



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

DISEÑO ÓPTIMO DE LA RED DE MONITOREO DEL ACUÍFERO
“SALTILLO-RAMOS ARIZPE”, COAHUILA, PARA EL ADECUADO
MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO, APLICANDO UN ENFOQUE
GEOESTADÍSTICO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PRESENTA

FÉLIX CANUL PECH

JURADO EXAMINADOR

DR. MARTÍN A. DÍAZ VIERA
EL DIRECTOR DE LA TESIS (SECRETARIO)

DR. JOSÉ LUIS BRAVO CARRERA
PRESIDENTE

DRA. ELSA LETICIA FLORES
MÁRQUEZ
VOCAL

DR. RICARDO CÁESAR GONZÁLEZ
SUPLENTE

DRA. GRACIELA HERRERA
ZAMARRÓN
SUPLENTE



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

CAPÍTULOS		Página
	ÍNDICE DE FIGURAS	3
	ÍNDICE DE CUADROS	5
	AGRADECIMIENTOS	6
	RESUMEN	7
1	INTRODUCCIÓN	9
	1.1 GENERALIDADES	9
	1.2 ANTECEDENTES	10
	1.3 OBJETIVOS	11
2	MARCO TEÓRICO	12
	2.1 EL SEMIVARIOGRAMA	12
	2.2 KRIGING ORDINARIO	14
	2.3 DISEÑO DE REDES	18
	2.3.1. EL CASO DE UN PUNTO ADICIONAL. MÉTODO DEL “PUNTO FICTICIO”	18
	2.3.2 EL CASO DE VARIOS PUNTOS	19
3	MATERIALES Y MÉTODOS	23
	3.1 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	23
	3.2 PROCEDIMIENTOS	31
4	RESULTADOS	55
	4.1 ANÁLISIS PRELIMINAR	55
	4.2 ANÁLISIS EXPLORATORIO	59
	4.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL	62
	4.4 ESTIMACIÓN ESPACIAL	78
	4.5 OPTIMIZACIÓN. INCLUSIONES SUCESIVAS	86
	4.5.1. OPTIMIZACIÓN CONSIDERANDO UNA TOLERANCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL ERROR DE ESTIMACIÓN	86

	4.5.2. OPTIMIZACIÓN LOCAL CONSIDERANDO UNA TOLERANCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL ERROR DE ESTIMACIÓN CON POZOS Y NODOS DE MALLA	100
	4.5.3. OBTENCIÓN DE LOS MEJORES POZOS	113
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
6	BIBLIOGRAFÍA	122
7	ANEXOS	124
	1. COORDENADAS DE LA POLIGONAL DEL ACUÍFERO SALTILLO-RAMOS ARIZPE	124
	2. CÁLCULO ITERATIVO DE MATRICES DE KRIGING Y VARIANZAS DE ESTIMACIÓN	125
	3. FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS A UTM Y VICEVERSA	127
	4. FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS A CÓNICA CONFORME DE LAMBERT Y VICEVERSA	130
	5. RELACIÓN DE APROVECHAMIENTOS DEL ACUÍFERO "SALTILLO-RAMOS ARIZPE"	132
	6. RED ÓPTIMA OBTENIDA. 144 POZOS	145
	7. 445 PUNTOS ÓPTIMOS OBTENIDOS (APLICANDO UNA TOLERANCIA DE 35 m. OPTIMIZACIÓN CON MALLA)	146
	8. 496 PUNTOS ÓPTIMOS OBTENIDOS (APLICANDO UNA TOLERANCIA DE 30 m. OPTIMIZACIÓN CON MALLA)	149
	9. RELACIÓN DE LOS 500 MEJORES POZOS OBTENIDOS	152
	10. RELACIÓN DE POZOS UTILIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL MODELO DE SEMIVARIOGRAMA	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Nombre	Página
3.1	Ubicación del acuífero Saltillo-Ramos Arizpe	23
3.2	Composición RGB 321 de imágenes LANDSAT 5 TM de abril de 2009	24
3.3	Procedimiento General de Estudio	32
3.4	Análisis preliminar de los datos	34
3.5	Análisis exploratorio de datos	36
3.6	Análisis Estructural	39
3.7	Estimación espacial	42
3.8	Procedimiento general para la optimización con inclusiones sucesivas	44
3.9	Procedimiento detallado para la optimización con inclusiones sucesivas	46
3.10	Optimización local con inclusiones sucesivas considerando la desviación estándar del error de estimación.	49
4.1	Ubicación del pozo SRA 071	55
4.2	Ubicación de los 750 pozos	56
4.3	Ubicación de los 408 pozos con nivel piezométrico, sobre una imagen de la carta topográfica 1:250,000	57
4.4	Ubicación de los 408 pozos sobre una composición a color 743 de imágenes de satélite Landsat TM de abril del 2009	58
4.5	Histograma de frecuencias y gráfica de cajas (box plot)	59
4.6	Distribución espacial de los 408 pozos con los niveles piezométricos clasificados por rangos	60
4.7	Gráfica de Q-Q plot de los niveles piezométricos	61
4.8	Proyección X y Y de los niveles piezométricos	61
4.9	Semivarianzas obtenidas	62
4.10	Análisis de anisotropía mediante semivariogramas	62
4.11	Ajuste del Semivariograma automático	63
4.12	Validación cruzada del modelo de semivariograma	64
4.13	Histograma de frecuencias y gráfica de caja (box plot) de los residuales de los niveles piezométricos	66
4.14	Gráfica de Q-Q plot de los residuales de los niveles piezométricos	67
4.15	Proyección de residuales en el eje de las X y en el eje de las Y	67
4.16	Histograma de frecuencias y gráfica de cajas (box plot) de los residuales de los niveles piezométricos sin los 26 outliers (382 datos)	69
4.17	Gráfica de Q-Q plot de los 382 residuales de los niveles piezométricos	70
4.18	Proyección en el eje de la X y de la Y de los 382 residuales de los niveles piezométricos	70
4.19	Distribución espacial de los 382 pozos con residuales de los niveles piezométricos	71
4.20	Variograma experimental (382 residuales)	72
4.21	Semivarianzas a direcciones 0°, 45°, 90° y 135° y a diferentes distancias	73
4.22	Ajuste automático del semivariograma de los 382 residuales del nivel piezométrico	74
4.23	Ajuste manual del semivariograma de los 382 residuales del nivel piezométrico	75
4.24	Validación cruzada del modelo automático del semivariograma	76
4.25	Validación cruzada del modelo de semivariograma ajustado manualmente	76
4.26	Malla generada de 500 x 500 m	79

4.27	Mapa en 2D de los residuales estimados de los niveles piezométricos	80
4.28	Mapa en 3D de los residuales estimados de los niveles piezométricos	81
4.29	Mapa en 2D de las desviaciones estándares del error de estimación de los residuales	82
4.30	Vista en 3D de las desviaciones estándares del error de estimación de los residuales	83
4.31	Mapa en 2D de los niveles piezométricos estimados	84
4.32	Vista en 3D de los niveles piezométricos estimados	85
4.33	Comportamiento de la desviación estándar del error de estimación por kriging ordinario en bloques	86
4.34	Distribución espacial de los 144 pozos	87
4.35	Desviación estándar del error de estimación con 450 pozos (68 agregados)	89
4.36	Índice de reducción relativa con 68 pozos agregados	90
4.37	Desviación estándar del error de estimación con 495 pozos (113 agregados)	91
4.38	Índice de reducción relativa con 113 pozos agregados	92
4.39	Desviación estándar del error de estimación con 523 pozos (141 agregados)	93
4.40	Índice de reducción relativa con 141 pozos agregados	94
4.41	Desviación estándar del error de estimación con 574 pozos (192 agregados)	95
4.42	Índice de reducción con 192 pozos agregados	96
4.43	Desviación estándar del error de estimación con 726 pozos (344 agregados)	97
4.44	Índice de reducción con 344 pozos agregados	98
4.45	Desviación estándar del error de estimación con 445 puntos (429 pozos, 16 puntos malla)	100
4.46	Ubicación de los 16 puntos malla agregados con respecto a las curvas de nivel topográfico	101
4.47	Índice de reducción con 445 puntos (429 pozos, 16 puntos malla)	102
4.48	Desviación estándar del error de estimación con 492 puntos (455 pozos, 41 puntos malla)	103
4.49	Ubicación de los 41 puntos malla agregados con respecto a las curvas de nivel topográficas	104
4.50	Índice de reducción con 114 puntos agregados (73 pozos y 41 puntos malla)	105
4.51	Desviación estándar del error de estimación con 619 puntos (497 pozos y 122 puntos malla)	106
4.52	Ubicación de los 122 puntos malla agregados con respecto a las curvas de nivel topográfico	107
4.53	Índice de reducción de 237 puntos agregados (115 pozos y 122 puntos malla)	108
4.54	Desviación estándar del error de estimación con 1023 puntos (536 pozos y 487 puntos malla)	109
4.55	Ubicación de los 487 puntos malla agregados con respecto a las curvas de nivel topográficas	110
4.56	Índice de reducción con 641 puntos agregados (154 pozos y 487 puntos malla)	111
4.57	Ubicación de los 50 pozos que ofrecen mayor certidumbre de estimación	114
4.58	Ubicación de los 100 pozos que ofrecen mayor certidumbre de estimación	115
4.59	Ubicación de los 200 pozos que ofrecen mayor certidumbre de estimación	116
4.60	Ubicación de los 300 pozos que ofrecen mayor certidumbre de estimación	117
4.61	Ubicación de los 400 pozos que ofrecen mayor certidumbre de estimación	118
4.62	Ubicación de los 500 pozos que ofrecen mayor certidumbre de estimación	119

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Nombre	Página
4.1	Parámetros estadísticos básicos de los 408 registros del nivel piezométrico.	59
4.2	Parámetros estadísticos básicos de los 408 residuales de los niveles piezométricos.	65
4.3	Parámetros estadísticos básicos de los residuales sin los 26 outliers	68
4.4	Semivarianzas a diferentes direcciones y distancias.	72
4.5	Comparación de parámetros estadísticos básicos de la desviación estándar del error de estimación antes y después de la optimización.	99
4.6	Comparación de parámetros estadísticos básicos de la desviación estándar del error de estimación antes y después de la optimización con pozos y nodos de malla.	112
4.7	Comparación de los parámetros estadísticos básicos de la desviación estándar del error de estimación de los mejores pozos.	113

AGRADECIMIENTOS

A mi Creador por darme la vida

A mis padres por sus palabras de motivación

A mis maestros por sus valiosos conocimientos compartidos

Al INEGI por la facilidad de estudio dada

A la UNAM por todas las oportunidades de superación que brinda

A mi director de tesis, Dr. Martín A. Díaz Viera, por sus conocimientos compartidos y asesorías vertidas

A mis sinodales por sus valiosas aportaciones

RESUMEN

El presente estudio tiene la finalidad de realizar el diseño óptimo de la red de monitoreo de la evolución de cambios de los niveles piezométricos, en el acuífero Saltillo-Ramos Arizpe, aplicando un enfoque geoestadístico. En este trabajo se tratan dos opciones: determinar los mejores pozos para el monitoreo dado un nivel de varianza del error de estimación, y de igual forma se realiza dicho proceso considerando pozos y puntos ficticios idóneos, y segundo, en determinar los mejores pozos para el monitoreo dada una cantidad fija de pozos, independientemente del error de estimación que resulte.

En ambas opciones se aplica la técnica de optimización de las inclusiones sucesivas y kriging ordinario para la estimación. Se utilizaron los datos de 750 aprovechamientos hidráulicos (pozos y norias) de un estudio geohidrológico realizado en el 2007, en el acuífero en cuestión.

Los niveles piezométricos presentaron el fenómeno de tendencia espacial, es decir, falta de estacionaridad, la cual fue modelada y eliminada por medio de un ajuste polinomial de primer grado. A los residuales de los niveles piezométricos, se les calcularon semivariogramas y se les ajustó un modelo esférico e isotrópico.

La red óptima determinada consta de 144 pozos, alcanzando una desviación estándar del error de estimación por kriging ordinario en bloques, de 21 metros. Lo anterior, representa un 19.2% de los 750 aprovechamientos hidráulicos existentes en el acuífero de estudio, lo cual implica un ahorro de un 80.8% de costo de monitoreo en pozos.

Asimismo se determinaron los mejores 50, 100, 200, 300, 400 y 500 pozos para el monitoreo, opciones que se pueden tomar en cuenta dependiendo de los recursos materiales, financieros y humanos disponibles para realizar dicha actividad.

En el proceso de optimización se obtuvieron mapas del comportamiento espacial de los errores de estimación y de la distribución espacial de la red óptima de pozos para el monitoreo de la evolución de los cambios del nivel piezométrico.

ABSTRACT

The objective of this study is to make the optimal network design for monitoring the evolution of changes in groundwater levels in the aquifer Saltillo-Ramos Arizpe, using a geostatistical approach. In this work we discuss two options: to determine the best monitoring wells for a given level of estimation error variance, and similarly the process is performed considering fictitious wells and suitable points, and second, to determine the best monitoring wells given a fixed number of wells, regardless of the estimation error that results.

Both options apply the optimization technique of successive inclusions and ordinary kriging was used for estimation. Data were collected from 750 hydraulic installations (wells and treadmill) and a geohydrological study conducted in 2007 in the same aquifer studied.

Piezometric levels exhibit the phenomenon of trend (lack of stationarity), which was modeled and removed by a first degree polynomial fit. For the residual groundwater levels semivariograms were calculated and represented with an isotropic spherical model.

Determined the optimal network consists of 144 wells, achieving a standard error of estimation by ordinary kriging of 21 meters blocks. This represents 19.2% of the 750 existing hydraulic sites in the aquifer studied, which implies a saving of 80.8% of the costs of monitoring wells.

This also had the best 50, 100, 200, 300, 400 and 500 monitoring wells options that can be taken into account depending on the material, financial and human resources available for that activity.

In the optimization process were obtained maps of the spatial behavior of the estimation errors and spatial distribution of the optimum network of wells to monitor changes in groundwater level changes.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El estudio del recurso hídrico dulce se justifica por la demanda de consumo que se tiene por parte de los seres vivos. Si se considera que sólo un 2.5%, aproximadamente, de todo el recurso hídrico es dulce y de éste el 30% es subterráneo, entonces es importante monitorear el comportamiento del agua subterráneo sobre todo en los acuíferos de alta demanda.

El área metropolitana de Saltillo constituye un área de estudio interesante para la aplicación de la metodología del presente trabajo. Esta zona ha presentado un crecimiento urbano muy importante en los últimos años y su demanda de agua es abastecida principalmente por el acuífero Saltillo-Ramos Arizpe, ya que no cuenta con otras fuentes de agua dulce.

La metodología se basa en que la varianza del error de estimación con kriging no depende del valor de la variable en cuestión; aprovechando lo anterior, se utiliza para el diseño de la red óptima de monitoreo, utilizando los pozos existentes o proponiendo otros, de tal forma que se garantice un nivel de varianza del error de estimación.

También se puede determinar, cuales son los mejores pozos para el monitoreo, desde el punto de vista de ofrecer cantidad de dichos pozos.

El presente estudio se divide en cinco apartados principales: en el primero se plasman los antecedentes y los objetivos que se persiguen, después se presenta el marco teórico que fundamenta este trabajo, posteriormente la definición de los materiales y métodos, en el cuarto rubro se plasman los resultados alcanzados y en quinto lugar se presentan las conclusiones y las recomendaciones. Finalmente se enlista la bibliografía y el rubro de Anexos.

1.2 ANTECEDENTES

En México, se han realizado trabajos de diseño óptimo de redes de monitoreo, por citar sólo algunos se tiene por ejemplo la tesis de *De Rosa Zarmiento (2010)* que realizó el diseño de una red óptima de monitoreo de los niveles piezométricos del agua subterránea de Valles Centrales de Oaxaca, aplicando técnicas hidrológicas, geoestadísticas y un filtro de Kalman; también se tiene el caso del trabajo de *Esquivel Victoria (2008)* que rediseñó la red de monitoreo en el acuífero de la Comarca Lagunera, considerando los niveles estáticos y utilizando kriging ordinario.

La metodología de este trabajo se basa en el texto de *Samper y Carrera (1990)*, ellos mencionan que una de las características más importantes de kriging es que la varianza de la estimación no depende del valor de la variable. Por tanto, es posible calcular dicha varianza antes de realizar las medidas, y obtener la localización de los puntos de medición de forma que se minimice la incertidumbre (varianza).

En cuanto al planteamiento del diseño de la red, puede tratarse de minimizar el costo para obtener una varianza de estimación menor que un límite dado, o minimizar ésta sin que el costo supere una cantidad prefijada.

1.3 OBJETIVOS

GENERAL

Determinar la red óptima de pozos para el monitoreo de la evolución de cambios de los niveles piezométricos, en el acuífero Saltillo-Ramos Arizpe.

ESPECÍFICOS

- Realizar el análisis geoestadístico de los niveles piezométricos de los pozos del acuífero Saltillo-Ramos Arizpe.
- Obtener un modelo de semivariograma a partir de los niveles piezométricos existentes.
- Realizar la estimación espacial de los niveles piezométricos y estudiar el comportamiento espacial de la varianza del error de estimación, aplicando kriging ordinario.
- Determinar cuáles son los mejores pozos para el monitoreo de este acuífero, desde el punto de vista de una mejor certidumbre de la estimación con kriging ordinario.
- Establecer un número de pozos óptimos, para el monitoreo del acuífero en cuestión.

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan algunas definiciones del semivariograma, la estimación con kriging ordinario y el diseño de redes. Lo anterior, para fundamentar desde el punto de vista teórico este trabajo.

2.1 EL SEMIVARIOGRAMA

El semivariograma define la variabilidad media del campo aleatorio $Z(x)$, a partir de diversas observaciones.

Para una función aleatoria se puede definir como:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \text{Var}[Z(x+h) - Z(x)] \quad (1)$$

Para una función aleatoria estacionaria e intrínseca, la media de $Z(x+h) - Z(x)$ es nula y consecuentemente:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[\{Z(x+h) - Z(x)\}^2] \quad (2)$$

Siendo $(x+h)$ y x puntos de un espacio de 1, 2 o 3 dimensiones. En un caso bidimensional, x es el punto de coordenadas (x,y) y h es un vector con origen en dicho punto y módulo $|h|$. Por lo tanto, el semivariograma es función del módulo $|h|$ y de su orientación.

Cuando la función aleatoria es estacionaria, se cumple la relación:

$$\gamma(h) = \text{Var}(Z) - C(h) \quad (3)$$

Por lo tanto, en este caso, se tiene definido tanto el semivariograma como la función de covarianza.

Normalmente, el semivariograma es una función monótona creciente, ya que al incrementarse la distancia h , aumenta la diferencia $|Z(x+h) - Z(x)|$. Si Z es una función aleatoria estacionaria, γ alcanza un valor límite, denominado meseta o sill, equivalente a la varianza de Z , la meseta se alcanza para un valor de h conocido como rango. El rango determina la zona de influencia en torno a un punto más allá del cual la autocorrelación es nula.

El incremento del semivariograma con la distancia indica cómo varía la influencia de una muestra al aumentar la distancia con respecto a ésta. Alcanzada la meseta, para $h = \text{rango}$, no existe correlación entre muestras separadas a una distancia mayor que el rango.

Sin embargo, no todos los semivariogramas alcanzan una meseta. Es posible que alguno no tienda asintóticamente a la varianza, sino que tienda a infinito cuando h tienda a infinito. Ello distingue al semivariograma y a la covarianza; esta última sólo existe para las variables estacionarias, estando por tanto limitada.

Además, el rango no tiene que ser igual en todas las direcciones, reflejando en esa situación la existencia de anisotropía. También puede ser que para una dirección determinada haya más de un rango, lo cual indica la presencia de distintas estructuras de correlación actuando a diferentes escalas.

El semivariograma representa la tasa media de cambio de una propiedad con la distancia, describiendo su forma el patrón de variación espacial en términos de magnitud, escala y aspecto general. El hecho de que dos observaciones próximas sean parecidas o éstas presenten diferencia cuando están más separadas, se refleja en el mismo concepto del semivariograma; la dependencia espacial disminuye a medida que se incrementa la distancia, h , y finaliza a una cierta distancia, el rango. Más allá del rango, la tasa media de cambio es independiente de la separación entre las observaciones, (*Moral García, 2003*).

2.2 KRIGING ORDINARIO

El sistema de kriging ordinario, se puede escribir en notación matricial como:

$$C \cdot w = D \quad (4)$$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \hat{C}_{11} & \dots & \hat{C}_{1n} & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \hat{C}_{n1} & \dots & \hat{C}_{nn} & 1 \\ 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix}}_{(n+1) \times (n+1)} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \\ \mu \end{bmatrix}}_{(n+1) \times 1} = \underbrace{\begin{bmatrix} \hat{C}_{10} \\ \vdots \\ \hat{C}_{n0} \\ 1 \end{bmatrix}}_{(n+1) \times 1}$$

Para calcular las ponderaciones, multiplicamos la ecuación en ambos lados por C^{-1} , el inverso de la covarianza en el lado izquierdo de la matriz:

$$C \cdot w = D$$

$$C^{-1} \cdot C \cdot w = C^{-1} \cdot D$$

$$I \cdot w = C^{-1} \cdot D$$

$$w = C^{-1} \cdot D \quad (5)$$

Para minimizar la varianza del error modelada, primero tenemos que elegir la $(n+1)^2$ covarianzas que describen la continuidad espacial en nuestro modelo de función aleatoria. En la práctica esto se suele hacer al elegir una función de $\hat{C}(h)$ y el cálculo de todas las covarianzas necesarias de esta función. Una vez que el $(n+1)^2$ covarianzas que haya optado por la C y D se pueden construir matrices.

Podrían sustituirse los pesos para encontrar el valor real de la varianza del error mínimo. También hay una manera más rápida que evite n^2 términos en la doble sumatoria. Multiplicando cada una de las n ecuaciones dadas en la ecuación por w_i produce el siguiente resultado:

$$w_i \left(\sum_{j=1}^n w_j \hat{C}_{ij} + \mu \right) = w_i \hat{C}_{i0} \quad i = 1, \dots, n \quad (6)$$

La suma de estas n ecuaciones conduce a una expresión para la doble sumatoria:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n w_i \sum_{j=1}^n w_j \hat{C}_{ij} + \sum_{i=1}^n w_i \mu &= \sum_{i=1}^n w_i \hat{C}_{i0} \\ \sum_{i=1}^n w_i \sum_{j=1}^n w_j \hat{C}_{ij} &= \sum_{i=1}^n w_i \hat{C}_{i0} - \sum_{i=1}^n w_i \mu \end{aligned} \quad (7)$$

Dado que los pesos suman 1, el último término es simplemente μ , que nos da

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \hat{C}_{ij} = \sum_{i=1}^n w_i \hat{C}_{i0} - \mu \quad (8)$$

Sustituyendo, nos permite expresar la varianza del error minimizado

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}_R^2 &= \hat{\sigma}^2 + \sum_{i=1}^n w_i \hat{C}_{i0} - \mu - 2 \sum_{i=1}^n w_i \hat{C}_{i0} \\ &= \hat{\sigma}^2 - \left(\sum_{i=1}^n w_i \hat{C}_{i0} + \mu \right) \end{aligned} \quad (9)$$

O, en términos de las matrices definidos anteriormente

$$\hat{\sigma}_R^2 = \hat{\sigma}^2 - w \cdot D \quad (10)$$

Esto minimiza la varianza del error que normalmente se conoce como la varianza kriging ordinario, (*H. Isaaks, Mohan Srivastova, 1989*).

KRIGING ORDINARIO EN BLOQUES

El estimador en bloques tendrá la forma:

$$Z_{KB}^*(x) = \sum_{i=1}^n w_1 Z(x_i) \quad (11)$$

Siendo w_1 los pesos para kriging ordinario en bloques que se asigna a los datos $Z(x_i)$. Como en el caso del kriging puntual ordinario, el estimador para el bloque debe ser insesgado y tal que minimice el error de la varianza.

$$\sum_{j=1}^n w_j C(x_i - x_j) + \mu = \bar{C}(x_i - V(x)) \quad i = 1, \dots, n \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

El sistema es idéntico al puntual, salvo que el término de la derecha, $\bar{C}(x_i - V(x))$, se refiere a la covarianza entre el punto x_i y el bloque $V(x)$, o sea, la covarianza media entre la variable aleatoria $Z(x_i)$ y la variable aleatoria $Z(x)$, siendo ésta la correspondiente a todos los puntos del bloque V .

En la práctica, la covarianza $\bar{C}(x_i - V(x))$ se aproxima con la media aritmética de la covarianza entre los puntos muestra x_i y los m puntos x'_j , obtenidos al discretizar el bloque V :

$$\bar{C}(x_i - V(x)) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m C(x_i - x'_j) \quad (13)$$

La varianza de kriging en bloques es:

$$\sigma_{KU}^2 = \bar{C}(V(x), V(x)) - \sum_{i=1}^n w_i \bar{C}(x_i, V(x)) - \mu \quad (14)$$

Donde la covarianza en el bloque, $\bar{C}(V(x), V(x))$, se aproxima con la media aritmética de las covarianzas entre los puntos en los cuales se discretiza el bloque, $C(x'_j - x'_k)$:

$$\bar{C}(V(x), V(x)) = \frac{1}{m^2} \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m C(x'_j - x'_k) \quad (15)$$

Es muy importante utilizar la misma discretización de los bloques para el cálculo de la covarianza entre un punto muestra y los puntos en los cuales se discretiza un bloque, $\bar{C}(x_i, V(x))$, que para el cálculo de la varianza en el bloque $\bar{C}(V(x), V(x))$.

Si se compara, con los n datos muestras, la estimación media puntual en un bloque, resulta que debe ser equivalente a la estimación que se realice en bloque y, además, los pesos asignados a cada bloque, w_j son la media de los m pesos, w'_j que corresponde a cada punto:

$$w_j = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m w'_j x'_j \quad (16)$$

$$Z_{KB}^*(x) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Z_{KO}^*(x'_j) \quad (17)$$

Cuando se emplea kriging en bloques, se tiene que decidir cómo se discretizan las áreas locales o bloques. La retícula de puntos discretizados debe ser regular, con un espaciamiento que puede ser más grande en una dirección que otra si existe anisotropía. Se recomienda que, para realizar unas estimaciones precisas, una retícula de 4 x 4, con 16 puntos, es suficiente.

El sistema de kriging ordinario en bloques se expresa de la forma:

$$K.V=C \quad (18)$$

Siendo

$$K = \begin{bmatrix} C(x_1 - x_1) & \dots & C(x_1 - x_n) & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C(x_n - x_1) & \dots & C(x_n - x_n) & 1 \\ 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix}; V = \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \\ \mu \end{bmatrix}; C = \begin{bmatrix} \bar{C}(x_1 - V(x)) \\ \vdots \\ \bar{C}(x_n - V(x)) \\ 1 \end{bmatrix} \quad (19)$$

Los pesos se obtienen como:

$$V = K^{-1}.C \quad (20)$$

(Moral García, 2003)

2.3 DISEÑO DE REDES

La información que se describe en este apartado fue tomado de *Samper y Carrera (1990)*, y se enfoca a la localización de puntos de medición de forma que se minimice la incertidumbre de estimación, aplicable al diseño de redes de monitoreo.

2.3.1 EL CASO DE UN PUNTO ADICIONAL. MÉTODO DEL “PUNTO FICTICIO”

Supongamos que se disponen de n datos $\{X_i, i=1, \dots, n\}$ y que se pretende obtener la posición X_{n+1} de un nuevo punto de medida. La propiedad de la varianza de kriging no requiere conocer el valor real $Z(X_{n+1})$ y permite seguir el siguiente proceso:

1. Considerar un punto adicional “ficticio” X_{n+1} .
2. Construir el sistema de ecuaciones de kriging incluyendo $n+1$. Es decir, el correspondiente al conjunto de puntos $\{X_1, X_2, \dots, X_n, X_{n+1}\}$.
3. Calcular la varianza de error de la estimación de kriging.

Estos tres pasos se repiten variando la posición del punto $n+1$ y eligiendo como nuevo punto de medición aquel que conduzca a la mínima incertidumbre. Se tienen los casos de estimación de la varianza global y estimación local.

ESTIMACIÓN DE LA VARIANZA GLOBAL

Cuando se trata de estimar el valor medio de la variable es conveniente definir un índice de reducción relativa de la incertidumbre

$$R(X) = \frac{\sigma_0^2 - \sigma_0^2(X)}{\sigma_0^2} \quad (21)$$

donde σ_0^2 es la varianza de estimación con los n puntos ya existentes de la red y $\sigma^2(X)$ es la varianza de estimación cuando se añade un nuevo punto en la posición X .

Si la elección del nuevo punto se limita a la de uno entre un conjunto de puntos dados, se calcula $R(x)$ para todos ellos y se selecciona el correspondiente a la máxima reducción relativa de varianza. Si no existe ninguna restricción respecto a la posición del nuevo punto, entonces se pueden dibujar curvas de nivel de $R(x)$. Para ello, basta variar la posición del nuevo punto sobre la región de estudio y sus alrededores y calcular $\sigma^2(X)$.

ESTIMACIÓN DE LA VARIANZA LOCAL

Cuando, a diferencia del caso anterior, se pretenden estimaciones locales sobre todos los puntos de la región de estudio (nodos de una malla), habrá tantas varianzas como puntos en los que se estime la variable. Es, por tanto, imposible una representación gráfica; en este caso sólo se puede aspirar a eliminar los máximos de la incertidumbre. Para ello, se supone la existencia de un punto adicional en una de estas zonas de máxima incertidumbre, se dibujan las curvas de nivel de las desviaciones típicas correspondientes y se comparan con lo obtenido con la red de observación existente (sin añadir ningún punto).

Si se puede seleccionar más de un punto, se repiten sucesivamente los métodos expuestos en las dos últimas secciones. Es decir, se elige primero el punto que más disminuye la incertidumbre, a continuación se supone que éste forma parte de la red de observación y se repite el proceso.

2.3.2 EL CASO DE VARIOS PUNTOS

Considerando el caso en que se trata de minimizar la incertidumbre de la estimación del valor medio de la variable sobre un dominio u , Z_u , la varianza de la estimación Z^* viene dada por

$$E\{[Z_u - Z_u^*]^2\} = \mu + \sum_j^n \lambda_j \gamma_{uj} - \gamma_{uv} \quad (22)$$

Donde μ es el multiplicador de Lagrange y λ_j son los coeficientes de las ecuaciones de kriging.

$$\sum_j^n \lambda_j \gamma_{ij} + \mu = \gamma_{ui} \quad (23)$$

$$\sum_j^n \lambda_j = 1 \quad (24)$$

$$\gamma_{uv} = \frac{1}{|v|^2} \int_u \int_v \gamma(X - X') dx dx' \quad (25)$$

$$\gamma_{uj} = \frac{1}{|u|} \int_v \gamma(X_j - X) dx \quad (26)$$

$$\gamma_{ij} = \gamma(X_i - X_j) \quad (27)$$

No depende de los valores de $Z(X_i)$, sino de las posiciones X_i , por lo que puede plantearse una minimización condicional, con función objetivo (ec. 22) y restricciones (ec. 23). Si las posiciones de los puntos son arbitrarios (ec. 22) no es convexa, ya que en la mayoría de los casos existen mínimos locales. Para obviar esta dificultad hay dos posibilidades: primera, considerar una red de observación regular de forma que la varianza solo dependa de los parámetros de la malla (distancias, ángulos, etc.). La otra alternativa es la de discretizar el problema, de forma que se seleccione el mejor subconjunto de puntos de observación entre un conjunto dado. El carácter no convexo de (ec.22) se traduce en la necesidad de métodos de optimización especiales.

POSICIONES ARBITRARIAS DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN

Para plantear el problema conviene introducir la siguiente notación. Sean

$$\gamma(n, X) = \begin{pmatrix} 1 \\ \gamma_{v1} \\ \vdots \\ \gamma_{vn} \end{pmatrix} \quad (28)$$

$$G(n, X) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & \cdots & 1 \\ 1 & \gamma_{11} & \cdots & \gamma_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & \gamma_{n1} & \cdots & \gamma_{nn} \end{pmatrix} \quad (29)$$

$$\lambda(n, X) = \begin{pmatrix} \mu \\ \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_n \end{pmatrix} \quad (30)$$

Donde $X = (X_1, \dots, X_k, t_{n-1}, \dots, t_{n-k})$, siendo $X_1 \dots X_k$ las posiciones de los puntos de medida ya existentes y $t_1 \dots t_{n-k}$, las de los n-k puntos adicionales. $G(n, X)$ es la matriz de ecuaciones de kriging, con esta notación se puede escribir como:

$$G(n, X) \cdot \lambda(n, X) = \gamma(n, X) \quad (31)$$

Y la varianza de la estimación,

$$Var(n, X) = \gamma(n, X)^t \cdot \lambda(n, X) - \gamma_{uv} \quad (32)$$

Sustituyendo directamente (ec.11) resulta el siguiente problema de minimización no condicionada:

$$Min\{Var(n, X)\} = \gamma(n, X)^t \cdot G(n, X) \cdot \lambda(n, X) - \gamma_{uv} \quad (33)$$

Dado que esta función no es convexa y además el conjunto de opciones es discreta, la minimización se realiza por los métodos de búsqueda discreta: inclusiones sucesivas, intercambios sucesivos óptimos, enumeración total y/o rama y límite.

MÉTODO DE INCLUSIONES SUCESIVAS.

Consiste en, empezando por el conjunto de puntos ya existentes, ir añadiendo sucesivamente el punto que conduzca a una varianza mínima de entre las alternativas de puntos adicionales. Es decir, se empieza con los puntos existentes $\{X_1 \dots X_k\}$. A continuación se examinan los conjuntos $\{X_1, \dots, X_k, t_j\}$, para $j=1, \dots, N$, siendo N el número de todas las alternativas posibles (de entre las que se han de extraer las $n-k$ óptimas) y t_j sus coordenadas. De esta forma se selecciona el punto t_{j_1} que da una varianza mínima. Una vez que se ha seleccionado t_{j_1} , se examinan los conjuntos $\{X_1, \dots, X_k, t_j\}$, ($j \neq j_1, 1 \leq j \leq N$) y se selecciona como punto adicional el t_{j_2} que conduce a una varianza mínima. Este proceso se continúa hasta que se hayan seleccionado exactamente los $n-k$ puntos buscados.

SENSIBILIDAD A ERRORES EN EL SEMIVARIOGRAMA

Grandes errores en el semivariograma, especialmente en el alcance y en la relación meseta (sill)/pepita (nugget) pueden traducirse en diseños muy diferentes al óptimo. Así, un alcance grande tiende a favorecer puntos alejados de la zona de estudio. Un efecto pepita (sill) pequeño desfavorece las concentraciones de puntos de observación. Sin embargo, cabe esperar que la solución no sea excesivamente sensible a pequeñas variaciones en el semivariograma. Dado un determinado esquema de observación, el diseño no depende del valor absoluto de la varianza sino en su variación relativa entre distintos esquemas. Es conocido que ésta es una de las características más robustas del método de kriging por lo que cabe esperar una sensibilidad baja de los resultados a los parámetros del semivariograma.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es el acuífero Saltillo-Ramos Arizpe, ubicado en el estado de Coahuila de Zaragoza.

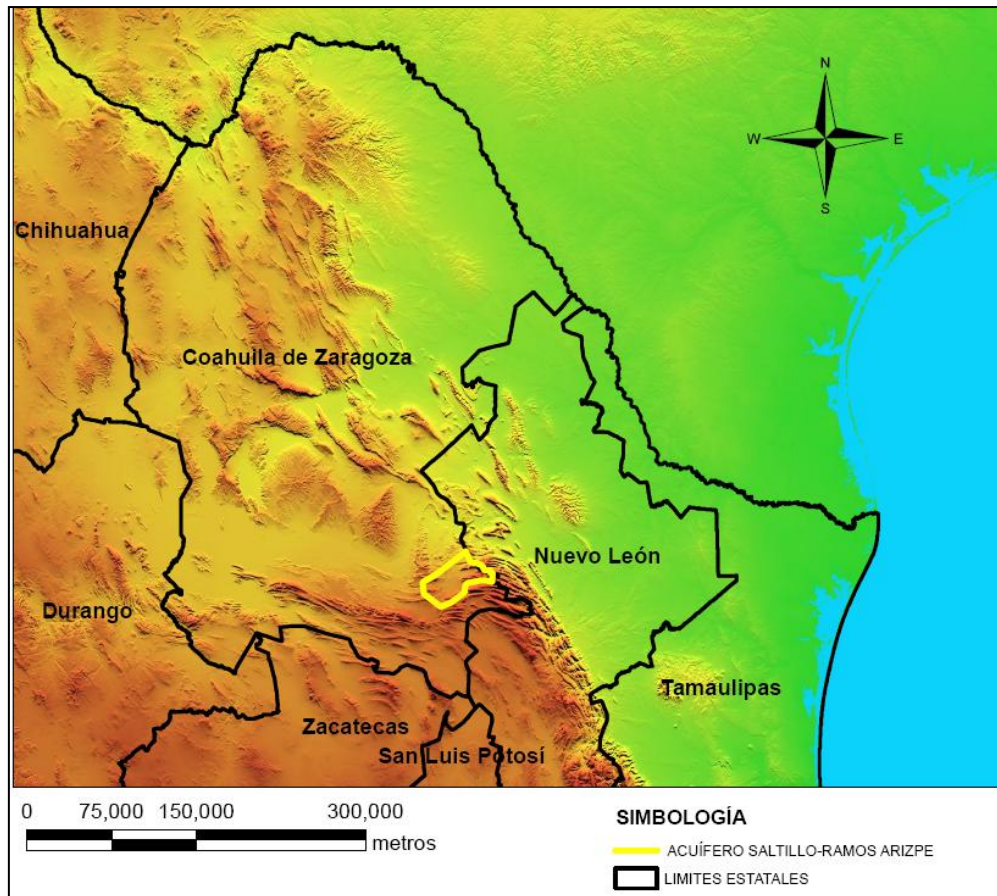


Figura 3.1. Ubicación del acuífero Saltillo-Ramos Arizpe

El acuífero Saltillo-Ramos Arizpe se localiza en el *sureste* de Coahuila, y cubre parte de los municipios de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga; comprende las coordenadas geográficas $101^{\circ} 06'$ y $100^{\circ} 47'$ longitud oeste y $25^{\circ} 35'$ y $25^{\circ} 20'$ de latitud *norte*. Al *sur* y *sureste* colinda con la sierra de Zapalinamé, al *oriente* con la Sierra de Arteaga, Sierra San Lucas y Sierra San José de los Nuncios, y al *poniente* con la Sierra El Asta y Sierra Palma Gorda. Dentro del área que ocupa el acuífero se

encuentra la ciudad de Saltillo, Capital del estado de Coahuila, y las poblaciones de Ramos Arizpe y Arteaga.

Las coordenadas de los vértices que conforman la poligonal de este acuífero se encuentran en el ANEXO 1, y están dadas en coordenadas UTM Zona 14, en el datum NAD27. Para los fines de este estudio se transformaron en coordenadas Cónicas Conformes de Lambert y en el datum ITRF92 con los siguientes parámetros cartográficos:

- Falso este: 2,500,000 m
- Falso Norte: 0 m
- Primer paralelo: 17.5 grados
- Segundo paralelo: 29.5 grados
- Paralelo de origen: 12 grados Norte
- Meridiano de origen: 102 grados Oeste.

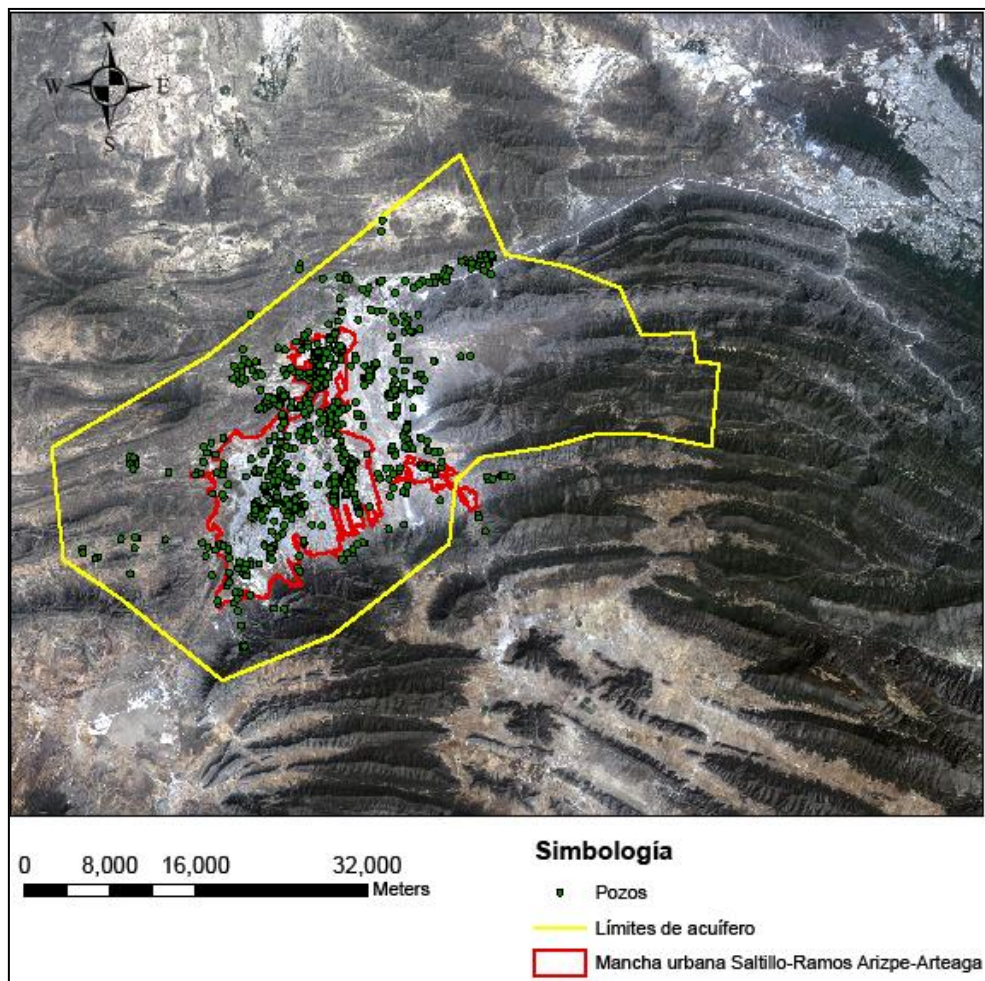


Figura 3.2 Composición RGB 321 de imágenes LANDSAT 5 TM de abril del 2009

Se eligió esta proyección cartográfica y datum, por la facilidad de sobreponerlo con otras capas de información tales como las curvas de nivel topográficas escala 1:250,000 y los límites del Marco Geoestadístico Nacional del INEGI, además por la facilidad de integrar estos datos a nivel estatal puesto que Coahuila se ubica en las zonas UTM 13 y 14.

