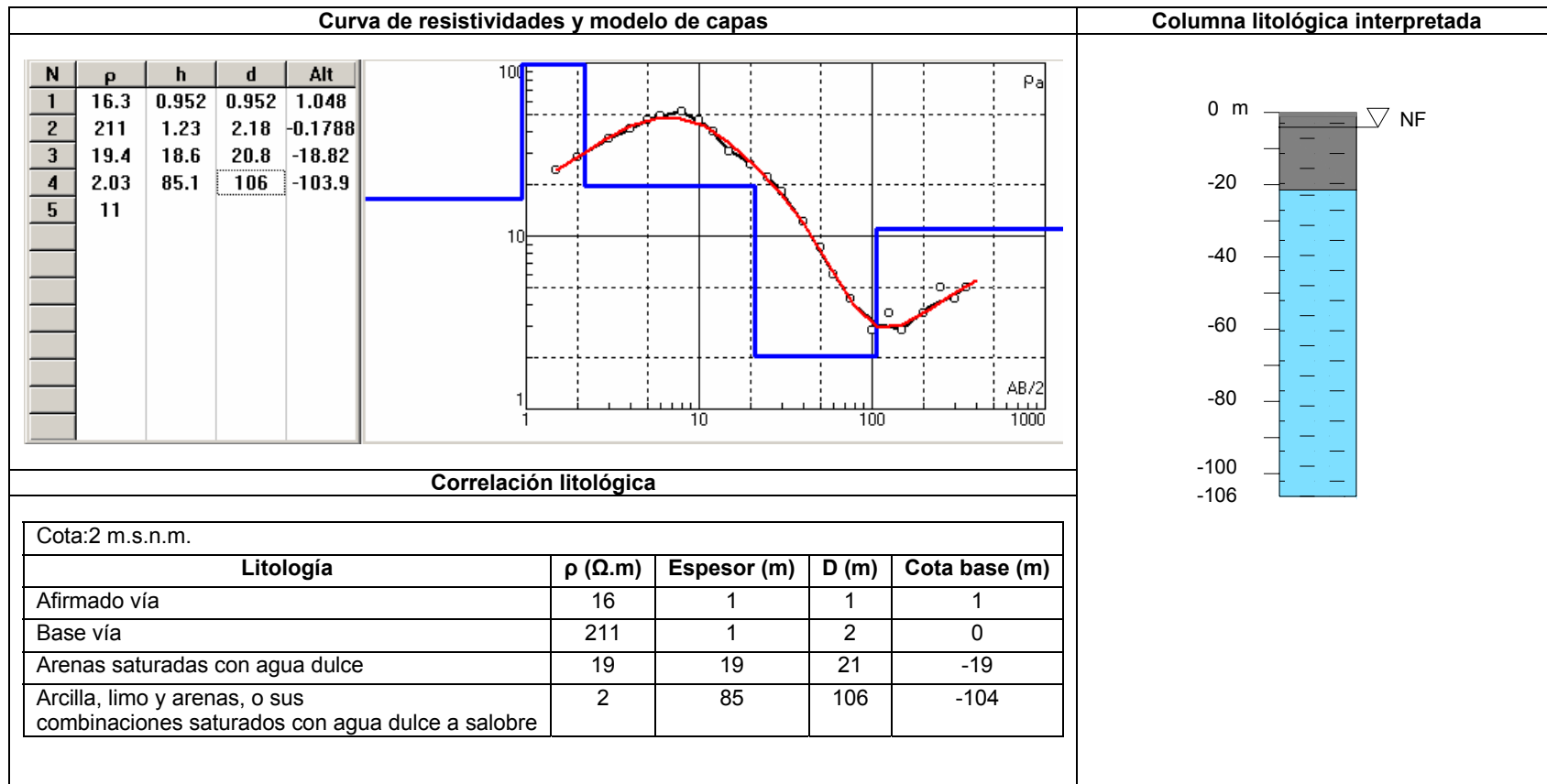




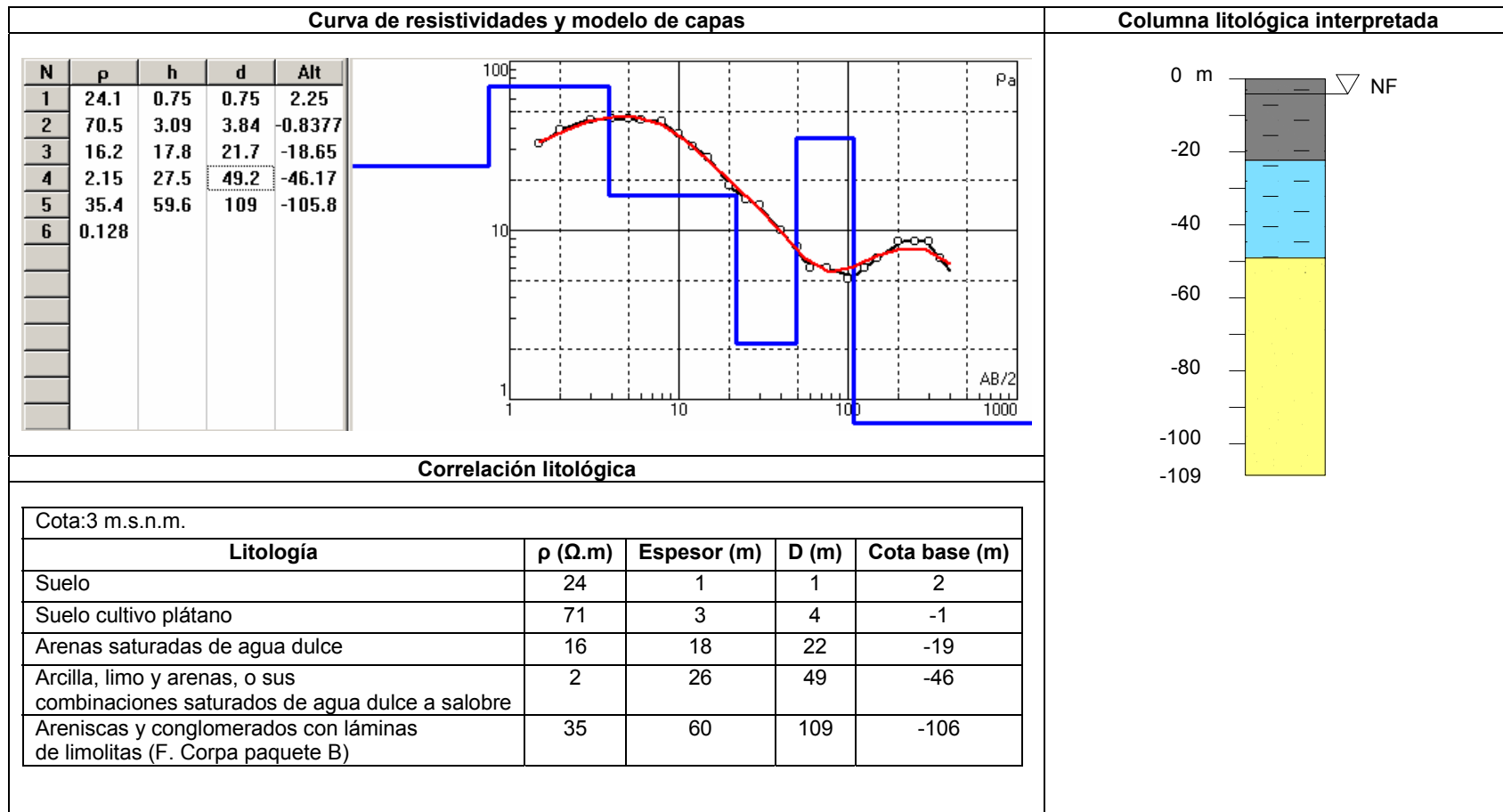
**Tabla A.20.** Análisis SEV 20



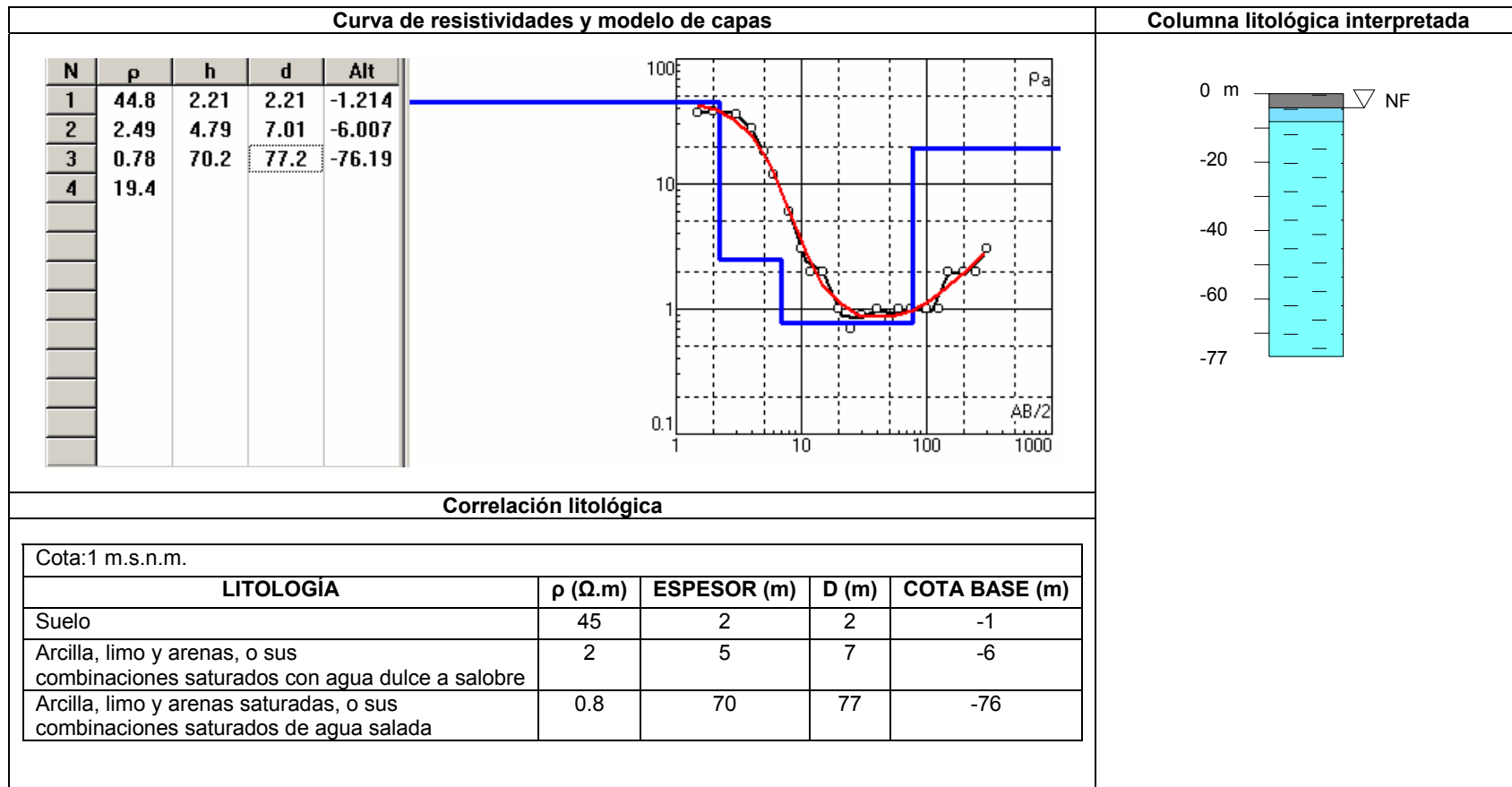
**Tabla A.21.** Análisis SEV 21



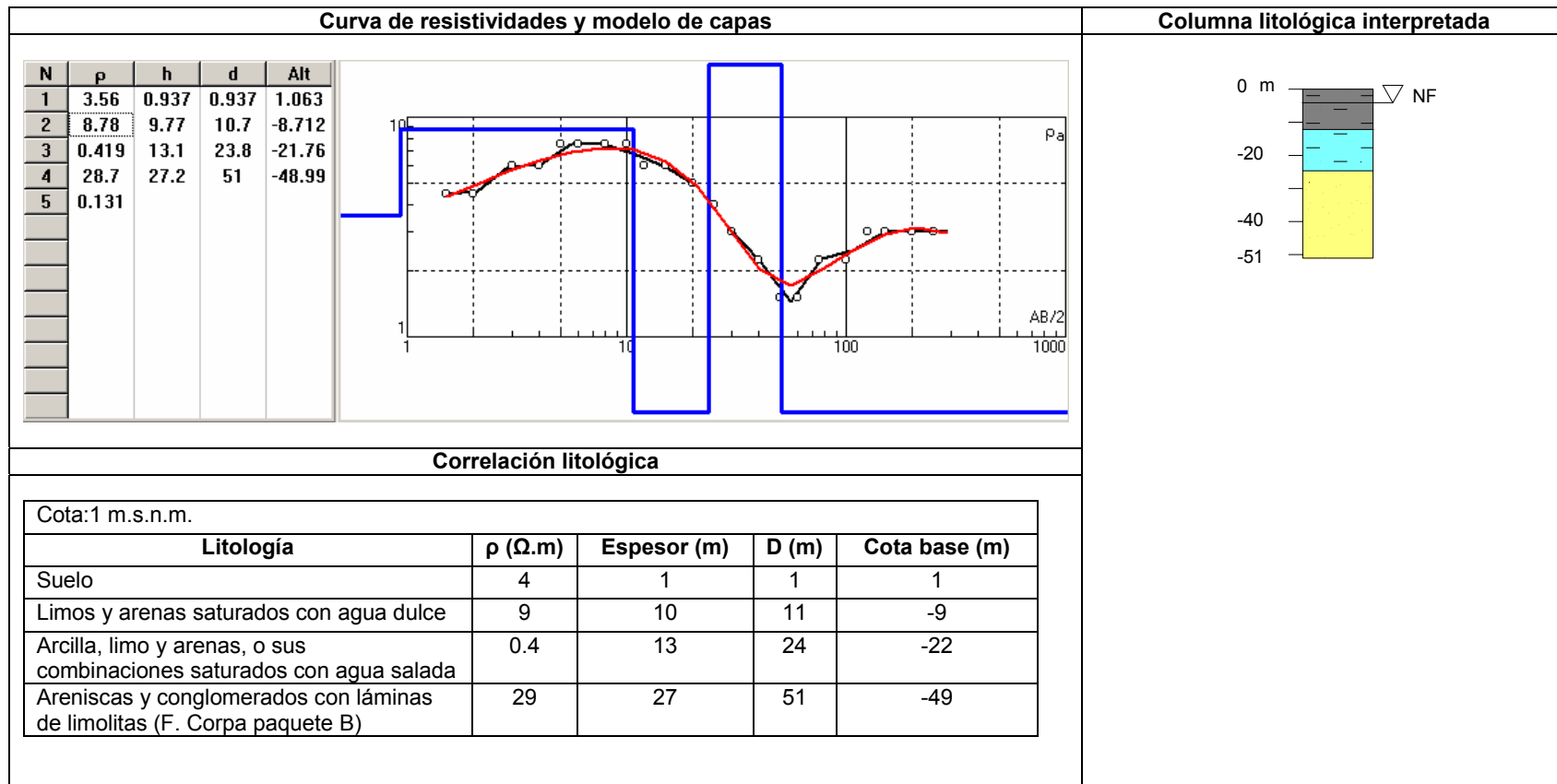
**Tabla A.22.** Análisis SEV 22



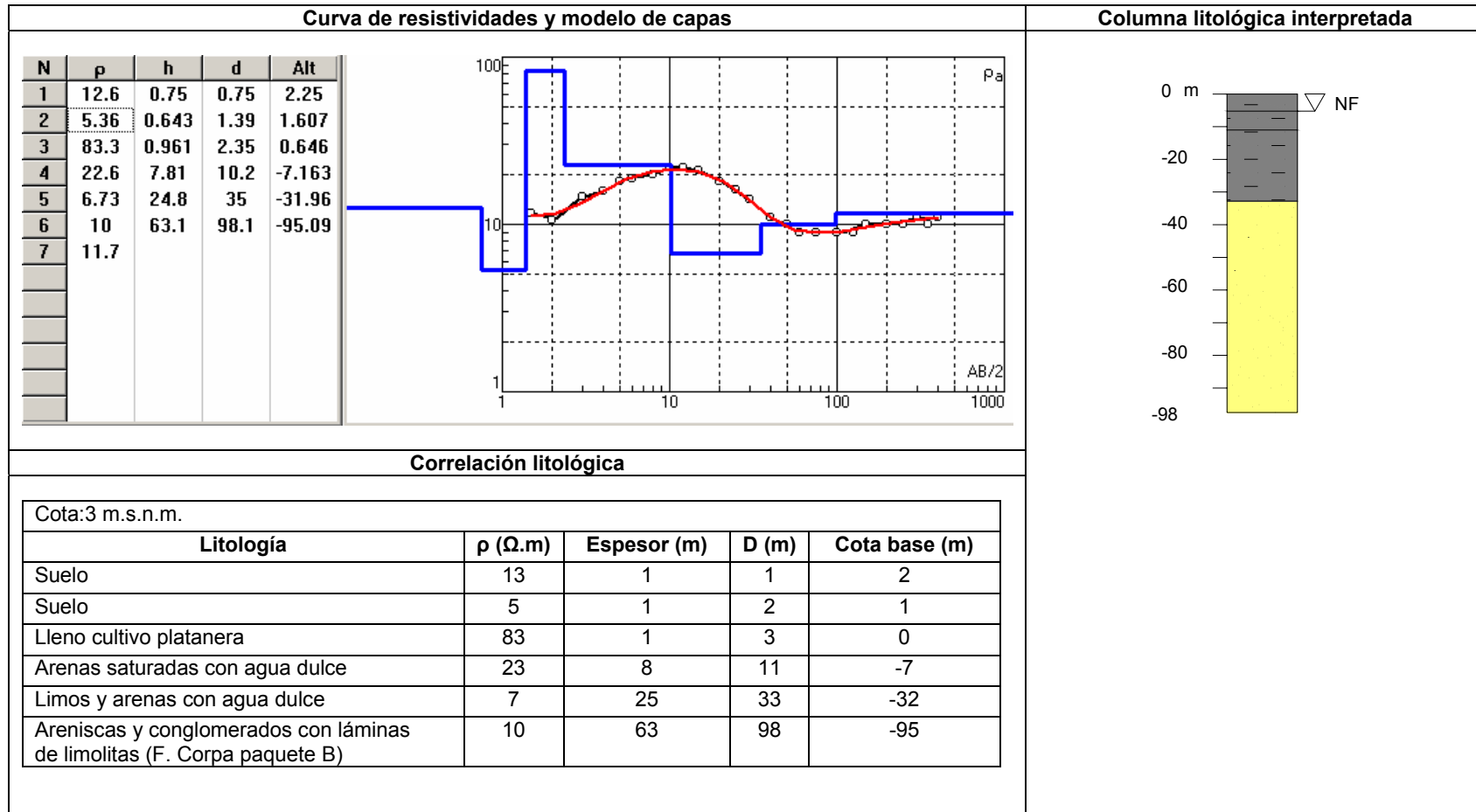
**Tabla A.23.** Análisis SEV 23



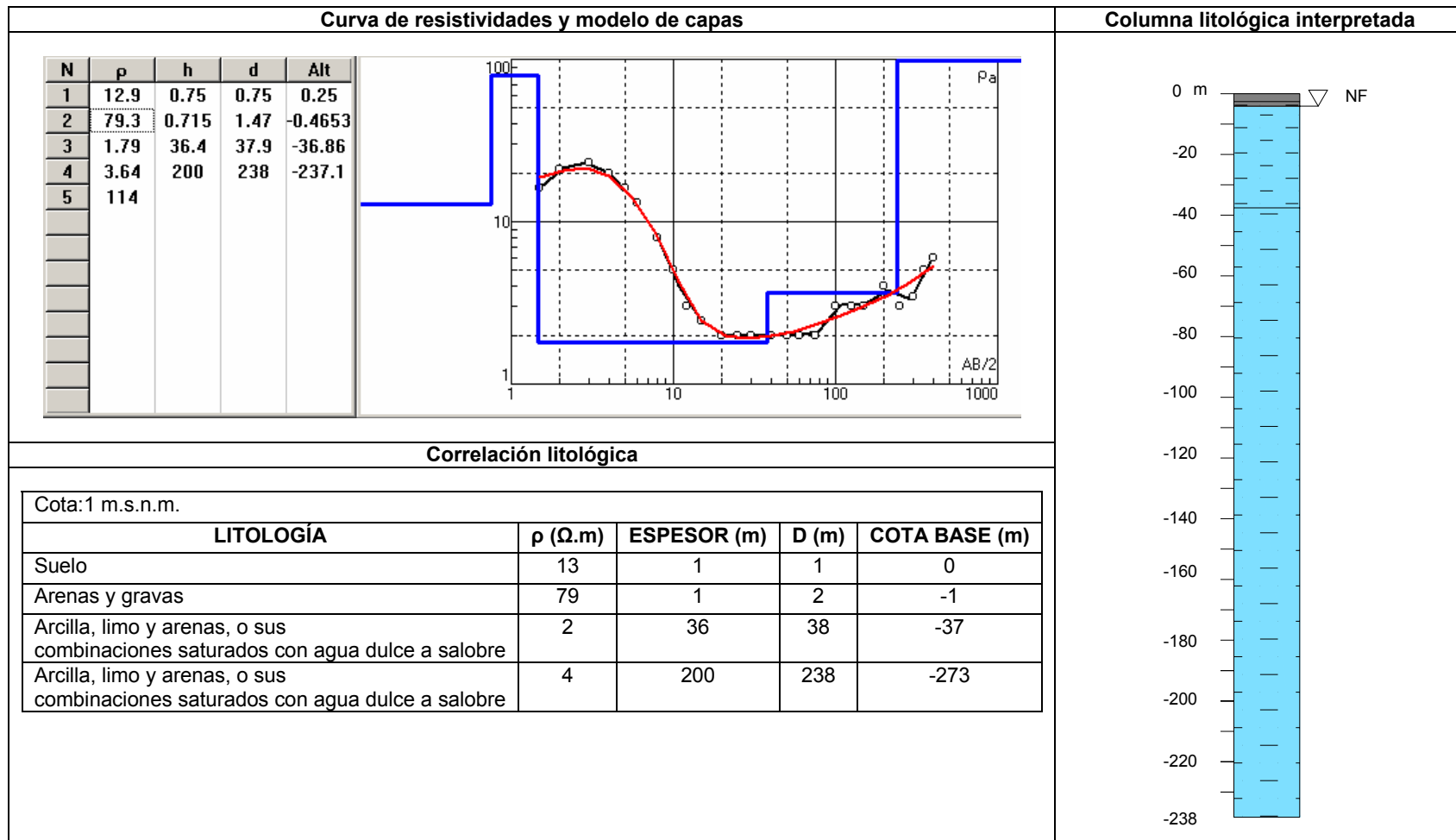
**Tabla A.24.** Análisis SEV 24



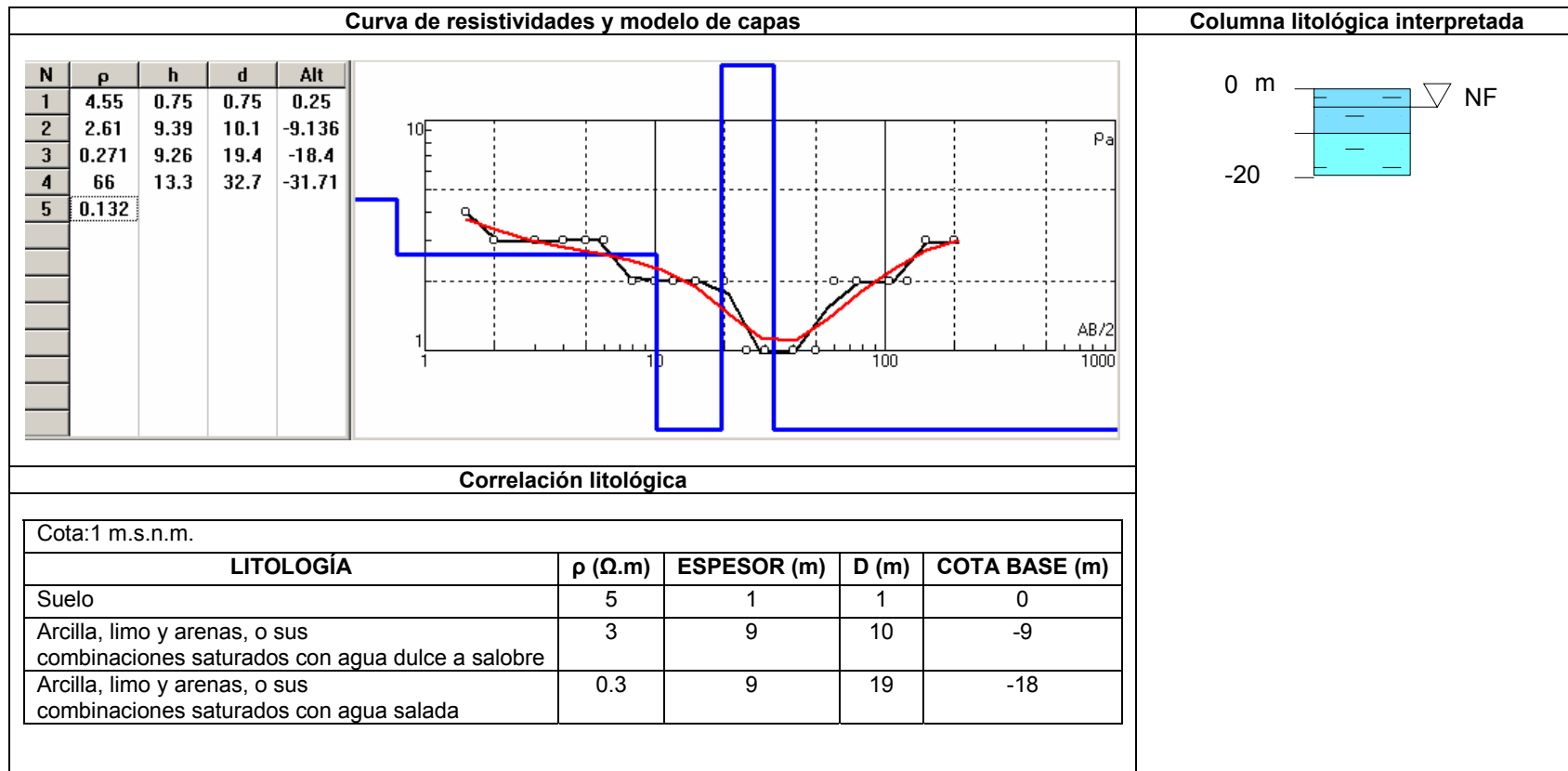
**Tabla A.25.** Análisis SEV 25



**Tabla A.26.** Análisis SEV 26

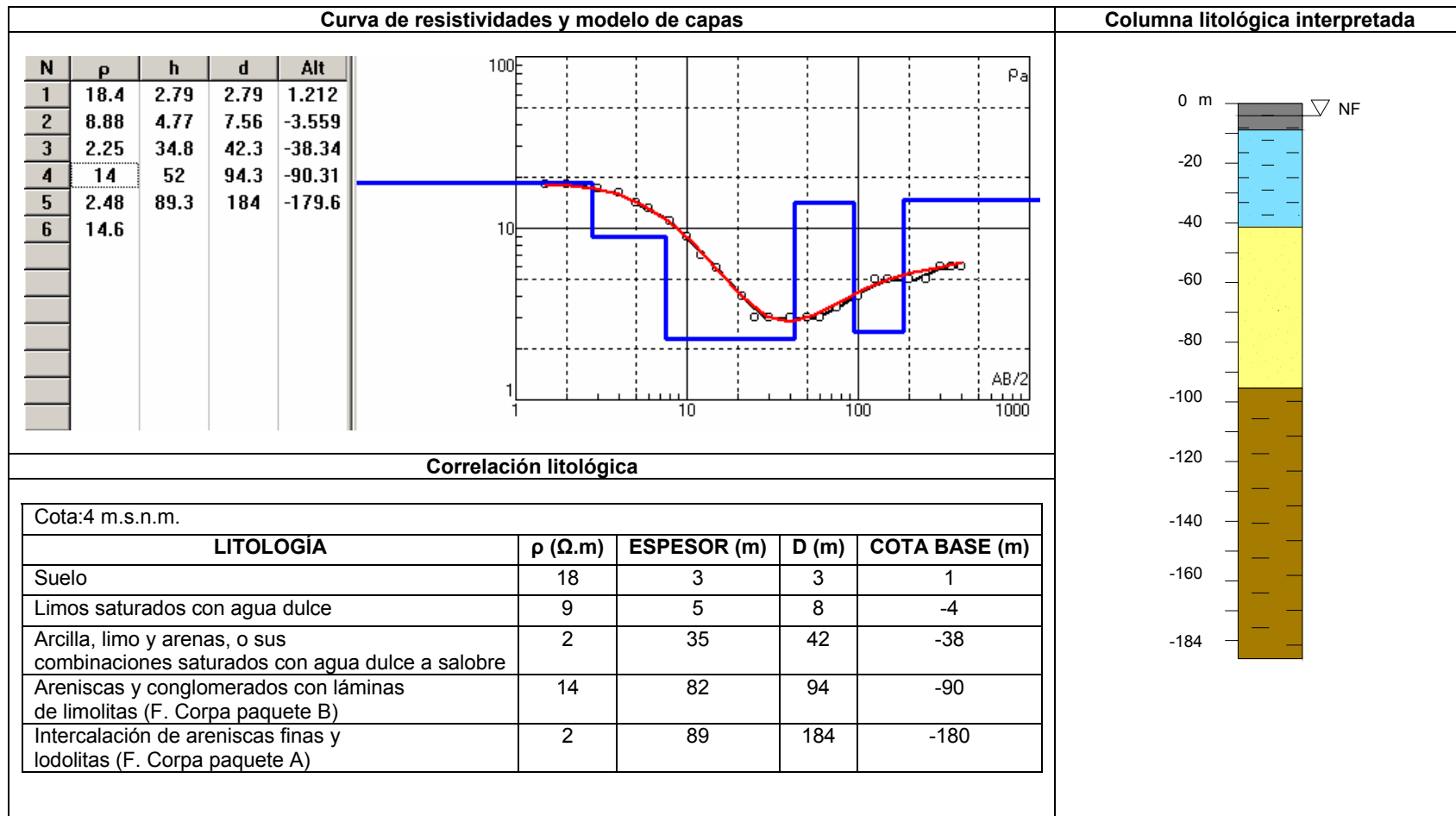


**Tabla A.27. Análisis SEV 27**

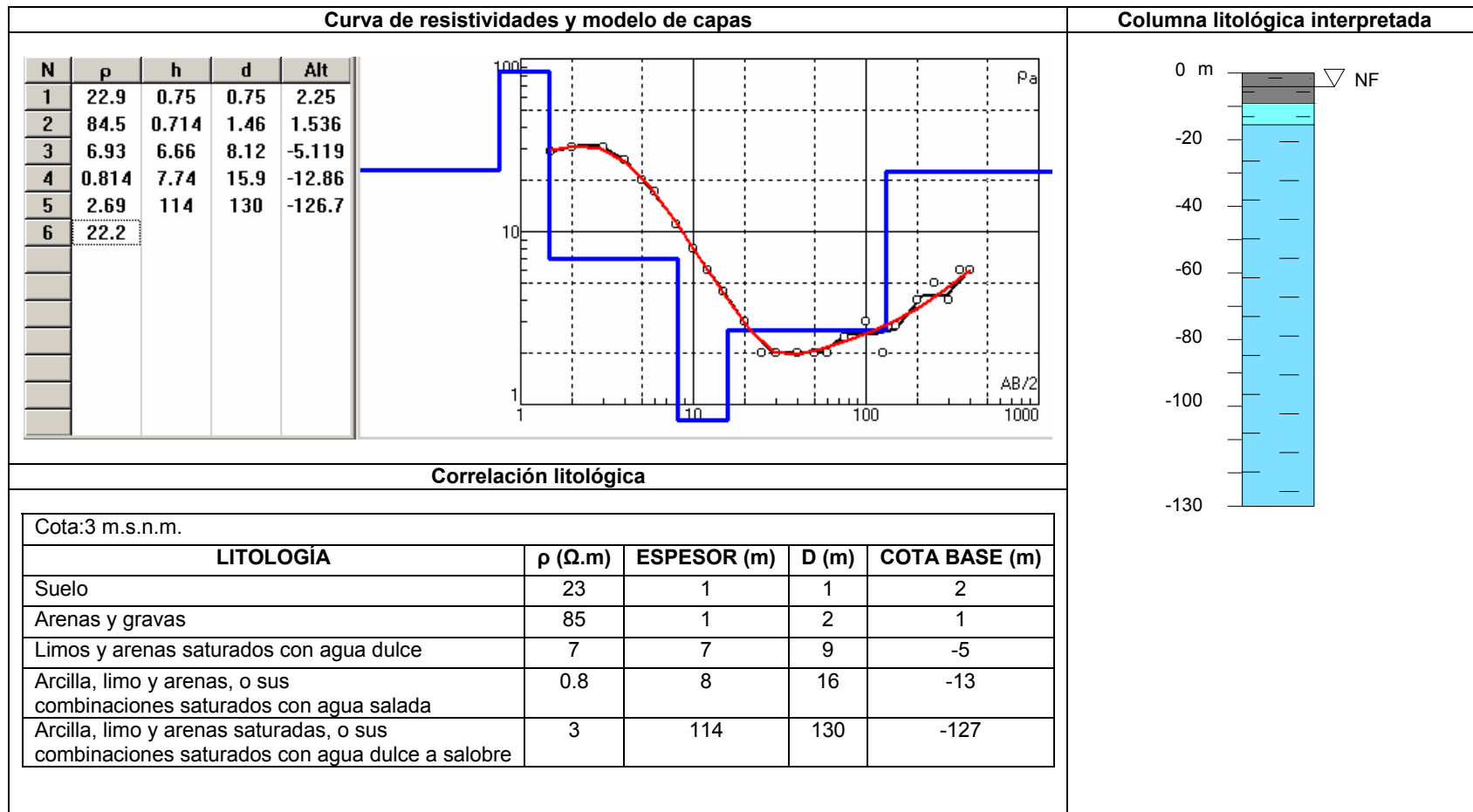