La información fisiográfica, geológica e hidrológica que a continuación se presenta fue tomada de un informe de Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) sobre la actualización de la disponibilidad media anual del agua subterránea, publicada en el Diario Oficial de la federación el 28 de agosto del 2009.

FISIOGRAFÍA

La zona se localiza en la provincia fisiográfica de las Sierras y Cuencas, en el límite de la provincia de la Sierra Madre Oriental. Las características fisiográficas, son de dos tipos: a) la zona de topografía relativamente suave, corresponde al Valle de Saltillo-Ramos Arizpe, en donde la elevación de terreno disminuye hacia el norte con valores de 1,800 a 1,200 msnm y b) la zona de sierras del poniente orientadas este-oeste, los cuales se caracterizan por una topografía abrupta con elevaciones máximas de 2,400 msnm.

GEOLOGÍA

Jurásico Superior

Formación Zuloaga (JsZ)

Aflora en el núcleo del anticlinal Sierra San José de los Nuncios en donde se encuentra erosionada e intrusionada por yesos de la Formación Minas Viejas subyacentes. También aflora al sur de la Sierra Zapalinamé y al Noroeste de Sierra Hermosa. Está constituida por caliza de aguas someras color gris claro al intemperismo y gris oscuro al fresco, intercalada con lutitas. Su estratificación es de medio a grueso, su espesor varía de 65 a 500 m aproximadamente. Por su contenido faunístico se le considera del Oxfordiano. Su contacto inferior no se aprecia, el contacto superior es concordante con la Formación La Casita

Formación La Casita (Jslc)

Aflora en los núcleos de los anticlinales, en la Sierra San José de los Nuncios, Sierra Zapalinamé y Cañón Los Chorros. Está constituida por intercalaciones de lutitas y areniscas, las primeras son calcáreas y en ocasiones carbonosas, presenta concreciones silicias intercaladas de diferente tamaño y algunos horizontes de evaporitas. Su espesor se considera de 365 m aproximadamente y estratificación delgada. Subyace discordantemente a la Formación Taraises y se le considera una edad Kimmeridgiano-Portlandiano por su contenido de fósiles. Se interpreta que se depositó en un ambiente de aguas someras parcialmente lacustre.

Cretácico Inferior

Formación Taraises (Kit)

Aflora en la Sierra San José de los Nuncios, Sierra La Nieve, Sierra Arteaga y Sierra Agua del Toro. Está representada por dos miembros; el Miembro Inferior está constituido por calizas de estratificación media a gruesa que presenta algunas vetillas de calcita y algunos horizontes de limolita en estratos delgados, se aprecia al sur de la Sierra Zapalinamé en el Cañón Los Chorros; el Miembro Superior son calizas arcillosas de estratificación media intercalada con estratos delgados de lutitas fósiles. Tiene un espesor aproximado de 80 m y subyace a la Formación Cupido concordante. Se le ha asignado dentro del Berriasiano Superior al Hauteriviano. El Miembro Inferior se depositó en facies de plataforma en aguas someras con mayor aporte proveniente del continente. El Miembro Superior se depositó en facies de Cuenca en aguas tranquilas.

Formación Cupido (Kic)

Aflora en la Sierra La Nieve, Sierra de Arteaga, Sierra San Lucas y Sierra San José de los Nuncios. Se constituye en tres miembros; el Miembro Inferior corresponde a una facies de cuenca y está formado por calizas gruesas con vetillas de calcita en las cercanías con la Formación Taraises; el Miembro Medio se depositó en facies de Plataforma y está representado por un quiebre arcillocalcáreo de poco espesor; el Miembro Superior es de una facies arrecifal y constituye una calcirrudita

con tamaño de arena de gruesa a masiva con abundante fauna marina y presenta superficialmente corrugaciones y abundantes estilolitas. Su contacto superior es concordante con la Formación La Peña y se asigna una edad del Neocomiano Superior-Aptiano Inferior. Su espesor es variable, pero en promedio es del orden de 400 m.

Formación La Peña (Kilp)

Aflora en las sierras del Oriente y es fácil identificarla en el campo, debido a que es poco resistente a la erosión formando puertos topográficos de erosión. Son calizas arcillosas delgadas intercaladas con lutitas calcáreas laminares muy fisilíferas. Al Sureste y Suroeste de Saltillo se le estima un espesor de 40 a 50 m. Es un horizonte índice de referencia, debido a su marcado contraste litológico con las formaciones que la limitan y a su contenido faunístico, siendo el más característico el género *Dufrenoyia sp.* Es concordante con la Formación Aurora y se le considera del Aptiano-Albiano Inferior. Su litología indica un acarreo de detritos de las zonas positivas, durante movimientos verticales en el Aptiano, su ambiente de depósito es infranerítico.

Formación Aurora (Kia)

Aflora en las sierras localizadas al Oriente del Valle de Saltillo-Ramos Arizpe. Está constituida por calizas de estratificación media a gruesa, presenta estilolitas y nódulos de pedernal. Subyace a la Formación Cuesta del Cura concordantemente, tiene un espesor variable pero en promedio de 200 m y se le ha asignado una edad del Albiano Inferior hasta el Albiano Medio. Representa una transgresión marina que ocasionó inicialmente el depósito de calizas en ambiente de plataforma, al progresar la transgresión se acumularon las calizas con nódulos de pedernal propiamente en un ambiente de cuenca.

Cretácico Superior

Formación Cuesta del Cura (Kicc)

Aflora en Loma Alta, Cañón Los Chorros, Sierra Zapalinamé, Sierra Arteaga, Sierra La Nieve y Sierra San José de los Nuncios. Son calizas de estratificación delgada a media, es una caliza muy friable y presenta bandas de pedernal e intercalaciones de lutitas. Presenta espesores hasta de 150 m y es concordante con la Formación Indidura sobreyacente. Es de edad Albiano Medio al Cenomaniano Inferior y el ambiente de depósito es de facies de cuenca, debido a que en el Cenomaniano los mares comenzaron a retirarse, por lo que presenta una gran cantidad de clastos.

Formación Indidura (Ksi)

Aflora en el Cañón Los Chorros, Sierra Zapalinamé, Sierra Arteaga, Sierra La Nieve y Sierra San José de los Nuncios. Está constituida por una serie de calizas arcillosas de estratificación delgada a laminar que presentan lutitas. El espesor promedio en la región es de 60 m y la fauna estudiada sitúa a esta formación del Cenomaniano Superior al Turoniano. Está asociada a la regresión de los mares del Cenomaniano y su ambiente de depósito es de facies de plataforma de mares someros.

Formación Parras (Ksp)

Aflora hacia el Sur y Oriente del Valle Saltillo-Ramos Arizpe, y en los estrechos valles sinclinales de la Sierra Madre Oriental. Está constituida por una secuencia homogénea y monótona de lutitas calcáreas y margas, de color negro y gris oscuro que presenta un color de intemperismo verde olivo, en ocasiones presenta escasos horizontes delgados de caliza arcillosa. Se le observa fractura nodular y se disgrega fácilmente en forma espicular. Subyace en forma transicional y concordante al Grupo Difunta, por su posición estratigráfica que ocupa y por su contenido microfauístico de *globotruncatas* se asigna una edad Campaniano. Se depositó en mares abiertos de profundidad variable, en aguas tranquilas y representa facies de relleno de cuenca, del tipo flysch pelítico.

Grupo Difunta (Ksd)

De acuerdo con los afloramientos que existen en el Cerro Difunta, que se encuentra a unos 4.5 km del poblado de Pozo de Boquillas, situado al norte del extremo occidental de la Sierra de Parras, *Boyd (1959)*, en un trabajo realizado al Norte de la Ciudad de Saltillo, estableció para la secuencia del Grupo Difunta siete unidades. Por sus características petrofísicas fueron definidas como formaciones, elevándolas al rango de Grupo por *Murray et. al. (1962)*. Las que en orden cronológico de la más antigua a la más joven son: Cerro del Pueblo, Cerro Huerta, Cañón del Tule, Las Imágenes, Cerro Grande, Las Encinas y Rancho Nuevo, asignándoles una edad Campaniano-Paleoceno. En forma general está constituido por una alternancia de areniscas calcáreas, lutitas calcáreas y limolitas, que afloran en gran parte al Norte, Oeste y Suroeste del Valle Saltillo-Ramos Arizpe.

Se le estima un espesor de 600 m en donde aflora y está cubierto por depósitos aluviales. En la Cuenca de Parras, por la presencia de Exogira Ponderosa Roemer en la base, se le ha asignado una edad Campaniano terminal, llegando hasta el Paleoceno. Registra una acumulación de sedimentos depositados en medios deltáicos y según su litología hubo cuatro fases regresivas y tres fases progradacionales deltáicas, las segundas por eventos de subsidencia local.

Terciario inferior

Conglomerado Reynosa (Tcgl)

Está constituido por conglomerados y brechas de calizas de origen continental que afloran sobre el flanco norte de la Sierra Zapalinamé y al Oeste de las sierras de la provincia Sierra Madre Oriental, se presenta en algunas zonas cementadas por caliche y en otras por arenas y gravas, y su espesor es variable.

Depósitos Aluviales (Qaal, Qtr y Qal)

Se han distinguido los siguientes tres tipos de depósitos aluviales: (Qaal) guijarros, gravas y arcillas, que en algunas partes se presentan poco consolidados y en otras partes no, se encuentran en los abanicos aluviales y depósitos de piamonte; (Qtr) es un material compuesto por carbonato de calcio originado por la precipitación,

aflora en el Cañón Los Chorros; y (Qal) gravas, arenas, limos y arcillas no consolidados, producto de la desintegración de las rocas o sedimentos más gruesos preexistentes, se encuentran en las zonas más bajas del Valle Saltillo-Ramos Arizpe, su espesor es muy variable y reducido.

HIDROGEOLOGÍA

Esta formado en la parte del valle, por los depósitos aluviales, conglomerado Reynosa y lutitas fracturadas de la formación Parras. Las rocas areniscas fracturadas del grupo Difunta forman parte de este acuífero en las zonas de las sierras localizadas al oeste y noroeste del valle.

Es un acuífero de tipo semiconfinado y el basamento hidrogeológico, definiendo basamento a la profundidad a la cual las fracturas en la Formación Parras desaparecen o se cierran a profundidad, se ubican a 250 y 450 m.

Los límites del acuífero de carácter impermeable son: el contacto entre la Formación Parras fracturada y la Formación Indidura de baja permeabilidad, al oeste y sureste del valle.

3.2 PROCEDIMIENTOS

El acuífero consta de 750 aprovechamientos hidráulicos: 709 pozos, 3 manantiales y 38 norias; Los registros de éstos fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Gerencia de Saltillo. Los principales campos que componen estos registros son:

- Clave del aprovechamiento hidráulico
- Fechas de medición
- Tipo de obra: pozo, noria o manantial
- Uso del aprovechamiento
- Coordenadas X, Y, Z en UTM NAD 27
- Nombre del propietario
- Nombre de la localidad
- Características constructivas: profundidad, diámetro de succión, diámetro de descarga, tipo de descarga (destino).
- Parámetros hidráulicos: nivel estático, nivel dinámico, caudal, régimen de operación (en horas, días y mes), volumen de extracción anual.
- Tipo de motor
- Potencia del motor
- Parámetros de la calidad del agua: temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos (STD).
- Y un rubro de observaciones

Estos datos son el resultado de una actualización geohidrológica realizada en el 2007. Es importante comentar que no todos los campos tienen información.

Para este estudio se utilizará el siguiente procedimiento:

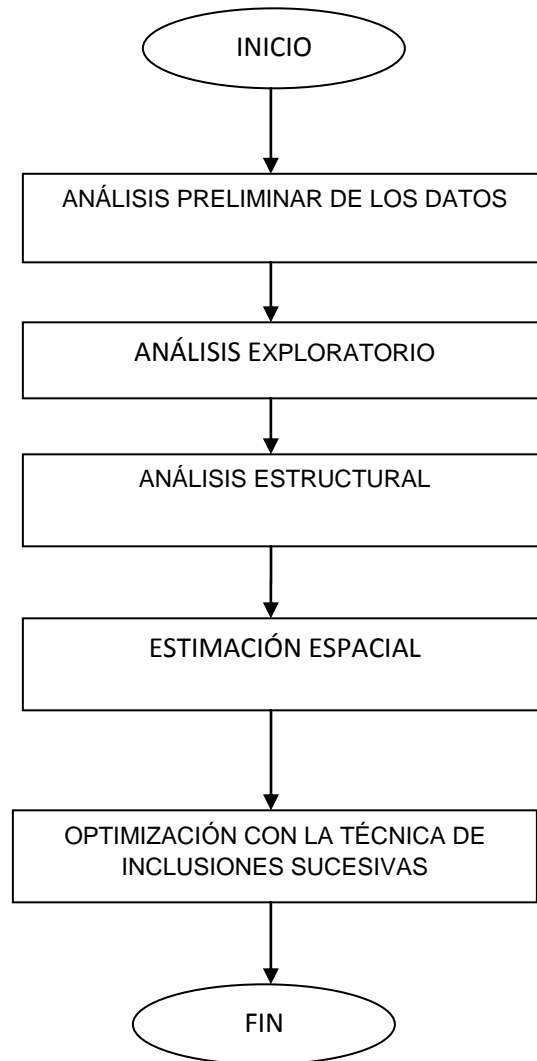


Figura 3.3. Procedimiento general de estudio

El procedimiento, Figura 3.3, consiste en abordar el estudio geoestadístico por etapas, primero en realizar un análisis preliminar de los datos, después la obtención de algunos parámetros estadísticos básicos, luego el análisis estructural, seguido por la estimación espacial y finalmente la optimización aplicando la técnica de las inclusiones sucesivas tomada de *Samper y Cabrera (1990)*.

Análisis preliminar

En esta etapa, Figura 3.4, se capturará en Excel las claves, coordenadas, nivel estático y altura de brocal de los pozos; asimismo se calculará el nivel piezométrico, realizando la diferencia entre la altura de brocal del pozo y el nivel estático.

Posteriormente, utilizando Arc Gis 9.3.1 y considerando el archivo de Excel generado en la captura, se graficarán los pozos, y se generará un archivo vectorial en formato SHAPE de puntos con los atributos de los aprovechamientos hidráulicos asociados (clave, nivel estático, altura de brocal y nivel piezométrico); una vez realizado lo anterior, se cambiará de datum de NAD27 a ITRF92 y de proyección cartográfica de Universal Transversa de Mercator (UTM) a Cónica Conforme de Lambert (CCL), utilizando el programa TRANINV de INEGI.

En Autocad Map se graficará el polígono del acuífero en cuestión utilizando las coordenadas que están en la proyección Cónica Conforme de Lambert y se generará un SHAPE de polígonos.

En Arc Gis se sobrepondrán las siguientes capas:

- a) Curvas de nivel de la carta topográfica 1:250,000 para la validación de la altura de los brocales: si se detectan inconsistencias por la captura, hay que corregirlas, o si son de origen, no considerar ese pozo.
- b) Polígono del acuífero: verificar la ubicación de los pozos con respecto a este polígono; tratar de identificar inconsistencias de ubicación para su revisión.
- c) Polígonos de las poblaciones de Satillo, Ramos Arizpe y Arteaga, Coahuila: del mismo modo que en el caso anterior, se utilizará para identificar posibles inconsistencias de ubicación con respecto a estos polígonos.

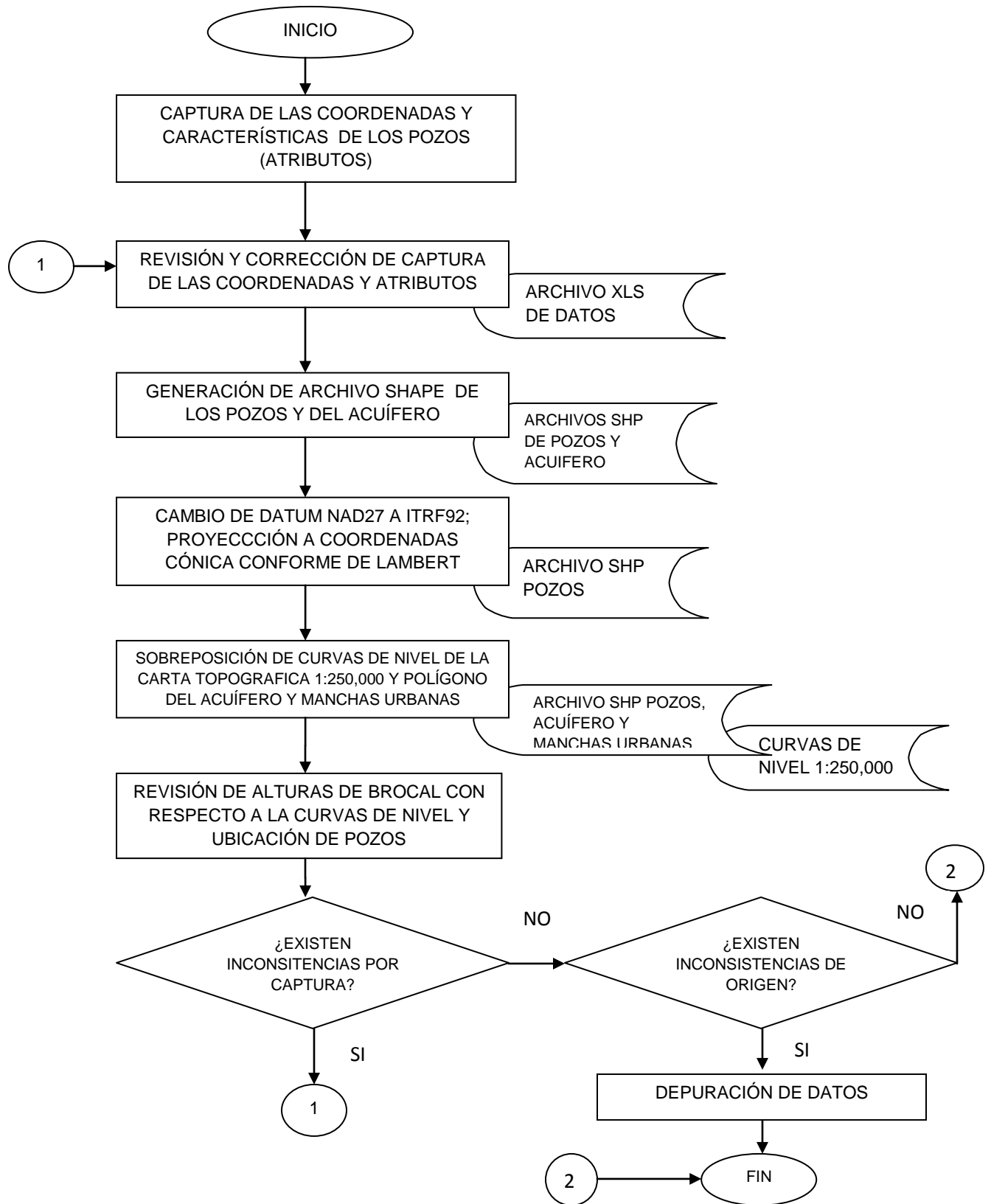


Figura 3.4 Análisis preliminar de los datos

Análisis exploratorio

Esta fase se puede visualizar en la Figura 3.5, se generarán archivos de texto: en formato GSD para el GEOESTAD y el RGEOSTAD, y en formato DAT para el software GS+; dichos archivos incluyen las coordenadas X, Y y nivel piezométrico.

Con los softwares mencionados anteriormente calcular los parámetros estadísticos básicos como son: media, varianza, desviación estándar, cuartiles, valor máximo, valor mínimo, coeficiente de kurtosis y asimetría. Así mismo generar el histograma de frecuencias, las gráficas de Q-Q Plot y de caja (box plot).

Del mismo modo se plantea detectar los valores atípicos (outliers), separarlos de los demás datos y volver a calcular los parámetros estadísticos básicos. La finalidad de lo anterior, es evaluar el impacto que tienen los valores atípicos sobre dichos parámetros.

La idea de contar con los parámetros estadísticos básicos es realizar un análisis gráfico-numérico de la naturaleza de los datos, evaluar algunos supuestos como la normalidad, linealidad y homocedasticidad, la presencia e impactos de los valores atípicos (outliers) y la ausencia de datos (missing) y su impacto, si es el caso.

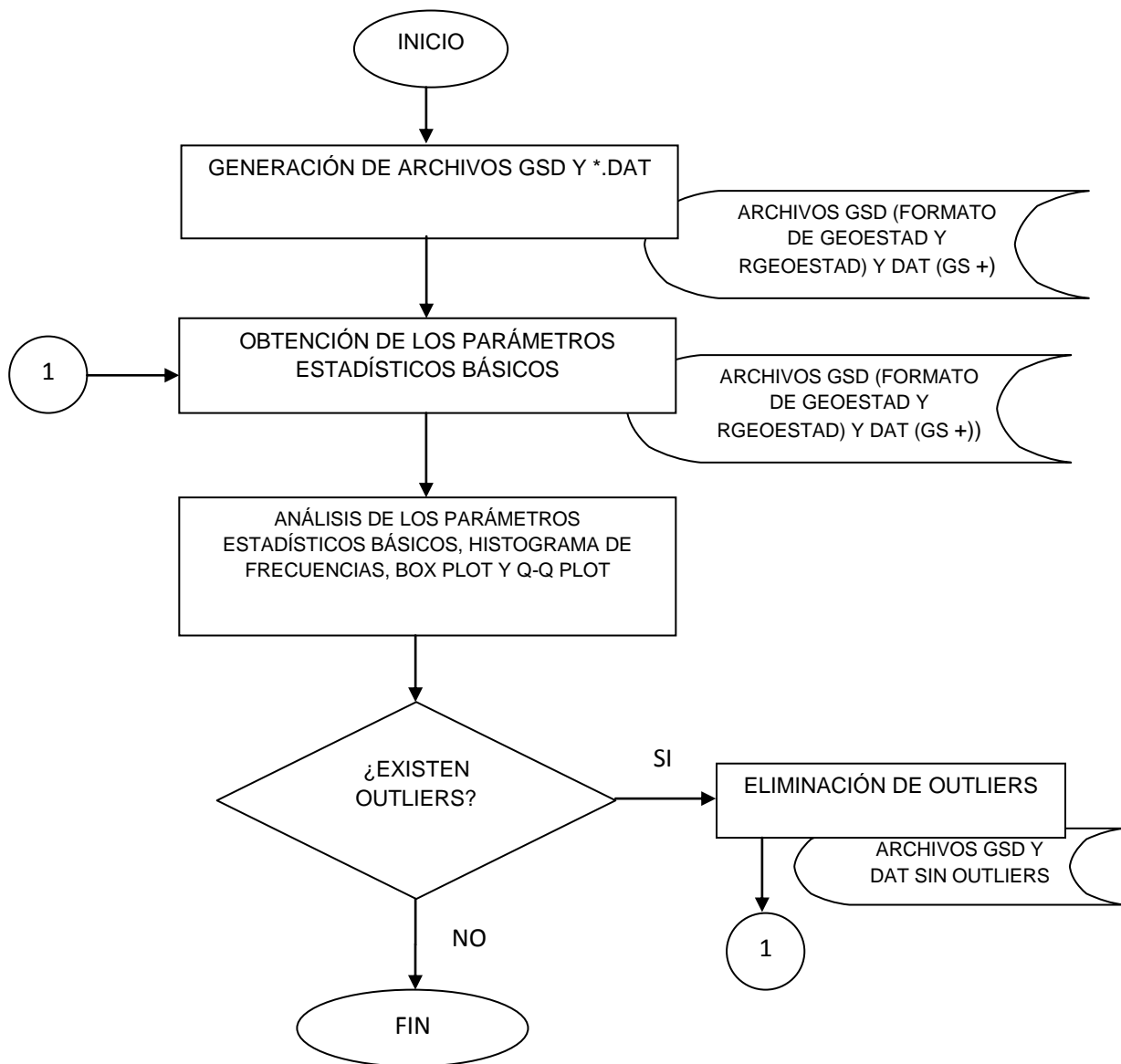


Figura 3.5. Análisis exploratorio de datos

Análisis estructural

Como se puede visualizar en la Figura 3.6, en esta etapa se estimará en primer término los semivariogramas adireccionales; del mismo modo se obtendrán los semivariogramas para las direcciones de 45°, 90° y 270° a diferentes distancias y se graficarán. Para cada dirección se obtendrá un modelo de semivariograma de manera automática que mejor se ajuste a los datos y se analizará para determinar la posible presencia de anisotropía.

En caso de la presencia de anisotropía, se procederá a calcular los semiejes A y B (semiejes mayor y menor de la elipse de anisotropía) basados en los rangos de los modelos de semivariogramas encontrados, donde:

A = semieje mayor de la elipse de anisotropía = rango del modelo de semivariograma que muestre una variabilidad más lenta.

B = semieje menor de la elipse de anisotropía = rango del modelo de semivariograma que muestre una variabilidad más rápida.

θ = dirección de la anisotropía = ángulo con respecto a "x" del semieje mayor A.

Si resulta isotrópico, entonces para el modelo de semivariograma adireccional se le realizarán ajustes manuales, para tratar de mejorarlo.

Posteriormente, se validarán los dos modelos encontrados, el automático y el manual con el método de validación cruzada o "leave one out". Se analizarán los resultados de esta validación para detectar la posible presencia de tendencia espacial. Si es el caso, se procederá a eliminar la tendencia a partir de polinomios de primer o segundo grado. Las fórmulas para la estimación de la superficie de la tendencia serán:

Polinomio de primer grado

$$m1(x, y) = b1 + b2 * x + b3 * y$$

Polinomio de segundo grado

$$m2(x, y) = b1 + b2 * x + b3 * y + b4 * x^2 + b5 * x * y + b6 * y^2$$

Y se calcularán los residuales como:

$$R(x, y) = Z(x, y) - m(x, y)$$

Luego de obtener los valores estimados de los residuales con kriging se aplicará el proceso inverso con:

$$Z^*(x, y) = R^*(x, y) + m(x, y)$$

Donde:

$m_1(x, y)$: tendencia espacial obtenida con polinomio de primer grado.

$m_2(x, y)$: tendencia espacial obtenida con polinomio de segundo grado.

$b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$: coeficientes de los polinomios.

$Z(x, y)$: valor observado, en este caso, el nivel piezométrico.

$R(x, y)$: residuales, en este caso, de niveles piezométricos.

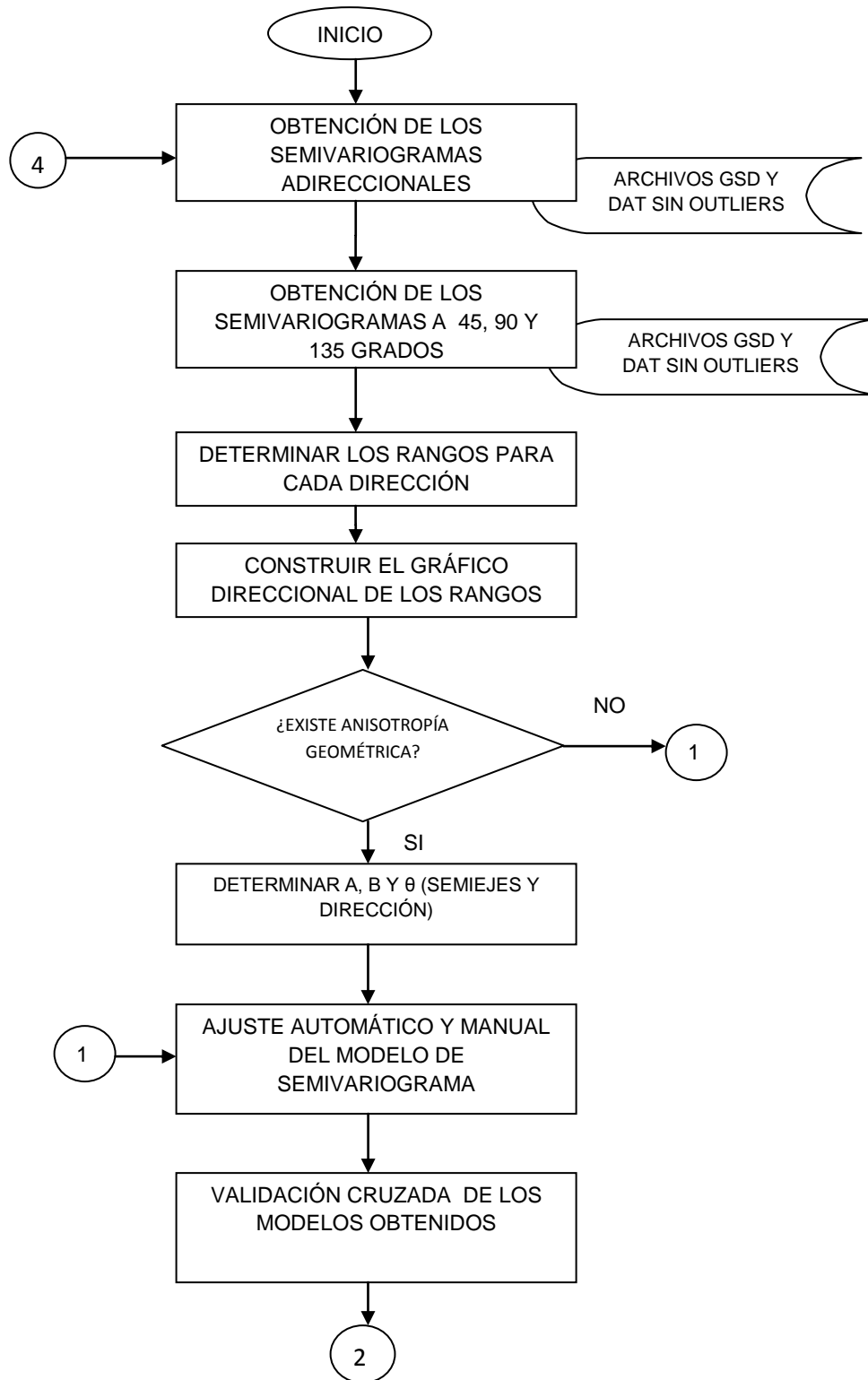
$R^*(x, y)$: residuales estimados con kriging.

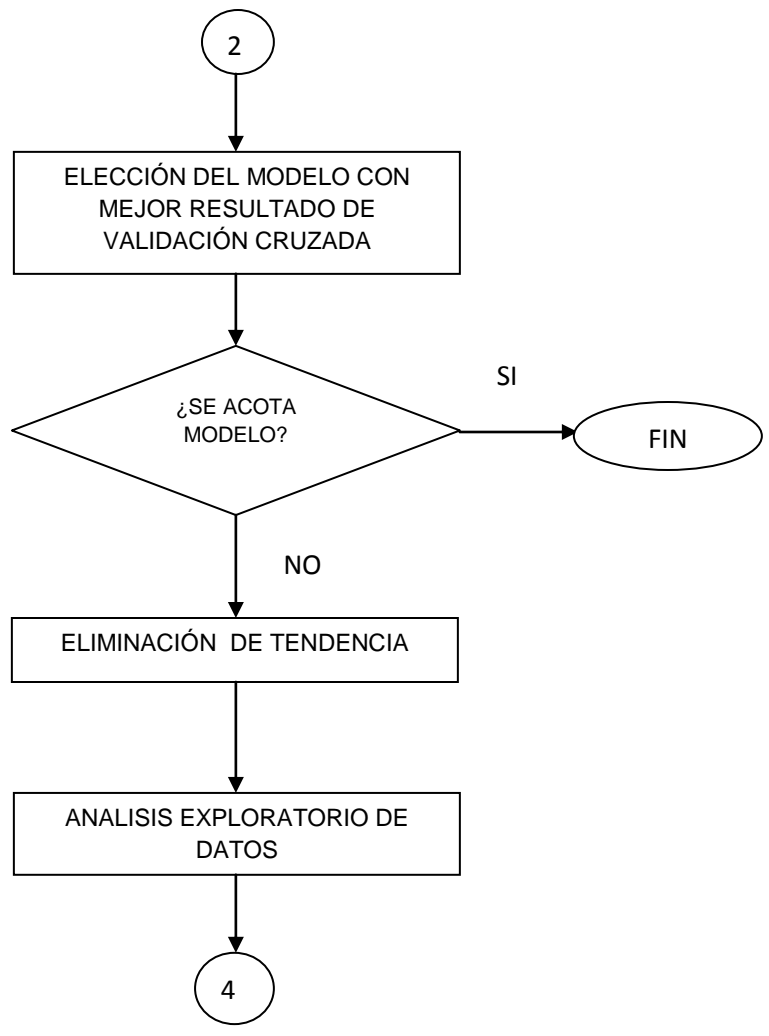
$Z^*(x, y)$: valor estimado, en este caso, del nivel piezométrico.

Una vez obtenidos los residuales, se regresará al análisis exploratorio de los datos, si es el caso.

Conviene comentar que la finalidad principal de esta etapa es estimar y modelar una función que refleje la correlación espacial de los niveles piezométricos a partir de la adopción razonada de la hipótesis más adecuada acerca de su variabilidad.

Figura 3. 6. Análisis Estructural



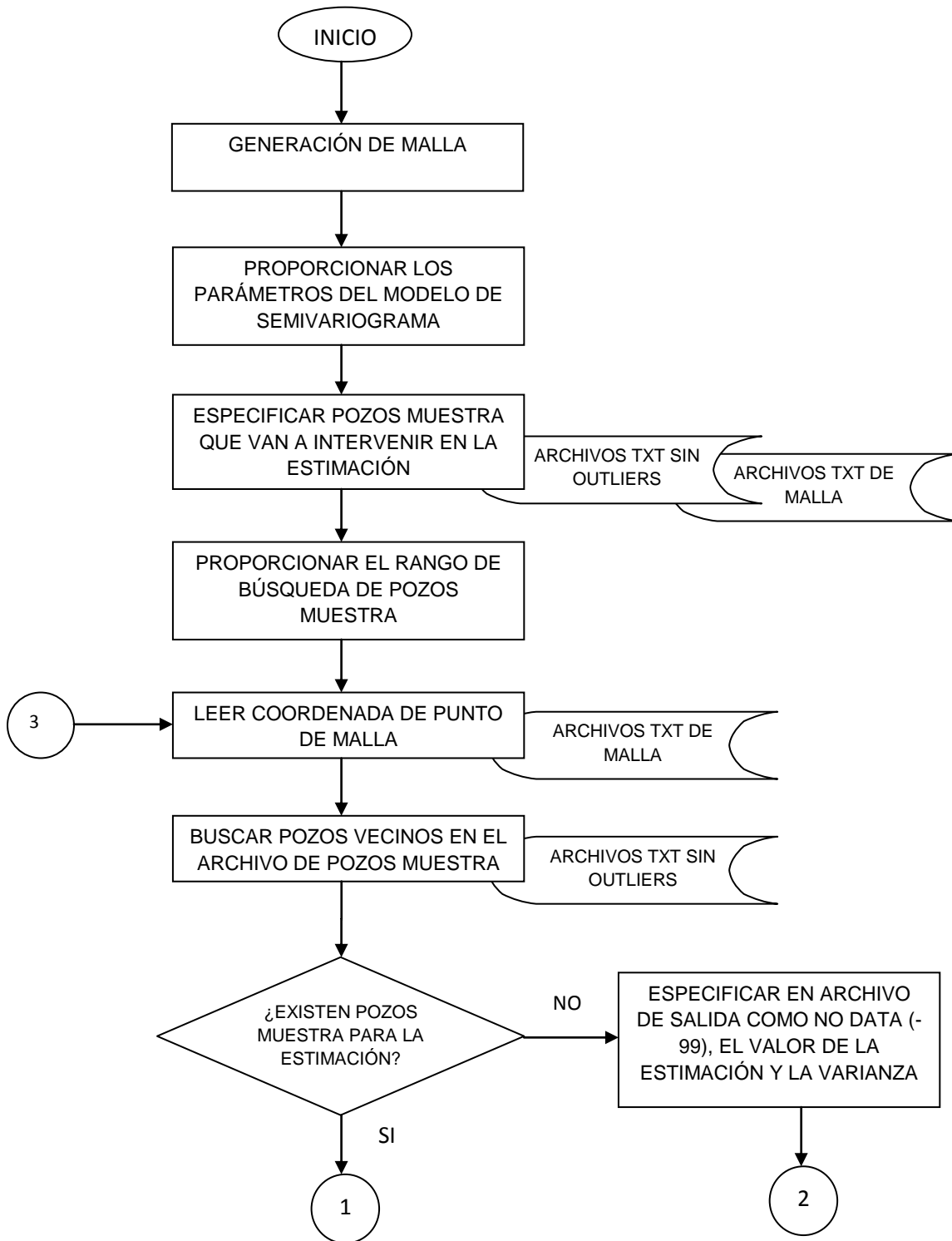


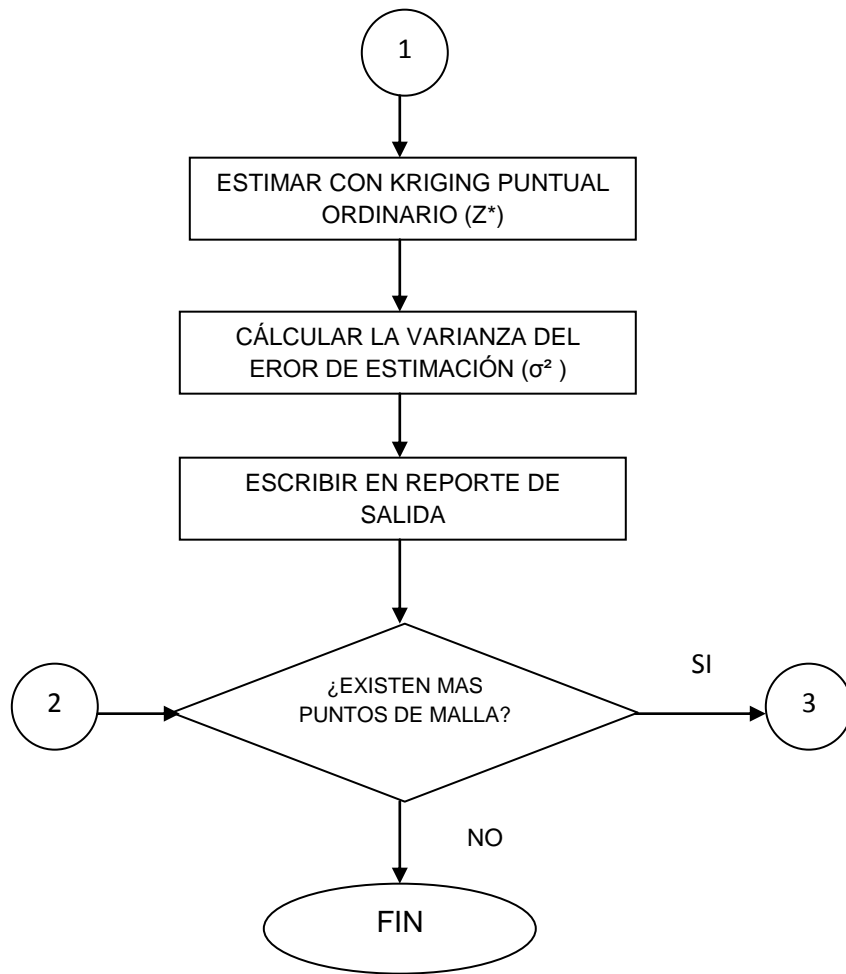
Estimación espacial.

El procedimiento de la estimación espacial se visualiza en la Figura 3.7, primeramente se generará una malla de puntos en el área de estudio, considerando las coordenadas extremas del polígono del acuífero, la resolución de esta malla será de 500 por 500 metros; posteriormente, basado en los parámetros del modelo de semivariograma que se obtenga en el análisis estructural, se procederá a estimar en cada nodo de la malla la variable en estudio (nivel piezométrico o el residual de éste) y la variancia del error de estimación; para lo anterior se buscarán los 16 pozos más cercanos a cada nodo, *Moral García (2003)* recomienda poco más de una decena, de los pozos que se utilizaron para determinar el modelo de semivariograma. Para estas estimaciones se utilizará kriging puntual ordinario.

Los resultados se escribirán en un archivo de texto para posteriormente, convertirlos a formato ASC de ARG GIS para su graficado. Los dos mapas que se obtendrán de esta fase serán: el mapa de comportamiento de la correlación espacial de la variable y el mapa de la desviación estándar del error de estimación.

Figura 3.7. Estimación espacial





Optimización con inclusiones sucesivas

Para la optimización con inclusiones sucesivas se aplica el siguiente procedimiento:

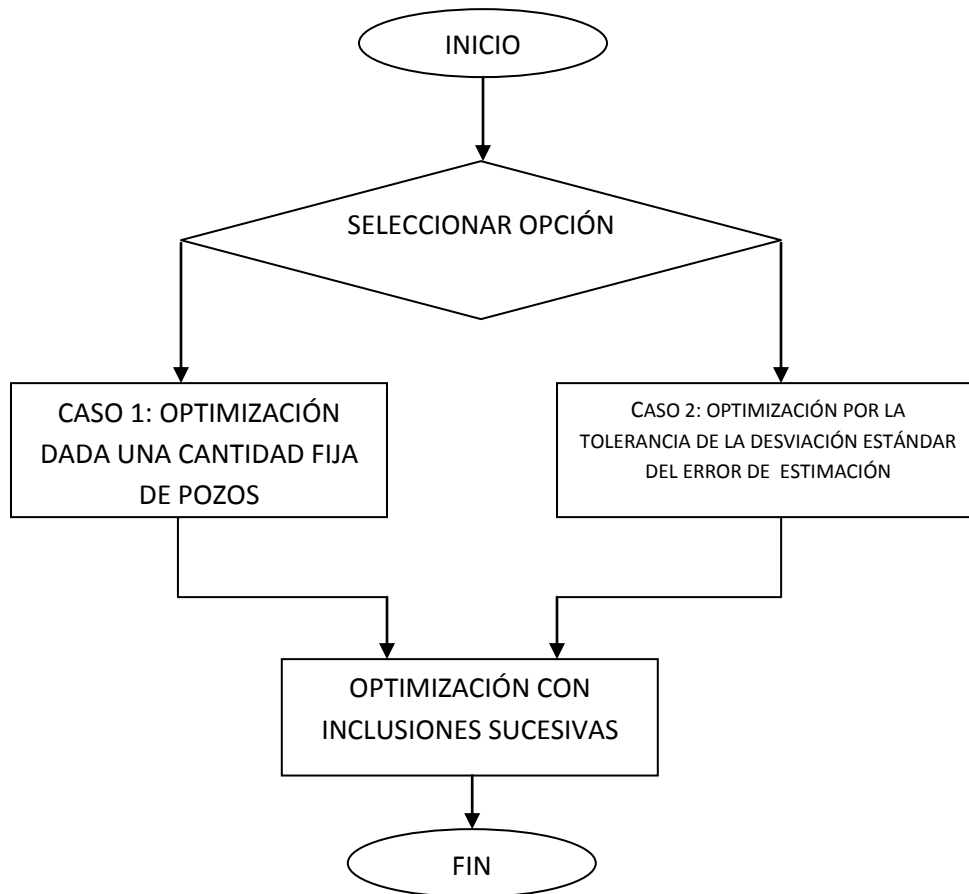


Figura 3.8. Procedimiento general para la optimización con inclusiones sucesivas

En la Figura 3.8 se observa el procedimiento general para la optimización con inclusiones sucesivas; se visualizan dos opciones; en el primer caso, la optimización está limitada por una cantidad fija de pozos, lo cual significa que no se cuida el nivel de varianza del error de estimación; para el segundo caso se limita precisamente por una tolerancia establecida para dicho valor.

El procedimiento de la Figura 3.9 lo cita *Samper y Carrera (1990)* y es utilizado por *Díaz Viera (1998)*, consiste en añadir sucesivamente el pozo que minimiza la varianza en cada paso hasta completar un número de pozos prefijado o llegar a un nivel de varianza dado. Para esto se utiliza kriging ordinario en bloques.

Al conjunto de pozos existentes lo designamos por $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ y al subconjunto óptimo de n pozos que minimizan la varianza de estimación lo designaremos como $X_o = \{x_{o1}, x_{o2}, \dots, x_{on}\}$.

Algoritmo:

1. Para $j=0$, $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ y $X_o = \{\emptyset\}$, donde $\emptyset =$ vacío.
2. Se calcula la varianza del error de estimación por kriging $\sigma^2(x_i)$ para i desde 1 hasta m y se selecciona el que tiene menor valor, de manera que el pozo x_i se extrae del conjunto X y se incluye en el conjunto X_o , resultando:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_{m-1}\} \text{ y } X_o = \{x_{o1}\},$$

3. Se incrementa $j=j+1$
4. Para todos los valores de i , desde 1 hasta $(m-j)$ se evalúa la expresión:

$$R(x_i) = \frac{\sigma_j^2 - \sigma_{j+1}^2(x_i)}{\sigma_j^2},$$

Donde:

$\sigma_j^2 =$ varianza del error de la estimación con los j pozos que pertenecen a X_o ,

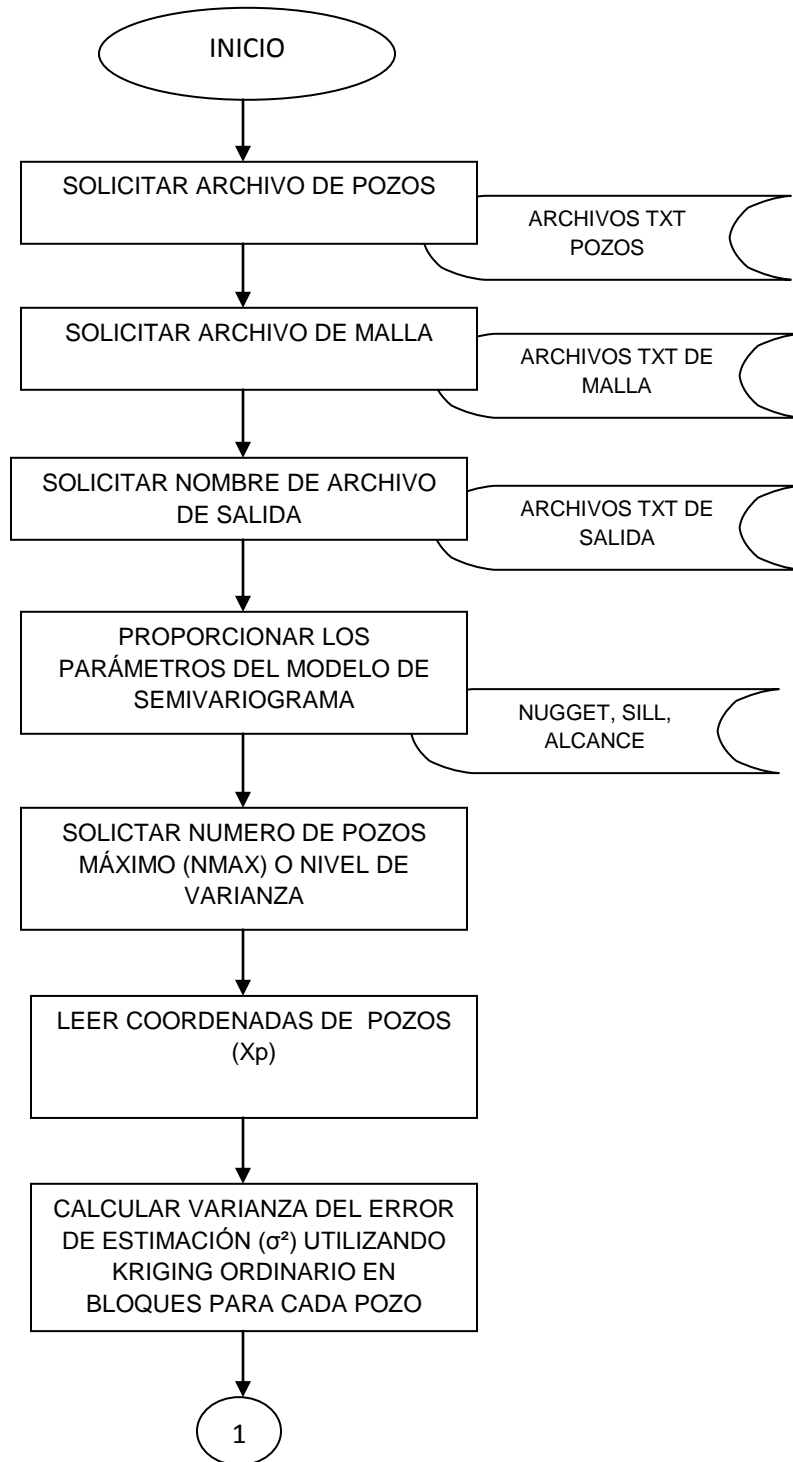
$\sigma_{j+1}^2(x_i) =$ varianza del error de la estimación con un pozo adicional $j+1$ en la posición x_i .

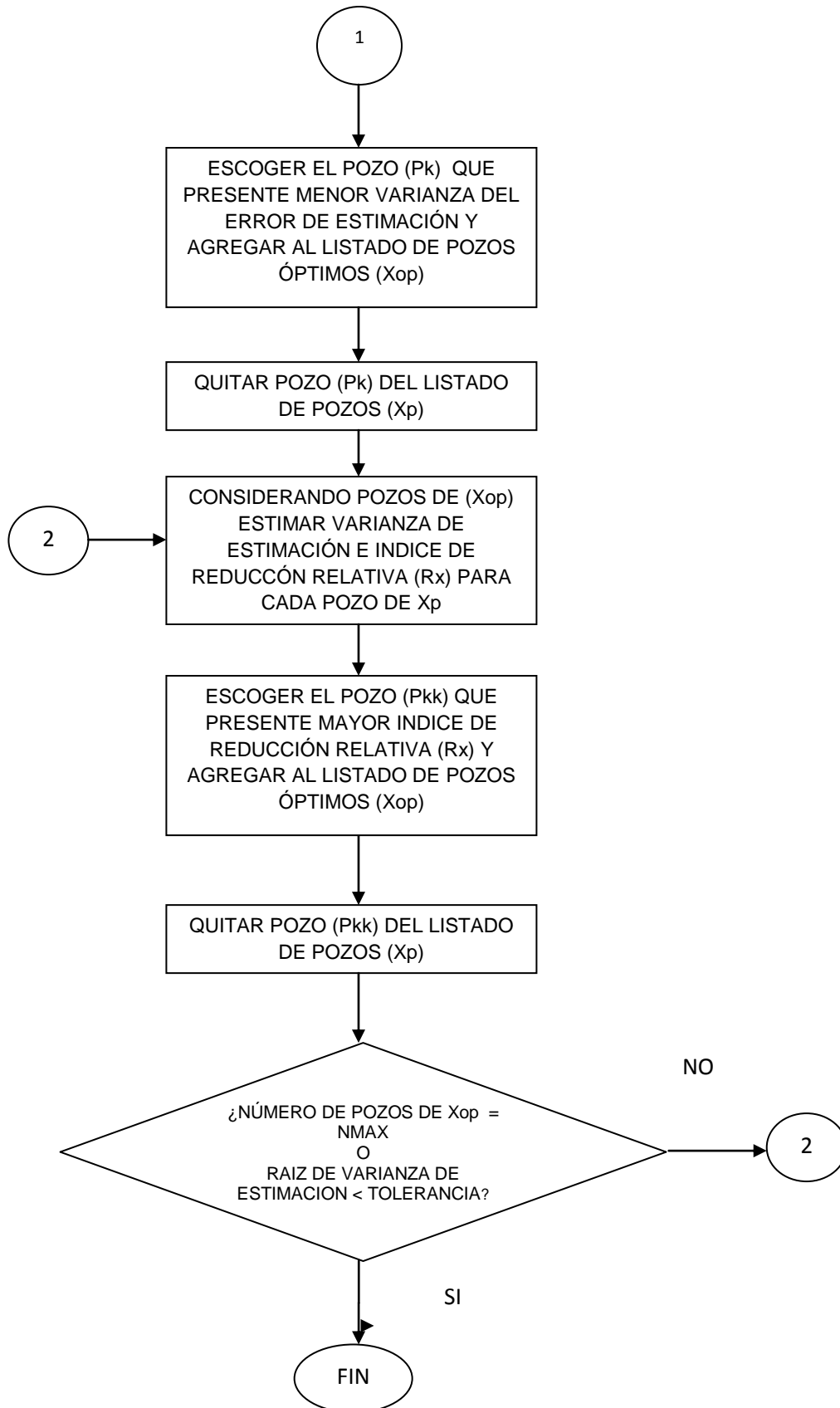
5. El pozo x_i que más reduzca la varianza del error de estimación, es decir que tenga mayor valor de $R(x_i)$, se selecciona de manera que se extrae del conjunto X y se agrega al conjunto X_o , resultando:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_{m-j}\} \text{ y } X_o = \{x_{o1}, x_{o2}, \dots, x_{oj}\},$$

6. Mientras se cumpla que $j < n$ se retorna al paso 3, en caso contrario se termina el procedimiento.

Figura 3.9. Procedimiento detallado para la Optimización con Inclusiones sucesivas





Optimización local considerando la desviación estándar del error de estimación

Esta es una modificación del caso anterior, y se puede visualizar en la Figura 3.10; en cada nodo de la malla se buscan hasta 16 pozos muestra (los que intervinieron para determinar el modelo del semivariograma) que sean los más cercanos dado un rango de búsqueda, calculándose la varianza del error de dicha estimación con kriging puntual ordinario; posteriormente, se compara la desviación estándar de dicho error de estimación contra la tolerancia establecida. Si la tolerancia es mayor, se plasma en un reporte de salida continuándose con el siguiente nodo de malla; en caso contrario, se buscan hasta 4 pozos más, considerando el rango de búsqueda, de los pozos disponibles para la optimización (los que no se utilizaron para determinar el modelo de semivariograma).

Se agrega el primero que presente mayor índice de reducción relativa, y se vuelve a calcular la desviación estándar del error de estimación considerando el pozo incluido; comparando nuevamente que cumpla con la tolerancia, en caso contrario, se continúa con el siguiente pozo, hasta cumplir con dicha tolerancia o hasta agregar los 4 pozos.

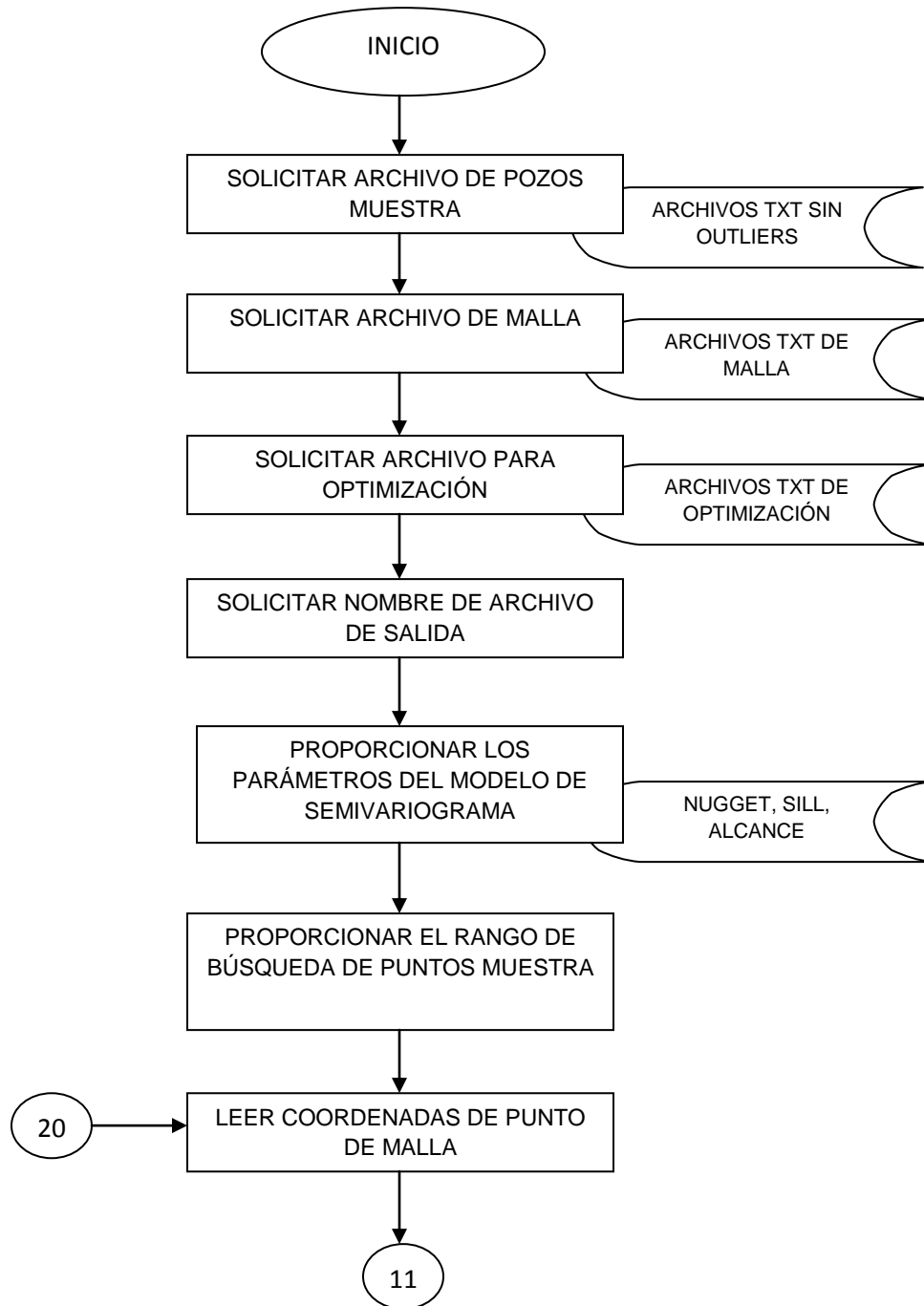
Puede resultar que una vez agregados los pozos disponibles, la desviación estándar del error de estimación sea mayor que la tolerancia; entonces, se tiene la opción de incorporar el nodo de malla para los cálculos, como un “pozo ficticio”.

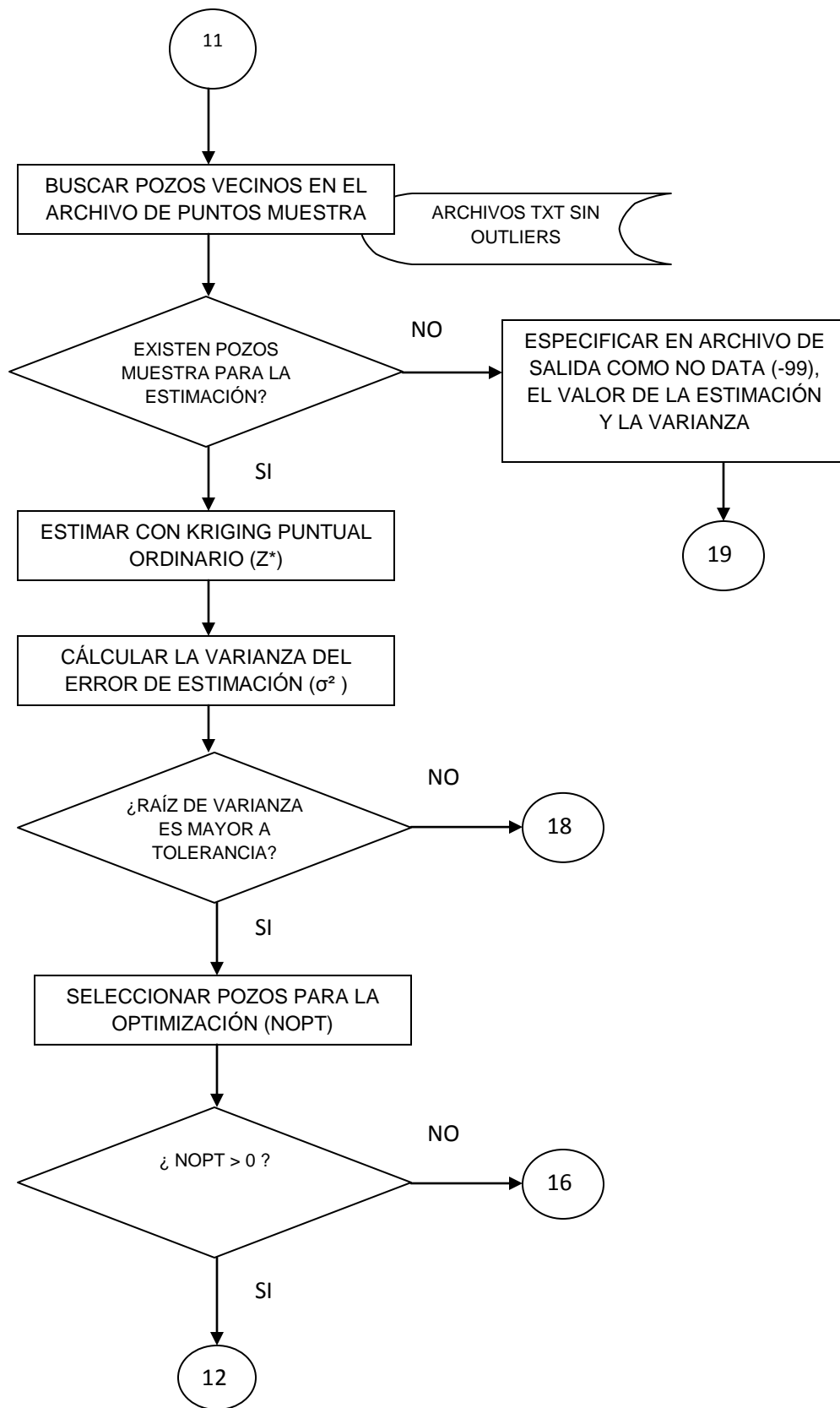
En esta fase se obtienen los mapas del comportamiento de la desviación estándar del error de estimación y de los índices de reducción relativa.

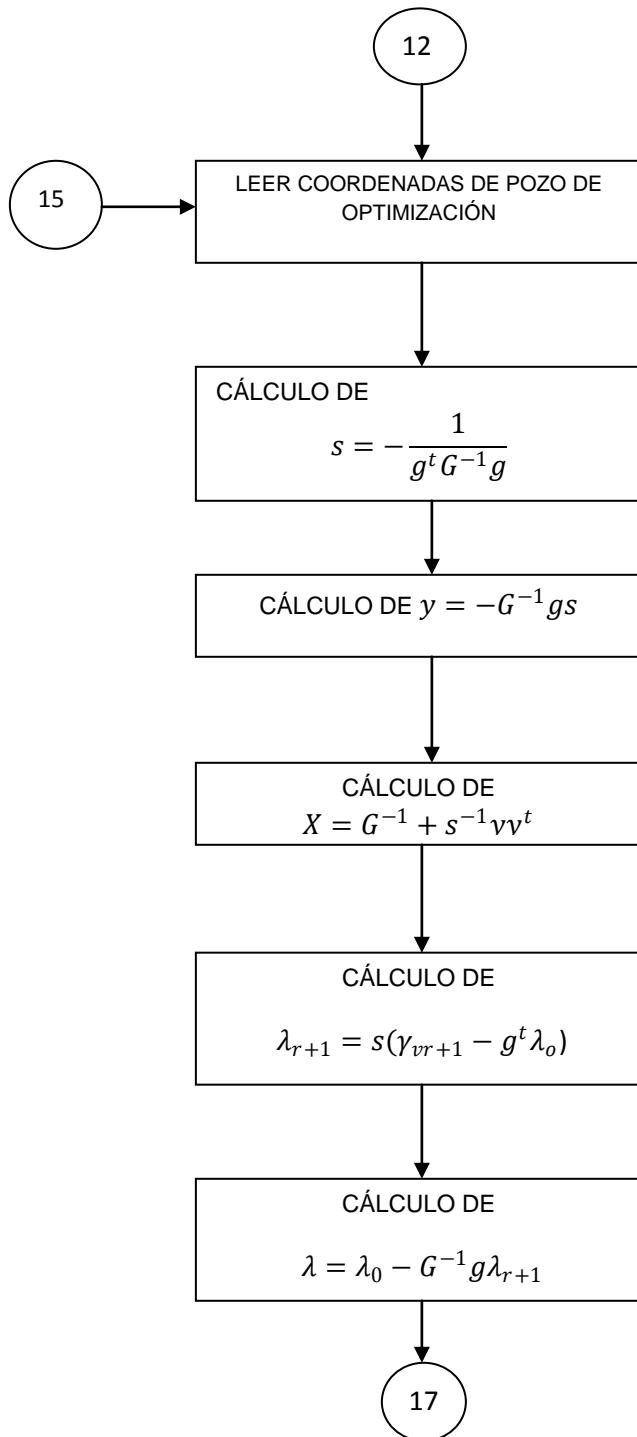
Los mapas de índice de reducción relativa reflejan el mejoramiento de la desviación estándar del error de estimación, utilizando hasta 16 pozos muestra en cada nodo de la malla, comparada con la obtenida una vez realizada la optimización.

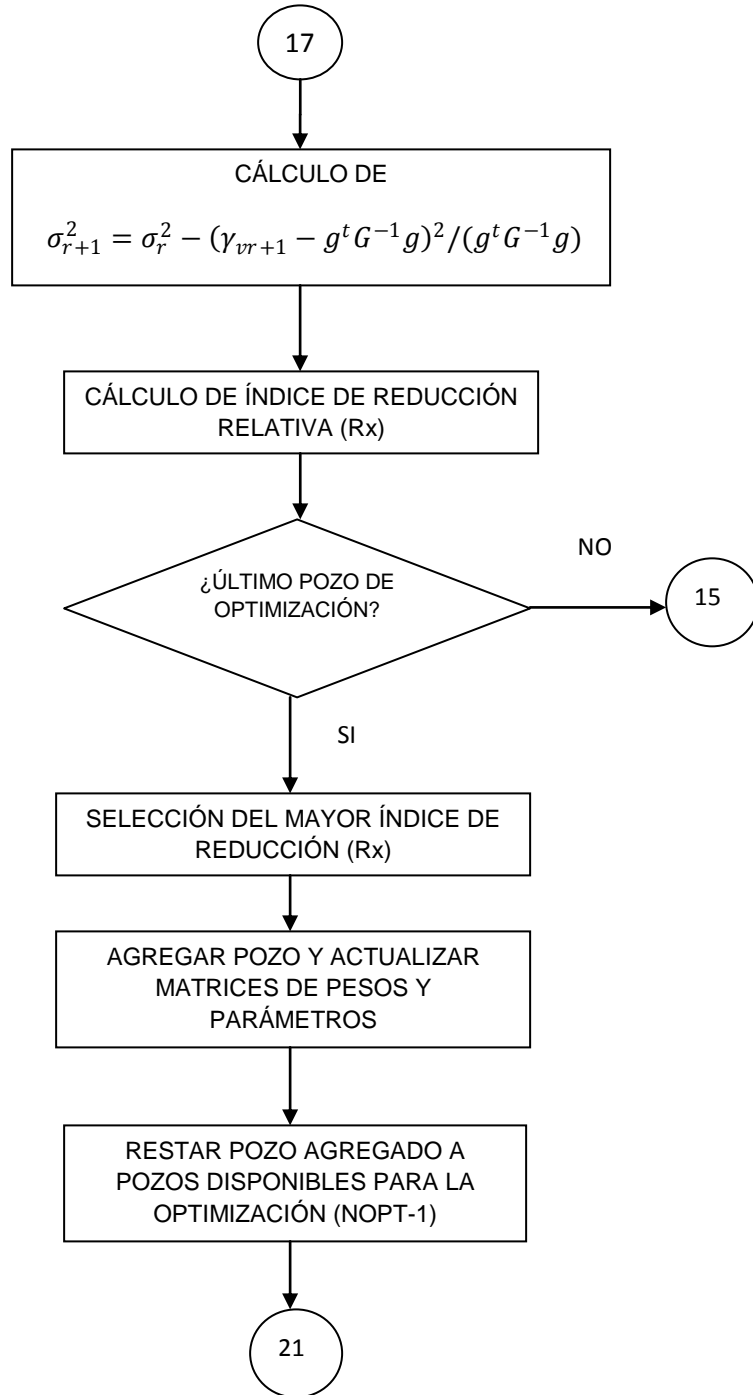
Este procedimiento también permite evaluar la sensibilidad de los resultados de la estimación conforme se van agregando los pozos.

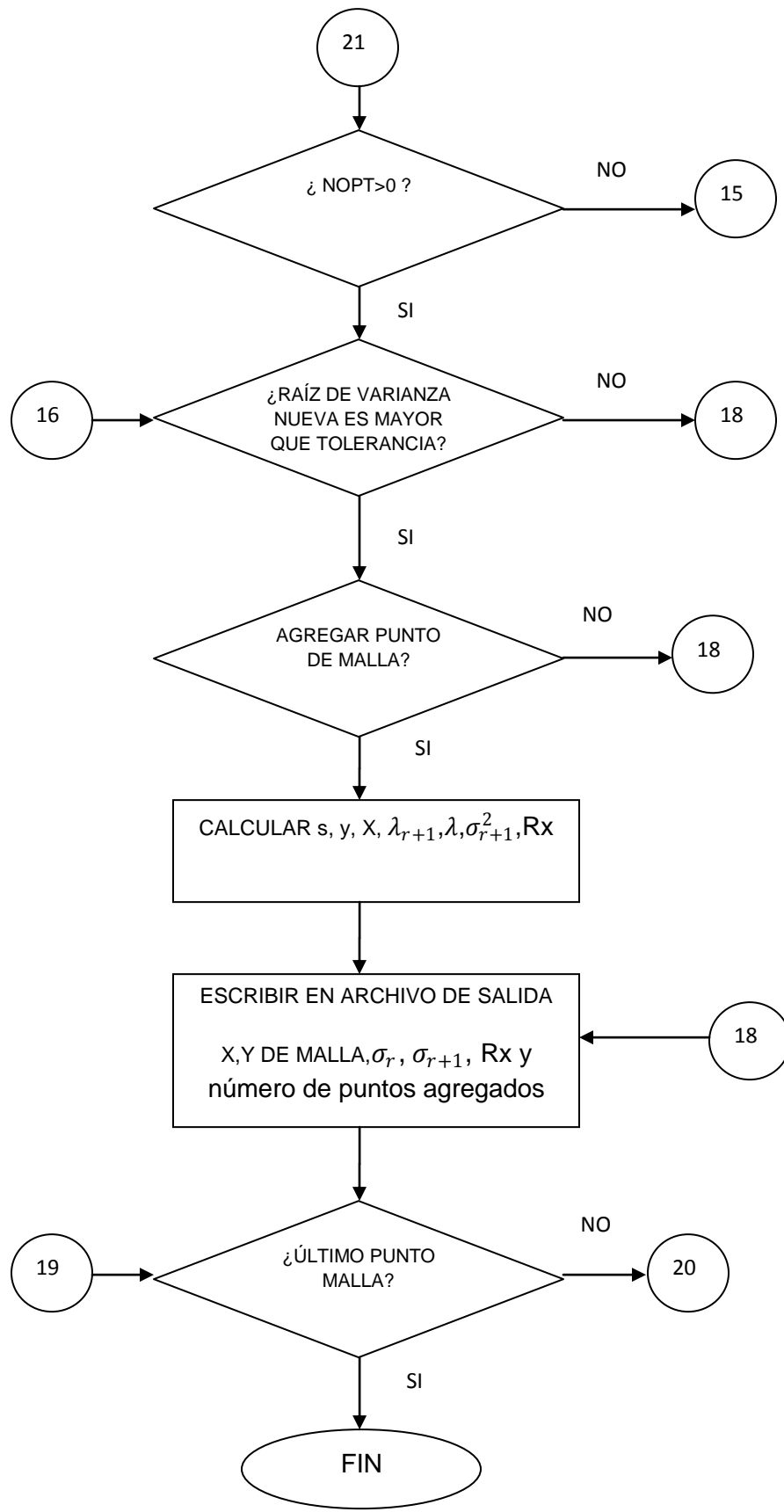
Figura 3.10. Optimización local con inclusiones sucesivas considerando la desviación estándar del error de estimación.











Se utilizarán:

SOFTWARE

- Autodesk Map 2008: para la validación de las alturas de brocal con respecto a las curvas de nivel de la carta topográfica 1:250,000, generación de la malla de puntos y del polígono del acuífero. También para exportar la información a formato shape.
- Geoestad: para el análisis geoestadístico. *Díaz-Viera, Barandela, Utset, Fernández (1994)*.
- Rgeoestad: para el análisis geoestadístico. *Díaz-Viera., Hernández-Maldonado, Méndez-Venegas (2010)*.
- GS+ versión 5.0.3. para el análisis geoestadístico y elaboración de mapas de salida.
- Arc Gis 9.3.1: para la validación de consistencia de los mapas de la variable estimada, los mapas de desviación estándar del error de estimación y los mapas de índice de reducción relativa, con respecto a otras capas como: los pozos, el polígono del acuífero y las manchas urbanas de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga, Coahuila.
- Idrisi Andes: para realizar algunas composiciones RGB de las imágenes de satélite que se utilizarán como imágenes de fondo.
- Rutinas DISRED elaboradas en Matlab. *Díaz Viera M. (1997)*.
- Rutinas OPTIMIZA, que son rutinas modificadas de DISRED para los datos de este estudio.

IMÁGENES RASTER

- Imagen de satélite LANDSAT 5 TM de abril del 2009.
- Imágenes digitales de la carta topográfica escala 1:250,000 del INEGI.

4. RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS PRELIMINAR

Se realizó una validación de las alturas de los brocales de los pozos con respecto a las curvas de nivel de la carta topográfica 1:250,000 serie III de INEGI: se detectó un registro inconsistente del pozo SRA-071 con una altura de brocal de 5,261m, ubicándose entre las curvas de nivel topográficas de 1500 y 1600 m.

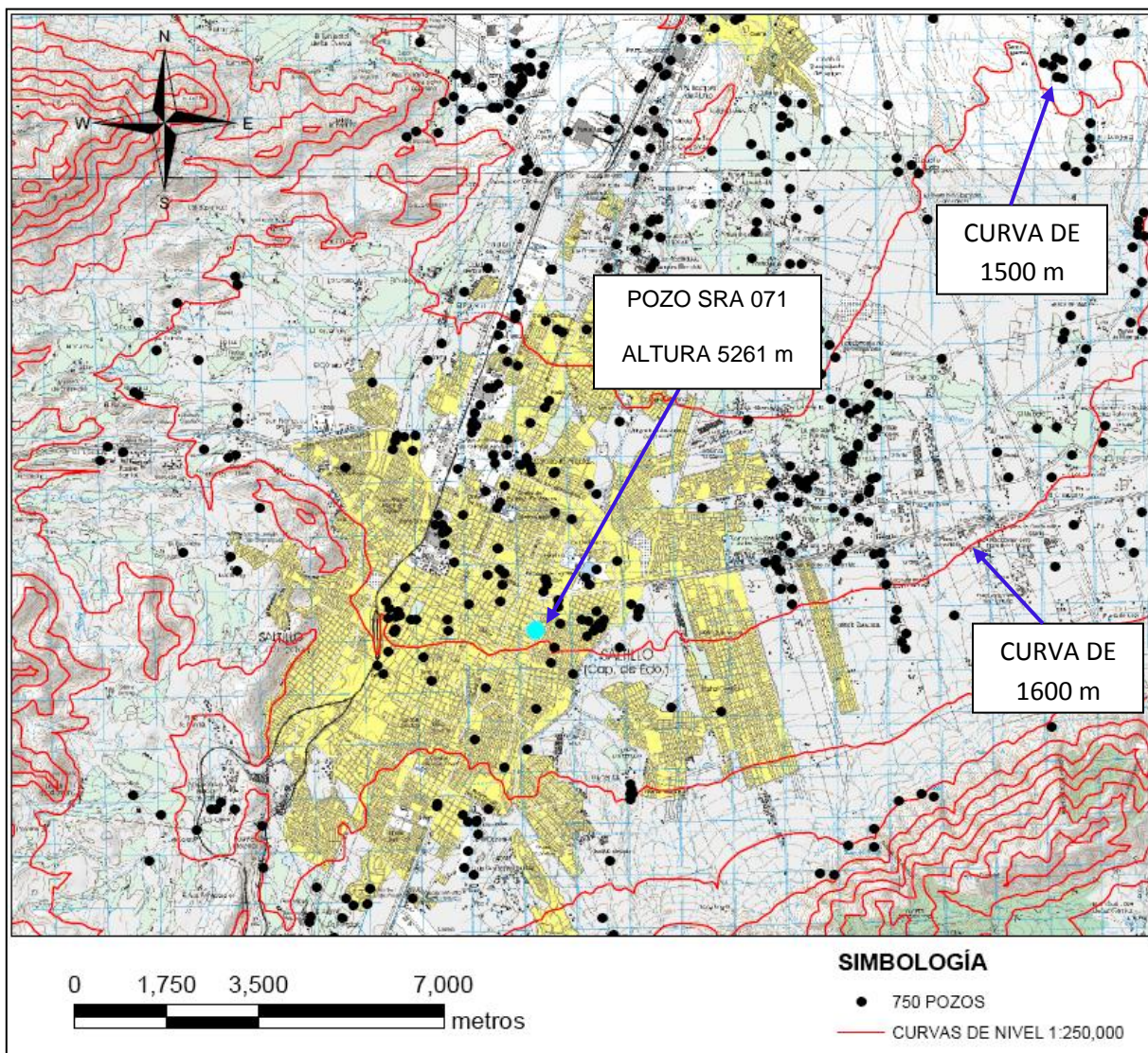


Figura 4.1. Ubicación del pozo SRA 071

De los 750 registros de pozos, Figura 4.2, 413 cuentan con datos de nivel estático; de los 413 no se consideran 5 pozos: 4 por no contar con altura del brocal (claves de aprovechamiento SRA-292, SRA-423, SRA-424, SRA-425) y uno por tener una altura inconsistente SRA-071 de 5261 m, lo que da un total de 408 registros restantes.

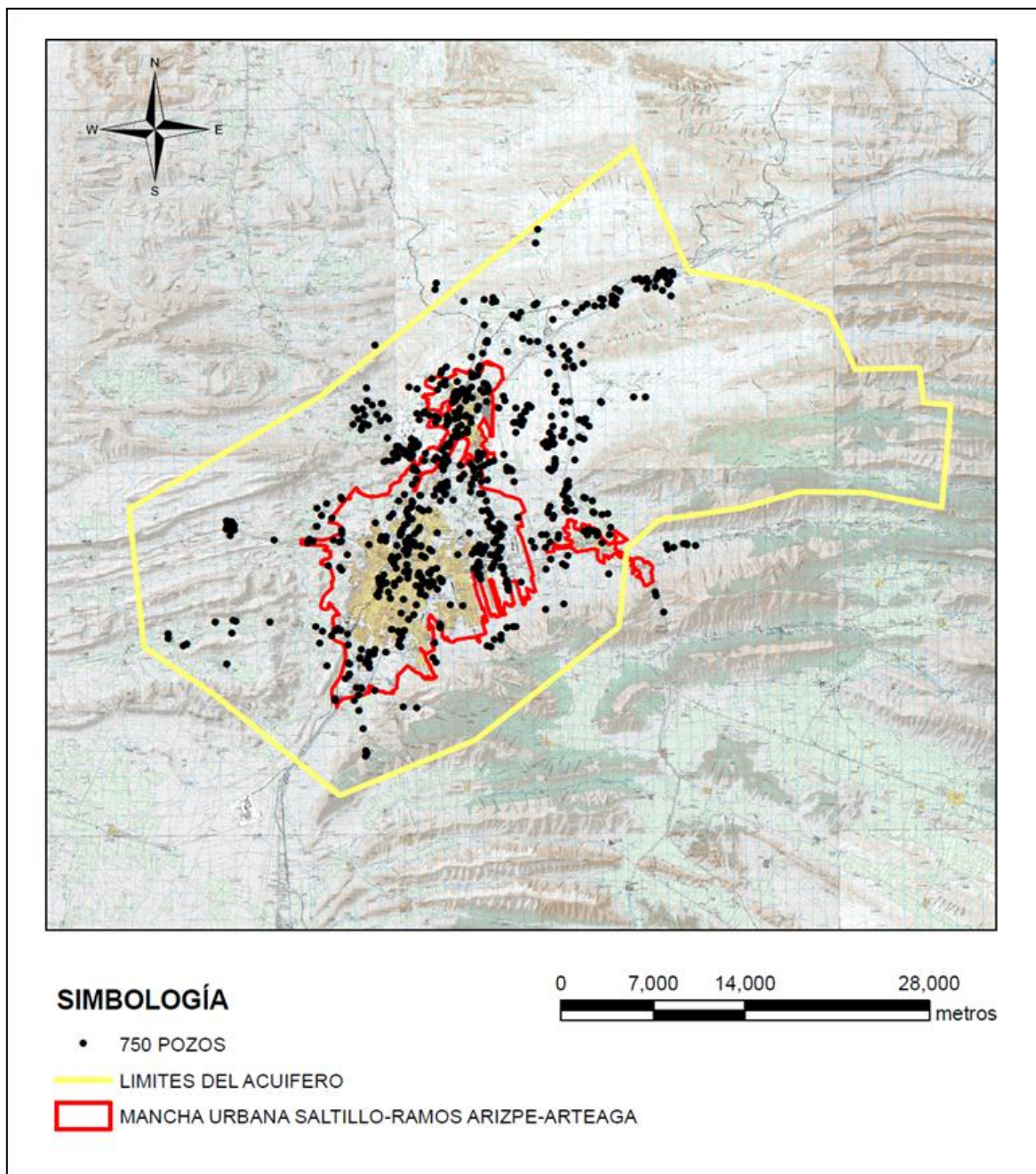


Figura 4.2. Ubicación de los 750 pozos

Se procedió a calcular el nivel piezométrico con la siguiente relación:

$$\text{Nivel piezométrico} = \text{altura de brocal} - \text{nivel estático}$$

Para el análisis subsecuente se consideran los 408 registros de pozos, Figura 4.3

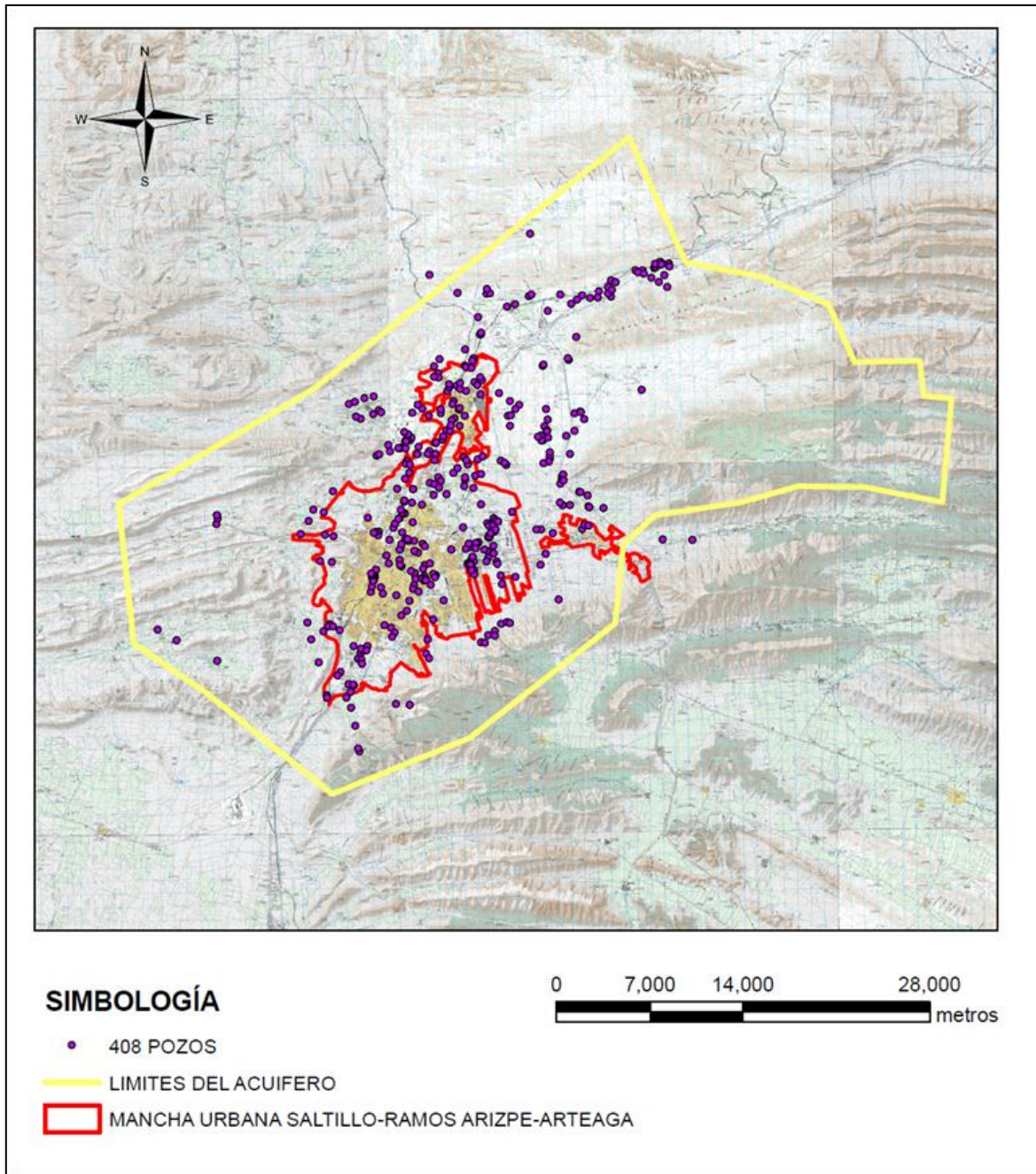


Figura 4.3. Ubicación de los 408 pozos con nivel piezométrico, sobre una imagen de la carta topográfica 1:250,000

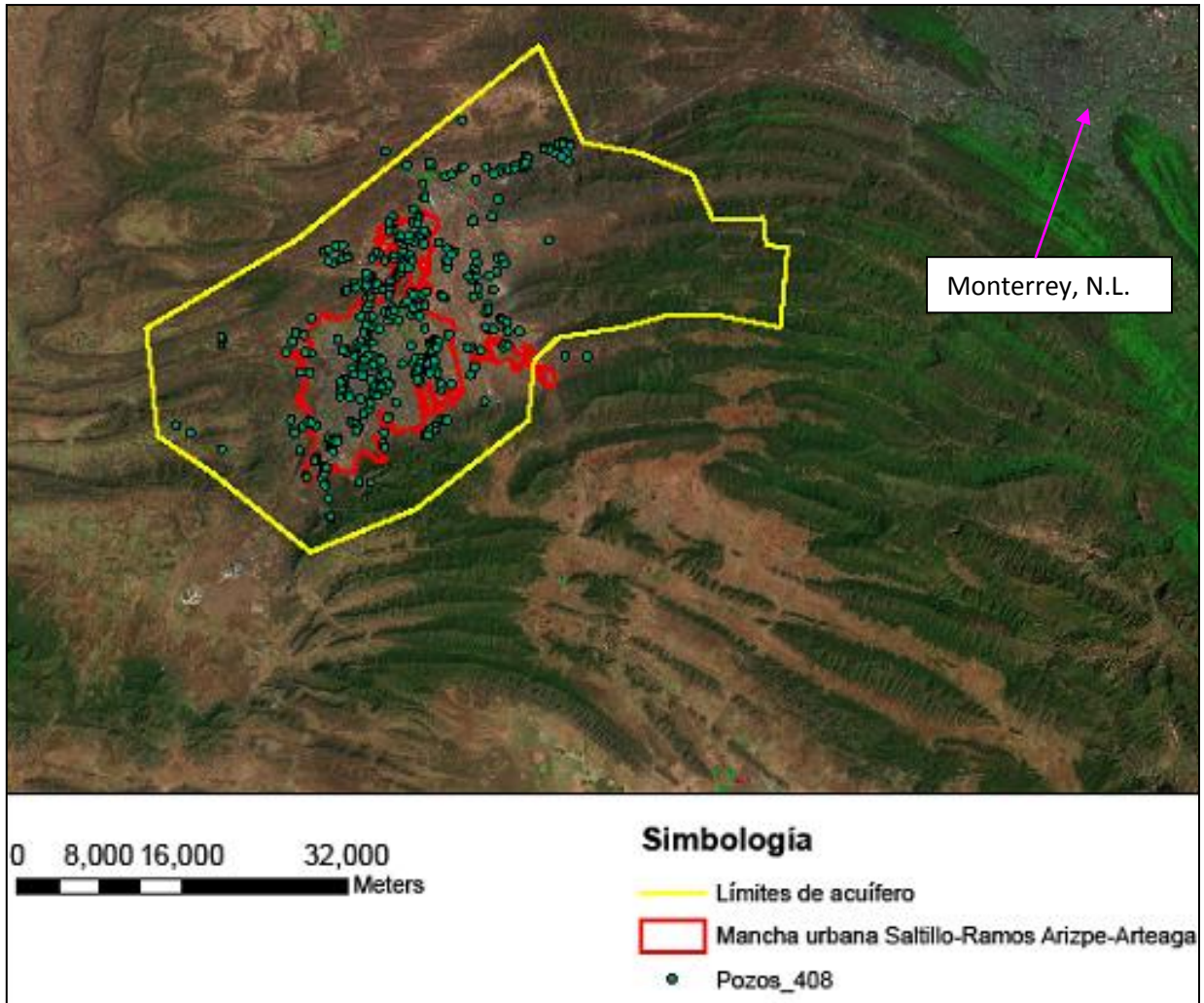


Figura 4.4. Ubicación de los 408 pozos sobre una composición a color 743 de imágenes de satélite Landsat TM de abril de 2009

Se observa que los 408 pozos que cuentan con nivel piezométrico se distribuyen por todo el acuífero, véase Figura 4.4, pero presentan una concentración en el sentido *noreste*, a lo largo de los polígonos urbanos de Saltillo-Ramos Arizpe-Arteaga y por la carretera que va a la ciudad de Monterrey, Nuevo León. También se detectó que los aprovechamientos SRA020 y SRA220 tienen coordenadas iguales pero diferentes niveles piezométricos, lo mismo ocurre con los pozos SRA021 y SRA221; consultado con CONAGUA, se argumenta que por la cercanía de los pozos y por el equipo de medición utilizado no se alcanza a diferenciar la ubicación. Se optó por considerar estos pozos para los cálculos restantes.