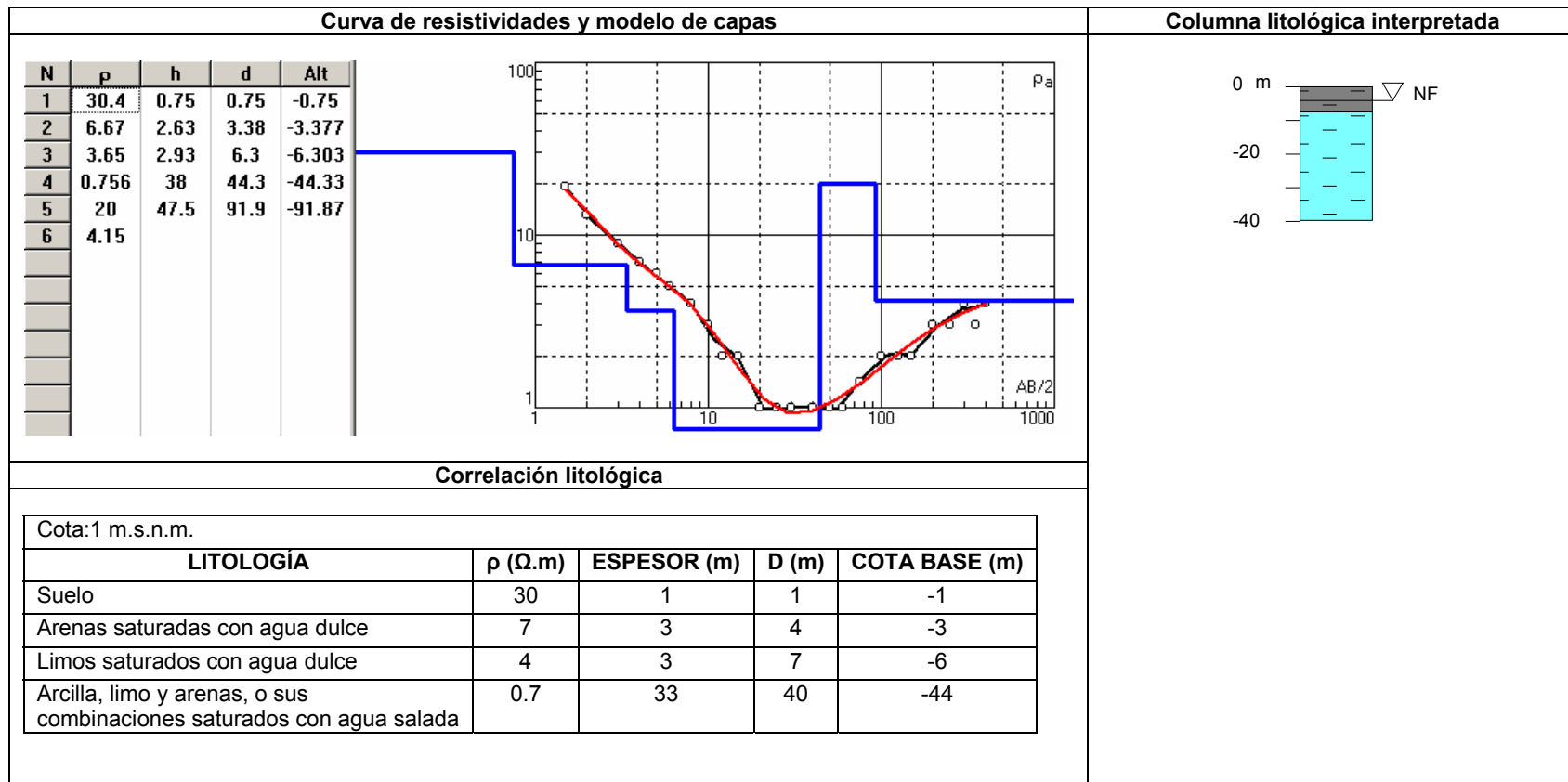
**Tabla A.28.** Análisis SEV 28



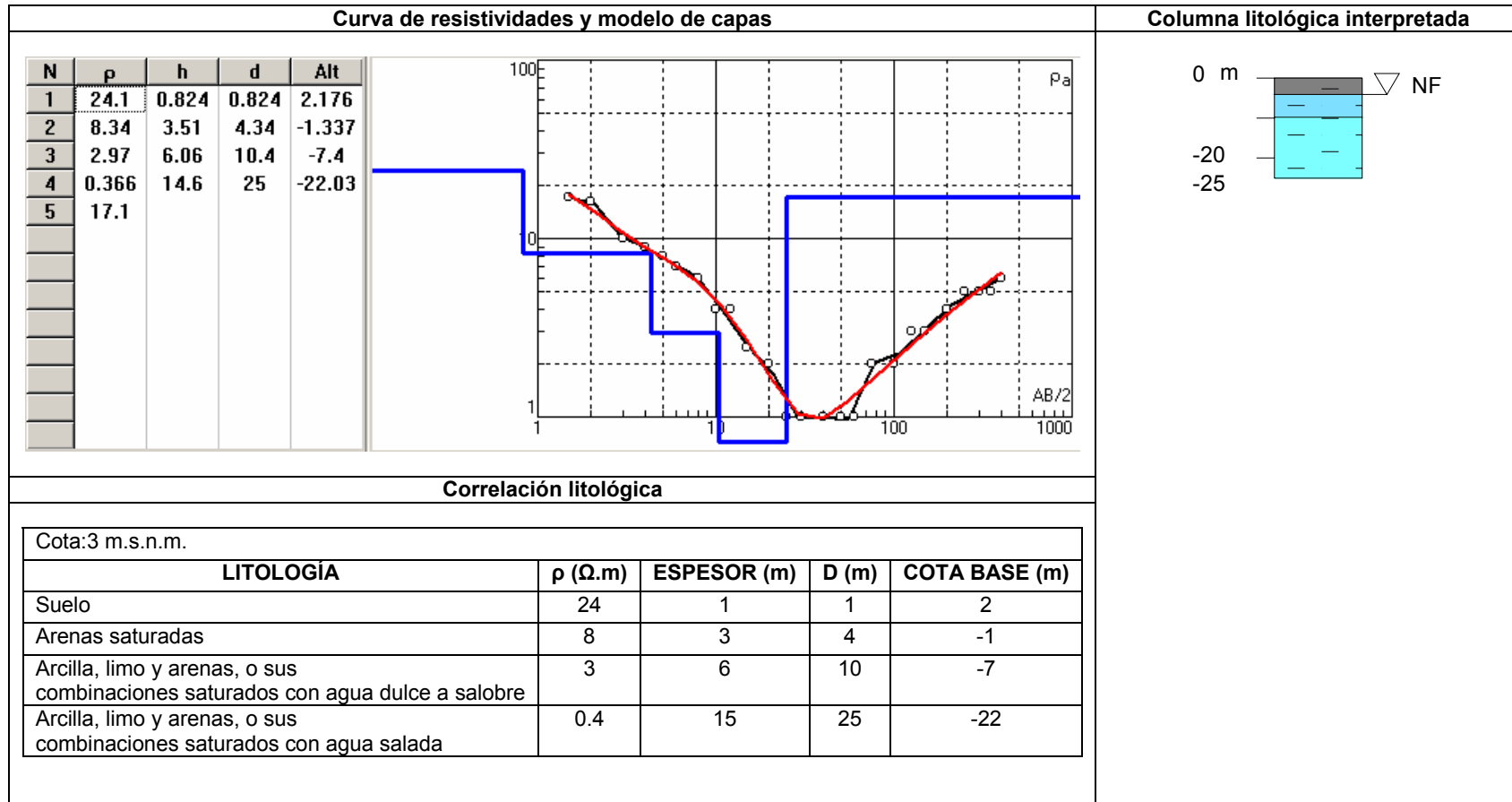
**Tabla A.29.** Análisis SEV 29



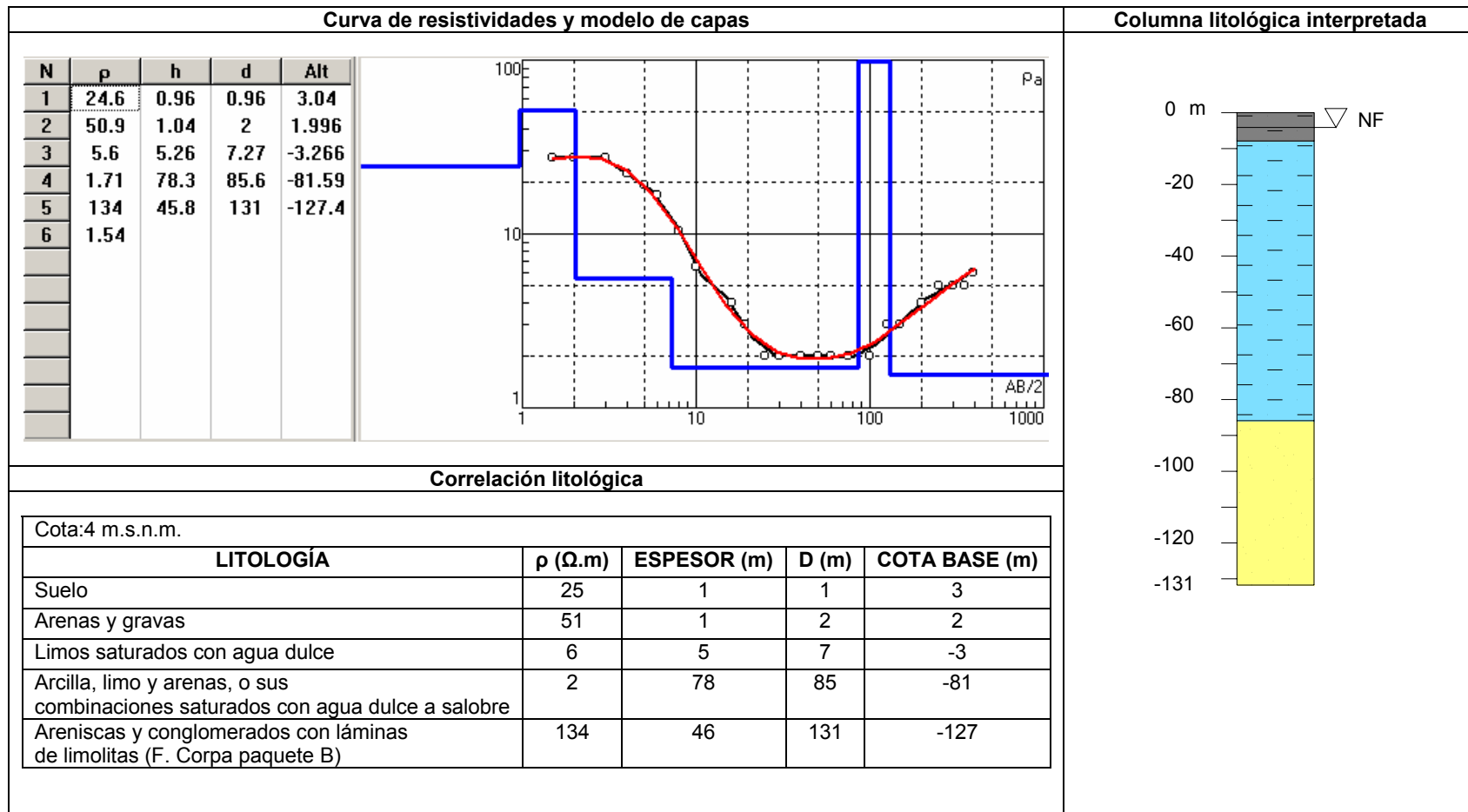
**Tabla A.30.** Análisis SEV 30



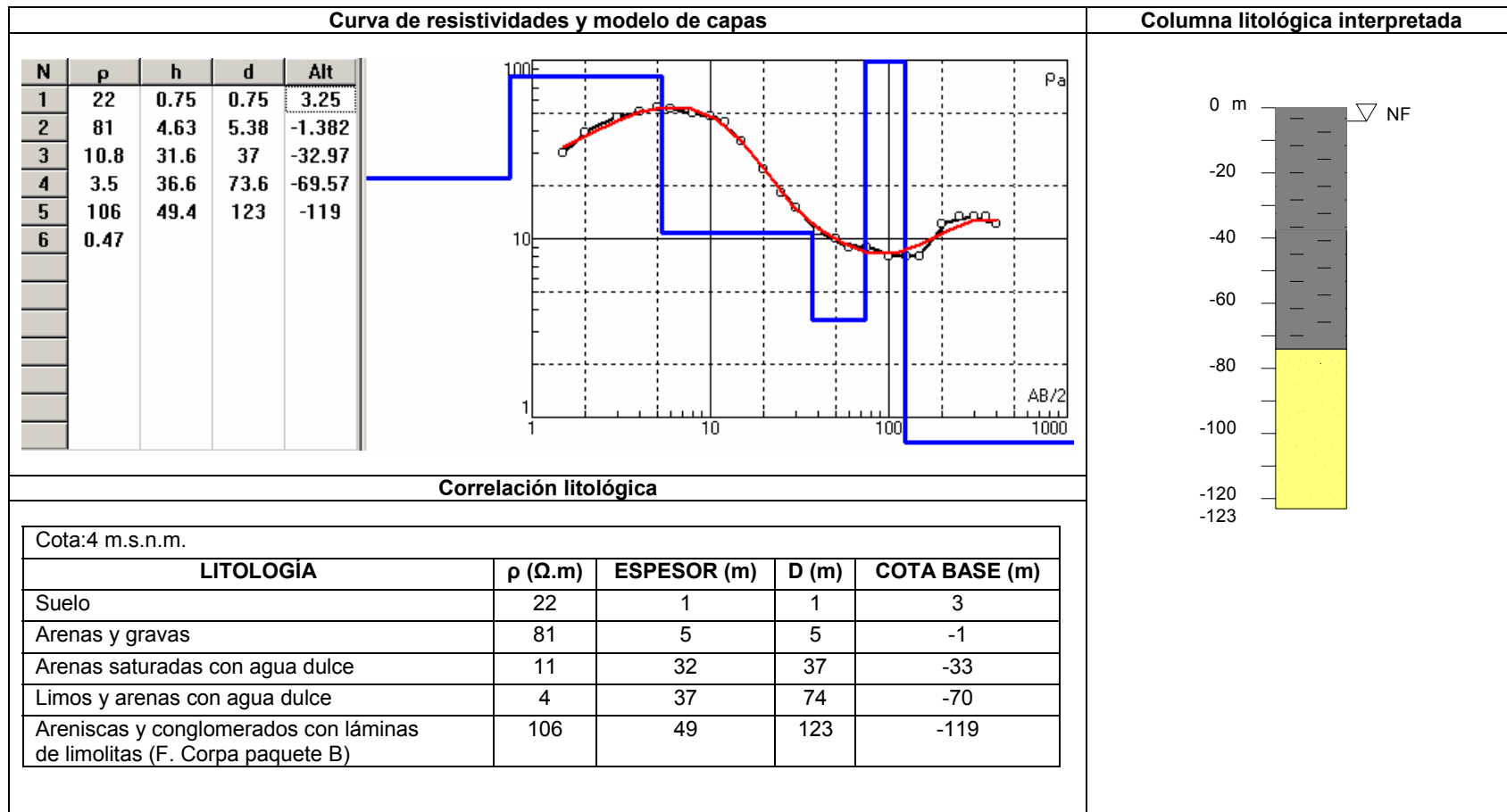
**Tabla A.31.** Análisis SEV 31



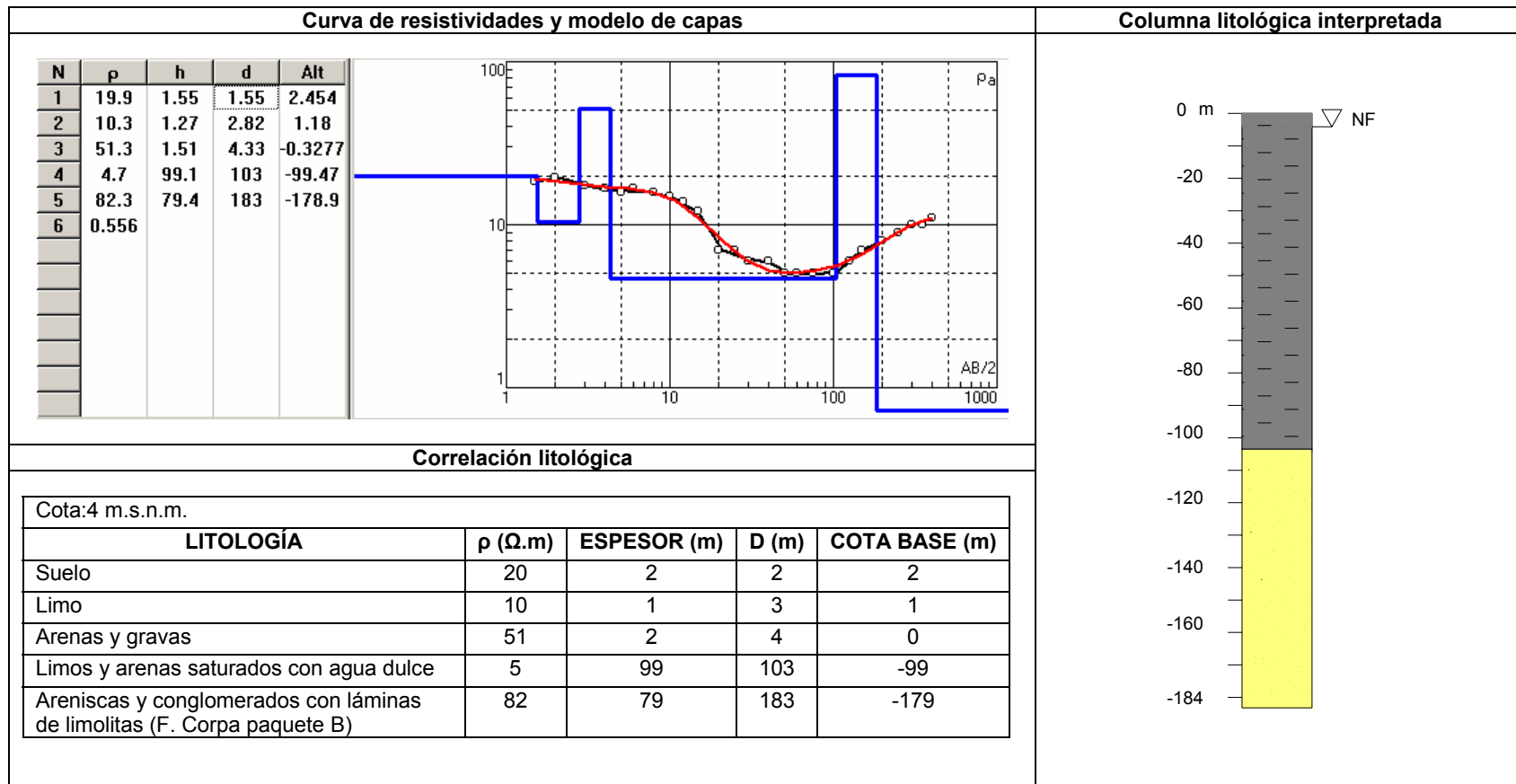
**Tabla A.32.** Análisis SEV 32



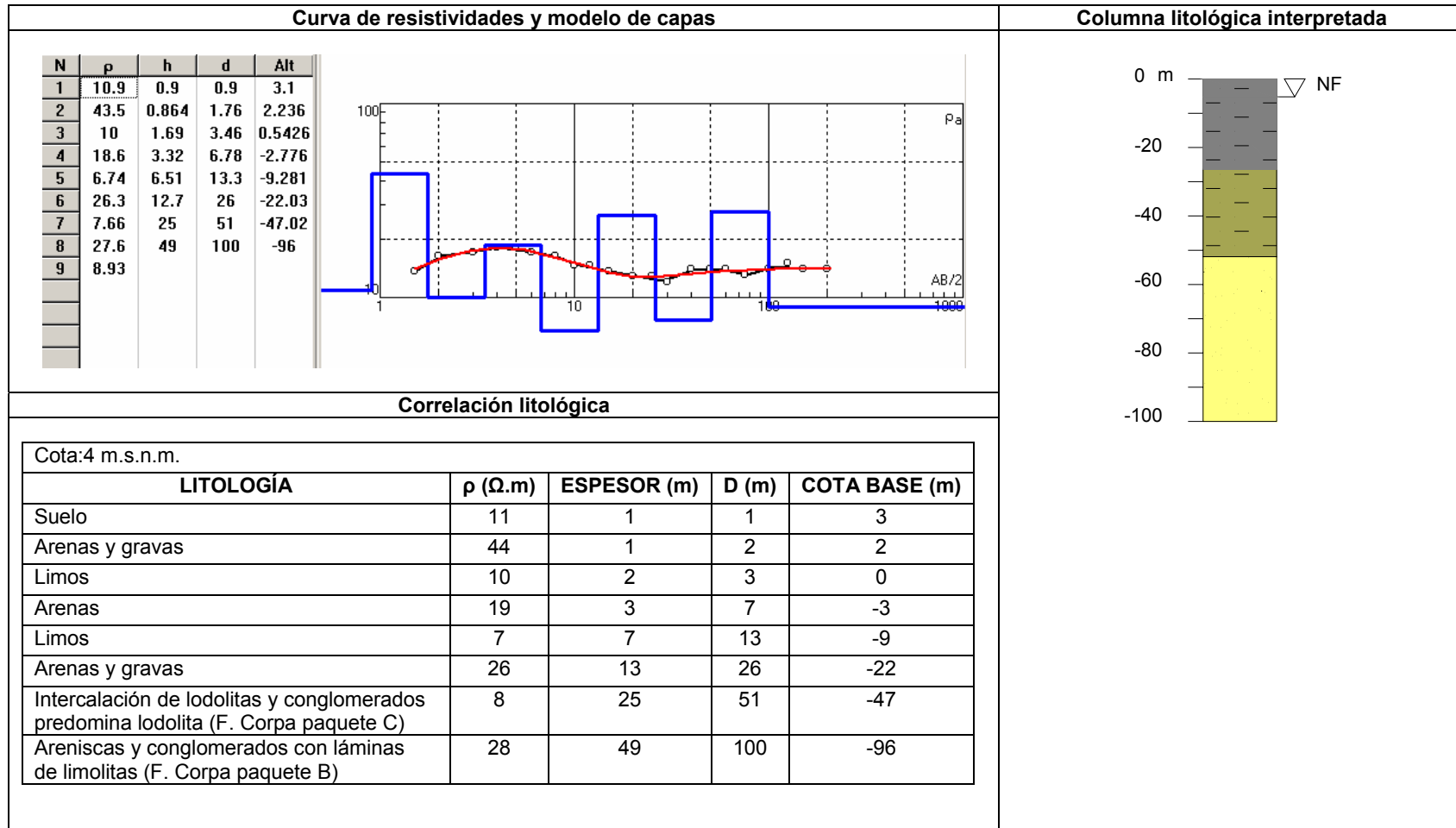
**Tabla A.33.** Análisis SEV 33



**Tabla A.34.** Análisis SEV 34

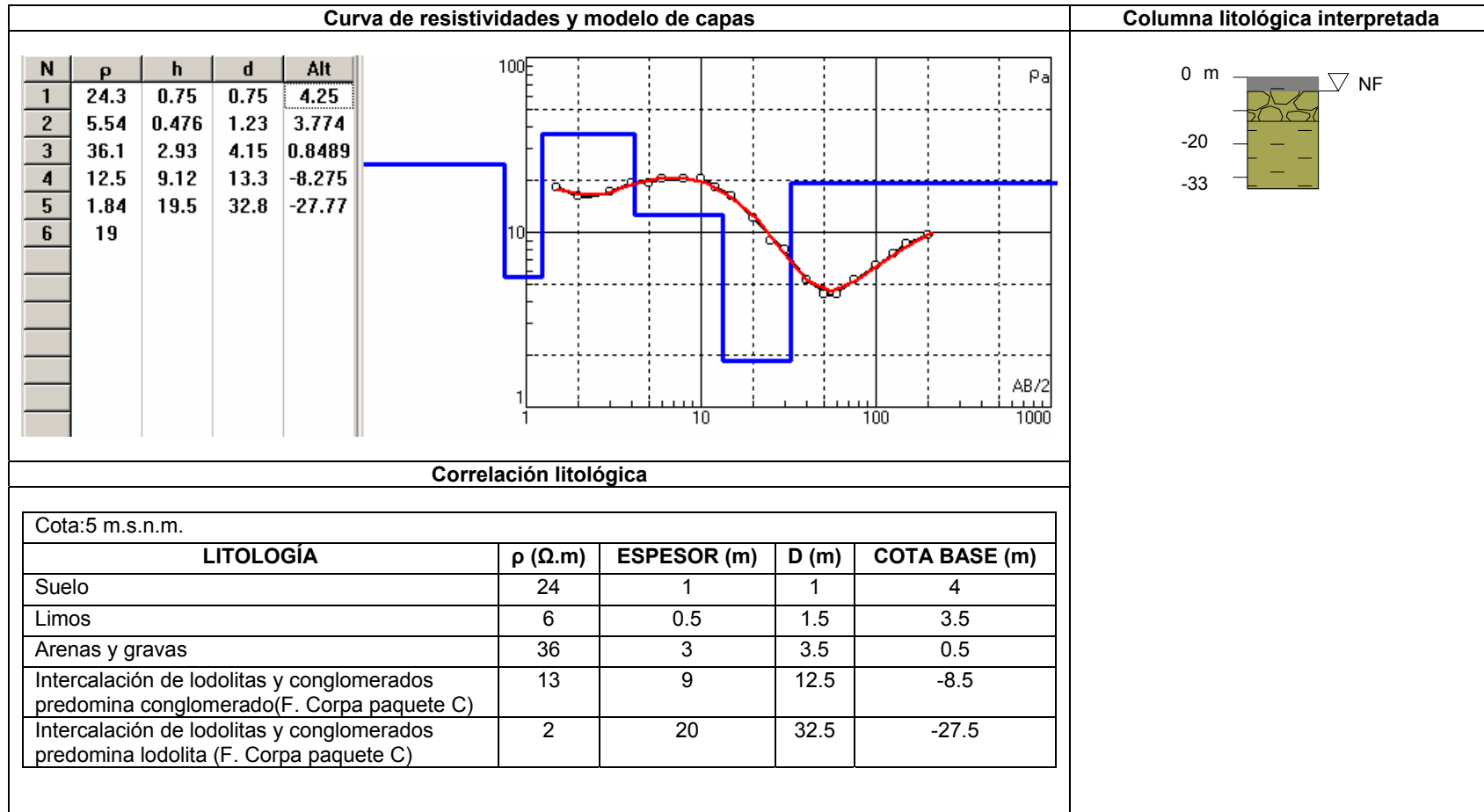


**Tabla A.35.** Análisis SEV 35

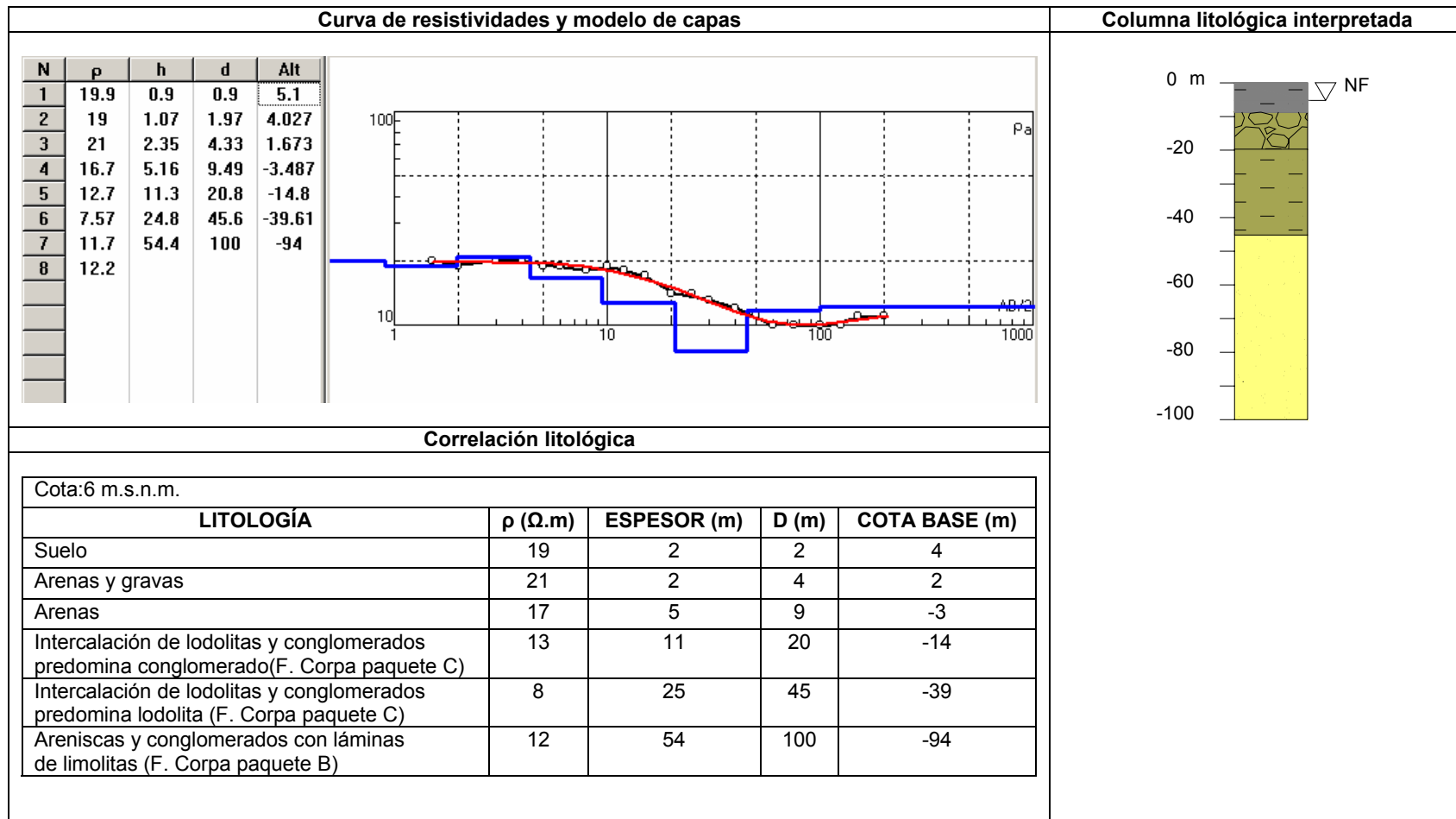