4.2. ANALISIS EXPLORATORIO

Los datos presentan los siguientes parámetros estadísticos básicos:

Parámetro	Valor
Total de datos	408
Distancia Máxima	47095.2939
Distancia mínima	0.0
Media	1476.0
Varianza	21637.3207
Desviación estándar	147.0963
Coefficiente de variación	0.00996
Mediana	1472.0
Q1	1391.610
Q3	1572.660
Rango intercuartil	181.05
Asimetría	-0.134
Kurtosis	4.1238
Valor máximo	775.04
Valor mínimo	1934.170

Cuadro 4.1. Parámetros estadísticos básicos de los 408 registros del nivel piezométrico

En el cuadro 4.1 se observa que la mediana es ligeramente menor que la media, presenta una asimetría negativa.

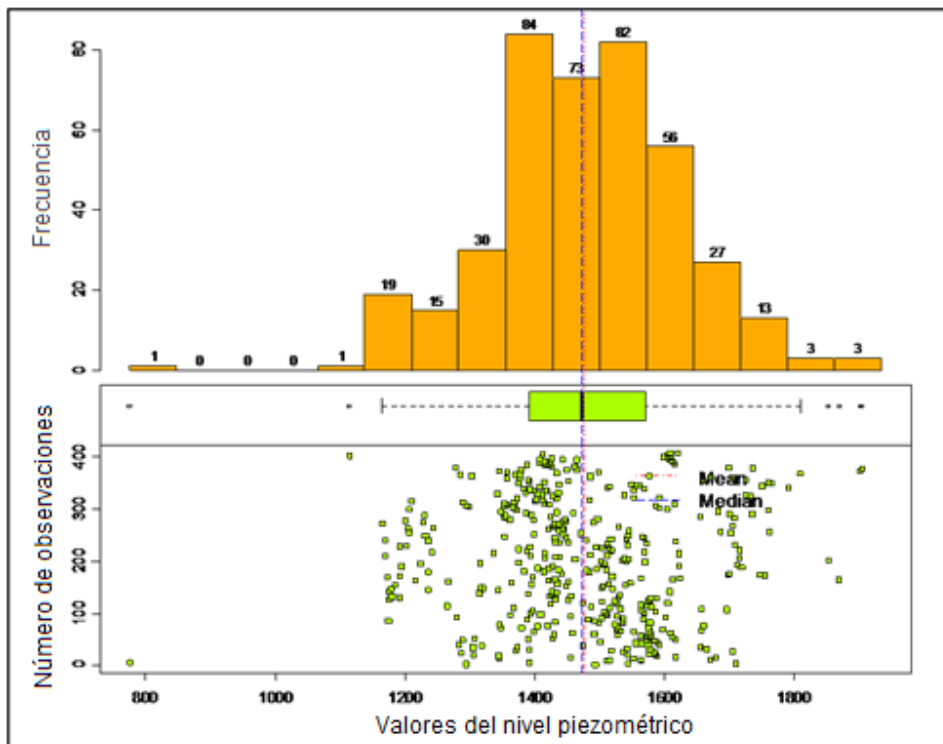


FIGURA 4.5. Histograma de frecuencias y gráfica de cajas (box plot)

En el histograma de frecuencias, Figura 4.5, se corrobora la asimetría negativa; en la gráfica de cajas (box plot) también se visualizan los valores atípicos (outliers). Se identifican 7 valores atípicos en el histograma de frecuencias de modo punto.

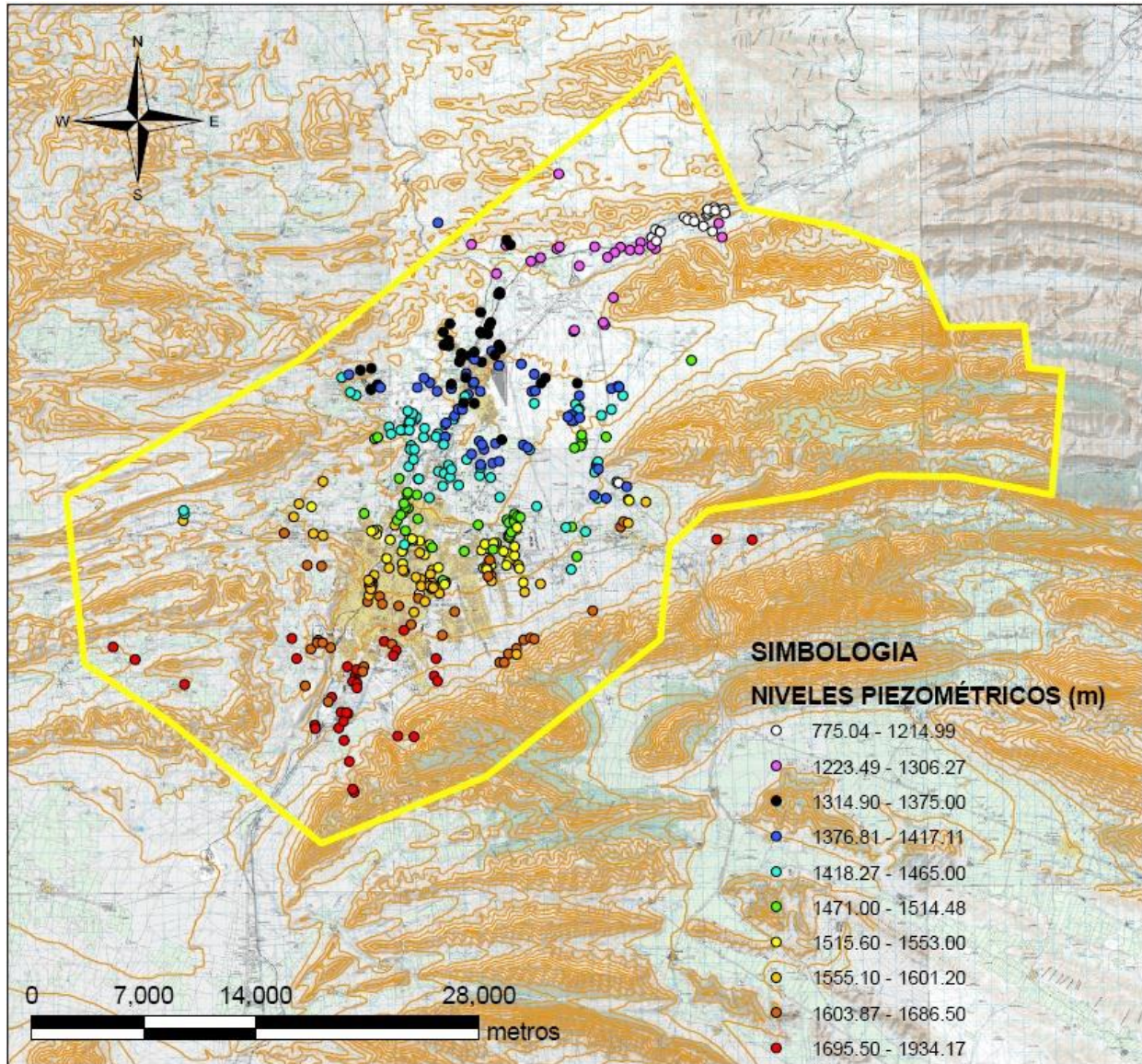
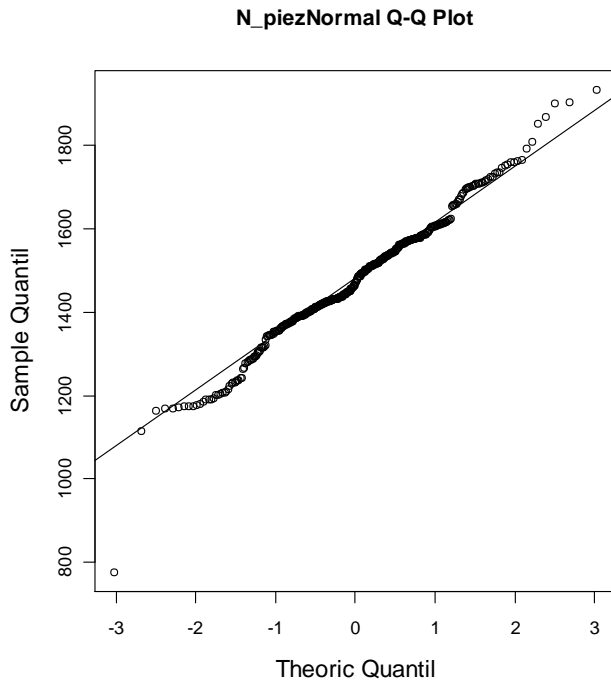


Figura 4.6. Distribución espacial de los 408 pozos con los niveles piezométricos clasificados por rangos

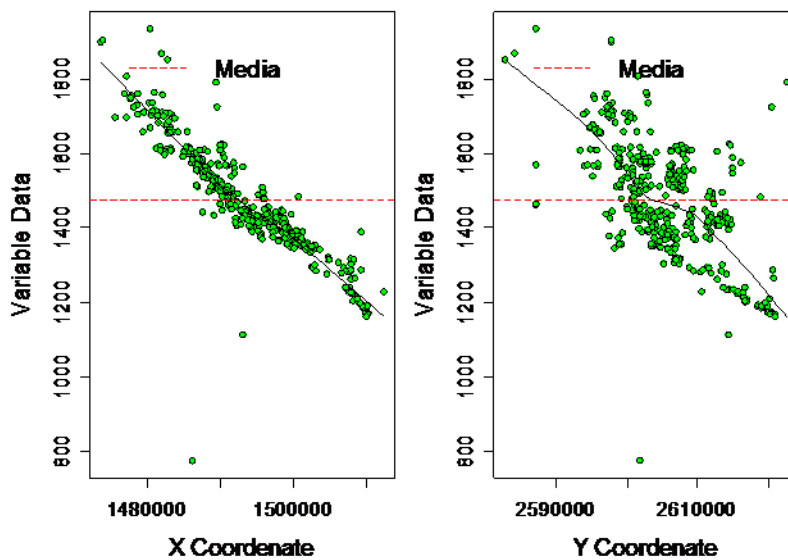
En la Figura 4.6 se observa la distribución espacial de los pozos, los valores de los niveles piezométricos van de 775.04 hasta 1934.17 m; los valores más altos se observan de color rojo localizándose en el *suroeste* del acuífero, mientras que los

valores más pequeños (colores blanco y magenta) se observan en el *noreste* de la zona de estudio. Se visualizan en color café las curvas de nivel topográficas.



En la Figura 4.7 se observa la gráfica de Q-Q plot (Quantil teórico vs Quantil de la muestra), observándose una alineación sobre la línea teórica (comportamiento del Quantil teórico de una distribución normal); existen puntos que se alejan de la línea teórica.

Figura 4.7. Gráfica de Q-Q plot de los niveles piezométricos.

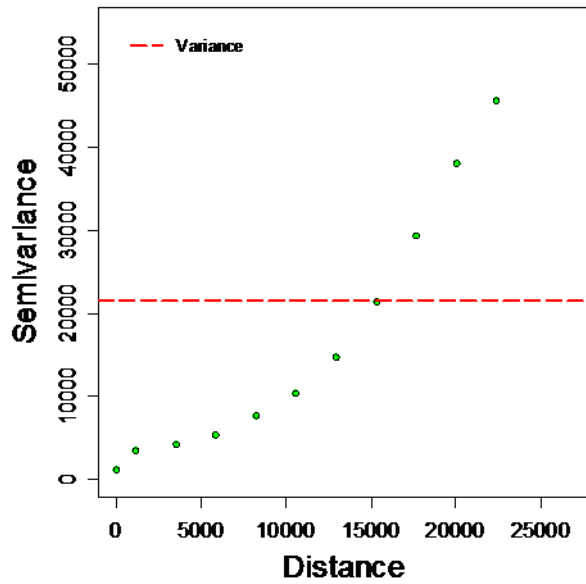


En la proyección en el eje de las X se observa un agrupamiento en el sentido *noroeste-sureste*. Se observan varios valores atípicos (outliers).

En la proyección en el eje de las Y se observa cierto agrupamiento en el sentido *noroeste-sureste*, observándose un cúmulo que se agrupa en la parte media de la nube de puntos; tiene mayor dispersión que los observados en la proyección sobre el eje de las X. Véase Figura 4.8.

Figura 4.8. Proyección X y Y de los niveles piezométricos

4.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL



En la Figura 4.9 se observan las semivarianzas que se calculan a partir de los 408 datos a diferentes distancias. No se acotan en la línea de la varianza.

Figura 4.9. Semivarianzas obtenidas

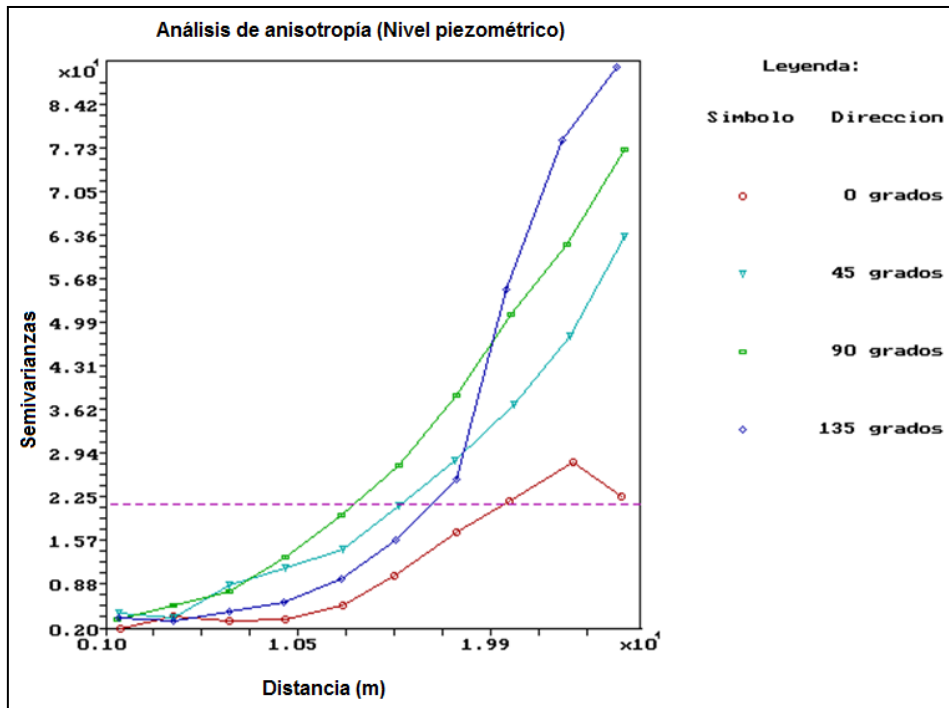


Figura 4.10. Análisis de anisotropía mediante semivariogramas

En la Figura 4.10 se presenta el análisis de anisotropía mediante semivariogramas; el de 0 grados resultó cualitativamente diferente a los de 45, 90 y 135.

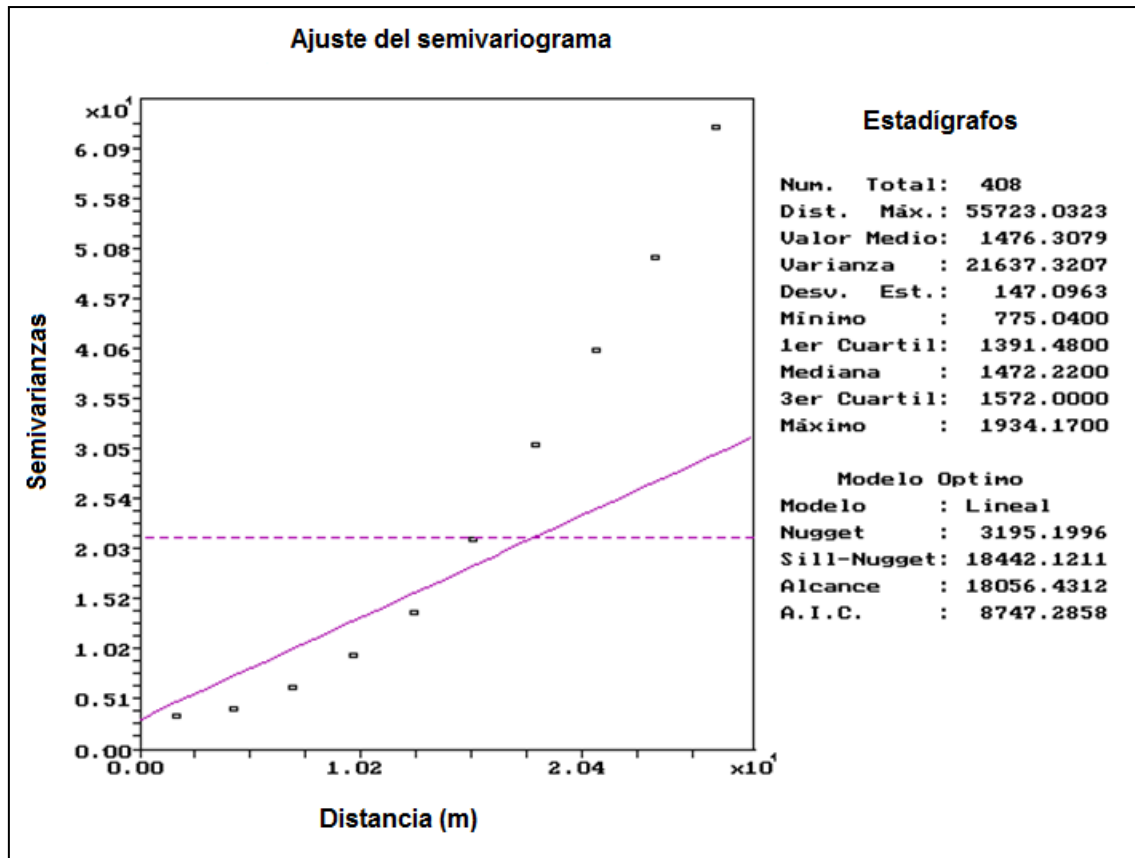


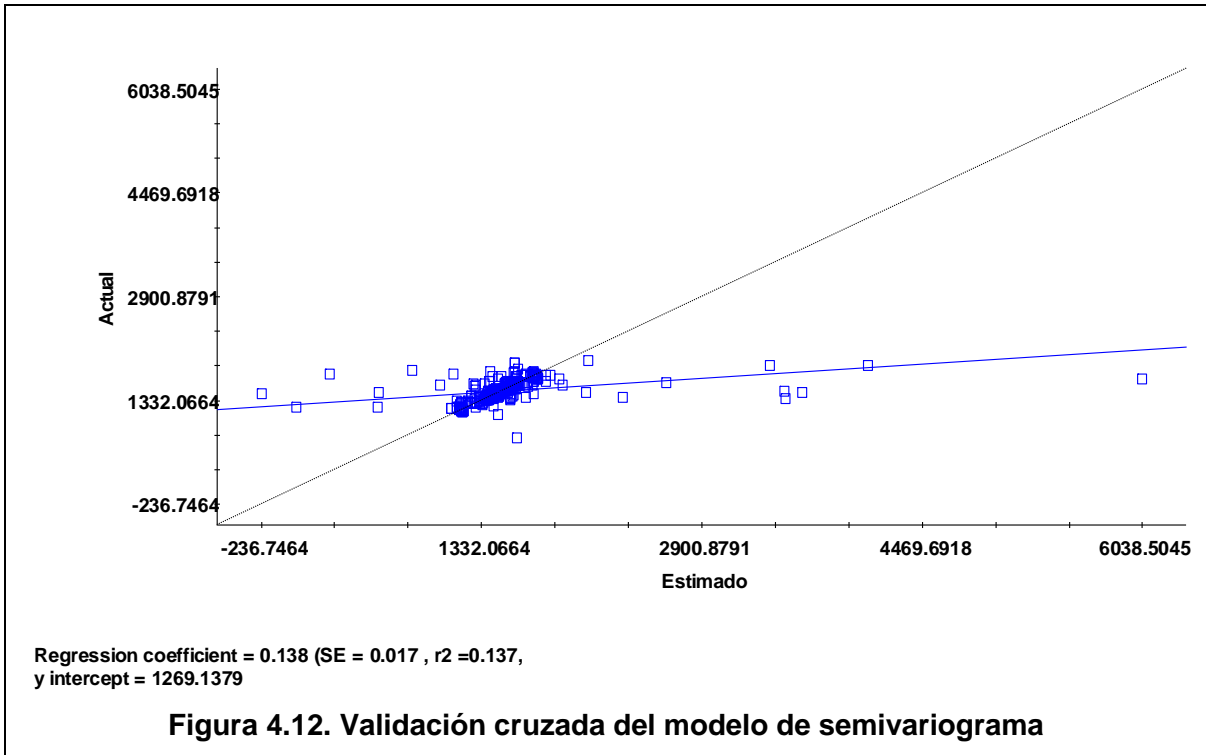
Figura 4.11. Ajuste del Semivariograma automático

Al semivariograma adireccional (Figura 4.11) se le ajustaron los siguientes parámetros:

Modelo: lineal
Nugget: 3195.1996
Sill-nugget: 18442.1211
Alcance: 18056.4312
A.I.C.:8747.2858

El A.I.C. se refiere al criterio de información de Akaike.

Se observa la presencia de tendencia espacial en los datos, dado que el modelo del semivariograma no se acota, véase Figura 4.11.



VALIDACIÓN CRUZADA

Radio de búsqueda = 1.8056431200E+04

Variograma:

Modelo = Lineal
 Nugget = 3.1951996000E+03
 Sill-Nugget = 1.8442121100E+04
 Alcance = 1.8056431200E+04

Valor Medio de Z-Z* = 3.0537546762E+04
 Varianza de Z-Z* = 7.2498299498E+10
 Valor Medio de Zscore = 1.7500631907E+01
 Varianza de Zscore = 1.1940889514E+04
 Porciento de puntos estimados = 100.00%

En la validación cruzada, se observa que la línea de los datos ajustados (línea continua), véase Figura 4.12, resulta cualitativamente diferente a la esperada (línea punteada). La Zscore es la diferencia entre el valor real menos el valor estimado dividida entre la desviación estándar del error de estimación; la media de este valor, debería ser muy cercana a cero. En esta validación se confirma la presencia de tendencia espacial.

Para eliminar dicha tendencia espacial, se realiza un ajuste polinomial de primer grado a los datos.

Se obtienen los siguientes coeficientes:

$$a = 2.9674640839E+04$$

$$b = -2.1191620617E-03$$

$$c = -1.5185555676E-02$$

Para expresar esta variable en la forma $Z(x,y) = M(x,y)+R(x,y)$.

Donde $M(x,y) = a + b*X + c*Y$ es la tendencia y

$R(x) = Z(x) - m(x,y)$ son los residuales de los niveles piezométricos.

Los parámetros estadísticos básicos de los residuales de los niveles piezométricos se presentan en el Cuadro 4.2:

Parámetros	Valor
Total de datos	408
Distancia Máxima	47095.2939
Distancia mínima	0.0
Media	0.0001
Varianza	3853.8015
Desviación estándar	62.0790
Coefficiente de variación	861724.3887
Mediana	-4.7770
Q1	-20.32
Q3	18.01
Rango intercuartil	293.0
Asimetría	-5.3129
kurtosis	79.8113
Valor máximo	293.03
Valor mínimo	-818.57

Cuadro 4.2. Parámetros Estadísticos básicos de los 408 residuales de los niveles piezométricos

En dicho cuadro se observa que los 408 residuales piezométricos, presentan una asimetría negativa con un valor de -5.3129, la media (0.001) es mayor que la mediana (-4.777), el rango entre los cuartiles es de 293.0.

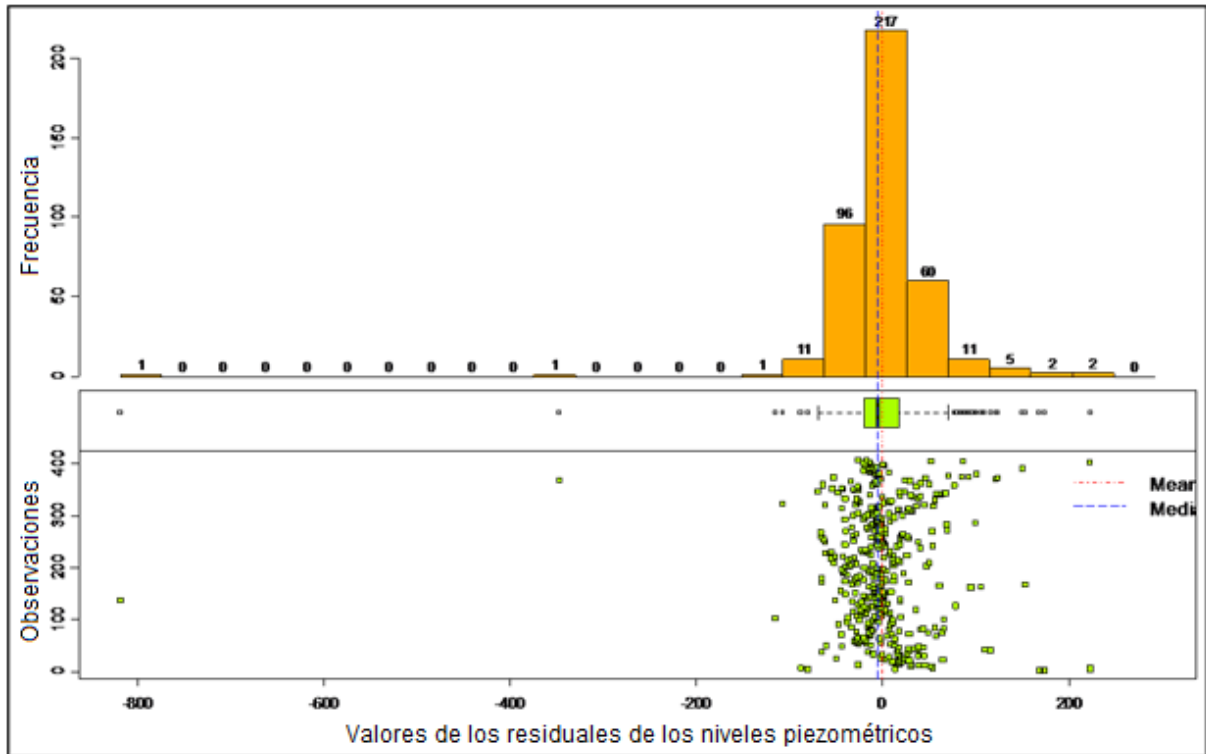
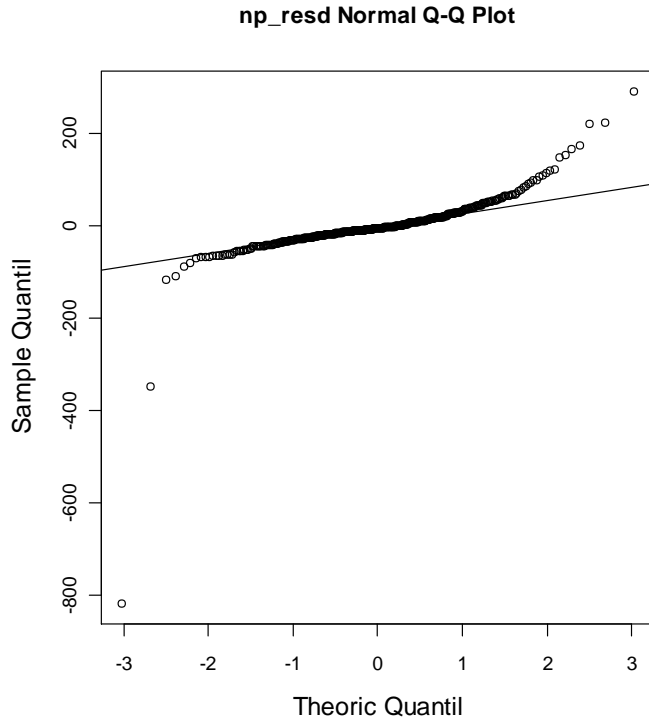


Figura 4.13. Histograma de frecuencias y gráfica de cajas (box plot) de los residuales de los niveles piezométricos

En la Figura 4.13 se observa el histograma de frecuencias en el cual se corrobora la asimetría negativa, en el gráfico de cajas se observa que la media (línea color roja) es mayor que la mediana (línea color azul). Se detectan 26 valores atípicos.



En la Figura 4.14 se visualiza la gráfica de Q-Q plot de los 408 residuales de los niveles piezométricos, observándose puntos que se alejan de la línea teórica, y un buen porcentaje se ajustan a ella. Es importante comentar que la línea teórica es el comportamiento de los cuantiles en una distribución normal.

Figura 4.14. Gráfica de Q-Q plot de los residuales de los niveles piezométricos

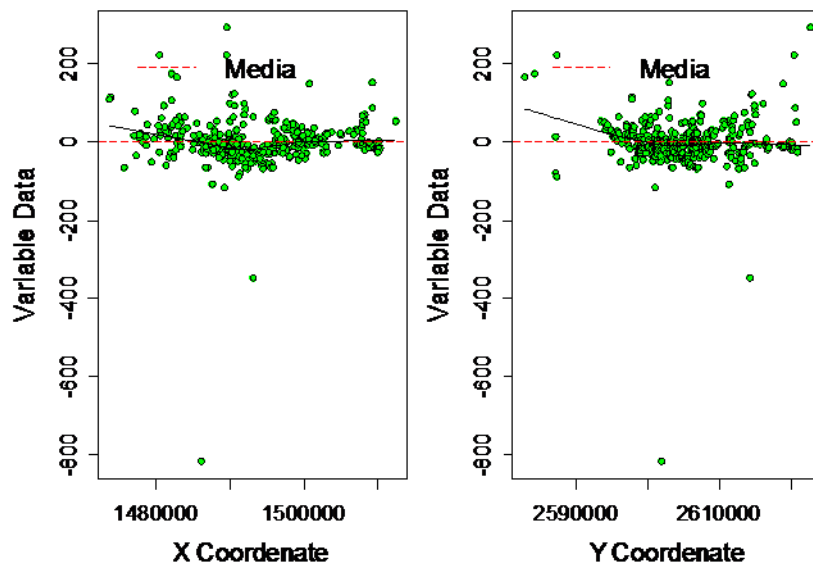


Figura 4.15. Proyección de residuales en el eje de las X y en el eje de las Y

En la Figura 4.15 se muestra la proyección de los residuales en el eje de las X y en el eje de las Y; observándose un cierto agrupamiento sobre la línea de la media, sin embargo, se visualizan puntos alejados a ella que son los valores atípicos.

Se eliminan los 26 valores atípicos detectados obteniéndose lo siguiente:

Parámetros	Valor
Total de datos	382
Distancia Máxima	50078.43
Distancia mínima	0.0
Media	-2.9250
Varianza	826.2219
Desviación estándar	28.7441
Coefficiente de variación	9.8285
Mediana	-5.2860
Q1	-20.32
Q3	13.24
Rango intercuartil	71.24
Asimetría	0.2883
Kurtosis	3.0251
Valor máximo	71.2412
Valor mínimo	-68.9487

Cuadro 4.3. Parámetros estadísticos básicos de los residuales sin los 26 outliers

Al eliminar los 26 valores atípicos detectados quedaron un total de 382 datos, los parámetros estadísticos básicos se presentan en el Cuadro 4.3; se obtiene una asimetría positiva con un valor de 0.2883. La media (-2.9250) es mayor que la mediana (-5.2860) obteniéndose un rango entre los cuartiles de 71.24.

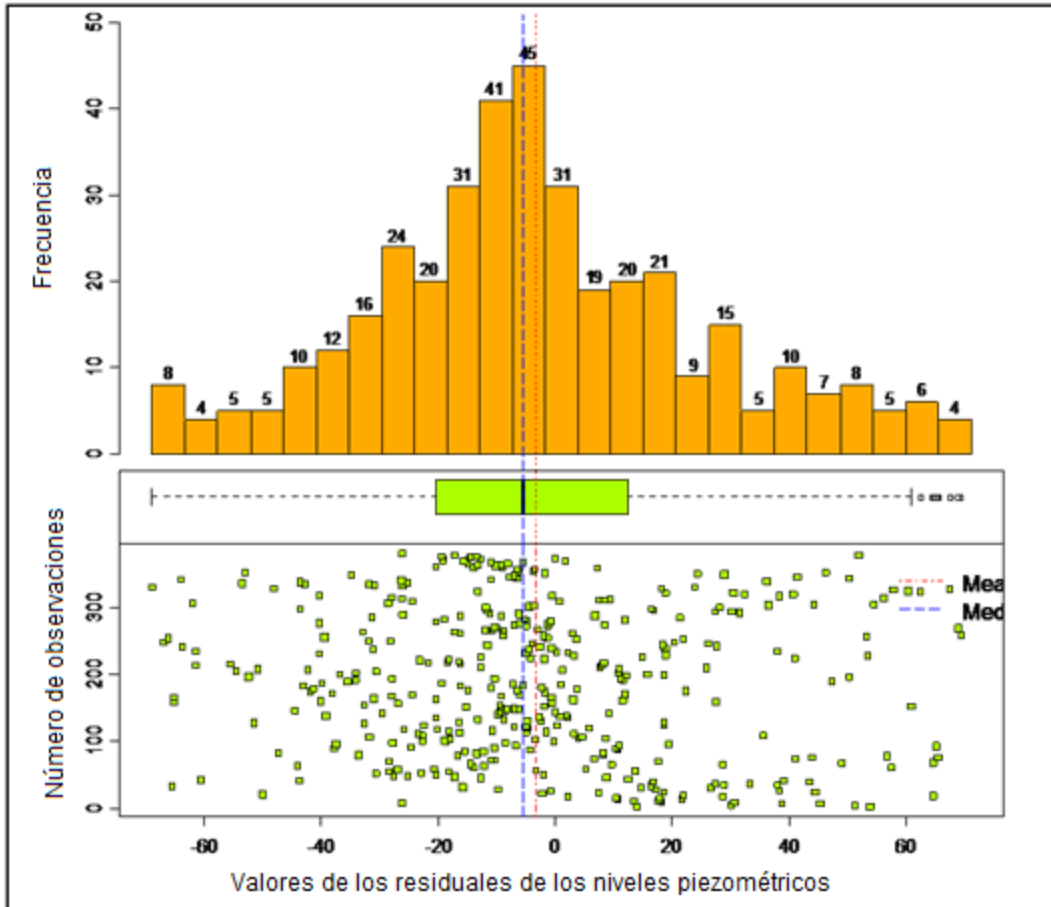
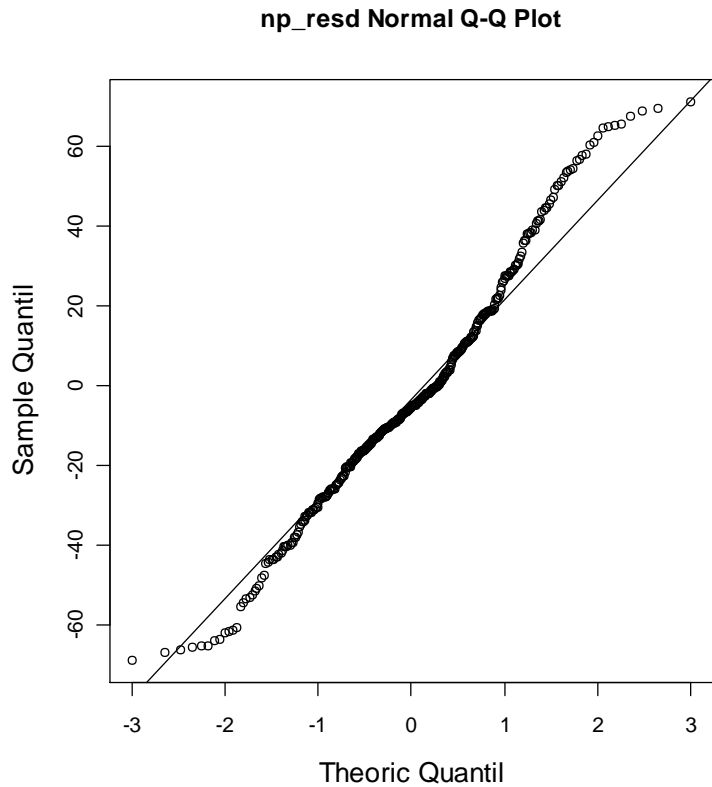


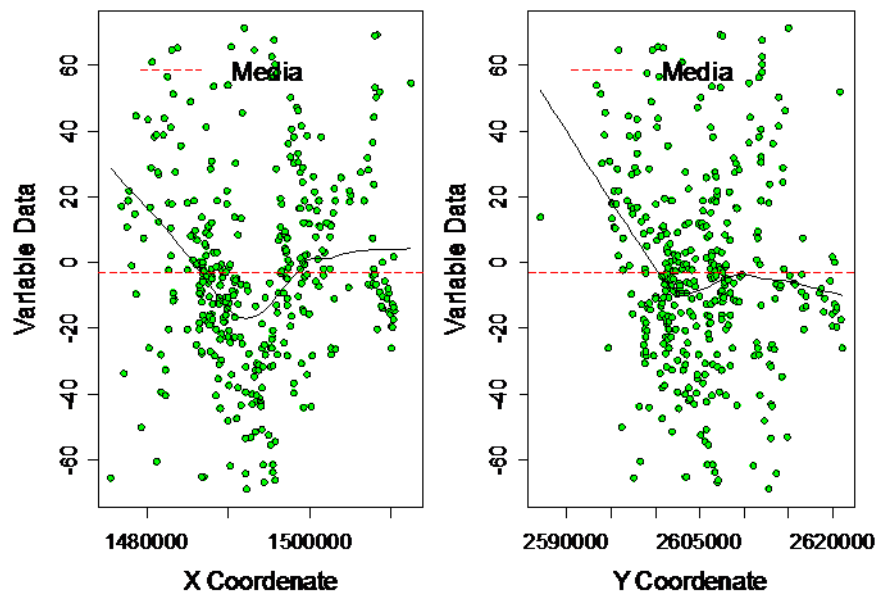
Figura 4.16. Histograma de frecuencias y gráfica de cajas (box plot) de los residuales de los niveles piezométricos sin los 26 outliers (382 datos)

En el histograma de frecuencias se alcanza a distinguir la asimetría positiva, en la gráfica de cajas se observa que la media es mayor que la mediana, alcanzándose a distinguir aún algunos valores atípicos, véase Figura 4.16.