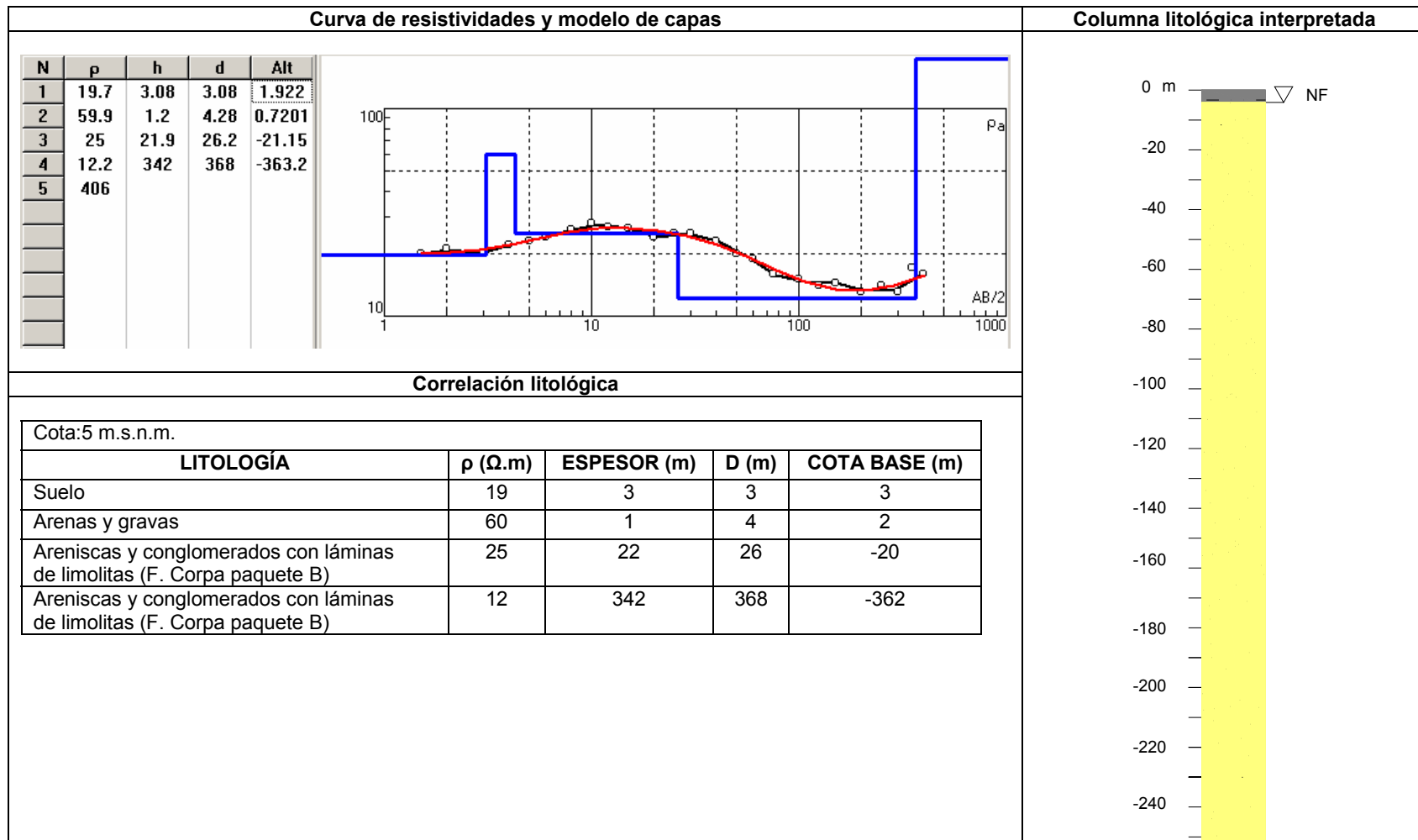
**Tabla A.36.** Análisis SEV 36



**Tabla A.37. Análisis SEV 37**



**Tabla A.38.** Análisis SEV 39



**Tabla A.39.** Análisis SEV 40

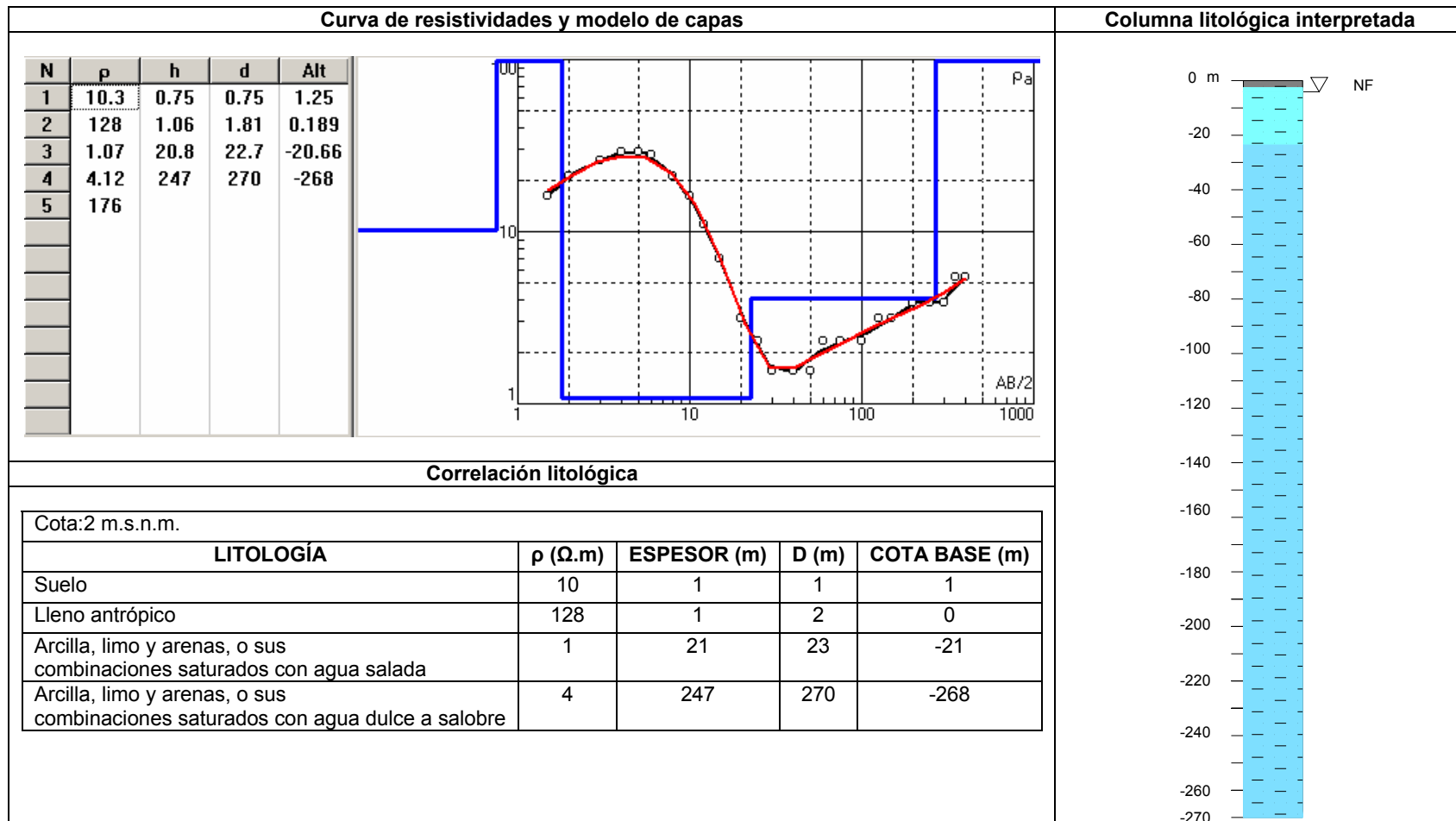
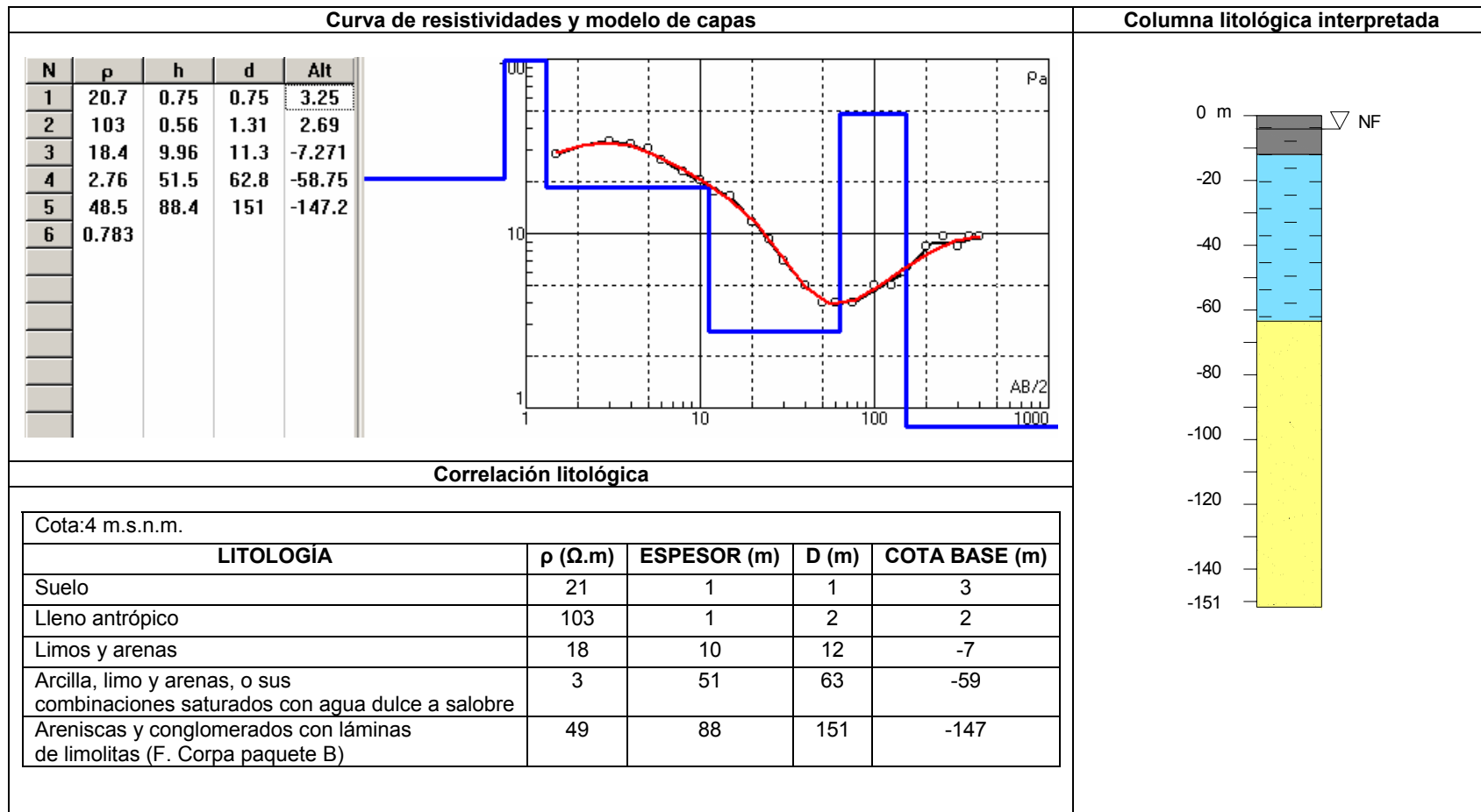
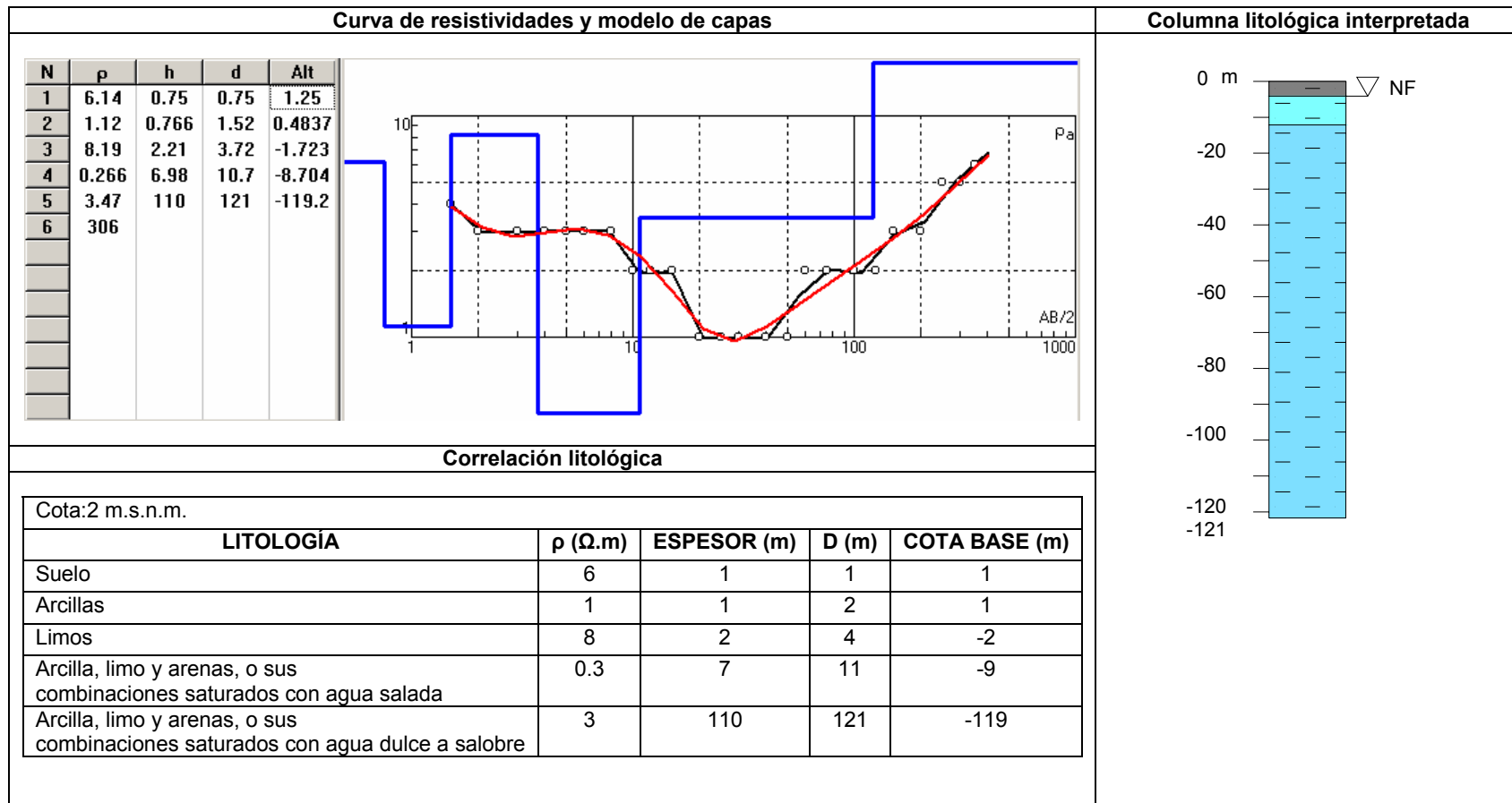