La Figura 4.17 es la gráfica de Q-Q plot, en ella se observa que los puntos tienden a ajustarse sobre la línea teórica, que es el comportamiento teórico de los cuantiles en una distribución normal, en los extremos se observan los puntos con cierto alejamiento, pero tienden a regresar a dicha línea.

Figura 4.17. Gráfica de Q-Q plot de los 382 residuales de los niveles piezométricos



En la Figura 4.18 se presenta la proyección de los 382 residuales sobre el eje de las X y Y, se observa cierta dispersión, los datos tienden a conformar una nube de puntos en el sentido *norte-sur*.

Figura 4.18. Proyección en el eje de la X y de la Y de los 382 residuales de los niveles piezométricos

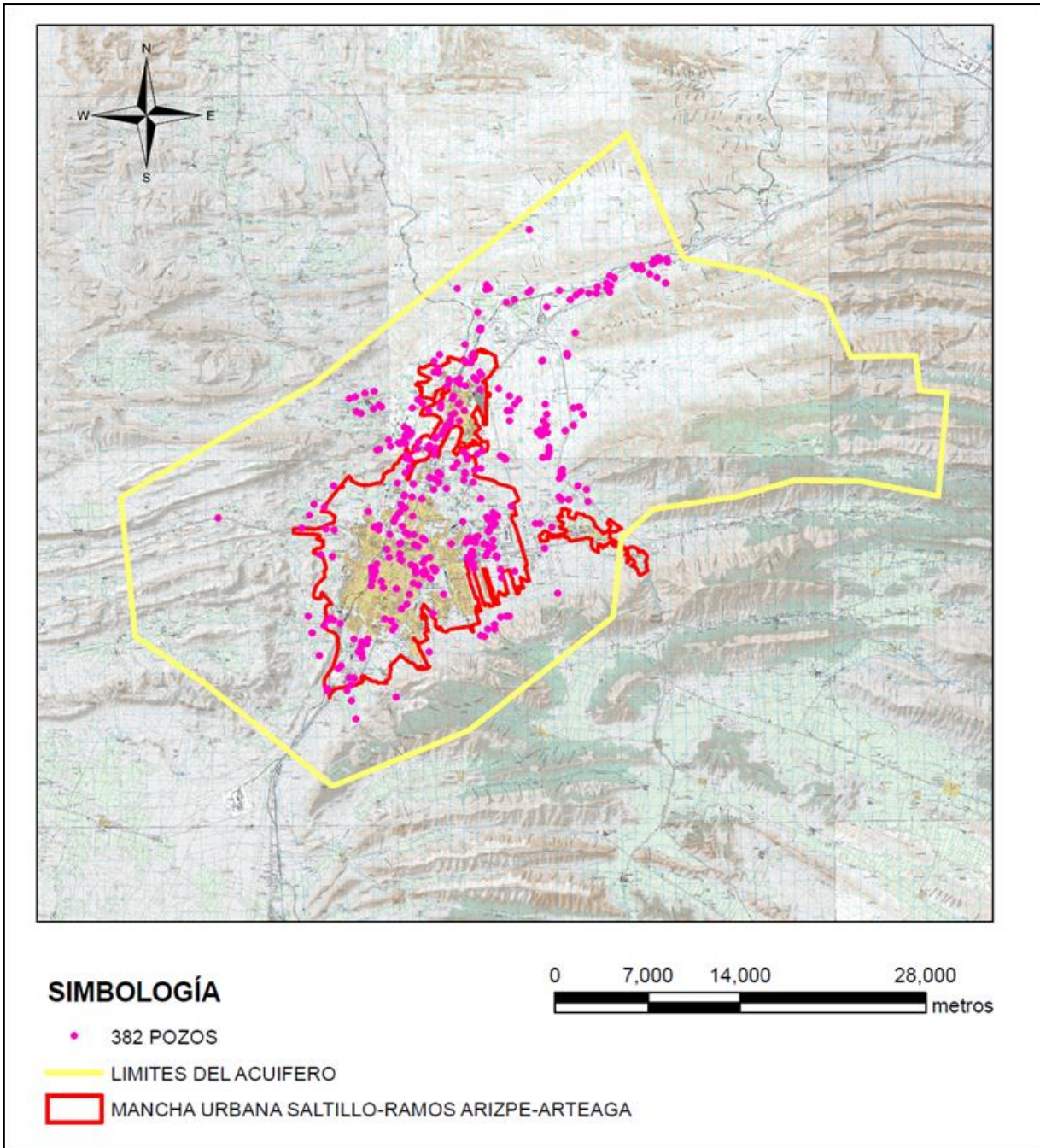
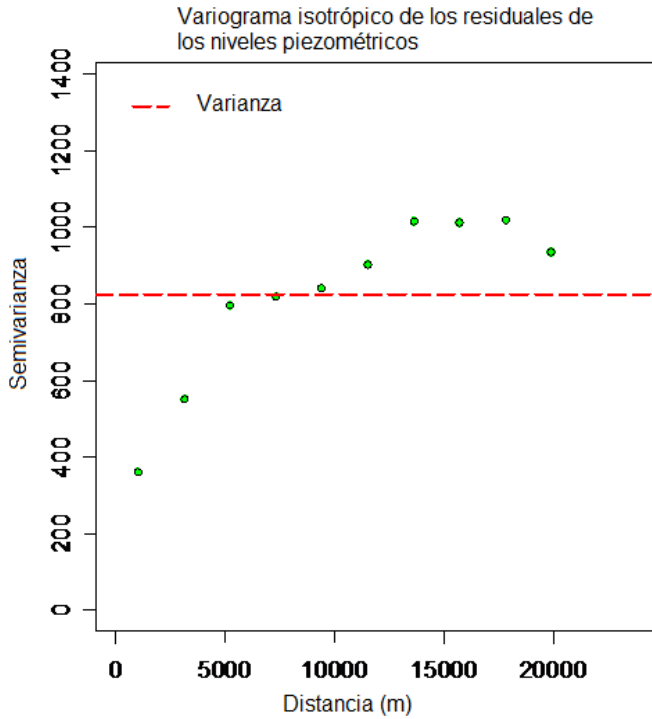


Figura 4.19. Distribución espacial de los 382 pozos con residuales de los niveles piezométricos

En la Figura 4.19 se visualiza la distribución espacial de los 382 pozos, se observa que cubre el polígono urbano de Saltillo, y se distribuyen en dirección *norte-noreste*, por la carretera que va a Monterrey.



En la Figura 4.20 se presentan las semivarianzas obtenidas a diferentes distancias. Parece acortarse en la línea de la varianza.

Figura 4.20. Variograma experimental (382 residuales)

Análisis de Anisotropía

A continuación se muestra el cálculo de las semivarianzas a diferentes distancias y a diferentes direcciones, Cuadro 4.4:

Pares	Distancia	Semivarianzas			
		0 grados	45 grados	90 grados	135 grados
2	0.0000	1150.2040	1150.2040	1150.2040	1150.2040
2844	1045.8143	364.1978	364.1978	364.1978	364.1978
5191	3137.4429	552.4872	552.4872	552.4872	552.4872
7454	5229.0715	796.7603	796.7603	796.7603	796.7603
9292	7320.7000	820.8419	820.8419	820.8419	820.8419
9343	9412.3286	844.8692	844.8692	844.8692	844.8692
8325	11503.9572	905.2907	905.2907	905.2907	905.2907
7640	13595.5858	1017.6507	1017.6507	1017.6507	1017.6507
5578	15687.2144	1014.0078	1014.0078	1014.0078	1014.0078
3996	17778.8429	1020.4965	1020.4965	1020.4965	1020.4965
3295	19870.4715	937.0478	937.0478	937.0478	937.0478

Cuadro 4.4. Semivarianzas a diferentes direcciones y distancias

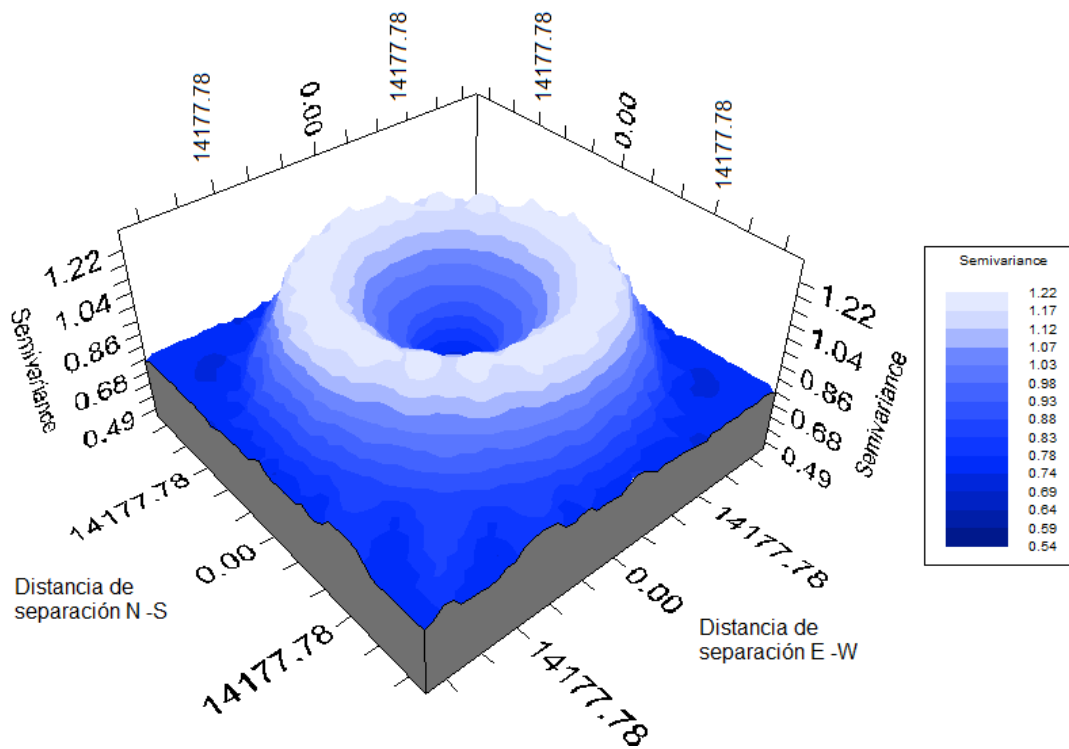


Figura 4.21. Semivarianzas a direcciones 0°, 45°, 90° y 135° y a diferentes distancias

En el Cuadro 4.4 se observa que los valores de las semivarianzas son iguales en todas direcciones para una distancia dada y en la Figura 4.21 se observa un comportamiento isotrópico. Entonces se determina que no existe la presencia de anisotropía o al menos no se tienen los suficientes elementos para determinar su presencia.

Ajuste del semivariograma

Ajuste automático

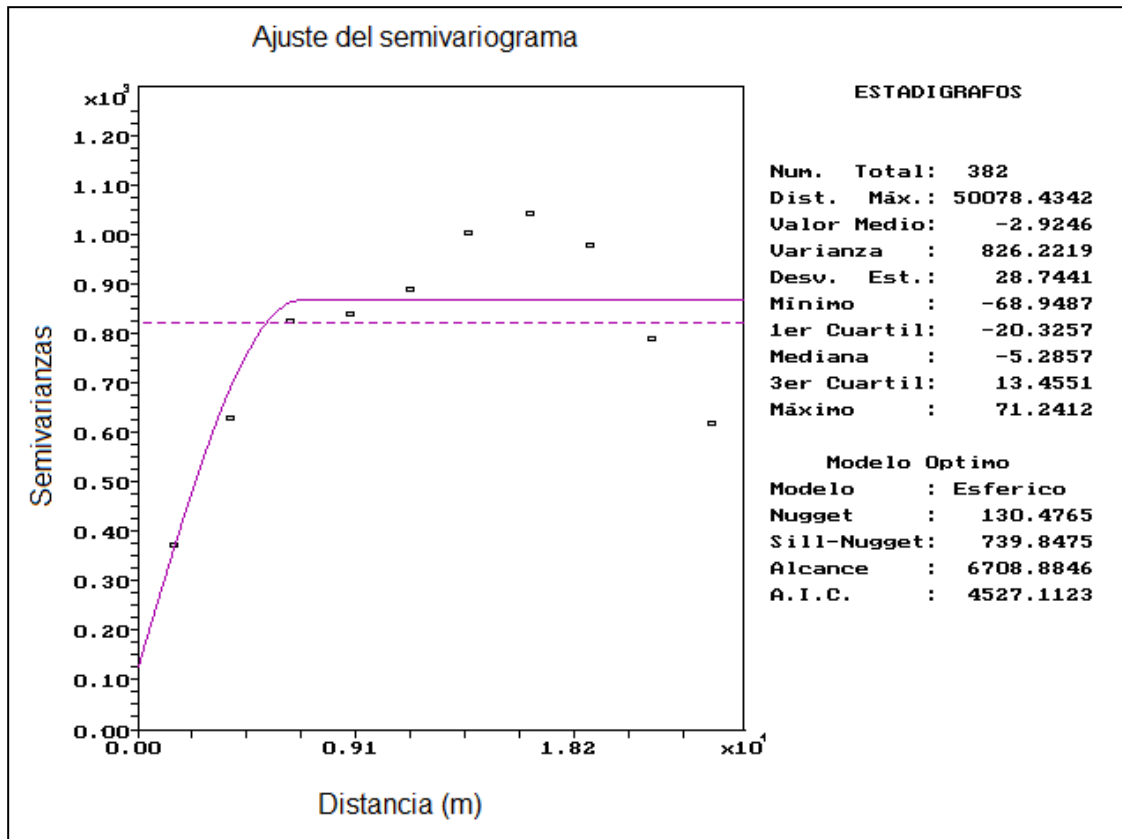


Figura 4.22. Ajuste automático del semivariograma de los 382 residuales del nivel piezométrico

El semivariograma adireccional con ajuste automático, Figura 4.22, resultó con los siguientes parámetros:

- Modelo: esférico
- Nugget: 130.4765
- Sill-nugget: 739.8475
- Alcance: 6708.8846
- A.I.C.:4527.1123

Ajuste manual

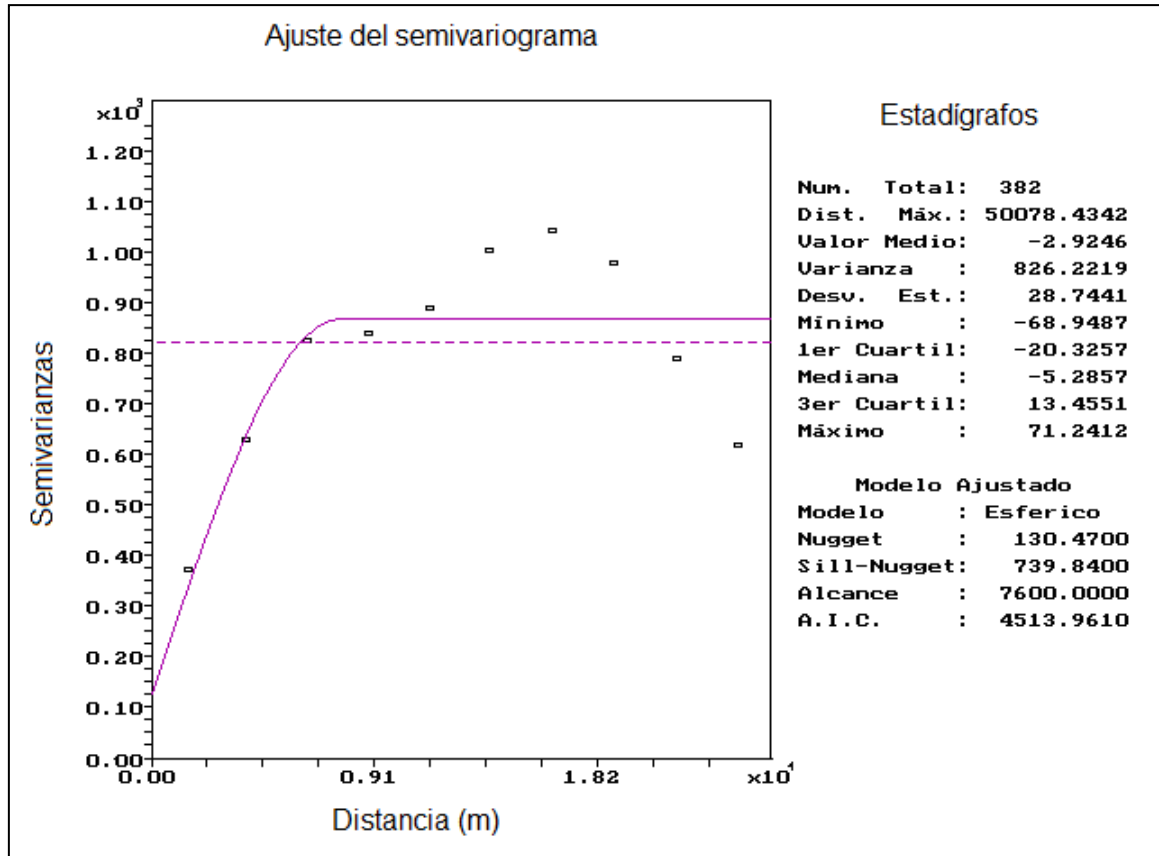
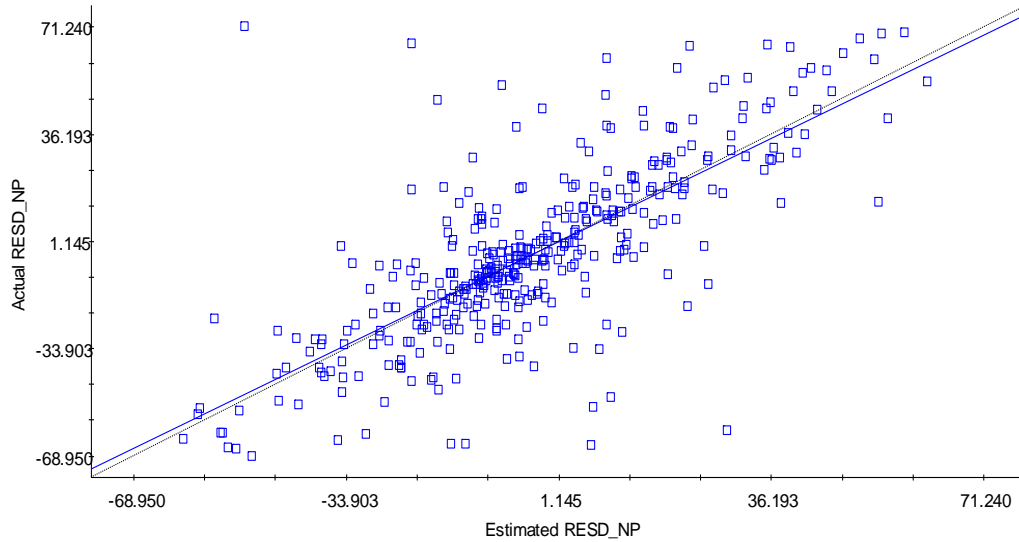


Figura 4.23. Ajuste manual del semivariograma de los 382 residuales del nivel piezométrico

En el ajuste manual del semivariograma, Figura 4.23, se obtuvieron los siguientes parámetros:

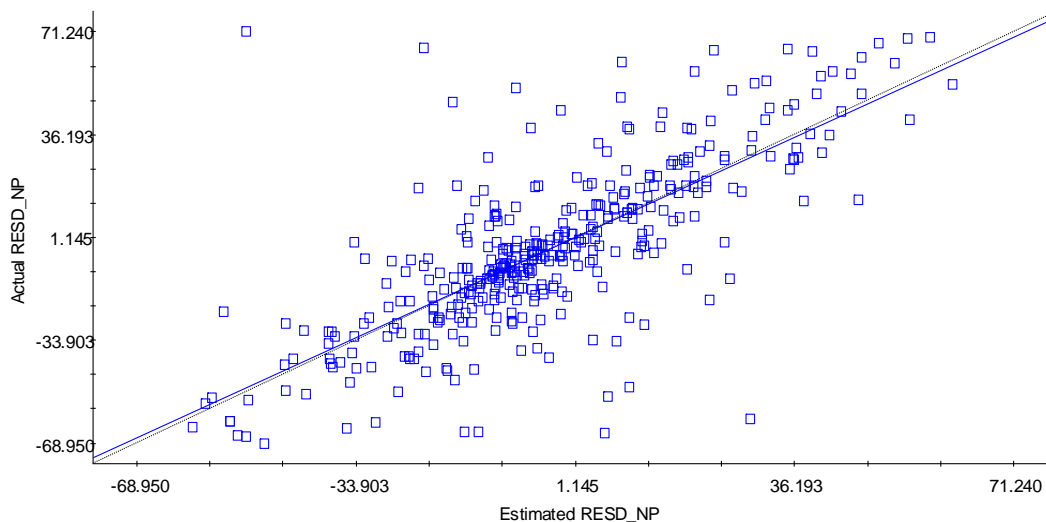
- Modelo: esférico
- Nugget: 130.47
- Sill-nugget: 739.84
- Alcance: 7600
- A.I.C.:4513.961

Validación cruzada de los modelos del Semivariograma



Regression coefficient = 0.964 (SE = 0.044 , $r^2=0.559$,
y intercept = 0.078, SE

Figura 4.24. Validación cruzada del modelo automático del semivariograma



Regression coefficient = 0.974 (SE = 0.044 , $r^2=0.560$,
y intercept = 0.116, SE

Figura 4.25. Validación cruzada del modelo de semivariograma ajustado manualmente

En las Figuras 4.24 y 4.25 se visualiza gráficamente la validación cruzada de los modelos automático y manual del semivariograma, se observa un mejor ajuste en el

modelo automático con un coeficiente de regresión de 0.984, a diferencia del modelo manual que tiene un coeficiente de regresión de 0.974.

Ajuste automático	Ajuste manual
<p>VALIDACIÓN CRUZADA</p> <p>Radio de búsqueda = 6.7088846000E+03</p> <p>Variograma:</p> <p>Modelo = Esférico</p> <p>Nugget = 1.3047650000E+02</p> <p>Sill-Nugget = 7.3984750000E+02</p> <p>Alcance = 6.7088846000E+03</p> <p>Valor Medio de Z-Z* = -2.1698894565E+01</p> <p>Varianza de Z-Z* = 5.9365255613E+04</p> <p>Valor Medio de Zscore = -1.1160350489E-01</p> <p>Varianza de Zscore = 9.7549461174E+00</p> <p>Porcentaje de puntos estimados = 99.74%</p>	<p>VALIDACIÓN CRUZADA</p> <p>Radio de búsqueda = 7.6000000000E+03</p> <p>Variograma:</p> <p>Modelo = Esférico</p> <p>Nugget = 1.3047000000E+02</p> <p>Sill-Nugget = 7.3984000000E+02</p> <p>Alcance = 7.6000000000E+03</p> <p>Valor Medio de Z-Z* = -3.8740309900E+01</p> <p>Varianza de Z-Z* = 1.2023436842E+05</p> <p>Valor Medio de Zscore = -3.9904718542E-01</p> <p>Varianza de Zscore = 2.7270868363E+01</p> <p>Porcentaje de puntos estimados = 99.74%</p>

Donde:

Z = valor de la variable medido

Z* = valor de la variable estimada

Zscore = es la diferencia entre valor de la variable medida y la estimada, dividida entre la desviación estándar del error de estimación

Se elige el modelo de semivariograma obtenido en el ajuste automático por presentar mejores resultados en la validación cruzada; presenta un mejor coeficiente de regresión lineal y el valor medio de Zscore se acerca más a cero.

4.4 ESTIMACIÓN ESPACIAL

Con los siguientes parámetros del modelo de semivariograma se realiza la estimación espacial, aplicando kriging puntual ordinario:

Modelo	Nugget (Co)	Sill-Nugget (C-Co)	Alcance	AIC
Esférico	130.4765	739.8475	6708.8846	4527.1123

Para la estimación se utilizó una malla regular de 500 x 500 metros, considerando las coordenadas extremas del polígono del acuífero (las coordenadas están en proyección Cónica Conforme de Lambert y en datum ITRF92). Dichas coordenadas extremas son:

coordenadas	Valor en proyección CCL Datum ITRF92 (metros)
X mínima	2579697.12
X máxima	2642085.05
Y mínima	1470492.58
Y máxima	1519671.57

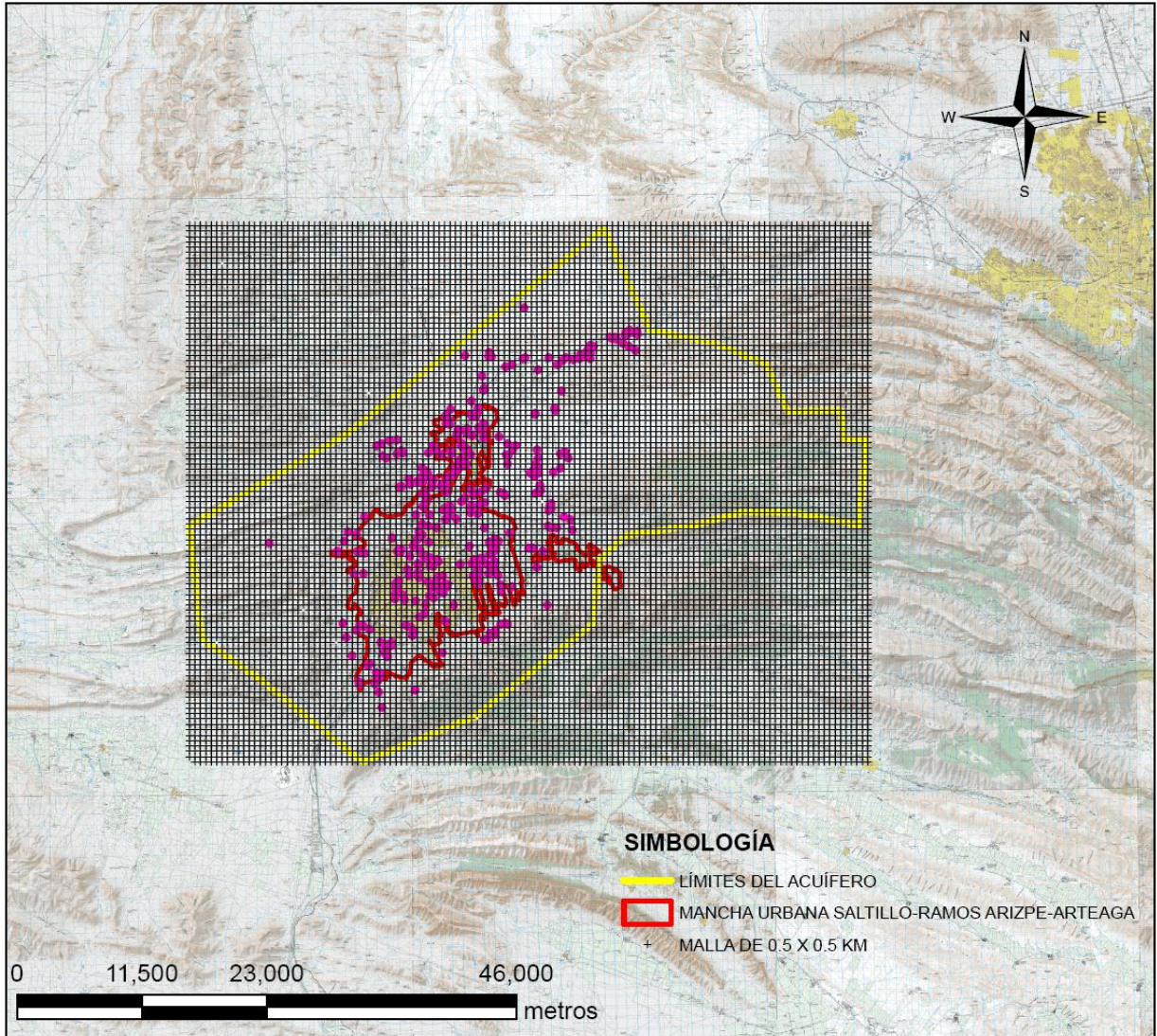


Figura 4.26. Malla generada de 500 x 500 m

La figura 4.26 muestra la malla de puntos generada, con un ancho de celda de 500 por 500 metros, mostrando el área que cubre.

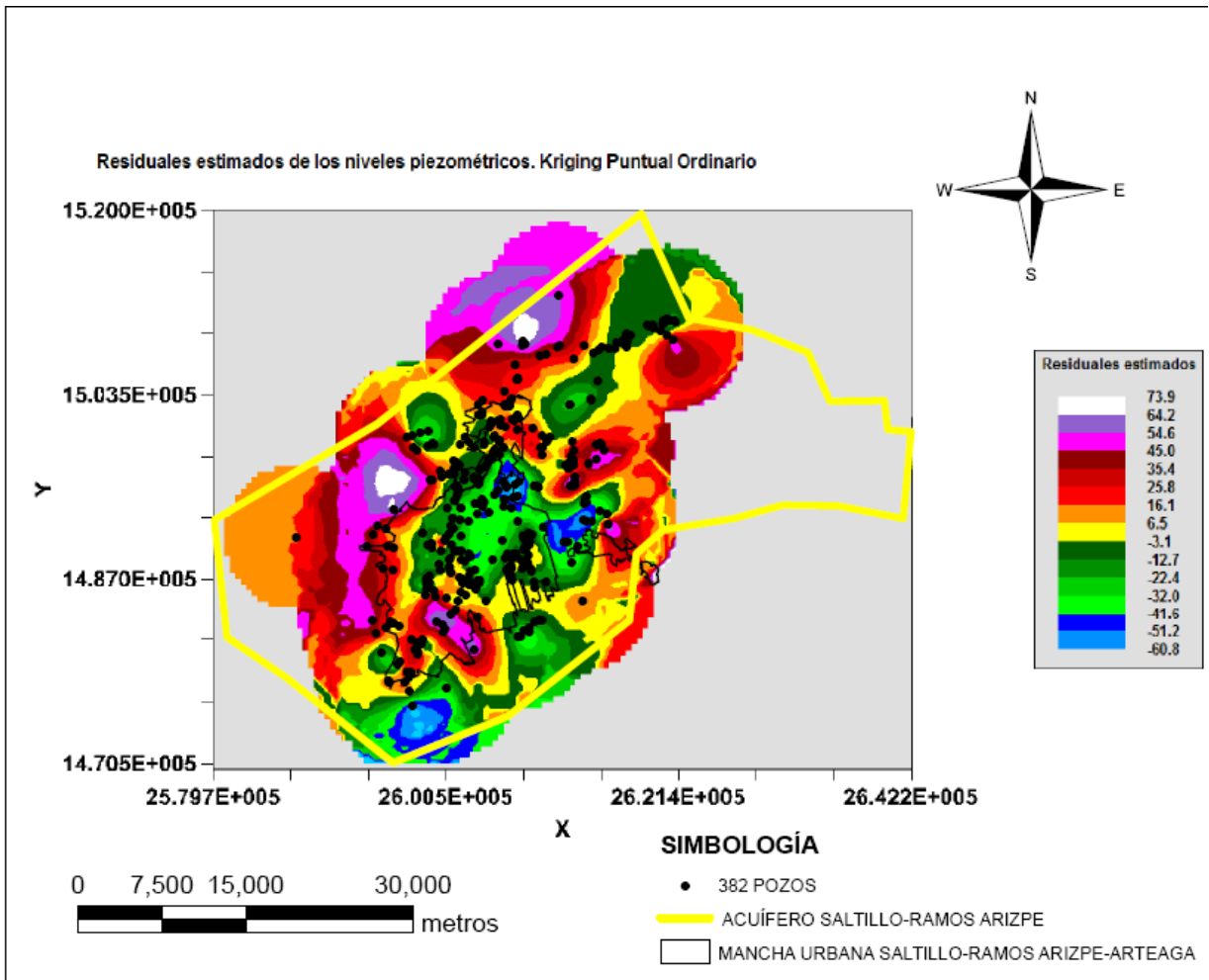


Figura 4.27. Mapa en 2D de los residuales estimados de los niveles piezométricos

En la Figura 4.27 se muestra el mapa en 2D de los residuales estimados de los niveles piezométricos; los valores representados van de -60.8 a 73.9 metros, de tonalidad amarillo y verde oscuro se observan los valores más próximos a cero, de color blanco los valores más altos (64.2 a 73.9 m), las tonalidades de azul representan menor valor (-60.8 a -51.2 m). Se observa que en gran parte del acuífero se realiza la estimación dejando algunas zonas sin cubrirse debido a que no existen pozos.

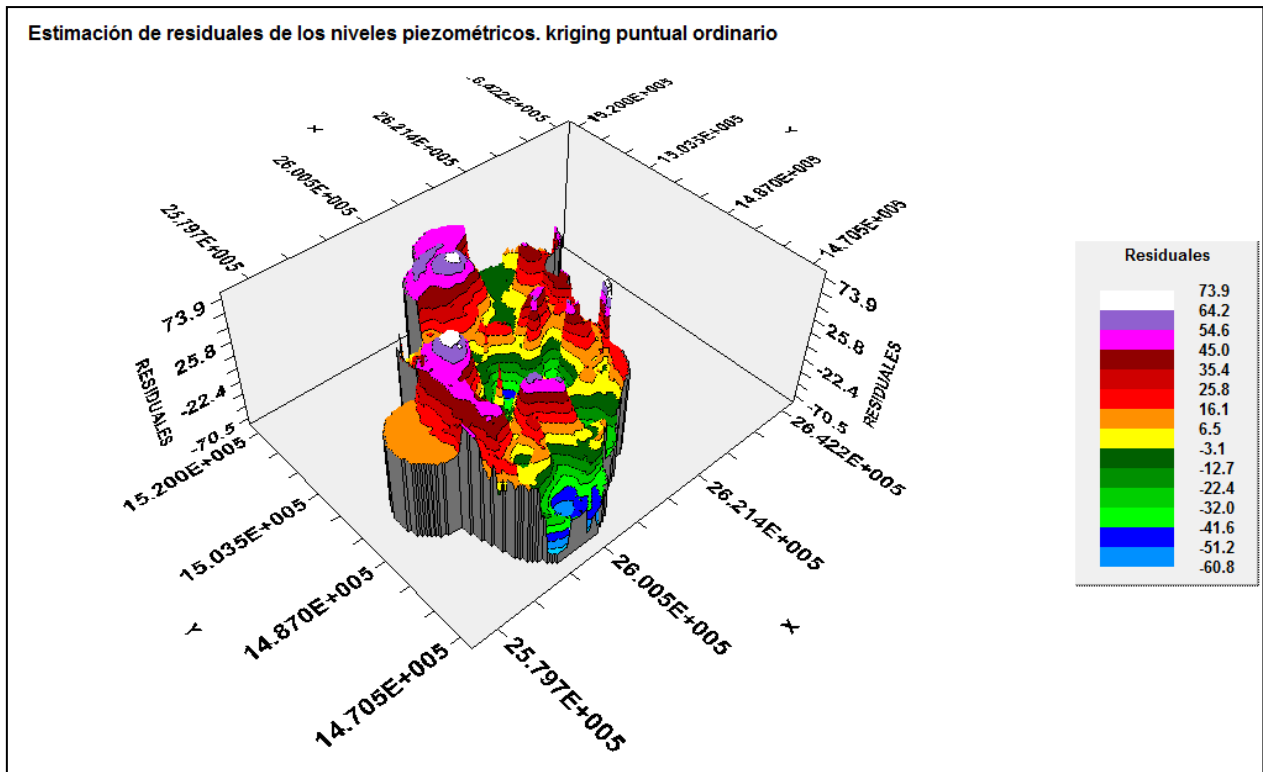


Figura 4.28. Mapa en 3D de los residuales estimados de los niveles piezométricos

En la Figura 4.28 se observa una vista en 3D del mapa de los residuales estimados de los niveles piezométricos, observándose al norte el pico más elevado y al centro y sur, de color azul, los valles más bajos.

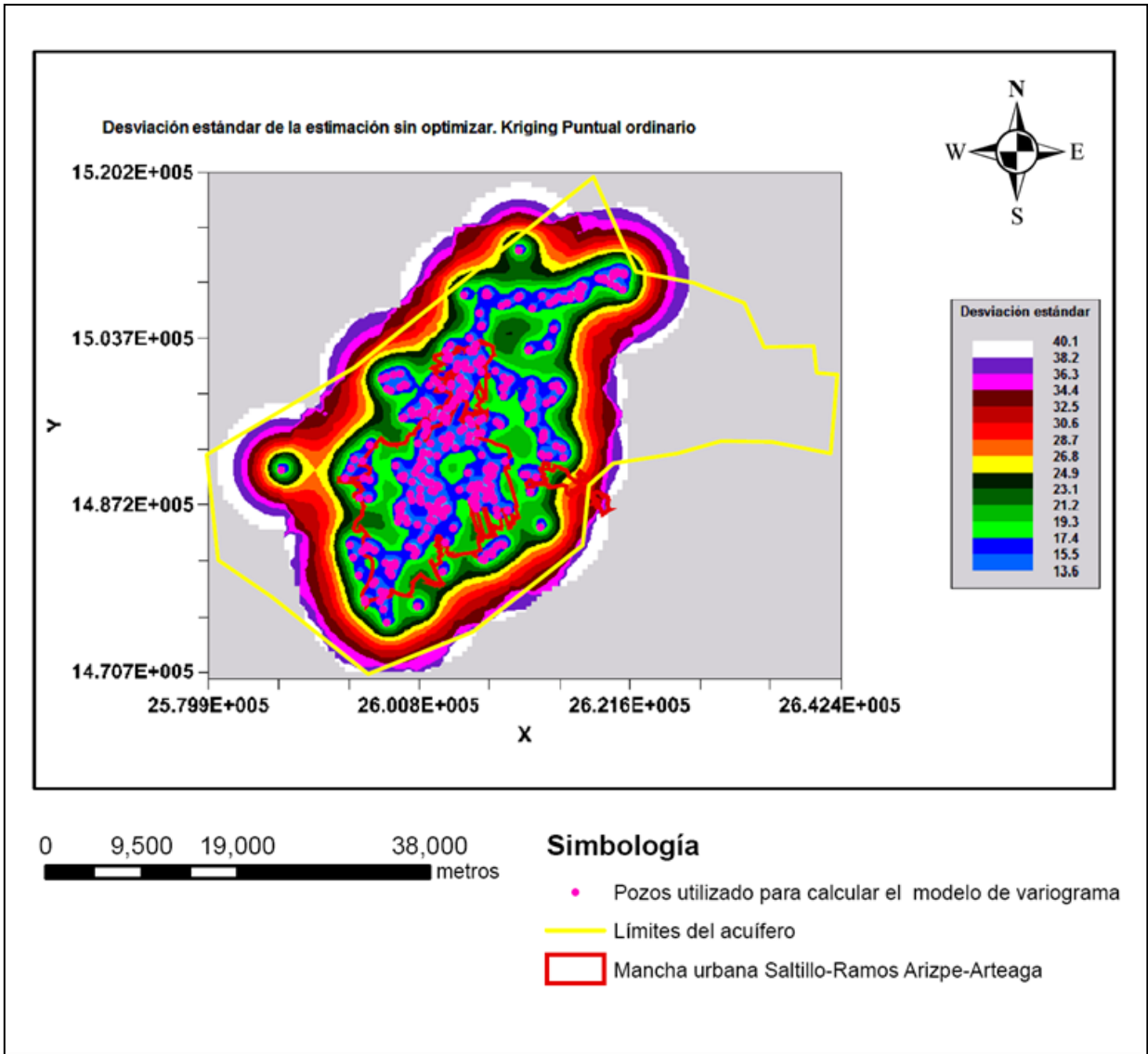


Figura 4.29. Mapa en 2D de las desviaciones estándares del error de estimación de los residuales

En la Figura 4.29, se observa en color blanco las desviaciones estándares del error de estimación más grandes (29.5 m), ubicadas en la periferia de la zona mapeada; y en color azul las desviaciones más pequeñas (14.2 m), distribuyéndose a lo largo del mapa de *suroeste* a *noreste*, cercanos a los pozos utilizados para determinar el modelo del semivariograma.

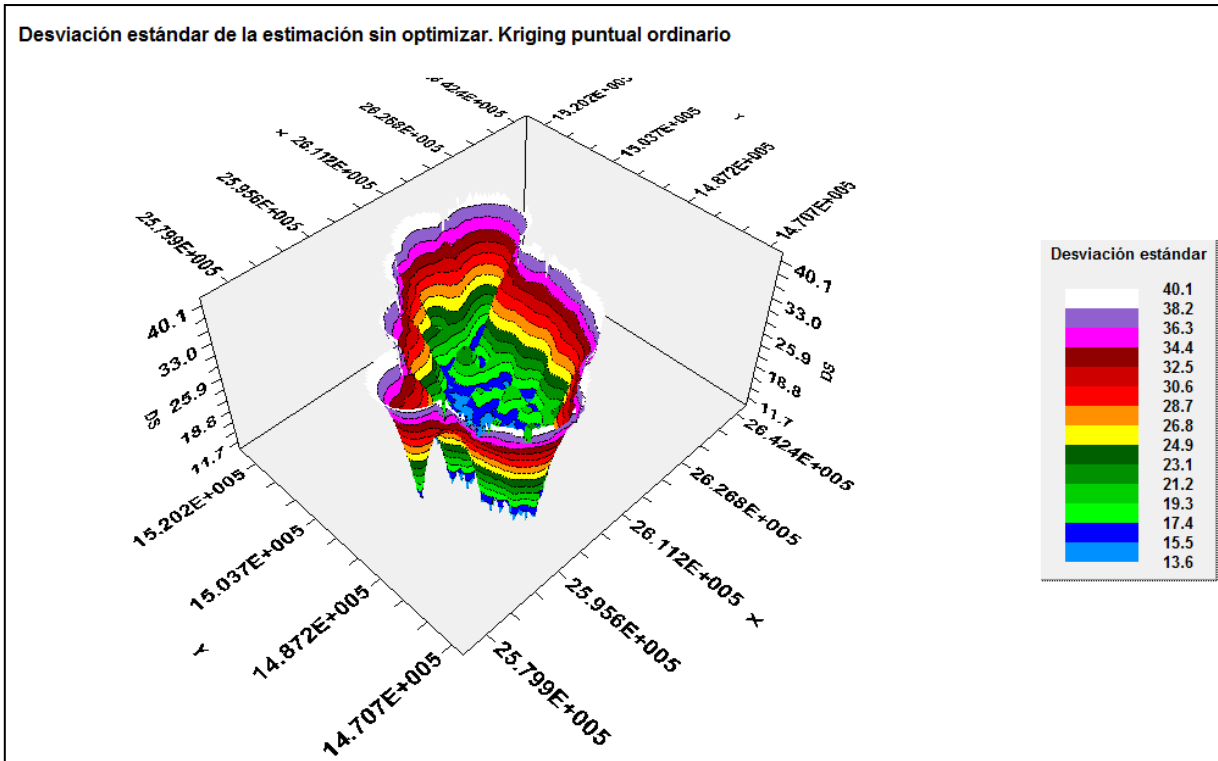


Figura 4.30. Vista en 3D de las desviaciones estándares del error de estimación de los residuales

En la figura 4.30 se observa una perspectiva en 3D del comportamiento de las desviaciones estándares de los errores de estimación de los residuales; se observa la formación de valles y picos.