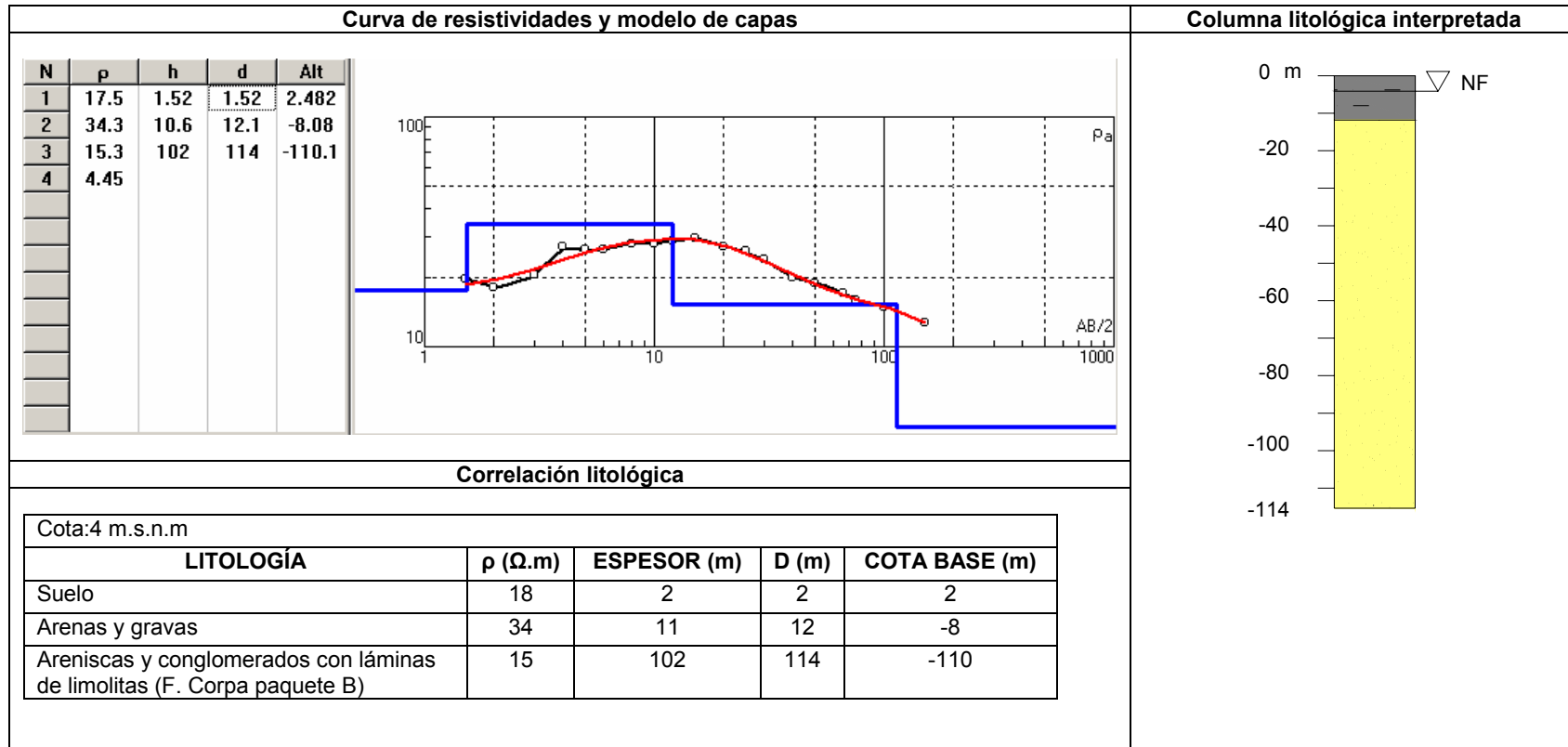
Tabla A.40. Análisis SEV 41



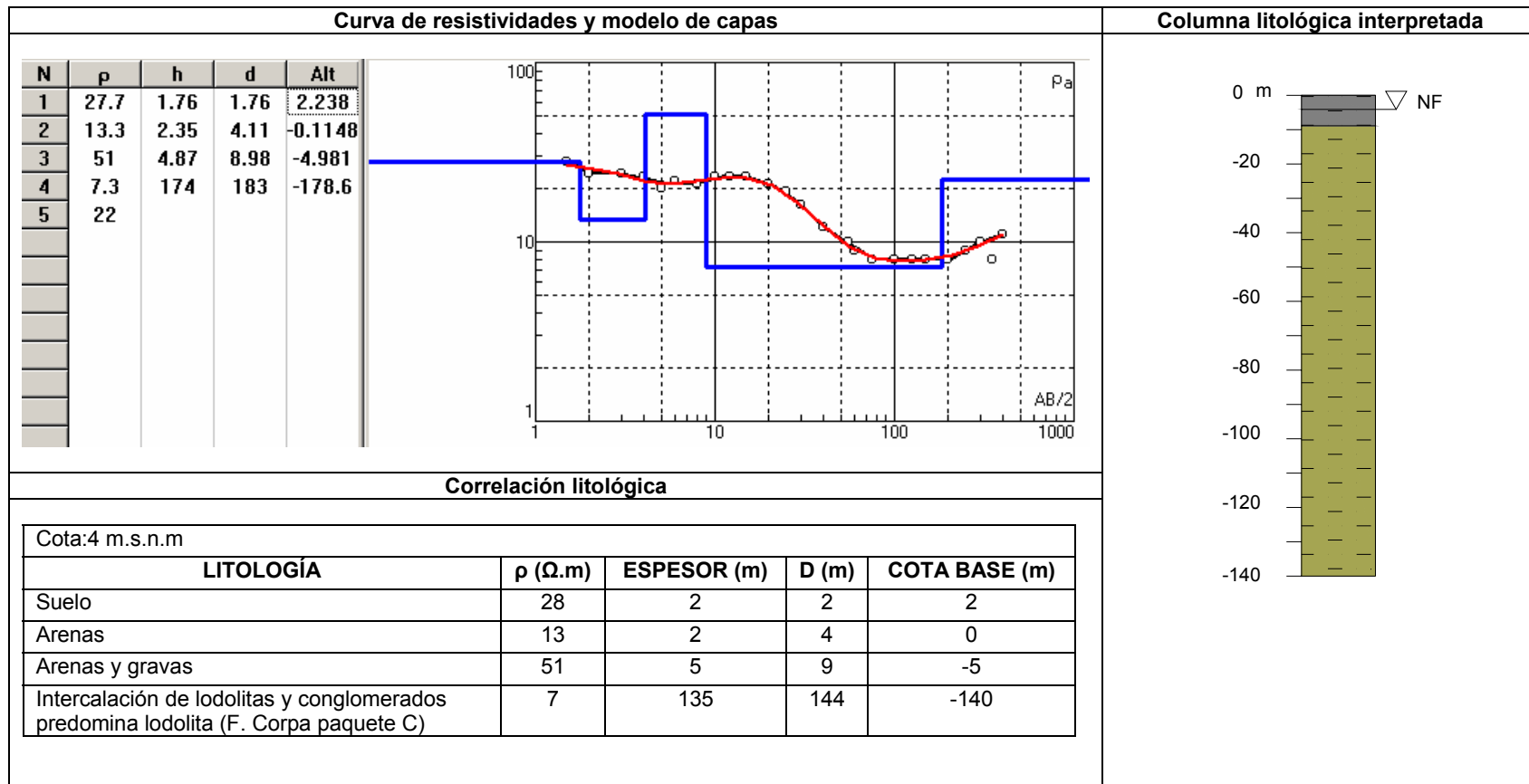
**Tabla A.41.** Análisis SEV 42



**Tabla A.42.** Análisis SEV 43

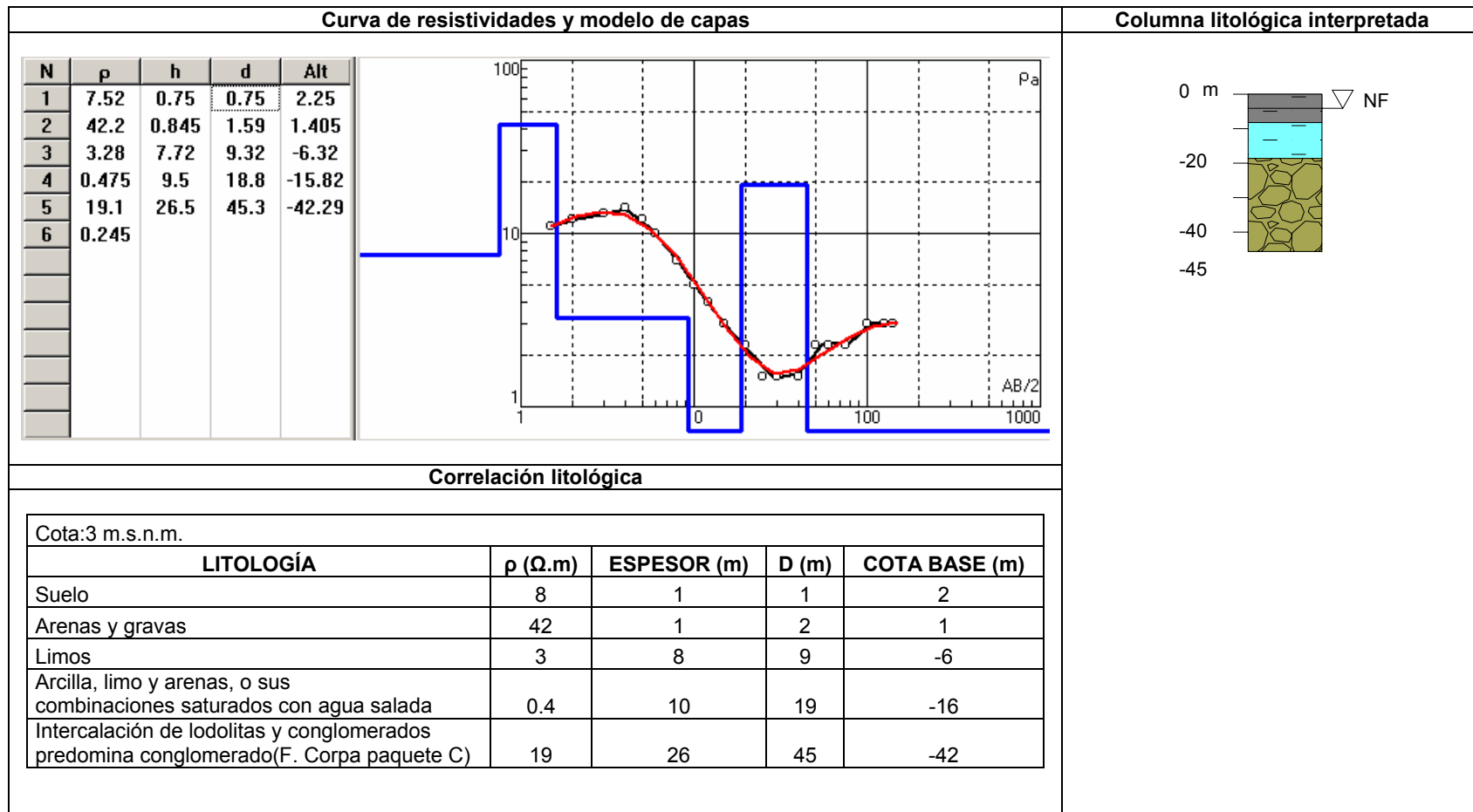


**Tabla A.43.** Análisis SEV 44

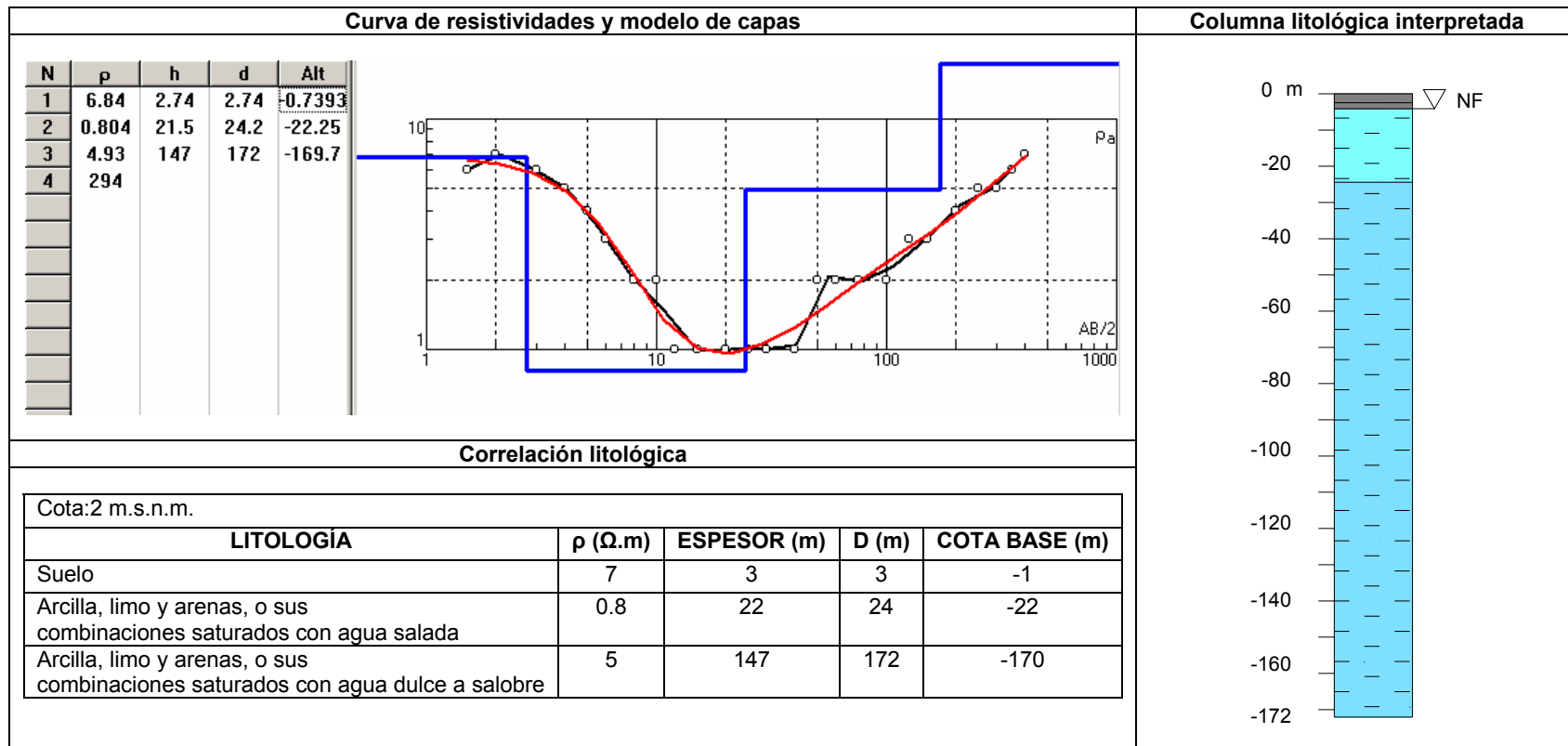




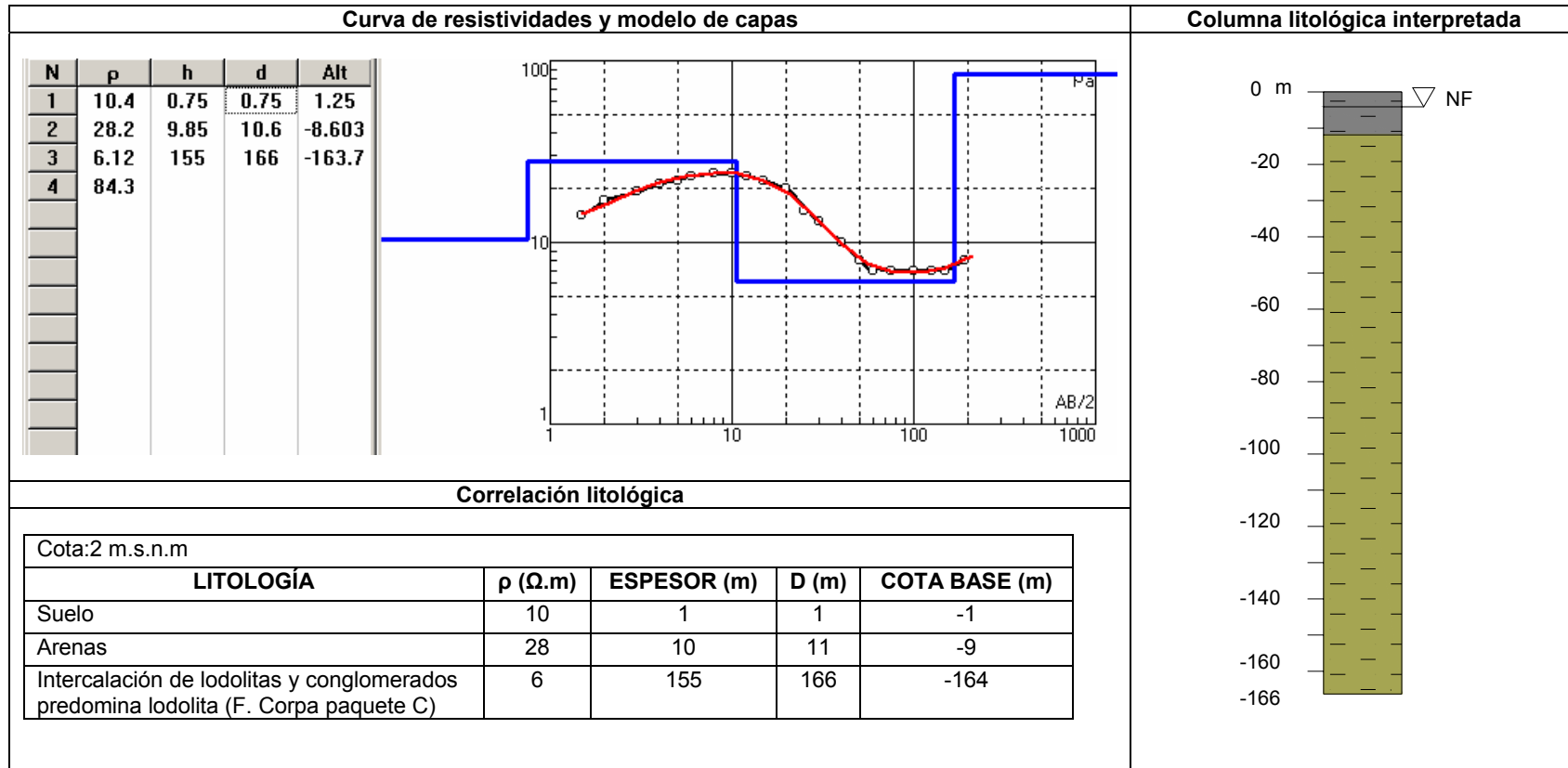
**Tabla A.44.** Análisis SEV 45



**Tabla A.45.** Análisis SEV 46



**Tabla A.46.** Análisis SEV 47



## ANEXO C. BALANCES QUÍMICOS

Tabla A.47. Balance iónico captación A4

A4 El paisa

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) 890

Parámetro	mg/L
Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ )	181
Sólidos totales disueltos (STD)	608

Aniones	gr/equiva	mg/L	me/L
Bicarbonato( $\text{HCO}_3^-$ )	61	220.82	3.62
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	147.66	3.08
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	49.98	1.41
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	0.99	0.02
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	419.45	<b>8.12</b>
Cationes	gr/equiva	mg/L	me/L
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	78.66	3.42
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	1.96	0.05
Calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ )	20	74.4	3.72
Magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ )	12.1	24.93	2.06
Manganeso ( $\text{Mn}^{+2}$ )	27.5	0.29	0.01
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	0.8151	0.03
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	181.05	<b>9.29</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>6.7</b>

K/(Na+K)	1.4
Mg/(Ca+Mg)	35.6
Ca/(Ca+SO4)	54.7
Na/(Na+Cl)	70.8
STD <sub>medido</sub> /Conduc.eléctrica	0.7
Cond Elec/ $\Sigma$ cationes (meq)	95.8

**Tabla A.48.** Balance iónico captación A5

**A5 Finca Villa Mary**

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) 780

*Parámetro* *mg/L*  
 Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) 153  
 Sólidos totales disueltos (STD) 454

<i>Aniones</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	61	186.66	3.06
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	81.61	1.70
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	29.99	0.84
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	41.34	0.67
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	<b>339.6</b>	<b>6.27</b>
<i>Cationes</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	30.59	1.33
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	2.35	0.06
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	20	84.2	4.21
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	12.1	24.93	2.06
Manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ )	27.5	0.07	0.00
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	0.02	0.00
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	<b>142.15</b>	<b>7.66</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>10.0</b>

<b>K/(Na+K)</b>	4.3
<b>Mg/(Ca+Mg)</b>	32.9
<b>Ca/(Ca+SO4)</b>	71.2