Una vez estimados los residuales $R^*(x,y)$, se procedió a calcular los niveles piezométricos utilizando la siguiente relación:

$$Z^*(x,y) = M(x,y) + R^*(x,y) \text{ donde:}$$

$M(x,y)$ es la tendencia de los datos

$Z^*(x,y)$ son los niveles piezométricos calculados

Se obtiene:

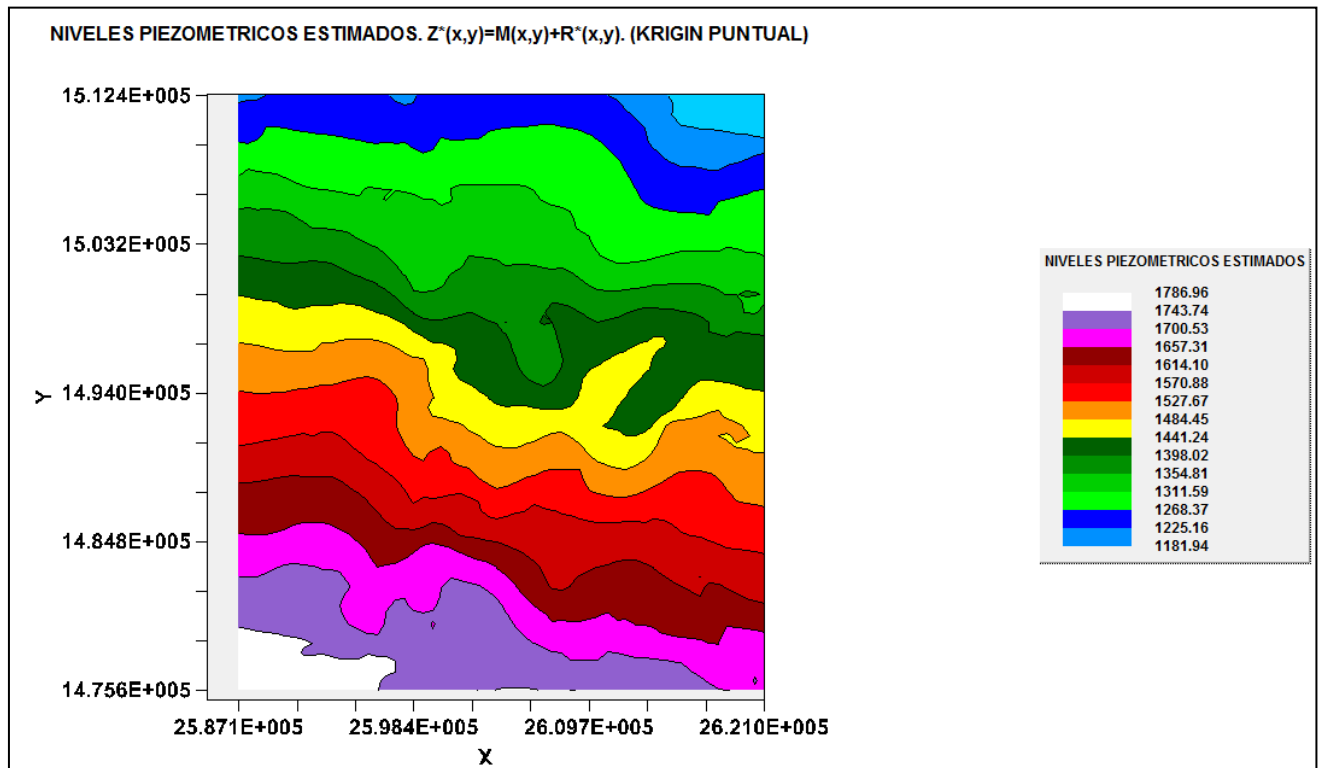


Figura 4.31. Mapa en 2D de los niveles piezométricos estimados

En la Figura 4.31 se observa el mapa en 2D de los niveles piezométricos, van en la dirección *suroeste a noreste*, con valores de 1786.96 a 1181.94 m; entre los valores 1484.45 (amarillo) y 1441.24 (verde oscuro), se observan conos de abatimientos.

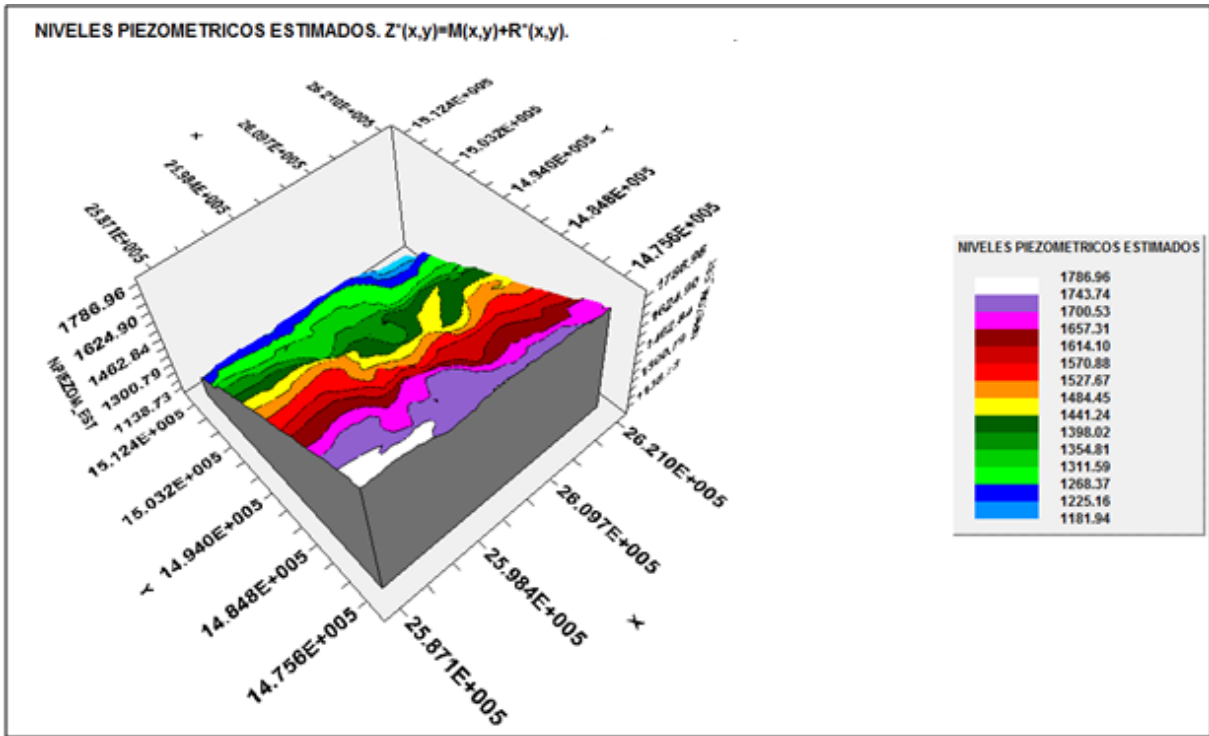


Figura 4.32. Vista en 3D de los niveles piezométricos estimados.

En esta perspectiva en 3D, Figura 4.32, se visualiza que los niveles piezométricos, van de *suroeste* a *norte-noreste*. Se observan casos de conos de abatimiento.

4.5 OPTIMIZACIÓN. INCLUSIONES SUCESIVAS

A continuación se muestran los resultados de la optimización, se presentan tres variantes:

4.5.1. OPTIMIZACIÓN CONSIDERANDO UNA TOLERANCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL ERROR DE ESTIMACIÓN.

Aplicando el procedimiento citado en la Figura 3.9, se visualiza el comportamiento de la desviación estándar del error de estimación con kriging ordinario en bloques, a medida que se adicionan pozos por inclusiones sucesivas, como se muestra en la Figura 4.33.

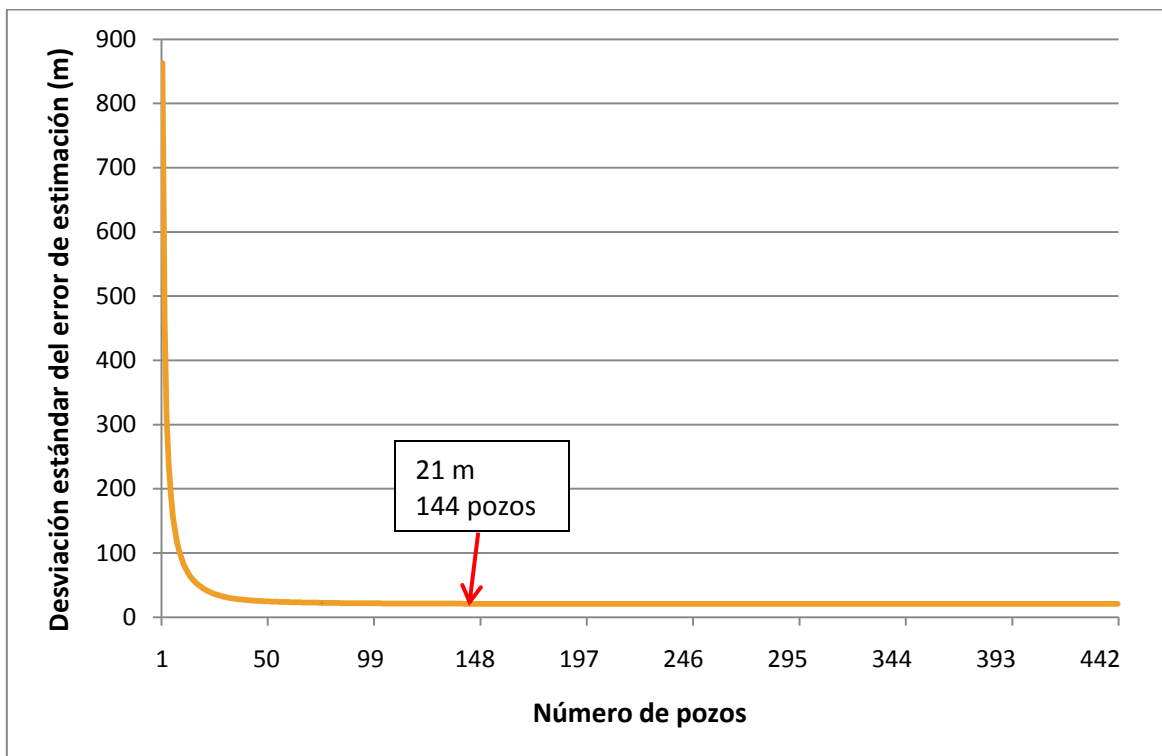


Figura 4.33. Comportamiento de la desviación estándar del error de estimación por kriging ordinario en bloques

A partir de 144 pozos, el valor de la desviación estándar del error de estimación presenta mínima variación resultando un valor de 21 m, como se puede observar en el siguiente cuadro:

No. De pozos	Desviación estándar del error de estimación (m)	No. De pozos	Desviación estándar del error de estimación (m)	No. De pozos	Desviación estándar del error de estimación (m)
1	862.96	100	21.58	150	20.96
50	24.73	110	21.38	160	20.9
60	23.54	120	21.22	200	20.76
70	22.78	130	21.11	300	20.65
80	22.22	140	21.03	400	20.63
90	21.84	144	21	450	20.62

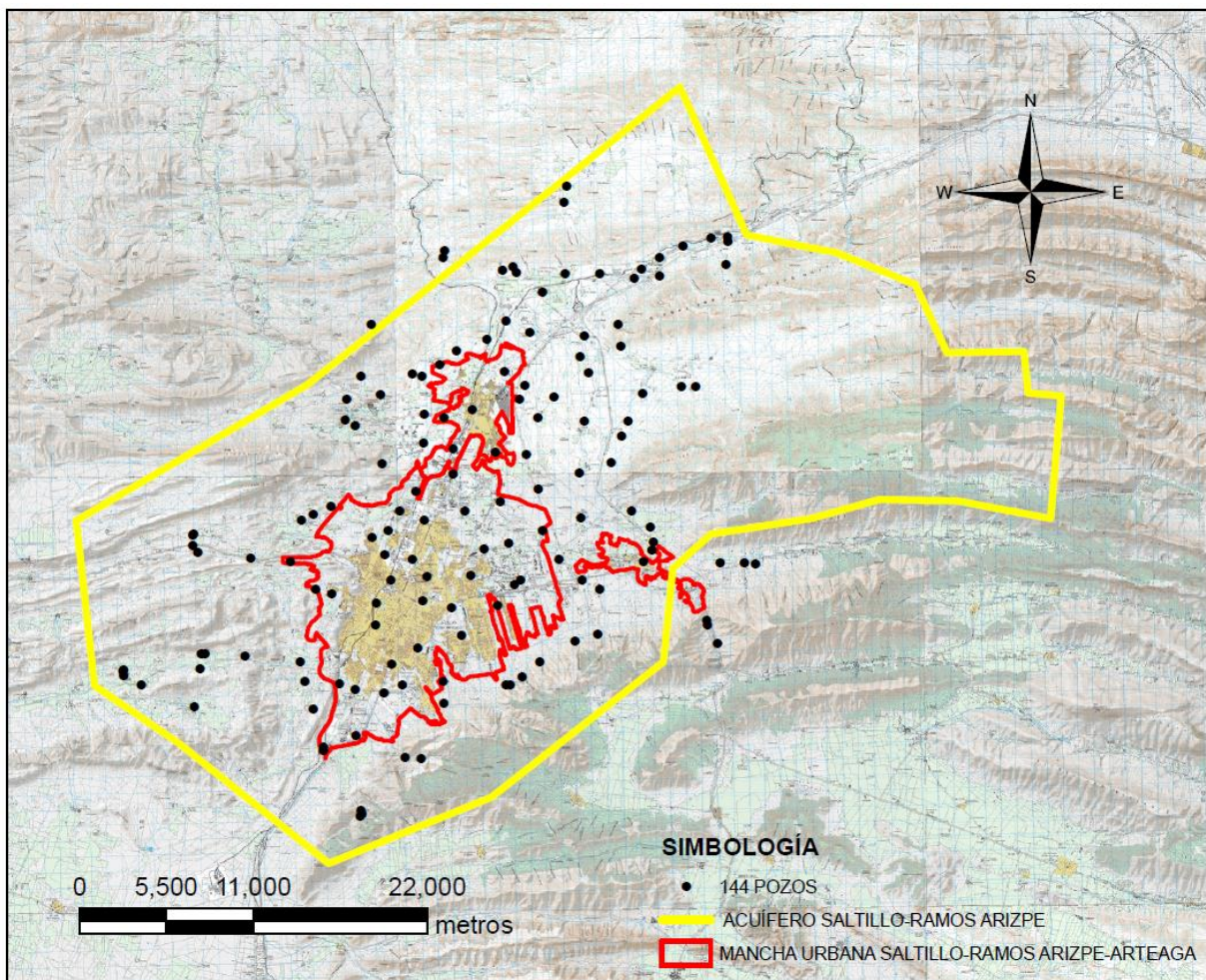


Figura 4.34. Distribución espacial de los 144 pozos

En la figura 4.34 se visualiza la distribución espacial de los 144 pozos, se observa que cubren la mayor parte del acuífero, excepto en la zona *noreste* en donde no se cuenta con pozos.

OPTIMIZACIÓN LOCAL

También se realiza la optimización de manera local, considerando que el acuífero cuenta con 750 pozos, de los cuales 382 fueron utilizados para determinar el modelo del semivariograma; de los 368 restantes, se emplean algunos para agregarse por el método de las inclusiones sucesivas. Se utilizó una malla de 500 x 500 metros y kriging puntual ordinario.

A fin de evaluar el número de pozos óptimos resultantes se aplicaron los casos del 1 al 5, variando las tolerancias para la desviación estándar del error de estimación. Para los casos del 6 al 9 además de variar las tolerancias se utilizan pozos y nodos de la malla como “pozos ficticios” para mejorar la estimación.

caso	Tolerancia utilizada en la desviación estándar del error de estimación (m)	Puntos utilizados en la estimación
1	35	pozos
2	30	pozos
3	25	pozos
4	20	pozos
5	15	pozos
6	35	Pozos y nodos de la malla
7	30	Pozos y nodos de la malla
8	25	Pozos y nodos de la malla
9	20	Pozos y nodos de la malla

- a) **Caso 1.** En cada punto de la malla, se utilizaron hasta 16 pozos (de los 382 empleados en la determinación del modelo del semivariograma) para el primer cálculo de la varianza del error de estimación, considerando un rango de búsqueda igual al alcance del semivariograma, 6708.8846 m; posteriormente se buscan hasta 4 pozos más de los restantes disponibles (de los 368 pozos), considerando el mismo rango de búsqueda; éstos se van agregando uno por uno, empezando con el pozo que presente el mayor índice de reducción relativa, hasta alcanzar la tolerancia o hasta agregar los 4 puntos.

Se fija 35 metros de tolerancia para la desviación estándar del error de estimación.

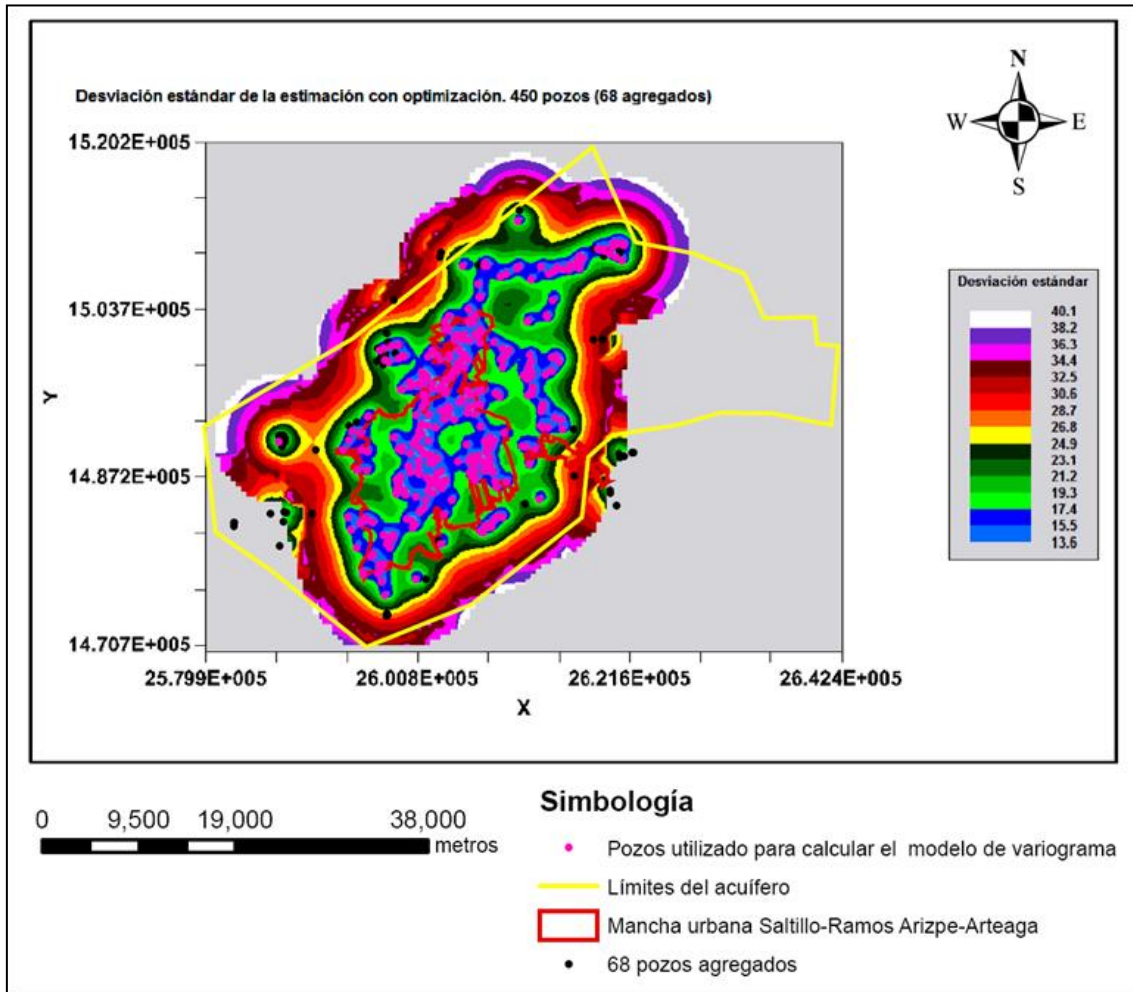


Figura 4.35. Desviación estándar del error de estimación con 450 pozos (68 agregados)

Se observa en la Figura 4.35 que casi en toda el área en la que se pudo interpolar con kriging puntual ordinario alcanza la tolerancia dada (colores del azul al rojo marrón), se visualiza en las periferias tonalidades de rosa y morado que representan las zonas donde no se cumple con dicho valor. Se obtiene un total de 450 pozos como los más óptimos en este caso.

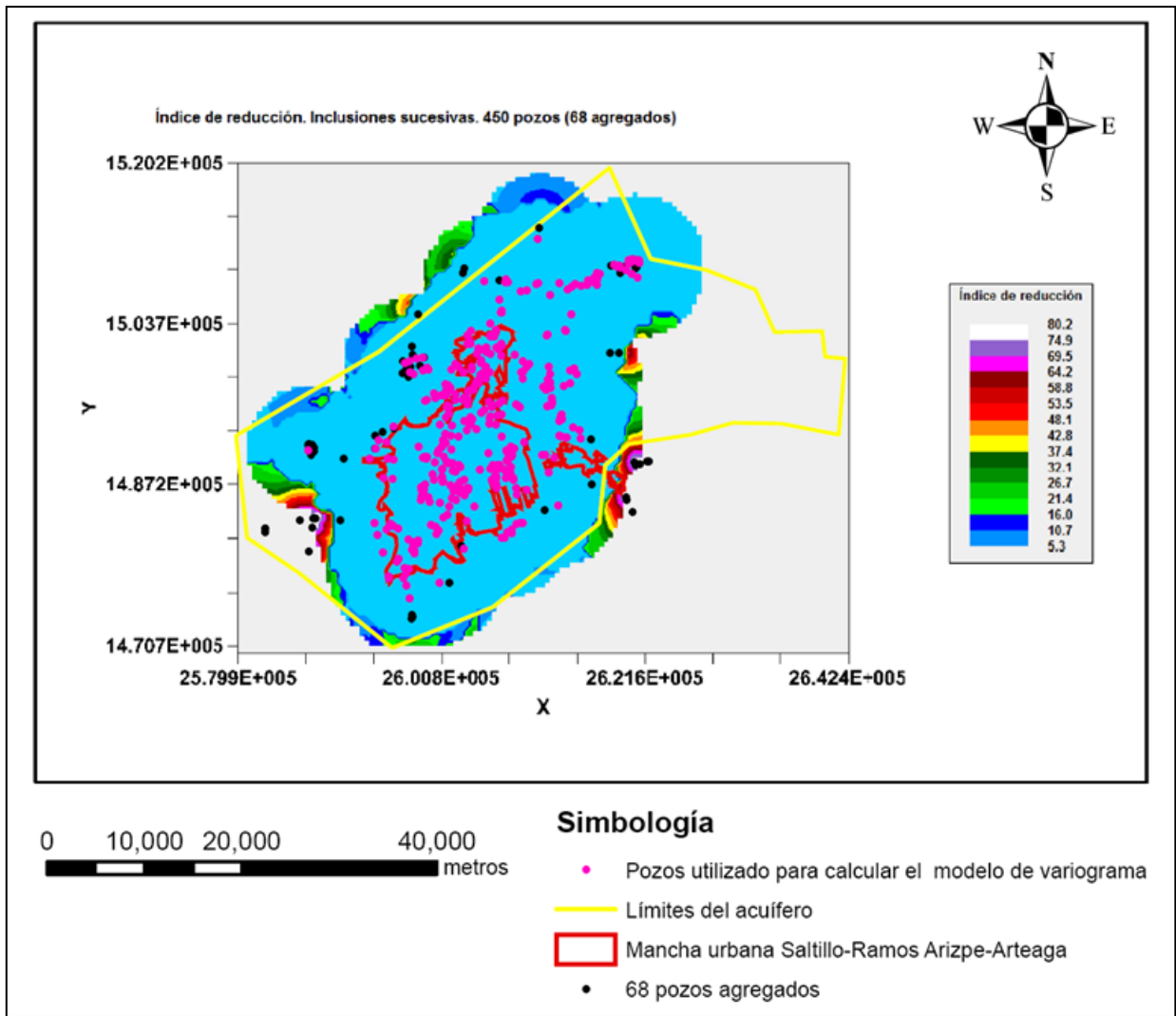


Figura 4.36. Índice de reducción relativa con 68 pozos agregados

En la Figura 4.36, se visualiza el índice de reducción relativa, alcanzándose en algunas zonas reducciones del orden de 74.9%; en su mayoría quedan en el rango de 5.3 a 16.0%; se observan porcentajes altos de reducción en el *noroeste*, *suroeste* y *este* del acuífero. Este mapa muestra el mejoramiento de la desviación estándar del error de estimación, utilizando hasta 16 pozos muestra por nodo de malla comparada con la obtenida después del proceso de optimización.

b) **Caso 2.** En cada punto de la malla se utilizaron hasta 16 pozos (de los 382 utilizados en el cálculo del modelo del semivariograma) para la estimación y el primer cálculo de la varianza del error de estimación, posteriormente se escogieron hasta 4 más de los disponibles para la optimización (de los 368 pozos). Se fija un valor de 30 m como tolerancia para la desviación estándar del error de estimación, y un rango de búsqueda de pozos igual al alcance del modelo de semivariograma, o sea, 6708.8846 m.

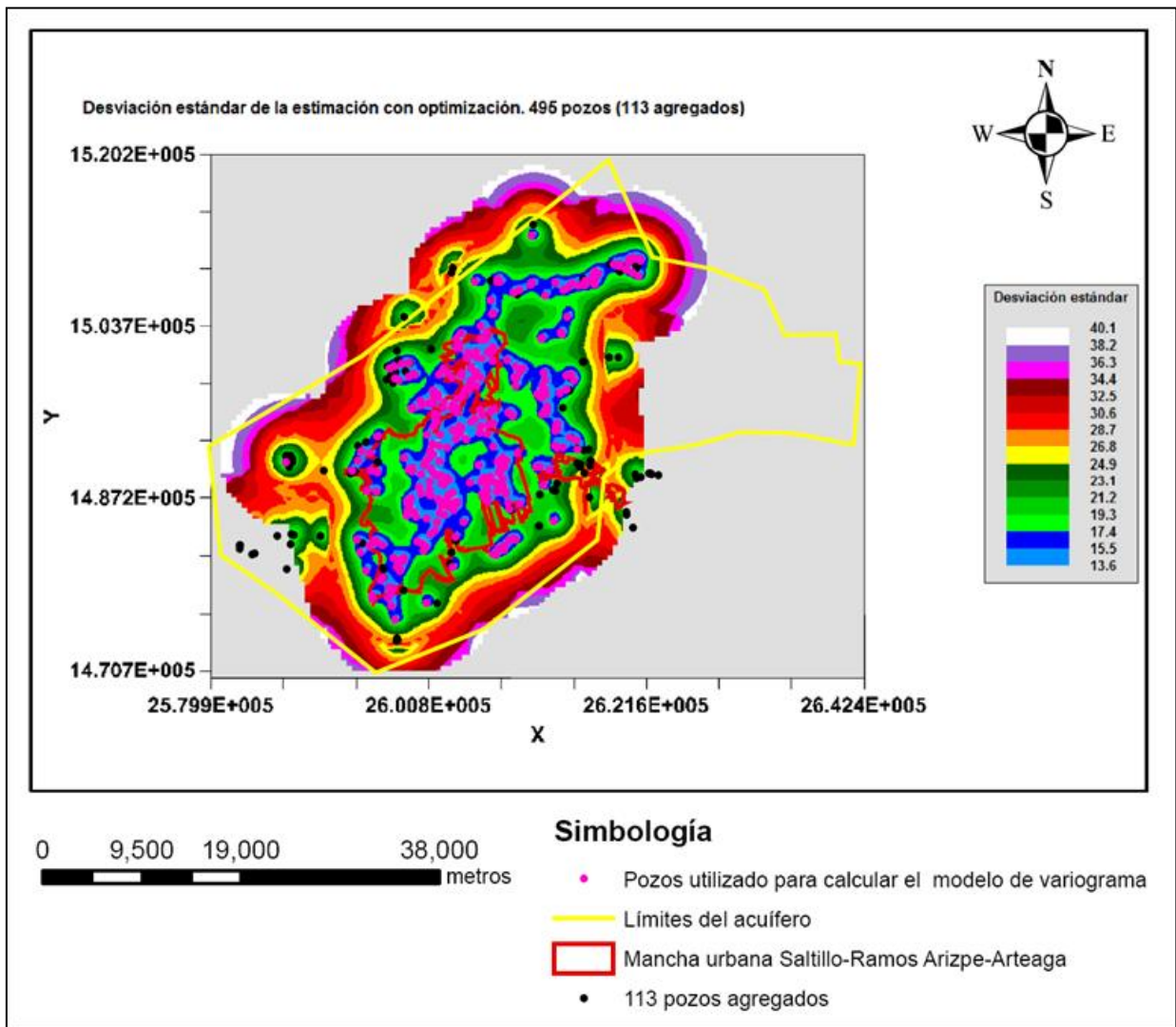


Figura 4.37. Desviación estándar del error de estimación con 495 pozos (113 agregados)

En la Figura 4.37 se observa en tonalidades de azul al rojo las zonas donde se alcanzan los valores de desviación estándar de estimación de 30 m, en colores rojo

marrón al blanco las zonas en donde no se cumple con esta condición. Los puntos de color negro representan los 113 pozos que se agregaron durante la optimización. El polígono urbano de Saltillo, que es el de color rojo de mayor dimensión, se cubre en su totalidad con valores menores al dado como tolerancia. Con estas condiciones se obtienen un total de 495 pozos.

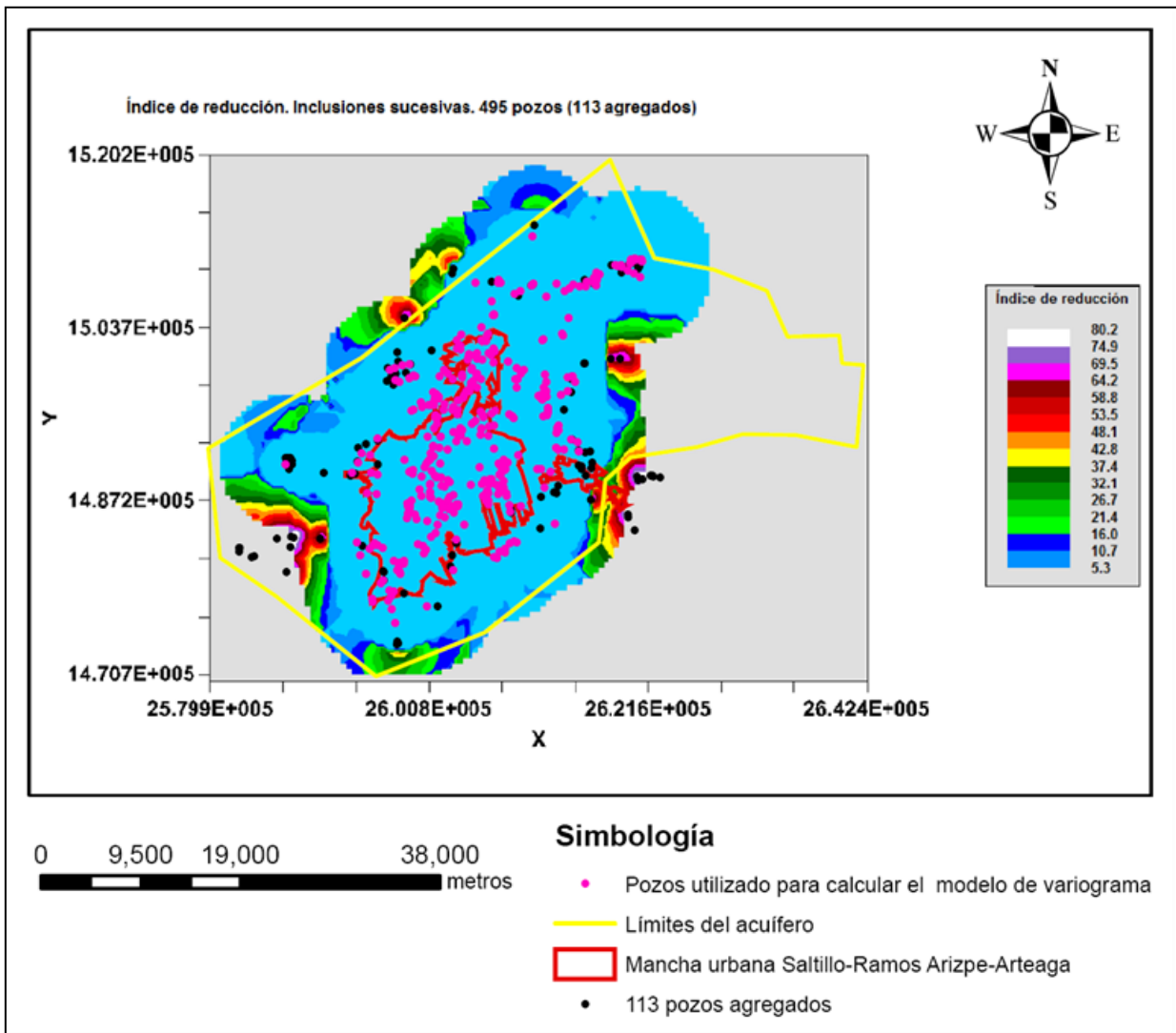


Figura 4.38. Índice de reducción relativa con 113 pozos agregados

En la Figura 4.38 se representa el índice de reducción relativa, en su mayoría los valores van del orden de 5.3 a 16% (tonalidades de azul), se observan 5 manchones principales en donde las reducciones son mayores, en estas zonas se concentran los pozos agregados (puntos de color negro).

- c) **Caso 3.** En cada punto de la malla, se utilizaron hasta 16 pozos (de los 382 utilizados para determinar el modelo del semivariograma) para el primer cálculo de la varianza del error de la estimación, posteriormente se escogieron hasta 4 pozos más de los disponibles para la optimización (de los 368 pozos). Se fija como tolerancia un valor de 25 m para la desviación estándar del error de la estimación y un rango de búsqueda de pozos igual al alcance del modelo de semivariograma, o sea, 6708.8846 m.

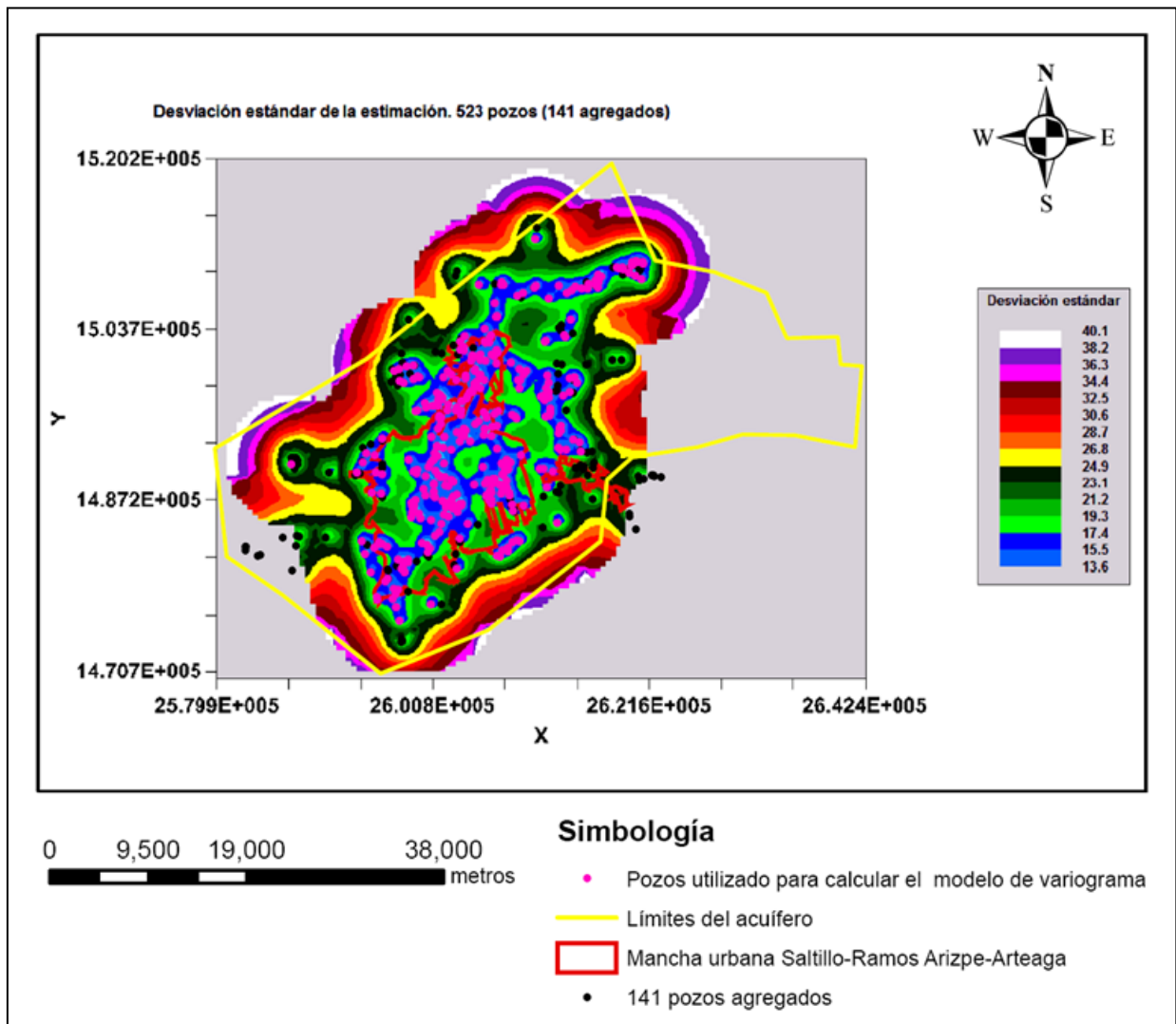


Figura 4.39. Desviación estándar del error de estimación con 523 pozos (141 agregados)

En la Figura 4.39 se observa de color azul al verde oscuro las zonas que cumplieron con la tolerancia establecida, se continúa cubriéndose la ciudad de Saltillo; en colores amarillos al blanco se observan las zonas que superan el valor de 25 m. Nuevamente, se observan en puntos color negro los pozos que se agregaron para mejorar la estimación. Se obtienen un total de 523 pozos.

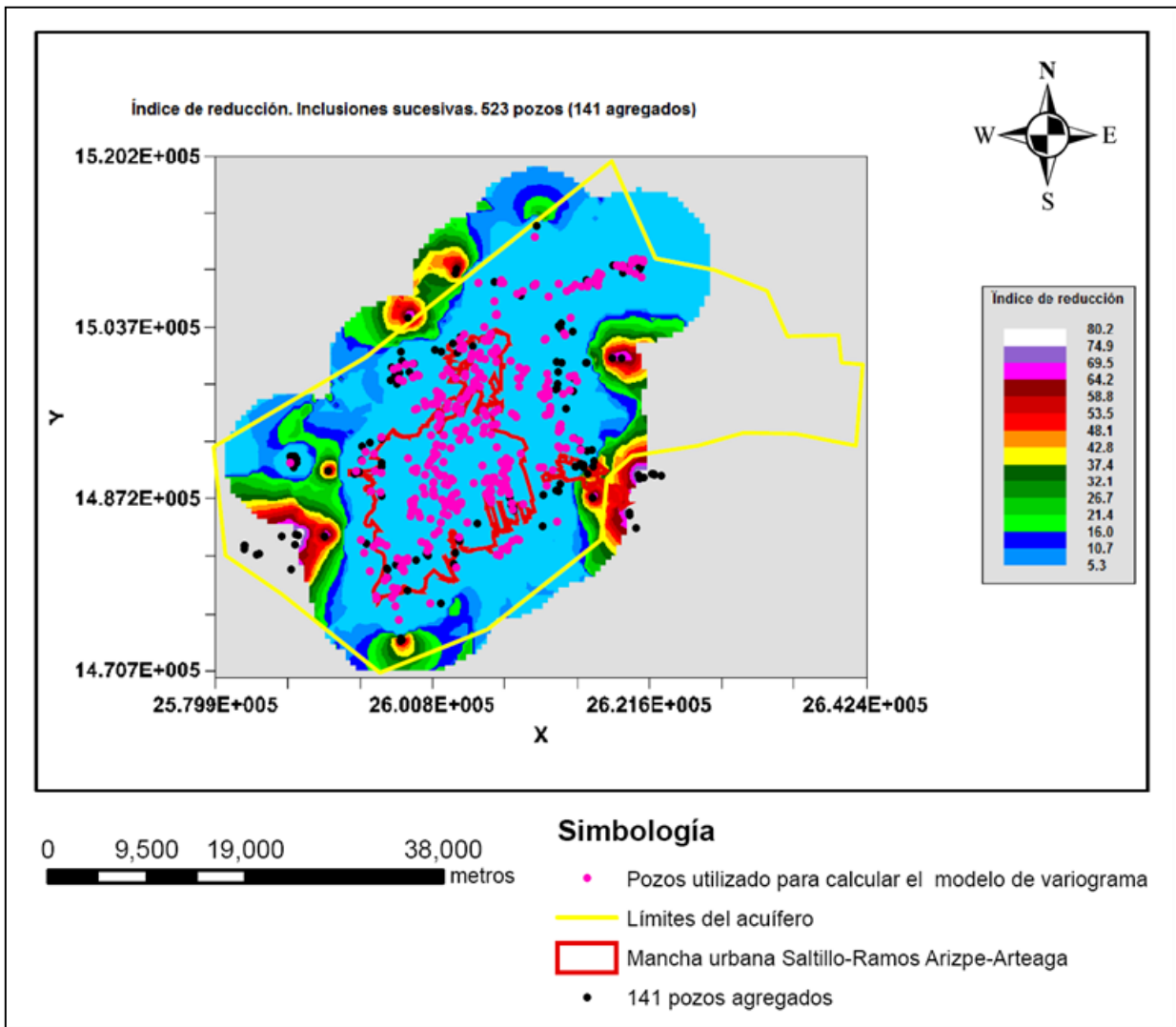


Figura 4.40. Índice de reducción relativa con 141 pozos agregados

En la figura 4.40 se representa el índice de reducción de este caso, se pueden ver las zonas del verde al blanco que representan mayores porcentajes del índice de reducción; los pozos agregados (puntos de color negro) se agrupan en dichas zonas.

- d) **Caso 4.** En cada punto de la malla se utilizaron hasta 16 pozos (de los 382 utilizados en el cálculo del modelo del semivariograma) para el primer cálculo de la varianza del error de estimación, posteriormente se escogieron 4 pozos más de los disponibles para la optimización (de los 368 pozos). Se fija como tolerancia 20 m y un rango de búsqueda de pozos igual al alcance del modelo de semivariograma, o sea, 6708.8846 m.

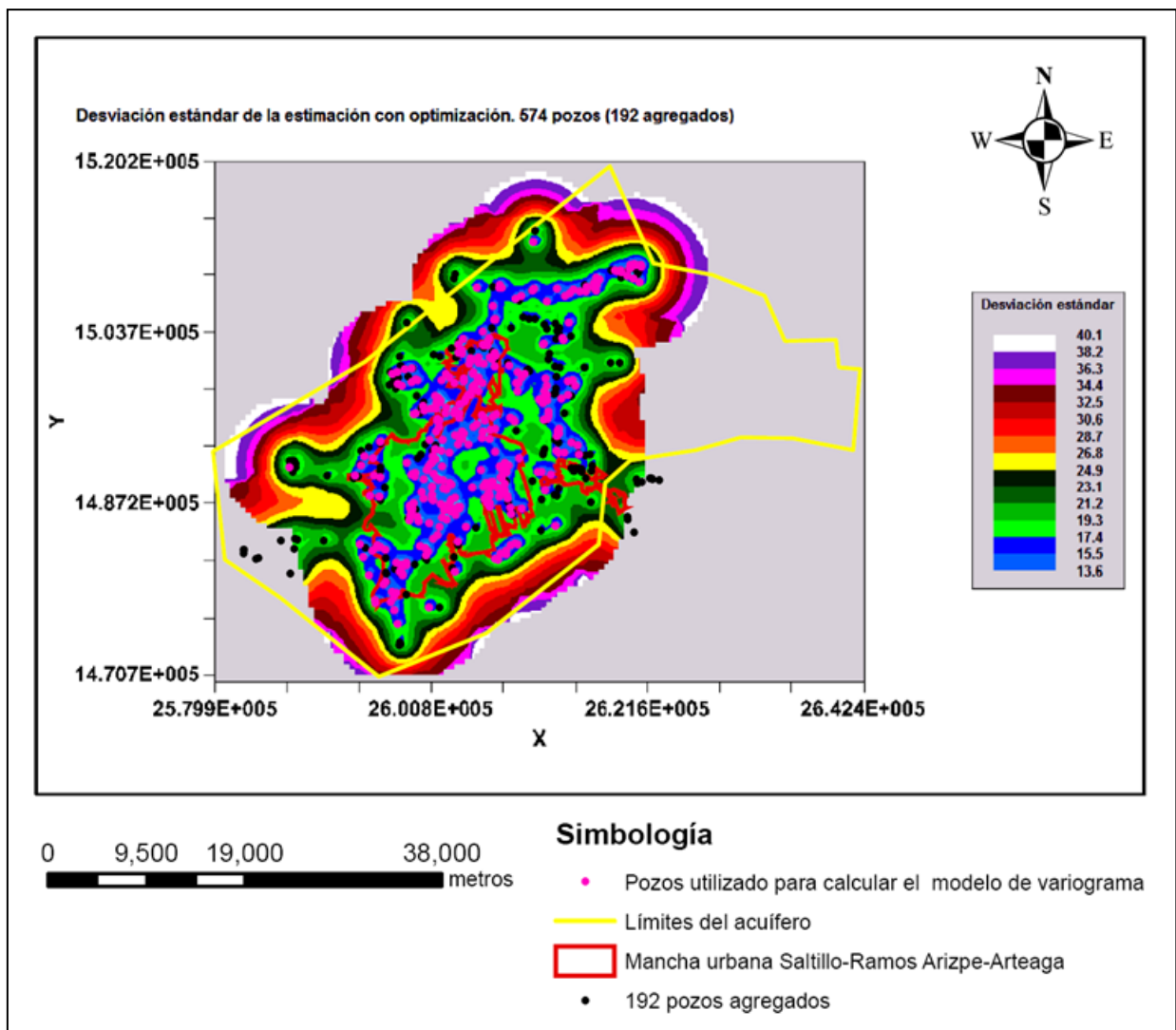


Figura 4.41. Desviación estándar del error de estimación con 574 pozos (192 agregados)

En la Figura 4.41 se observa en tonalidades del azul al verde claro las zonas que alcanzan el valor de 20 m; los pozos agregados en este caso son los que se presentan en color negro y se distribuyen principalmente en las zonas que presentan mayor índice de reducción relativa.

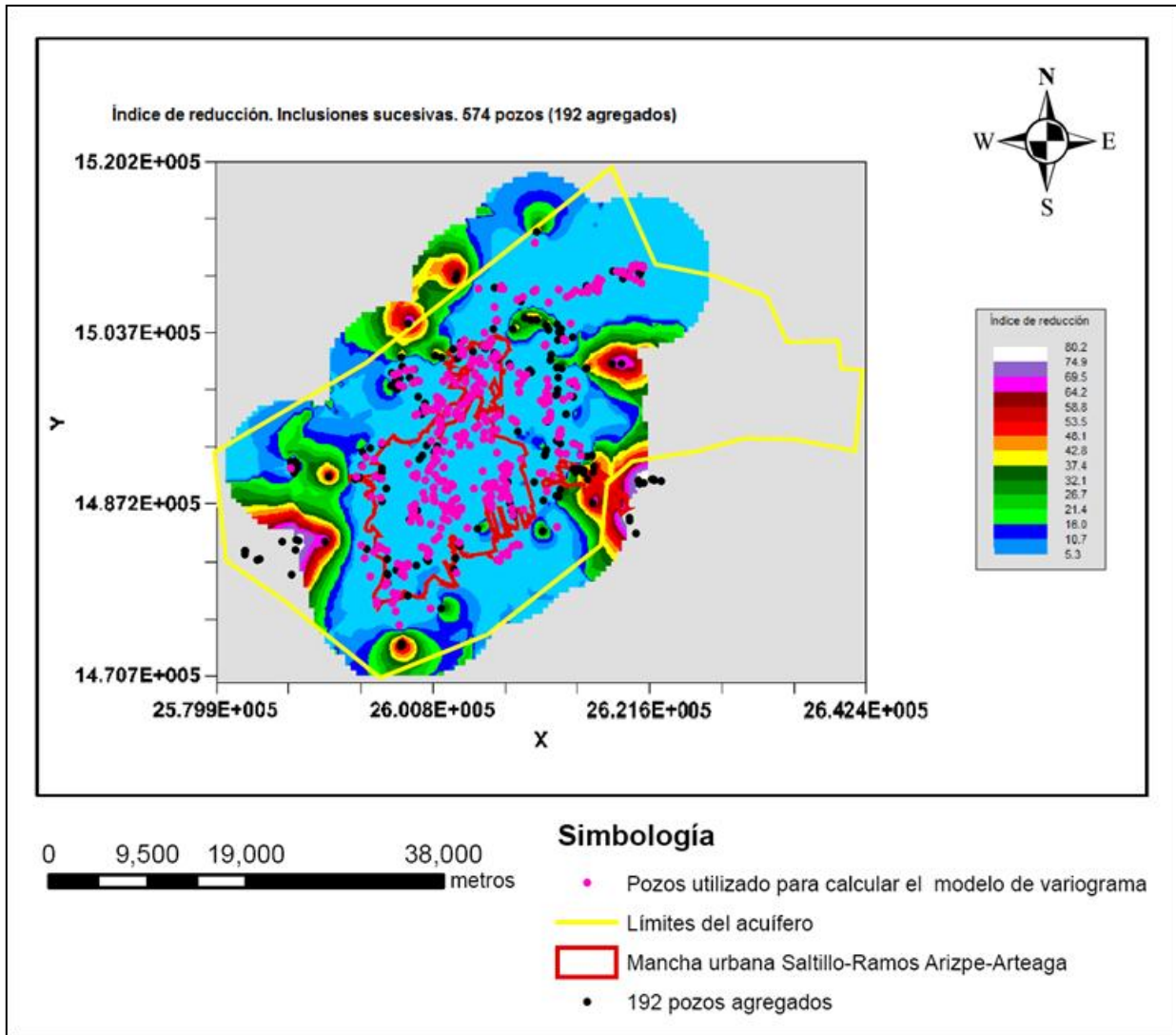


Figura 4.42. Índice de reducción con 192 pozos agregados

El mapa del índice de reducción relativa se visualiza en la Figura 4.42, donde se ubican las zonas de mayor porcentaje en colores del verde al blanco; se puede observar cierta tendencia de agrupamiento de los pozos agregados hacia estas zonas. Con estas condiciones se obtiene un total de 574 pozos como óptimos.

- e) **Caso 5.** En cada punto de la malla se utilizaron hasta 16 pozos (de los 382 utilizados en el cálculo del modelo del semivariograma) para el primer cálculo de la varianza del error de la estimación, posteriormente se escogieron 4 pozos más de los disponibles para la optimización (de los 368 pozos). Se fija como desviación estándar máxima de estimación un valor de 15 m y un rango de búsqueda de pozos igual al alcance del modelo de semivariograma, o sea, 6708.8846 m.

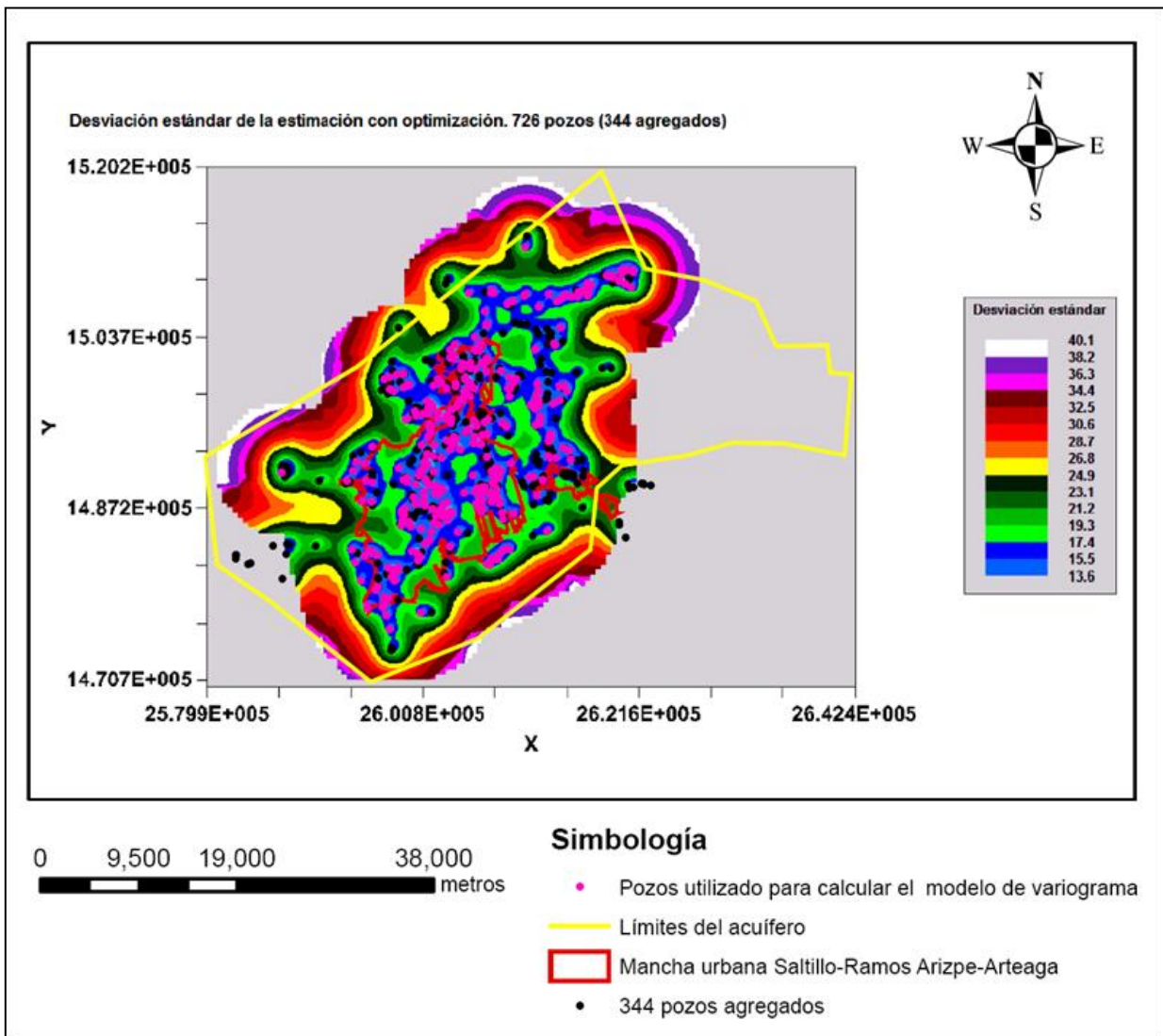


Figura 4.43. Desviación estándar del error de estimación con 726 pozos (344 agregados)

En la Figura 4.43 se observa en tonalidades de azul claro las zonas que cumplen el valor de 15 m de la desviación estándar del error de la estimación. Se observan los pozos agregados, los cuales, se distribuyen principalmente en estas zonas.

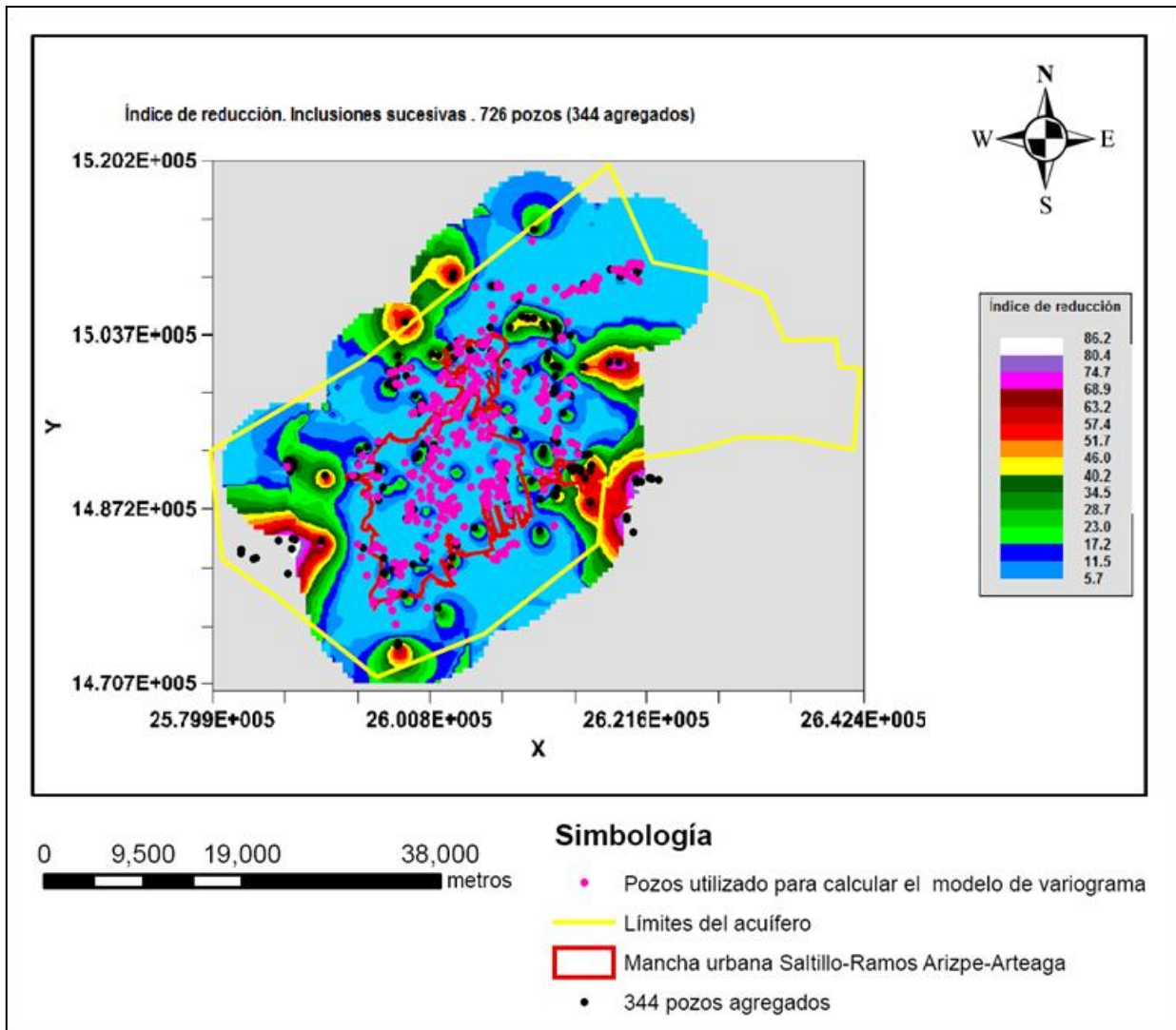


Figura 4.44. Índice de reducción con 344 pozos agregados

En la Figura 4.44 se muestra el mapa de índice de reducción, se observan las zonas de mayor porcentaje y la tendencia de los pozos agregados hacia estas zonas. Con los parámetros dados se obtienen 726 pozos como los más óptimos.

Parámetro Estadístico	Toda la Red (750 pozos)	Red óptima. Optimización global (21 m)	Optimización local.				
			Tolerancia (metros)				
			(sin agregar puntos malla)				
			15	20	25	30	35
Media	26.9734	27.6769	23.8345	24.0315	24.3147	24.7226	25.3131
Varianza	87.9695	73.9683	57.8172	55.0367	53.5446	54.5471	60.0449
Desviación estándar	9.3792	8.6004	7.5906	7.4187	7.3113	7.3856	7.7489
Coefficiente de variación	0.3477	0.3107	0.3185	0.3087	0.3007	0.2987	0.3061
Valor mínimo	11.6435	11.7095	11.6698	11.6698	11.6698	11.6698	11.6698
Valor Máximo	43.2565	43.2565	40.1269	40.1269	40.1269	40.1269	40.1269
Asimetría	0.1899	0.3257	0.40790	0.41992	0.34495	0.19184	0.06817
Kurtosis	1.7406	1.8337	1.98094	2.04374	2.0855	1.95238	1.71268
Pozos óptimos obtenidos		144	726	574	523	495	450

Cuadro 4.5. Comparación de parámetros estadísticos básicos de la desviación estándar del error de estimación antes y después de la optimización

En el cuadro 4.5 se presentan los parámetros estadísticos básicos de la desviación estándar del error de estimación de toda la red (con 750 pozos), de la red óptima con los 144 pozos obtenida en la optimización global y de las redes de pozos resultados de la optimización local.

En el caso local, se observa que a medida que se incrementa la tolerancia, el coeficiente de asimetría se acerca a cero; no se alcanza la tolerancia que se fija en algunos puntos de estimación ya que los valores máximos presentados son mayores, pero se obtienen medias que van de 23.8345 a 25.3131 m, y son valores menores comparados con las medias de toda la red o de la red óptima con 144 pozos.

4.5.2. OPTIMIZACIÓN LOCAL CONSIDERANDO UNA TOLERANCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL ERROR DE ESTIMACIÓN, CON POZOS Y NODOS DE MALLA

- f) **Caso 6.** En cada punto de la malla, se utilizaron hasta 16 pozos muestra para el cálculo de la varianza del error de estimación con kriging puntual ordinario, y hasta 4 para la optimización; una vez agregados todos los pozos, y si la desviación estándar del error de estimación no cumple con la tolerancia establecida, entonces se agrega el nodo de malla para los cálculos, simulando ser un pozo más. Para posteriores cálculos en otros nodos de malla siguientes, se busca la disponibilidad de puntos de malla que se hayan seleccionado previamente como “pozos ficticios”. En este caso se fija como tolerancia 35 m.

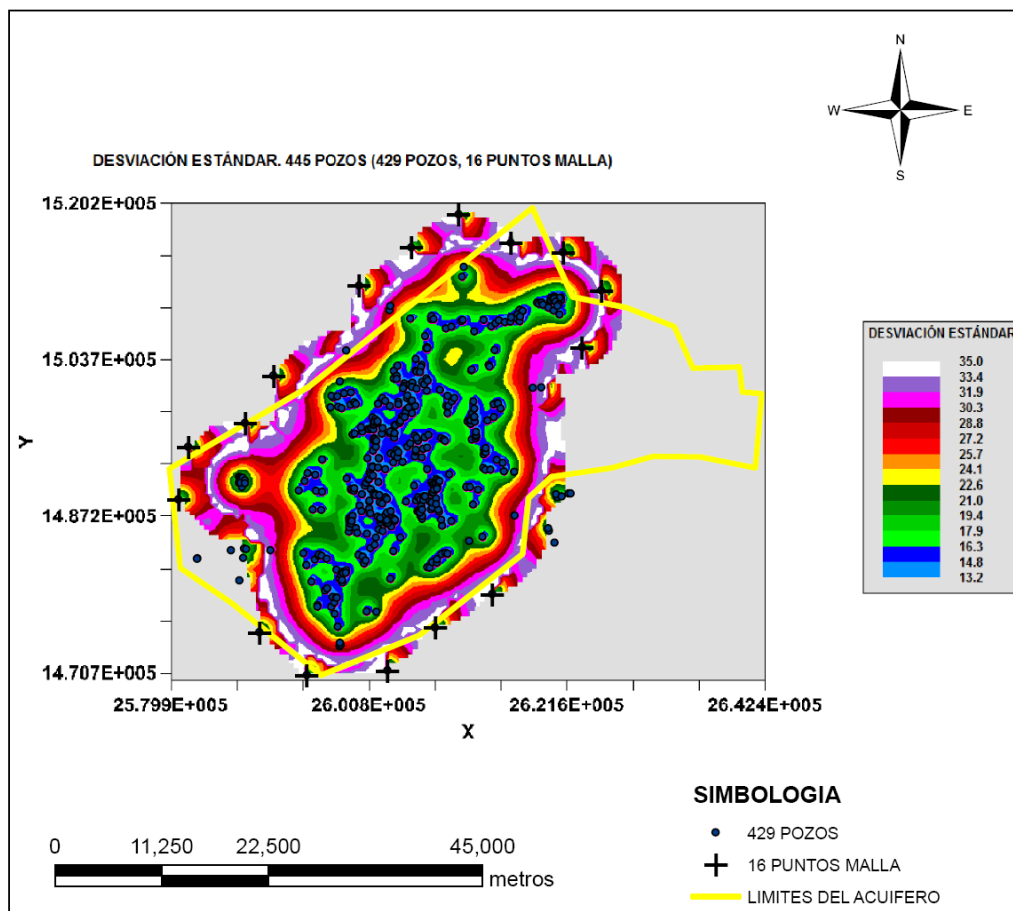


Figura 4.45. Desviación estándar del error de estimación con 445 puntos (429 pozos, 16 puntos malla)

De la figura 4.45 se observa que los puntos de malla agregados se concentran en las periferias, se observa que en gran parte de la zona de interés se alcanzan valores de 24.1 m (colores azul, verde y amarillo) y se garantiza que no existan valores mayores de 35 m. La ubicación de los 16 puntos de malla para el monitoreo del acuífero, sería lo ideal para garantizar que en los puntos de estimación, no se tengan valores mayores a esta tolerancia, sin embargo, si se necesitaran perforar pozos de monitoreo en esos puntos, no sería factible en todos porque uno se ubica en las zonas de cerro, como puede observarse en la Figura 4.46 señalado en círculo magenta.

Con esta condición se obtienen 445 puntos óptimos (429 pozos y 16 puntos malla) enlistados en el ANEXO 7.

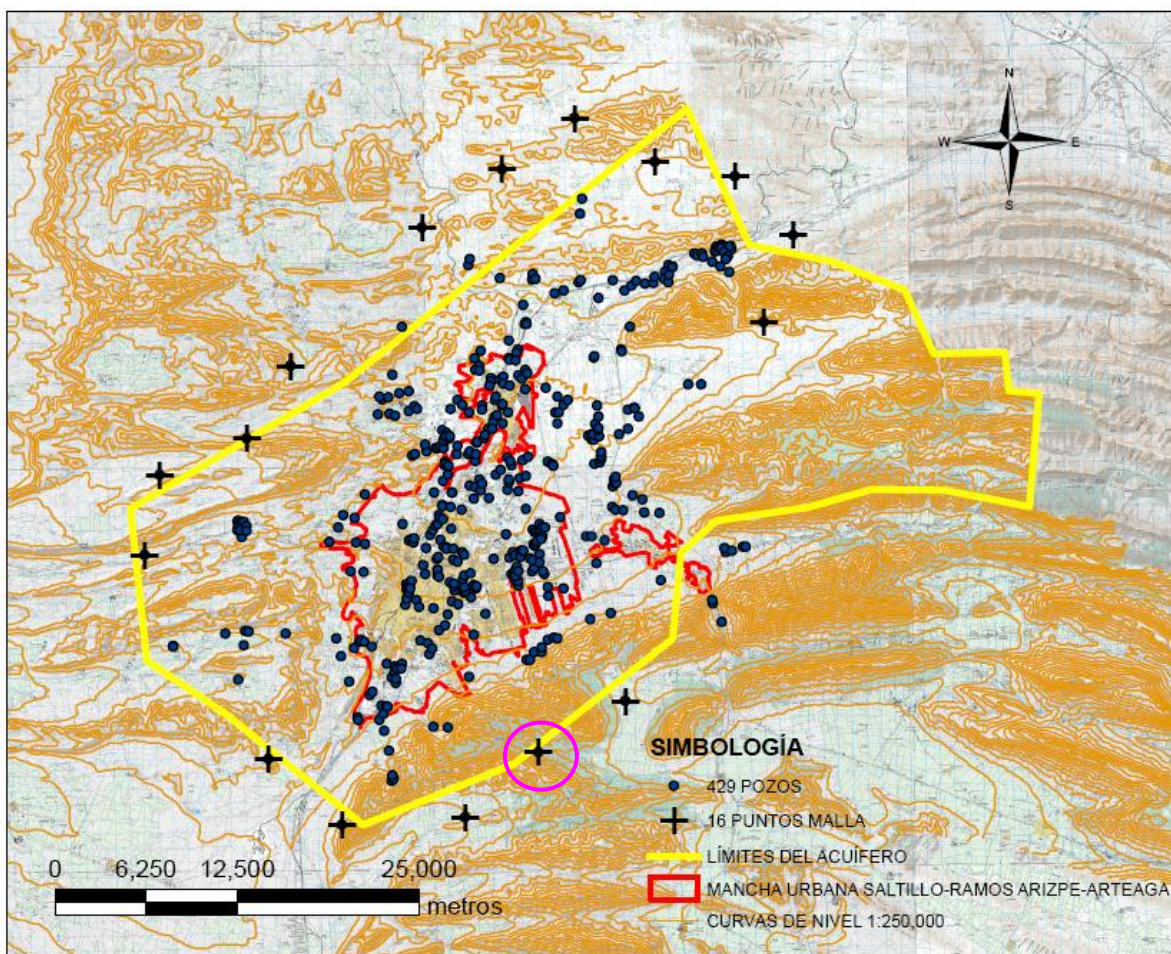


Figura 4.46. Ubicación de los 16 puntos malla agregados con respecto a las curvas de nivel topográfico

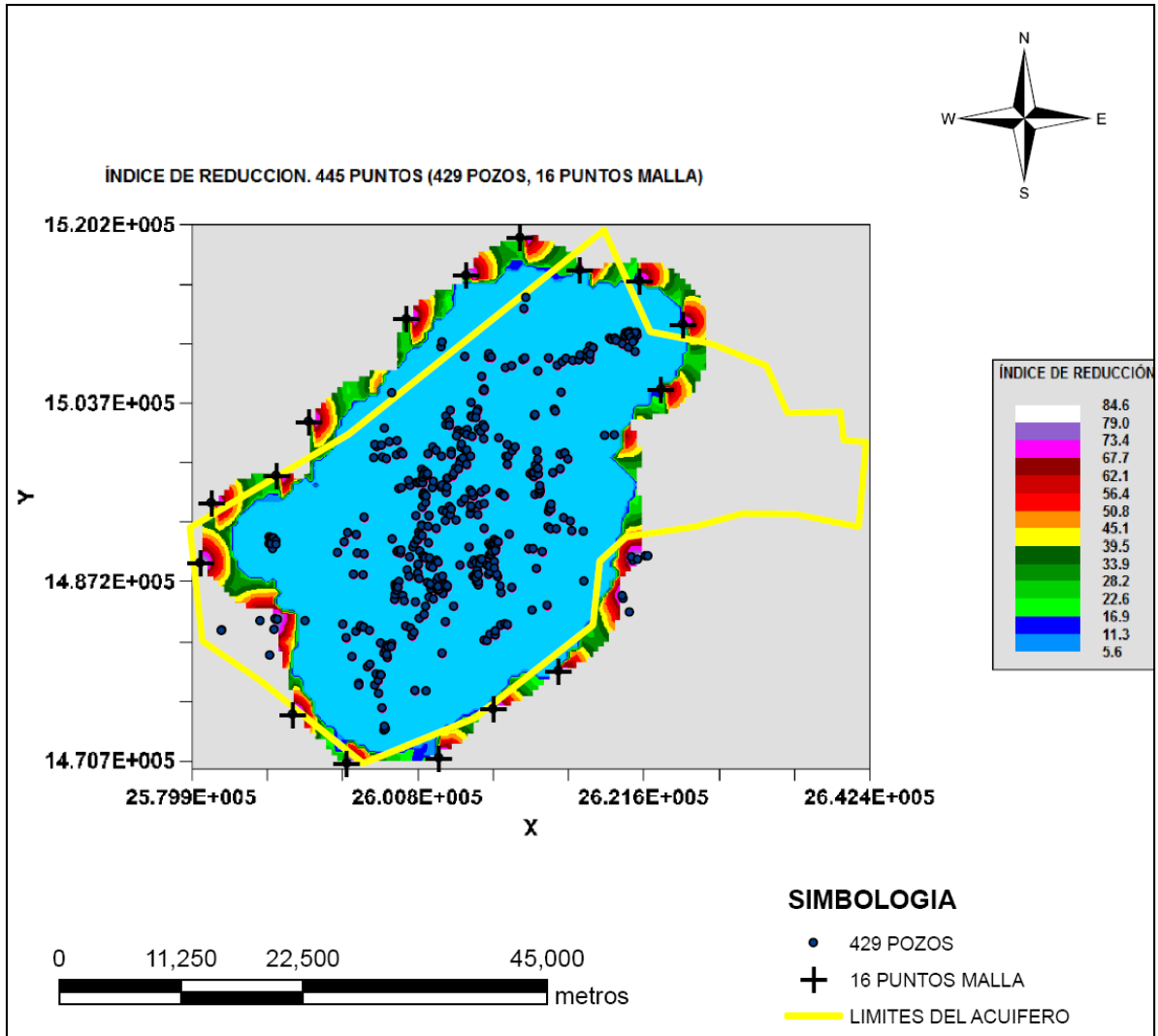


Figura 4.47. Índice de reducción con 445 puntos (429 pozos, 16 puntos malla)

En la Figura 4.47 se observan los índices de reducción relativa y alcanza valores en las periferias de 84.6%, la mayoría del área mapeada oscila entre 5.6 a 11.3%. Este mapa muestra el mejoramiento de la desviación estándar del error de estimación, utilizando hasta 16 pozos muestra por nodo de malla comparada con la obtenida después del proceso de optimización.

- g) **Caso 7.** Se fija como tolerancia la desviación estándar del error de estimación de 30 m. En los puntos que no se alcanza la tolerancia establecida se agrega el nodo de la malla, en los cálculos.

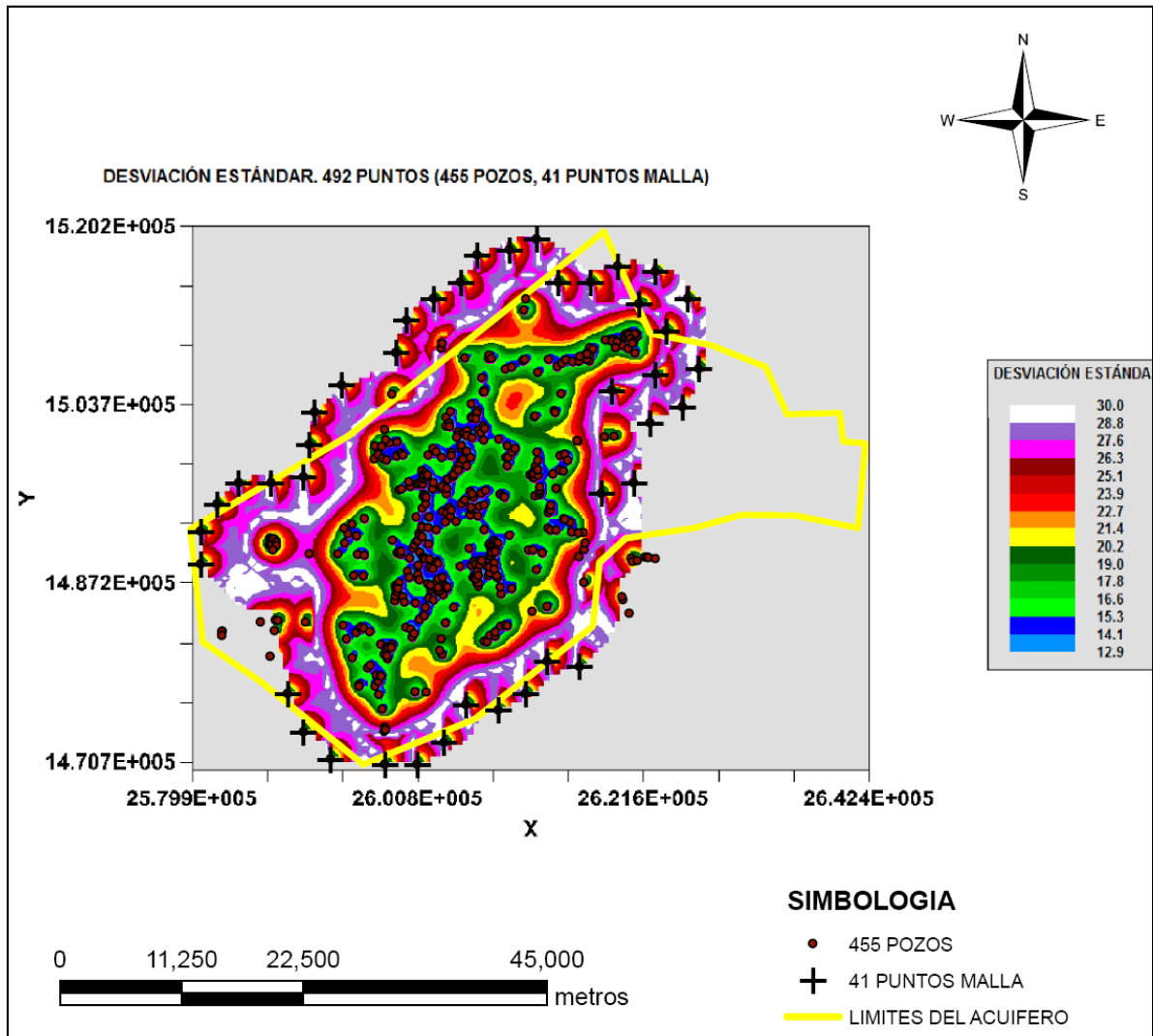


Figura 4.48. Desviación estándar del error de estimación de los 492 puntos (455 pozos, 41 puntos malla)

Con estas premisas se obtienen 492 puntos óptimos, de los cuales 455 son pozos y 41 puntos de malla, enlistados en el ANEXO 8. En la figura 4.48 se observa que la desviación estándar del error de la estimación máxima alcanzada es de 30 m, predominando los colores verdes que tiene valores de 15.3 a 20.2 m.

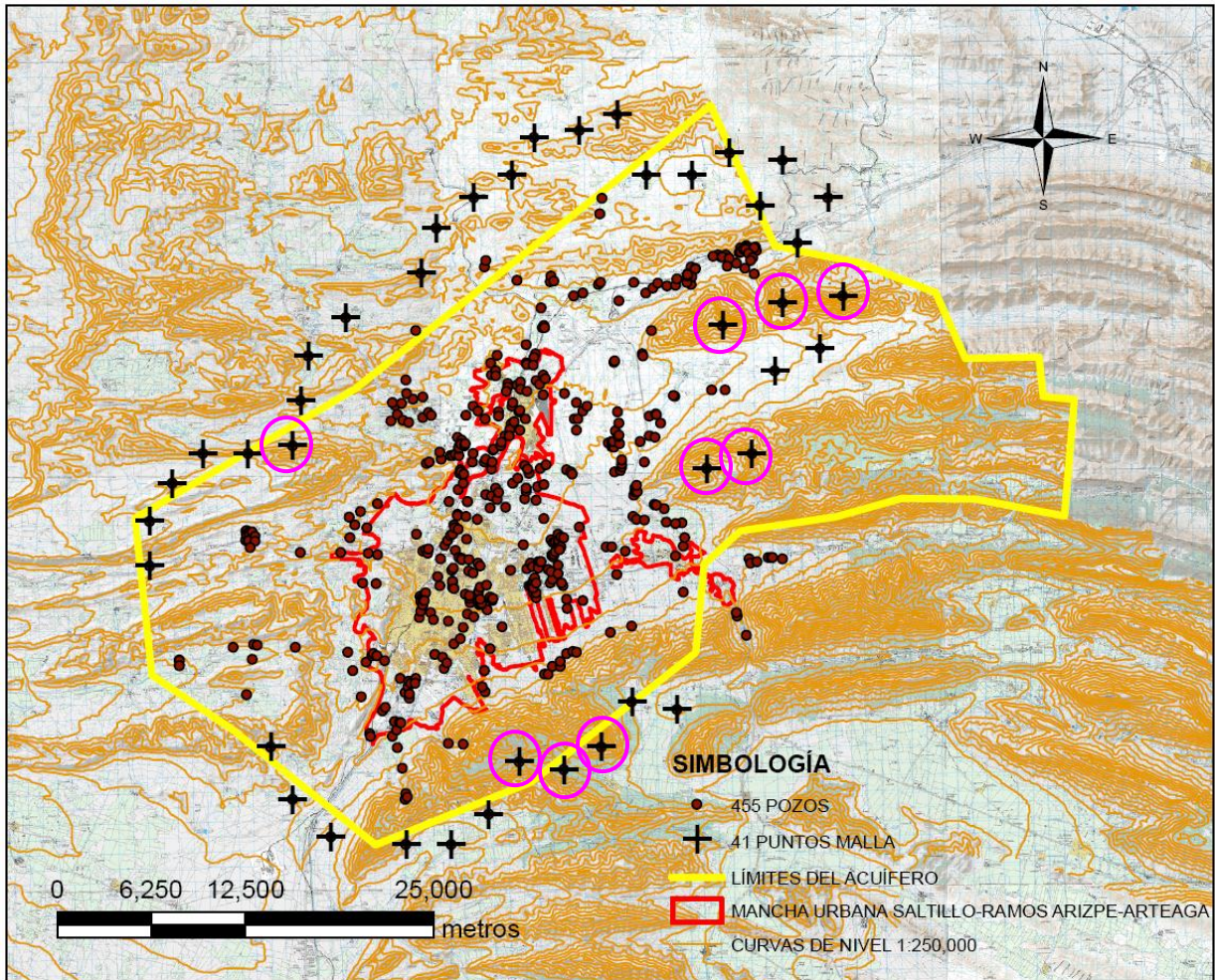


Figura 4.49. Ubicación de los 41 puntos malla agregados con respecto a las curvas de nivel topográficas

De los 41 puntos malla agregados, 9 se ubican en zonas de cerro como se visualizan marcados en círculos color magenta en la Figura 4.49. En estos puntos no se considera factible ubicar pozos de monitoreo.

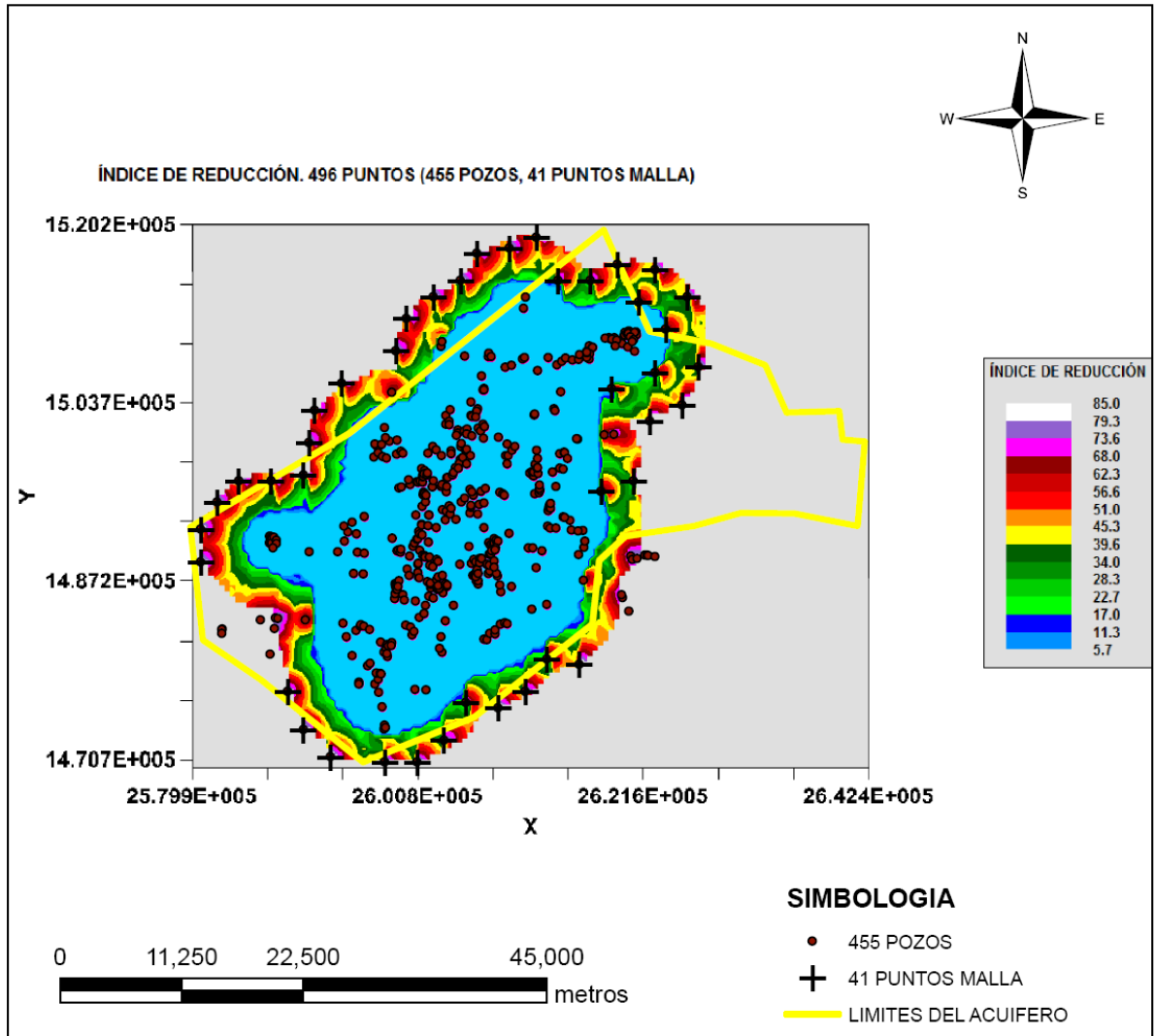


Figura 4.50. Índice de reducción 114 puntos agregados (73 pozos y 41 puntos malla)

Con los puntos agregados se observa que se tienen índices de reducción relativa de hasta 85%, aunque en su mayoría va de 5.7 a 11.3 %; localizándose las reducciones más fuertes en la periferia de la zona de interés, véase Figura 4.50.