<b>Na/(Na+Cl)</b>	61.2
<b>STD<sub>medido</sub>/Conduc.eléctrica</b>	0.6
<b>Cond Elec/<math>\Sigma</math>cationes (meq)</b>	101.8

**Tabla A.49.** Balance iónico captación A14

**A14 La Macarena**

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) 460

<i>Parámetro</i>	<i>mg/L</i>
Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ )	114
Sólidos totales disueltos (STD)	228

<i>Aniones</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	61	139.08	2.28
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	75.12	1.57
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	22.49	0.63
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	3.05	0.05
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	239.74	<b>4.53</b>
<i>Cationes</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	36.11	1.57
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	1.96	0.05
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	20	36.6	1.83
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	12.1	14.76	1.22
Manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ )	27.5	2.84	0.10
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	18.86	0.68
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	111.13	<b>5.45</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>9.2</b>

K/(Na+K)	3.1
Mg/(Ca+Mg)	40.0
Ca/(Ca+SO4)	53.9
Na/(Na+Cl)	71.2
STD <sub>medido</sub> /Conduc.eléctrica	0.5
Cond Elec/ $\Sigma$ cationes (meq)	84.4

**Tabla A.50.** Balance iónico captación A20

**A20 La Caleta**

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) 740

<i>Parámetro</i>	<i>mg/L</i>
Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ )	190
Sólidos totales disueltos (STD)	448

<i>Aniones</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	61	231.8	3.8
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	22.93	0.48
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	69.98	1.97
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	13.48	0.22
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	338.19	<b>6.47</b>
<i>Cationes</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	36.8	1.6
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	17.20	0.44
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	20	67.2	3.36
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	12.1	29.52	2.44
Manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ )	27.5	0.88	0.03
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	0.139	0.00
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	151.75	<b>7.88</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>9.8</b>

K/(Na+K)	21.6
Mg/(Ca+Mg)	42.1
Ca/(Ca+SO4)	87.6
Na/(Na+Cl)	44.8
STD <sub>medido</sub> /Conduc.eléctrica	0.6
Cond Elec/ $\Sigma$ cationes (meq)	93.9

**Tabla A.51.** Balance iónico captación A23

**A23 La Vitrina**

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) 420

<i>Parámetro</i>	<i>mg/L</i>
Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ )	124
Sólidos totales disueltos (STD)	272

<i>Aniones</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	61	151.28	2.48
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	10.45	0.22
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	47.48	1.34
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	0.56	0.01
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	209.77	<b>4.04</b>
<i>Cationes</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	31.05	1.35
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	0.78	0.02
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	20	24	1.2
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	12.1	18.76	1.55
Manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ )	27.5	1.28	0.05
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	0.606	0.02
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	76.47	<b>4.19</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>1.7</b>

K/(Na+K)	1.5
Mg/(Ca+Mg)	56.4
Ca/(Ca+SO4)	84.6
Na/(Na+Cl)	50.2
STD <sub>medido</sub> /Conduc.eléctrica	0.6
Cond Elec/ $\Sigma$ cationes (meq)	100.3



**Tabla A.52.** Balance iónico captación A25

**A25 La Mareiba**

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) 511

<i>Parámetro</i>	<i>mg/L</i>
Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ )	212
Sólidos totales disueltos (STD)	304

<i>Aniones</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	61	258.64	4.24
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	21.63	0.45
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	12.5	0.35
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	0.43	0.01
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	293.2	<b>5.05</b>
<i>Cationes</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	28.29	1.23
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	16.03	0.41
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	20	42.6	2.13
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	12.1	15.97	1.32
Manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ )	27.5	0.37	0.01
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	1.967	0.07
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	105.23	<b>5.17</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>1.2</b>

<b>K/(Na+K)</b>	25.0
<b>Mg/(Ca+Mg)</b>	38.3
<b>Ca/(Ca+SO4)</b>	82.5
<b>Na/(Na+Cl)</b>	77.7
<b>STD<sub>medido</sub>/Conduc.eléctrica</b>	0.6
<b>Cond Elec/<math>\Sigma</math>cationes (meq)</b>	98.8

**Tabla A.53.** Balance iónico captación A32

**A32 Nueva Florida**

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) 1150

<i>Parámetro</i>	<i>mg/L</i>
Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ )	472
Sólidos totales disueltos (STD)	716

<i>Aniones</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	61	575.84	9.44
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	57.26	1.19
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	69.98	1.97
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	0.25	0.00
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	703.33	<b>12.61</b>
<i>Cationes</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	91.54	3.98
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	1.96	0.05
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	20	135.6	6.78
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	12.1	41.62	3.44
Manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ )	27.5	2	0.07
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	0.219	0.01
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	272.94	<b>14.33</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>6.4</b>

<b>K/(Na+K)</b>	1.2
<b>Mg/(Ca+Mg)</b>	33.7
<b>Ca/(Ca+SO4)</b>	85.0
<b>Na/(Na+Cl)</b>	66.9
<b>STD<sub>medido</sub>/Conduc.eléctrica</b>	0.6
<b>Cond Elec/<math>\Sigma</math>cationes (meq)</b>	80.2

**Tabla A.54.** Balance iónico captación A38

**A38 Claudia María**

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) 1040

*Parámetro* *mg/L*  
Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) 468  
Sólidos totales disueltos (STD) 606

<i>Aniones</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	61	570.96	9.36
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	4.534	0.09
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	77.48	2.18
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	1.81	0.03
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	654.784	<b>11.67</b>
<i>Cationes</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	60.03	2.61
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	1.56	0.04
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	20	84	4.2
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	12.1	60.26	4.98
Manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ )	27.5	0.98	0.04
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	13.916	0.50
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	220.75	<b>12.36</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>2.9</b>

<b>K/(Na+K)</b>	1.5
<b>Mg/(Ca+Mg)</b>	54.2
<b>Ca/(Ca+SO4)</b>	97.8
<b>Na/(Na+Cl)</b>	54.5
<b>STD<sub>medido</sub>/Conduc.eléctrica</b>	0.6
<b>Cond Elec/<math>\Sigma</math>cationes (meq)</b>	84.1

**Tabla A.55. Balance iónico captación A45**  
**A45 Barrio Medellín**

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 890

*Parámetro* *mg/L*  
 Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) 286  
 Sólidos totales disueltos (STD) 554

<i>Aniones</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	61	348.92	5.72
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	50.54	1.05
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	89.97	2.53
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	1.99	0.03
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	491.42	<b>9.34</b>
<i>Cationes</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	82.57	3.59
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	2.35	0.06
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	20	75.4	3.77
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	12.1	33.15	2.74
Manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ )	27.5	0.5	0.02
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	0.129	0.00
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	194.10	<b>10.18</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>4.3</b>

K/(Na+K)	1.6
Mg/(Ca+Mg)	42.1
Ca/(Ca+SO4)	78.2
Na/(Na+Cl)	58.6
STD <sub>medido</sub> /Conduc.eléctrica	0.6
Cond Elec/ $\Sigma$ cationes (meq)	87.4

**Tabla A.56.** Balance iónico captación A61

**A61 Niño Ramón**

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) 920

<i>Parámetro</i>	<i>mg/L</i>
Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ )	406
Sólidos totales disueltos (STD)	624

<i>Aniones</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	61	495.32	8.12
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	22.41	0.47
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	32.49	0.92
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	0.5	0.01
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	550.72	<b>9.51</b>
<i>Cationes</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	81.88	3.56
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	0.78	0.02
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	20	57.8	2.89
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	12.1	59.29	4.9
Manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ )	27.5	4.73	0.17
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	1.94	0.07
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	199.75	<b>11.61</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>9.9</b>

K/(Na+K)	0.6
Mg/(Ca+Mg)	62.9
Ca/(Ca+SO <sub>4</sub> )	86.1
Na/(Na+Cl)	79.5
STD <sub>medido</sub> /Conduc.eléctrica	0.7
Cond Elec/ $\Sigma$ cationes (meq)	79.2

**Tabla A.57.** Balance iónico captación P1

P1 Sinai

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) 950

*Parámetro* *mg/L*  
Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) 241  
Sólidos totales disueltos (STD) 520

<i>Aniones</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Bicarbonato( $\text{HCO}_3^-$ )	61	294.02	4.82
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	12.82	0.27
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	142.46	4.01
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	0.25	0.00
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	449.55	<b>9.10</b>
<i>Cationes</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	184.69	8.03
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	1.17	0.03
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	20	10.6	0.53
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	12.1	17.79	1.47
Manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ )	27.5	0.37	0.01
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	4.55	0.16
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	214.25	<b>10.24</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>5.9</b>

<b>K/(Na+K)</b>	0.4
<b>Mg/(Ca+Mg)</b>	73.5
<b>Ca/(Ca+SO<sub>4</sub>)</b>	66.5
<b>Na/(Na+Cl)</b>	66.7
<b>STD<sub>medido</sub>/Conduc.eléctrica</b>	0.5
<b>Cond Elec/<math>\Sigma</math>cationes (meq)</b>	92.8

**Tabla A.58.** Balance iónico captación P5

**P5 La Ferrara**

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 1500

*Parámetro* *mg/L*  
Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) 817  
Sólidos totales disueltos (STD) 902

<i>Aniones</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	61	996.74	16.34
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	6.347	0.13
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	39.99	1.13
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	0	0.00
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	1043.08	<b>17.60</b>
<i>Cationes</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	261.05	11.35
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	10.56	0.27
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	20	41.8	2.09
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	12.1	14.16	1.17
Manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ )	27.5	0.33	0.01
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	1.541	0.06
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	327.56	<b>14.95</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>-8.1</b>

<b>K/(Na+K)</b>	2.3
<b>Mg/(Ca+Mg)</b>	35.9
<b>Ca/(Ca+SO4)</b>	94.0
<b>Na/(Na+Cl)</b>	91.0
<b>STD<sub>medido</sub>/Conduc.eléctrica</b>	0.6
<b>Cond Elec/<math>\Sigma</math>cationes (meq)</b>	100.4

**Tabla A.59.** Balance iónico captación P6

**P6 Julio Orozco**

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 2480

*Parámetro* *mg/L*  
Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) 400  
Sólidos totales disueltos (STD) 1554

<i>Aniones</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	61	488	8
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	5.829	0.12
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	599.81	16.90
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	0.19	0.00
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	1093.83	<b>25.02</b>
<i>Cationes</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	326.6	14.2
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	2.35	0.06
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	20	65.2	3.26
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	12.1	101.52	8.39
Manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ )	27.5	2	0.07
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	0.567	0.02
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	495.67	<b>26.00</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>1.9</b>

K/(Na+K)	0.4
Mg/(Ca+Mg)	72.0
Ca/(Ca+SO4)	96.4
Na/(Na+Cl)	45.7
STD <sub>medido</sub> /Conduc.eléctrica	0.6
Cond Elec/ $\Sigma$ cationes (meq)	95.4



**Tabla A.60.** Balance iónico captación P7

**P7 Sena**

**Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ )** 14800

<b>Parámetro</b>	<b>mg/L</b>
<b>Bicarbonato (<math>\text{CaCO}_3</math>)</b>	982
<b>Sólidos totales disueltos (STD)</b>	84

<b>Aniones</b>	<b>gr/equiva</b>	<b>mg/L</b>	<b>me/L</b>
<b>Bicarbonato (<math>\text{HCO}_3^-</math>)</b>	61	1198.04	19.64
<b>Sulfatos (<math>\text{SO}_4^{2-}</math>)</b>	48	14.12	0.29
<b>Cloruros (<math>\text{Cl}^-</math>)</b>	35.5	4198.7	118.27
<b>Nitratos (<math>\text{NO}_3^-</math>)</b>	62	0.81	0.01
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	5411.67	<b>138.22</b>
<b>Cationes</b>	<b>gr/equiva</b>	<b>mg/L</b>	<b>me/L</b>
<b>Sodio (<math>\text{Na}^+</math>)</b>	23	3394.8	147.6
<b>Potasio (<math>\text{K}^+</math>)</b>	39.1	133.72	3.42
<b>Calcio (<math>\text{Ca}^{++}</math>)</b>	20	44.4	2.22
<b>Magnesio (<math>\text{Mg}^{++}</math>)</b>	12.1	147.62	12.2
<b>Manganeso (<math>\text{Mn}^{++}</math>)</b>	27.5	0.19	0.01
<b>Hierro (<math>\text{Fe}</math>)</b>	27.9	1.839	0.07
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	3720.54	<b>165.51</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>9.0</b>

<b>K/(Na+K)</b>	2.3
<b>Mg/(Ca+Mg)</b>	84.6
<b>Ca/(Ca+SO4)</b>	88.3
<b>Na/(Na+Cl)</b>	55.5
<b>STD<sub>medido</sub>/Conduc.eléctrica</b>	0.0
<b>Cond Elec/<math>\Sigma</math>cationes (meq)</b>	89.4

**Tabla A.61.** Balance iónico captación P8

**P8 Finca Maryuri**

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) 4300

*Parámetro* *mg/L*  
Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) 476  
Sólidos totales disueltos (STD) 2920

<i>Aniones</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Bicarbonato( $\text{HCO}_3^-$ )	61	580.72	9.52
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	8.679	0.18
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	1174.6	33.09
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	0.5	0.01
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	1764.499	<b>42.80</b>
<i>Cationes</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	528.77	22.99
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	3.52	0.09
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	20	120.4	6.02
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	12.1	156.09	12.9
Manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ )	27.5	0.31	0.01
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	9.244	0.33
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	808.78	<b>42.34</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>-0.5</b>

K/(Na+K)	0.4
Mg/(Ca+Mg)	68.2
Ca/(Ca+SO4)	97.1
Na/(Na+Cl)	41.0
STD <sub>medido</sub> /Conduc.eléctrica	0.7
Cond Elec/ $\Sigma$ cationes (meq)	101.6

**Tabla A.62.** Balance iónico captación P17

**P17 Surtiabastos**

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) 2520

**Parámetro** **mg/L**  
Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) 626  
Sólidos totales disueltos (STD) 1492

<b>Aniones</b>	<b>gr/equiva</b>	<b>mg/L</b>	<b>me/L</b>
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	61	763.72	12.52
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	19.56	0.41
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	499.84	14.08
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	1.93	0.03
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	1285.05	<b>27.04</b>
<b>Cationes</b>	<b>gr/equiva</b>	<b>mg/L</b>	<b>me/L</b>
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	395.6	17.2
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	2.74	0.07
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	20	50	2.5
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	12.1	91.48	7.56
Manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ )	27.5	0.95	0.03
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	1.988	0.07
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	539.81	<b>27.44</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>0.7</b>

<b>K/(Na+K)</b>	0.4
<b>Mg/(Ca+Mg)</b>	75.1
<b>Ca/(Ca+SO4)</b>	86.0
<b>Na/(Na+Cl)</b>	55.0
<b>STD<sub>medido</sub>/Conduc.eléctrica</b>	0.6
<b>Cond Elec/<math>\Sigma</math>cationes (meq)</b>	91.9

**Tabla A.63.** Balance iónico captación P18  
**P18 Pozo cerca al Paisa**

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) 2130

<i>Parámetro</i>	<i>mg/L</i>
Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ )	414
Sólidos totales disueltos (STD)	1242

<i>Aniones</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	61	505.08	8.28
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	5.311	0.11
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	474.85	13.38
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	0.7	0.01
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	985.941	<b>21.78</b>
<i>Cationes</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	278.3	12.1
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	3.13	0.08
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	20	54.2	2.71
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	12.1	86.03	7.11
Manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ )	27.5	0.98	0.04
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	0.994	0.04
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	421.66	<b>22.07</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>0.7</b>

<b>K/(Na+K)</b>	0.7
<b>Mg/(Ca+Mg)</b>	72.4
<b>Ca/(Ca+SO4)</b>	96.1
<b>Na/(Na+Cl)</b>	47.5
<b>STD<sub>medido</sub>/Conduc.eléctrica</b>	0.6
<b>Cond Elec/<math>\Sigma</math>cationes (meq)</b>	96.5

**Tabla A.64.** Balance iónico captación P19

**P19 Monterrey 3**

Conduc. eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) 1240

*Parámetro* *mg/L*  
Bicarbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) 560  
Sólidos totales disueltos (STD) 732

<i>Aniones</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	61	683.2	11.2
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	48	6.088	0.13
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	35.5	74.98	2.11
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	62	0.87	0.01
	<b><math>\Sigma</math>aniones</b>	765.138	<b>13.45</b>
<i>Cationes</i>	<i>gr/equiva</i>	<i>mg/L</i>	<i>me/L</i>
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	23	246.1	10.7
Potasio ( $\text{K}^+$ )	39.1	2.35	0.06
Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ )	20	21.8	1.09
Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ )	12.1	25.65	2.12
Manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ )	27.5	0.34	0.01
Hierro ( $\text{Fe}$ )	27.9	1.431	0.05
	<b><math>\Sigma</math>cationes</b>	295.90	<b>14.03</b>
<b>Balance iónico</b>		<b>Error (%)</b>	<b>2.1</b>

K/(Na+K)	0.6
Mg/(Ca+Mg)	66.0
Ca/(Ca+SO4)	89.6
Na/(Na+Cl)	83.5
STD <sub>medido</sub> /Conduc.eléctrica	0.6
Cond Elec/ $\Sigma$ cationes (meq)	88.4