- h) **Caso 8.** Se fija como tolerancia la desviación estándar del error de estimación de 25 m. En los puntos que no se alcanza el valor establecido se agrega el nodo de la malla, en los cálculos.

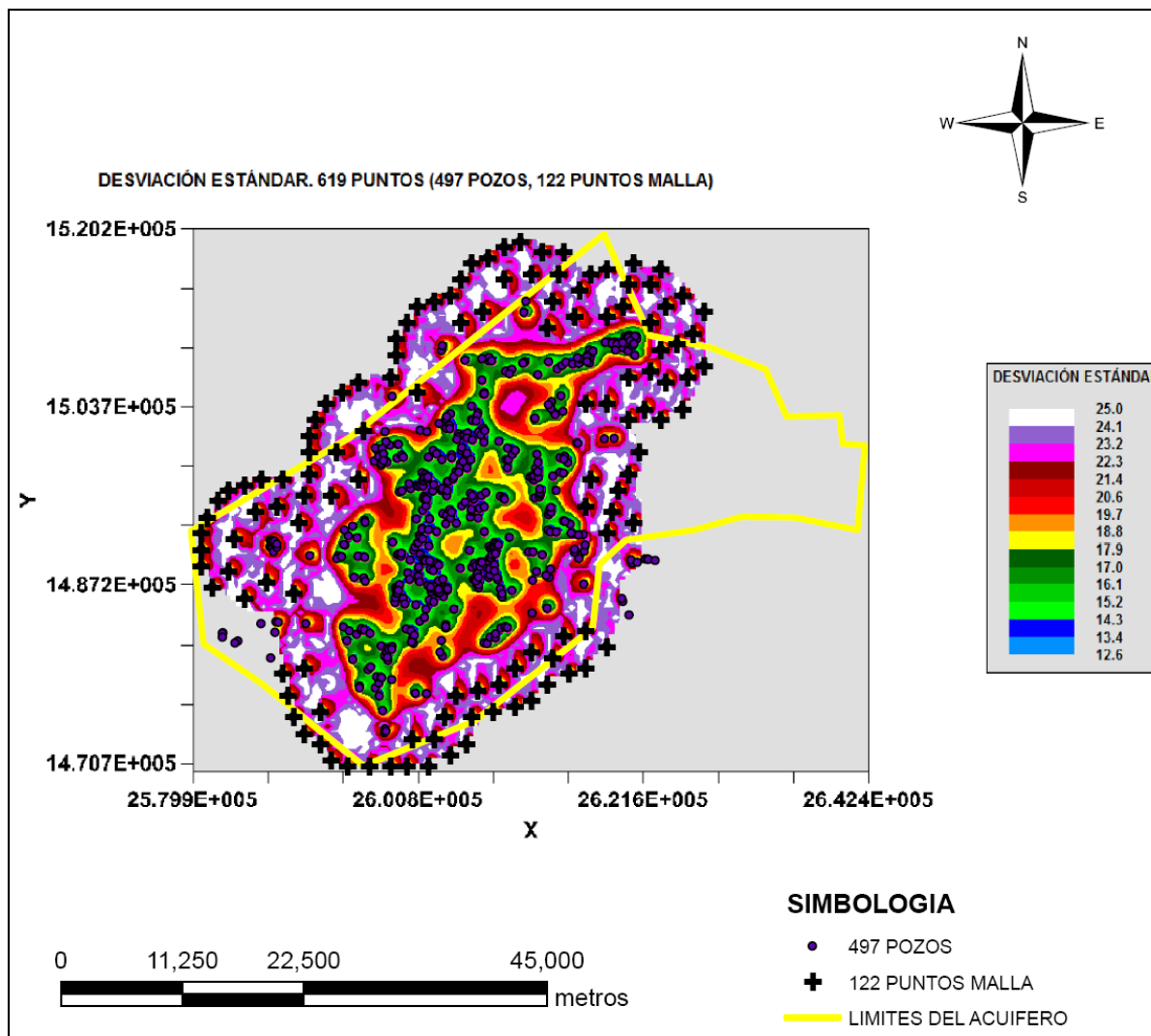


Figura 4.51. Desviación estándar del error de estimación con 619 puntos (497 pozos y 122 puntos malla)

Con estas condiciones se agregan 237 puntos (115 pozos y 122 puntos de malla), haciendo un total de 619, ya que se consideran los 382 pozos de muestra. En la Figura 4.51 se observa que la desviación estándar del error de estimación máxima alcanzada es de 25 m (color blanco). Ubicándose los valores más pequeños en el centro de la zona mapeada.

De los 122 puntos malla agregados, 35 se ubican en zonas de cerro como se visualiza en la Figura 4.52.

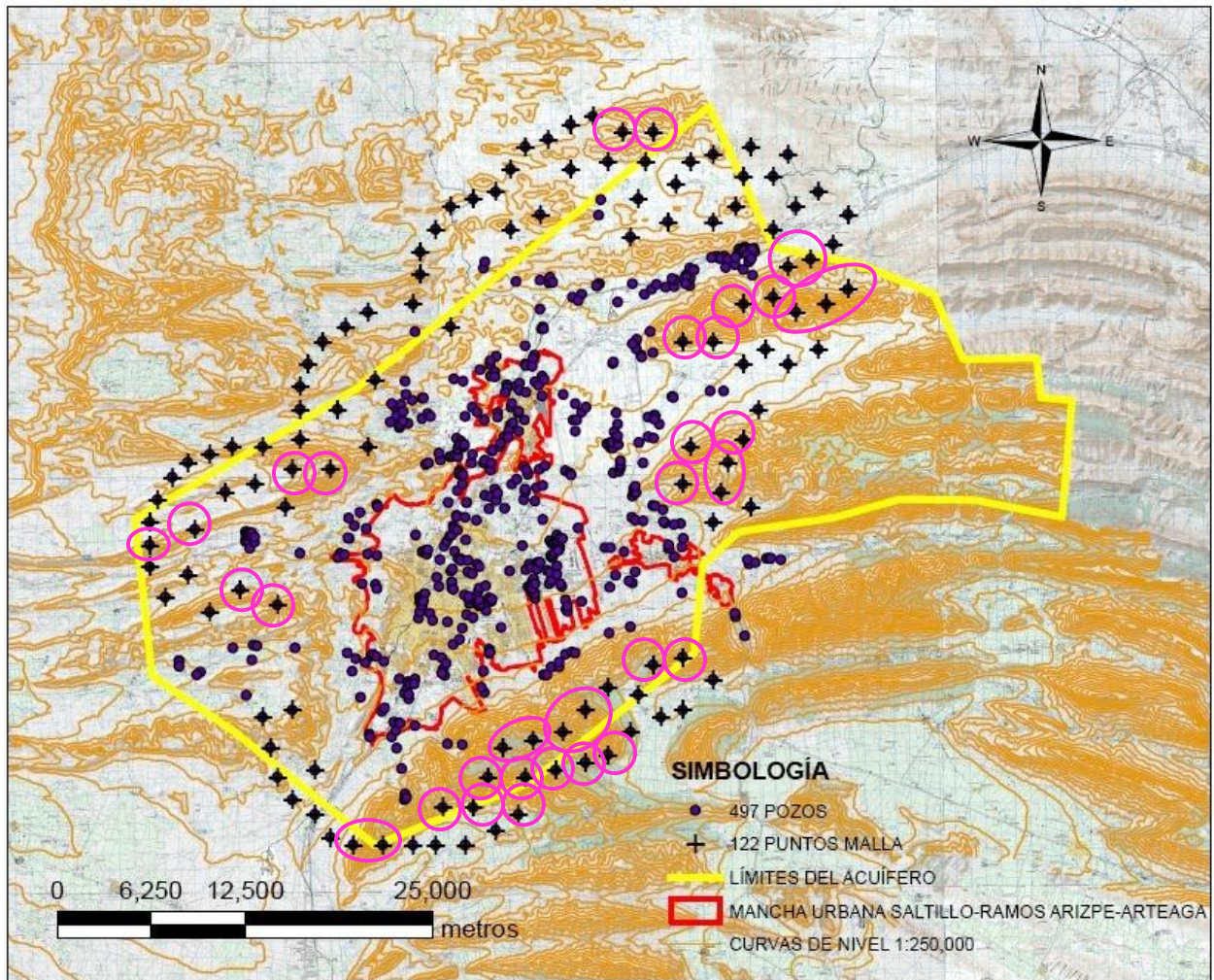
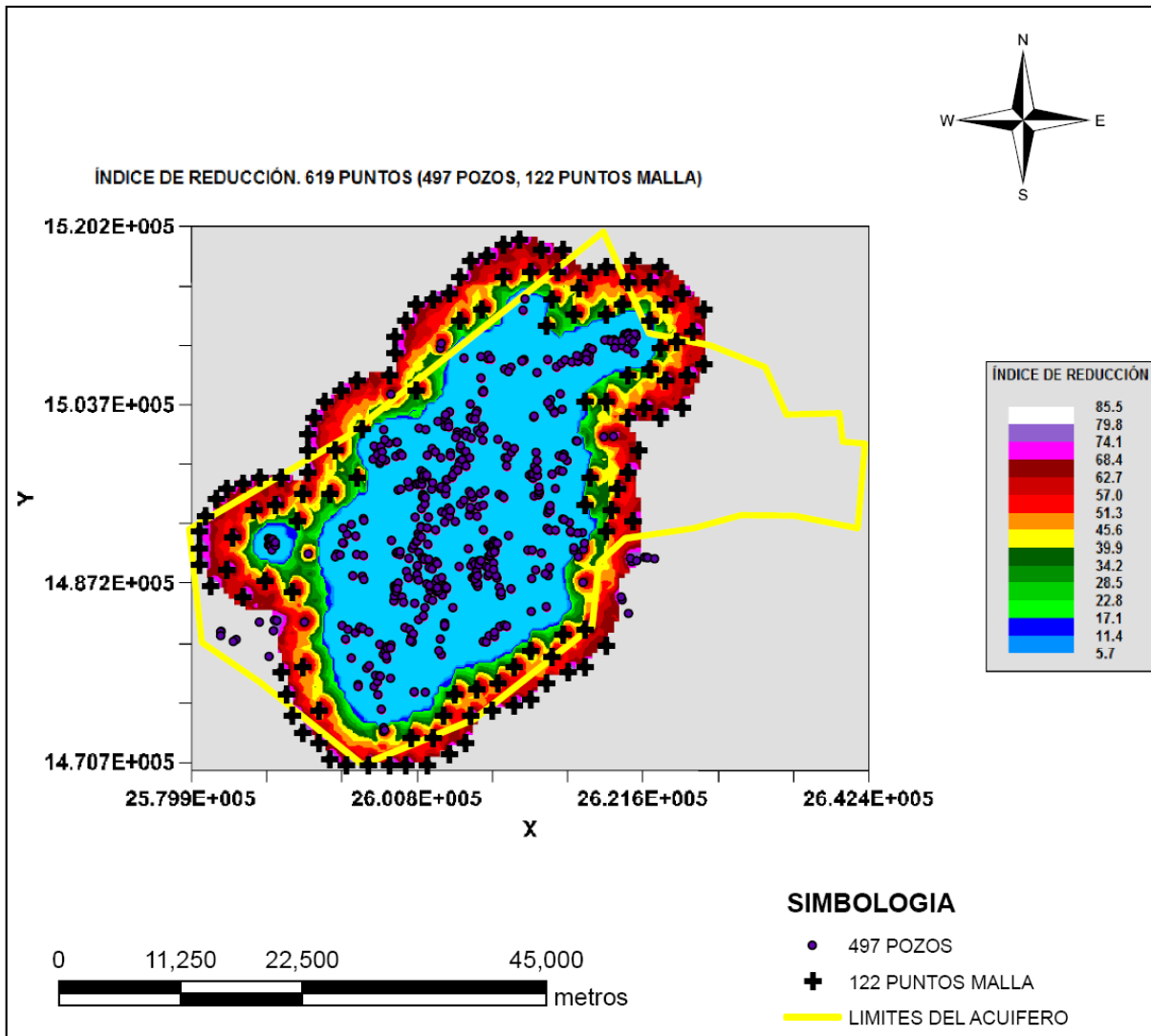


Figura 4.52. Ubicación de los 122 puntos malla agregados con respecto a las curvas de nivel topográfico

Se considera poco factible establecer pozos de monitoreo en estos 35 sitios.



**Figura 4.53. Índice de reducción de 237 puntos agregados
(115 pozos y 122 puntos malla)**

En la Figura 4.53 se observa que los índices de reducción relativa van de 5.7 a 85.5%, ubicándose los valores más altos en las periferias de la zona de interés; los valores menores se observan en color azul.

- a) **Caso 9.** Se fija como tolerancia la desviación estándar del error de estimación de 20 m. En los puntos que no se alcanza la tolerancia establecida se agrega el nodo de la malla.

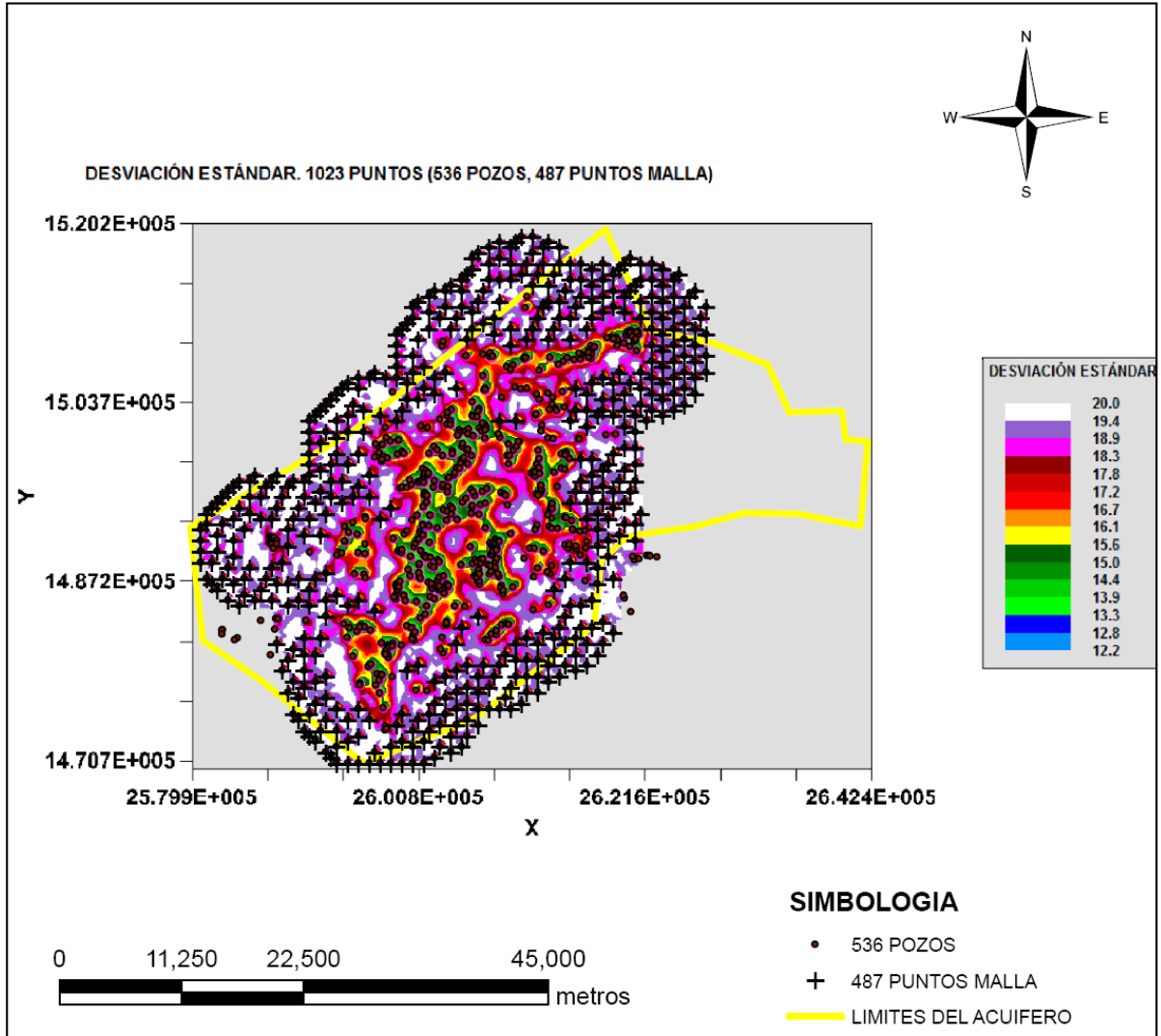


Figura 4.54. Desviación estándar de estimación con 1023 puntos (536 pozos y 487 puntos malla)

Con estas condiciones se agregan 641 puntos, de los cuales 154 son pozos y 487 son puntos malla, lo que hace un total de 1023 puntos considerando los 382 pozos muestra. En la Figura 4.54, se visualiza en color blanco, que la desviación estándar del error de estimación máxima permitida es de 20 m.

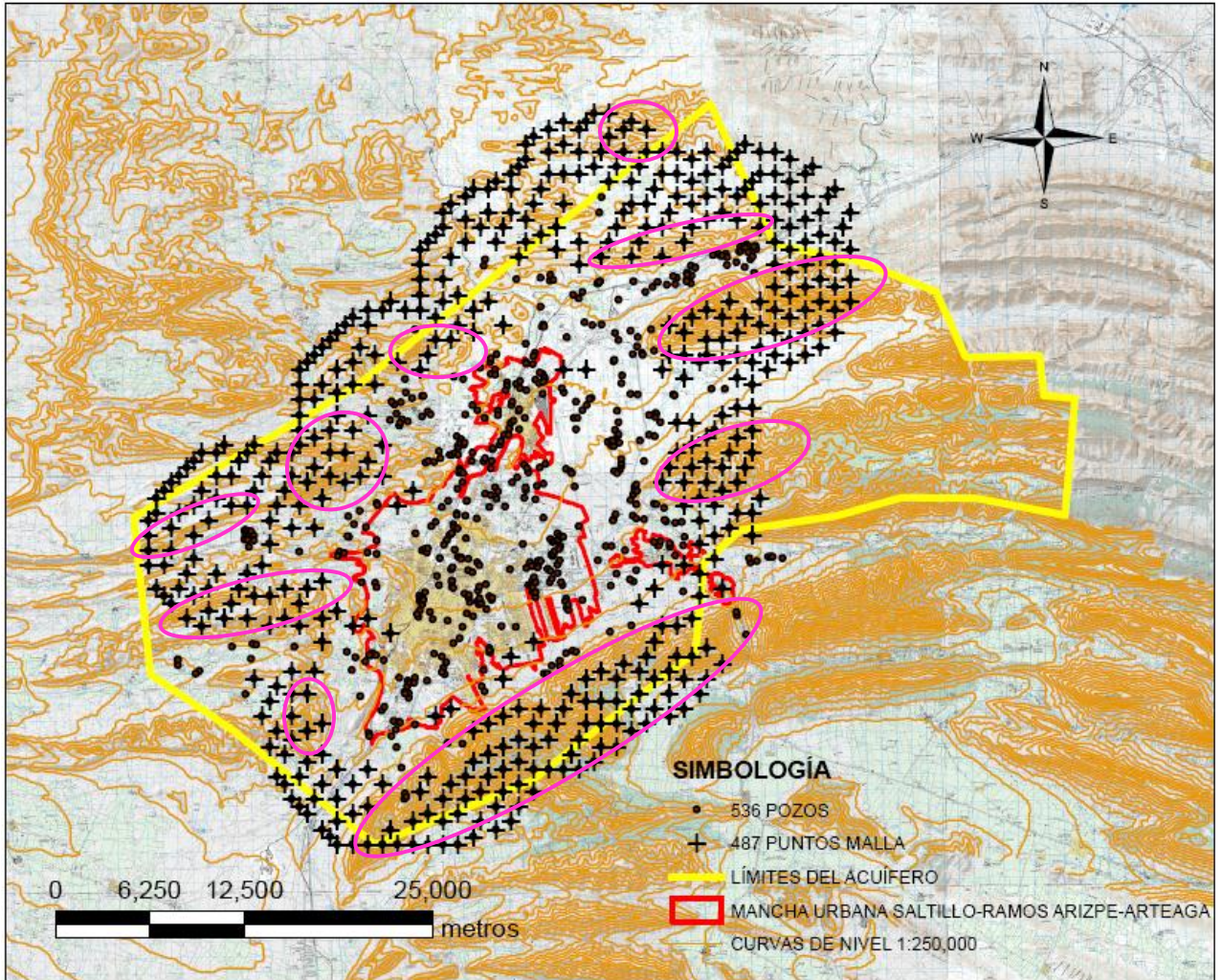


Figura 4.55. Ubicación de los 487 puntos malla agregados con respecto a las curvas de nivel topográficas

La Figura 4.55 muestra la ubicación de los puntos malla con respecto a las curvas de nivel; las zonas marcadas con círculos color magenta son las que se ubican en zonas de cerros y es poco factible la perforación de pozos de monitoreo en estos sitios.

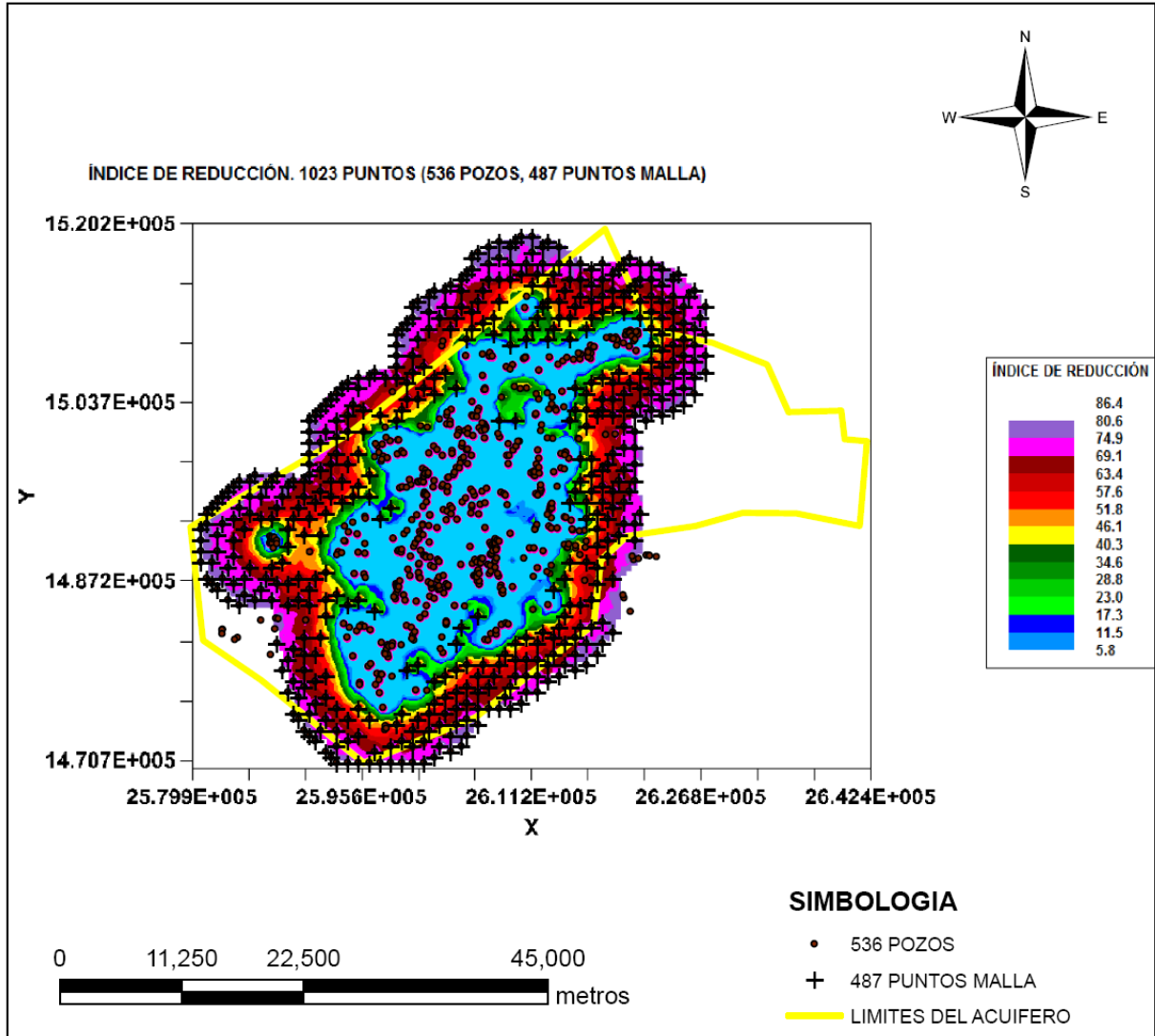


Figura 4.56. Índice de reducción con 641 puntos agregados (154 pozos y 487 puntos malla)

En el mapa de índice de reducción relativa mostrada en la Figura 4.56, se muestran reducciones que van del 5.8 al 86.4%, predominando los valores del 5.8 al 11.5%; las mayores reducciones se visualizan en la periferia de la zona de interés.

Estadístico	Toda la Red (750 pozos)	Red óptima. Optimización global (21 m)	Optimización Local. Tolerancia (metros) (agregando puntos malla)				
			15	20	25	30	35
Media	26.9734	27.6769	13.9942	17.9960	20.5470	22.5242	24.2066
Varianza	87.9695	73.9683	0.12812	4.3925	12.6854	26.3360	44.6332
Desviación estándar	9.3792	8.6004	0.3579	2.0958	3.5617	5.1318	6.6808
Coficiente de variación	0.3477	0.3107	0.025578	0.1165	0.17334	0.2278	0.27599
Valor mínimo	11.6435	11.7095	11.6697	11.6698	11.6698	11.6698	11.6698
Valor Máximo	43.2565	43.2565	15.72	19.9999	24.9999	29.9986	34.999
Asimetría	0.1899	0.3257	-0.3218	-0.9789	-0.5900	-2.2670	-0.049
Kurtosis	1.7406	1.8337	10.1287	2.6078	2.1227	1.7738	1.6747
Puntos óptimos obtenidos	pozos	144	688	536	497	455	429
	malla	—	—	4748	487	122	41
	Total	144	144	5436	1023	619	496

Cuadro 4.6. Comparación de parámetros estadísticos básicos de la desviación estándar del error de estimación antes y después de la optimización con pozos y nodos de malla

En el cuadro 4.6, se presenta la comparación de los parámetros estadísticos básicos de la desviación estándar del error de estimación de toda la red, de la red óptima con 144 pozos obtenida en la optimización global y con las redes de pozos obtenidos en el proceso de optimización local considerado la inclusión de pozos y nodos de malla.

Con la condición de incluir en los cálculos puntos de malla como pozos ficticios, se asegura alcanzar la tolerancia establecida en todos los puntos que se estima, a excepción cuando se utiliza la tolerancia de 15 m. La media fluctúa de 13.9942 a 24.2066 m. valores mucho menores que las medias obtenidas en toda la red y con los 382 pozos.

4.5.3. OBTENCIÓN DE LOS MEJORES POZOS

A continuación se presenta la comparación de los parámetros estadísticos básicos de la desviación estándar del error de estimación con kriging puntual ordinario, para los mejores pozos para el monitoreo obtenidos en la optimización dada una cantidad fija de éstos.

Parámetro Estadístico	Toda la red	Red Óptima. (21 m)	Pozos que ofrecen mayor certidumbre en la estimación					
			50	100	200	300	400	500
Número de Pozos	750	144	50	100	200	300	400	500
Media	26.9734	27.6769	29.8205	28.1804	27.3404	27.1512	27.0601	26.9889
Varianza	87.9695	73.9683	54.0006	68.5659	78.8585	82.3256	84.8264	86.5767
Desviación estándar	9.3792	8.6004	7.3485	8.2805	8.8802	9.0733	9.2101	9.3047
Coefficiente de variación	0.3477	0.3107	0.2464	0.2938	0.3248	0.3342	0.3404	0.3448
Valor mínimo	11.6435	11.7095	11.7134	11.7095	11.7089	11.7089	11.6436	11.6436
Primer cuartil (0.25)	18.4486	20.0717	24.4888	21.1941	19.2468	18.8975	18.6577	18.4234
Mediana	26.1632	29.1670	27.8962	26.4394	26.0529	26.0700	26.0860	26.1025
Tercer cuartil (0.75)	35.1362	35.0940	35.6206	35.2252	35.0515	35.0223	35.0644	35.0713
Valor Máximo	43.2565	43.2565	43.2565	43.2565	43.2565	43.2565	43.2565	43.2565
Asimetría	0.1899	0.3257	0.3394	0.3487	0.2971	0.2594	0.2314	0.2144
Kurtosis	1.7406	1.8237	2.1486	1.8832	1.7776	1.7635	1.7464	1.7401

Cuadro 4.7. Comparación de parámetros estadísticos básicos de la desviación estándar del error de estimación de los mejores pozos

En el cuadro 4.7 se observa que la media y mediana disminuyen conforme aumenta la cantidad de pozos; caso contrario, sucede con la varianza y por lo tanto con la desviación estándar.

Es importante mencionar que los pozos aquí obtenidos son los que ofrecen los valores más altos del índice de reducción relativa durante el proceso de optimización; es decir, son los mejores 50, 100, 200, 300 400 y 500 pozos para el monitoreo del acuífero.

El listado de los mejores 500 pozos se presenta en el ANEXO 9.

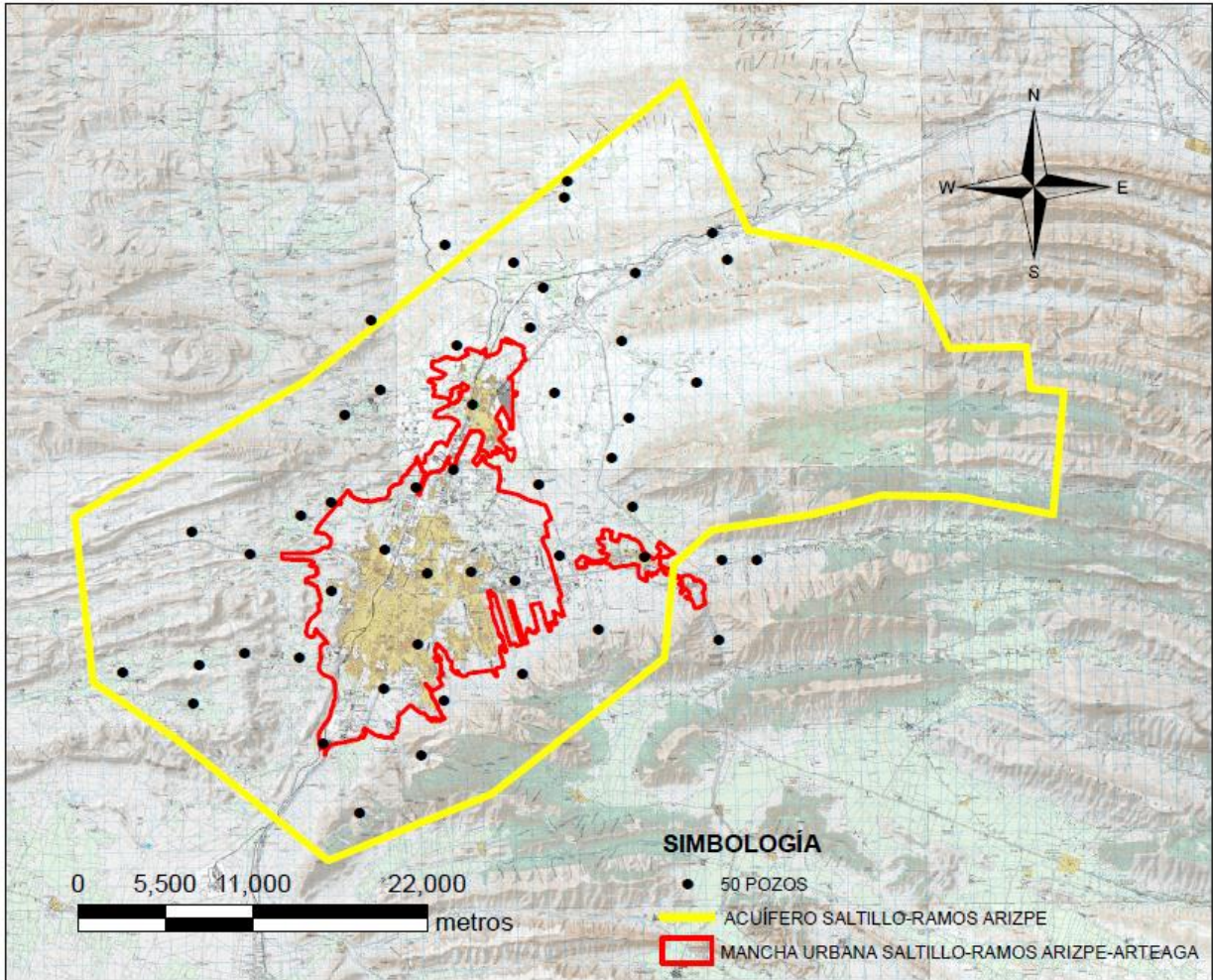


Figura 4.57. Ubicación de los 50 pozos que ofrecen mayor certidumbre de estimación

En la Figura 4.57 se muestra la ubicación de los mejores 50 pozos, se observa que se distribuyen por el acuífero, faltando en la zona *Este*, donde no existen pozos.

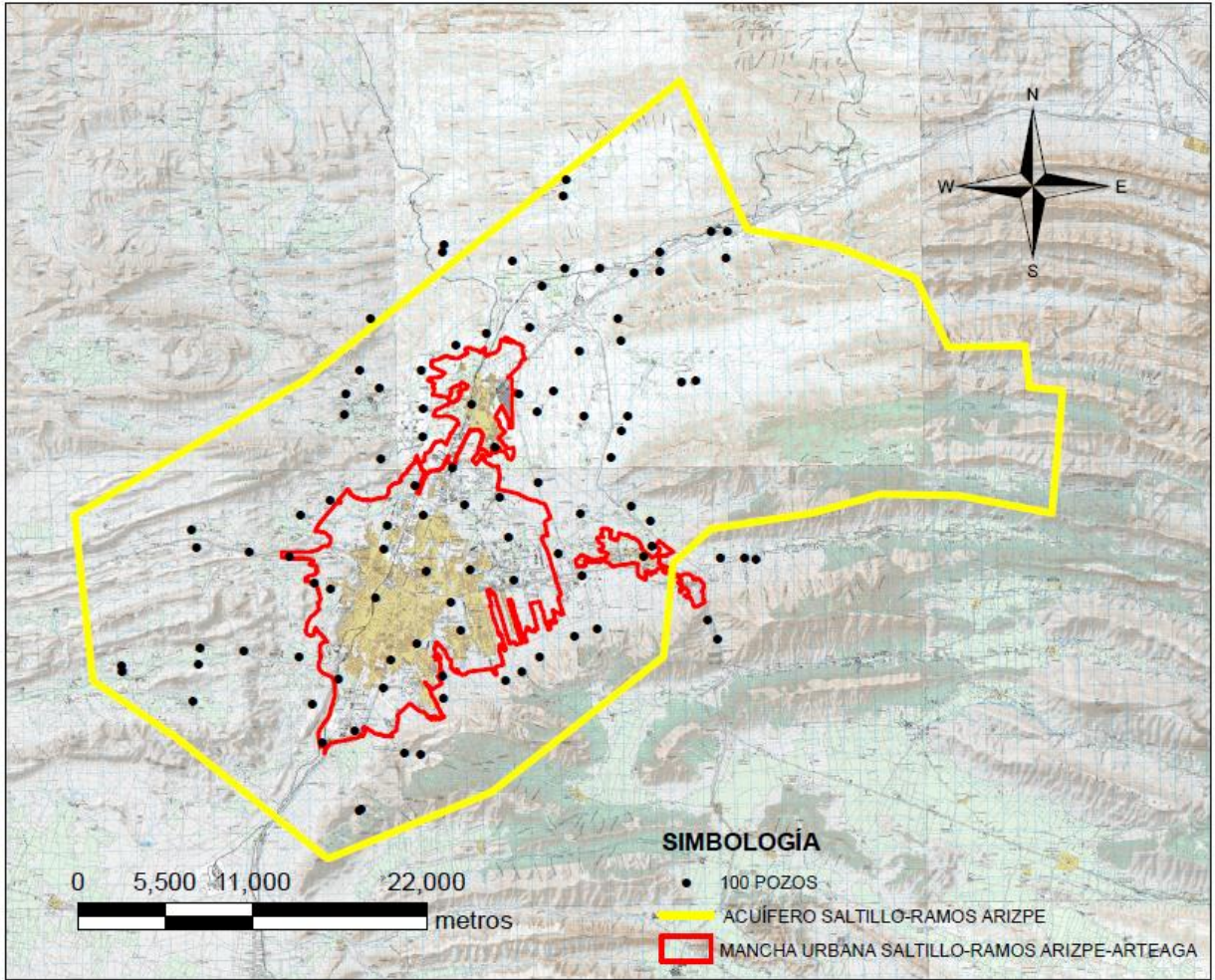


Figura 4.58. Ubicación de los 100 pozos que ofrecen mayor certidumbre de estimación

En la Figura 4.58 se muestra la distribución de los mejores 100 pozos; nuevamente se visualiza que abarcan el acuífero faltando sólo en la zona donde no existen pozos.

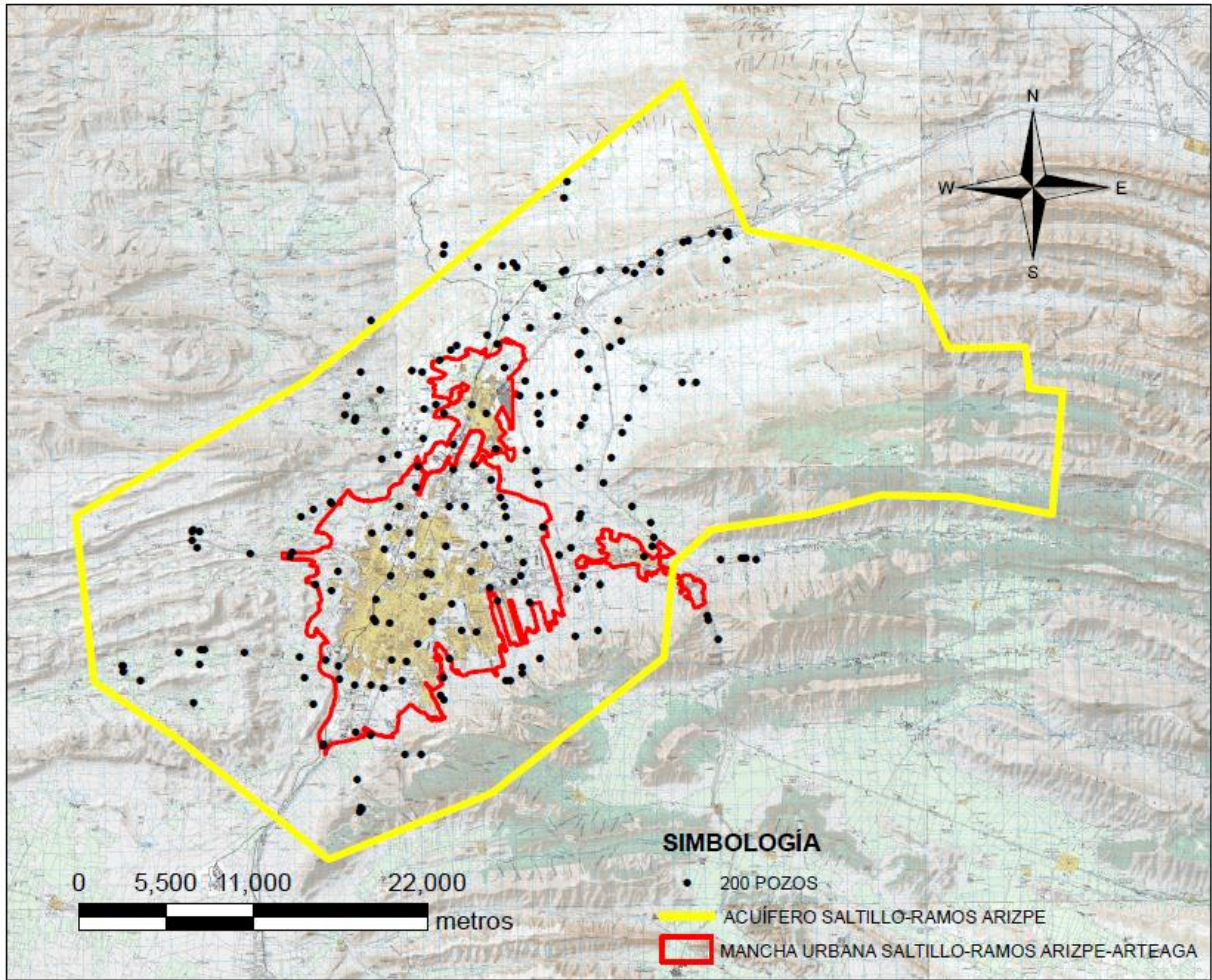


Figura 4.59. Ubicación de los 200 pozos que ofrecen mayor certidumbre de estimación

En la Figura 4.59 se visualiza la distribución de los mejores 200 pozos para el monitoreo, se empiezan a observar pequeños agrupamientos de pozos que se distribuyen por todo el acuífero excepto en la zona en donde no existen pozos.

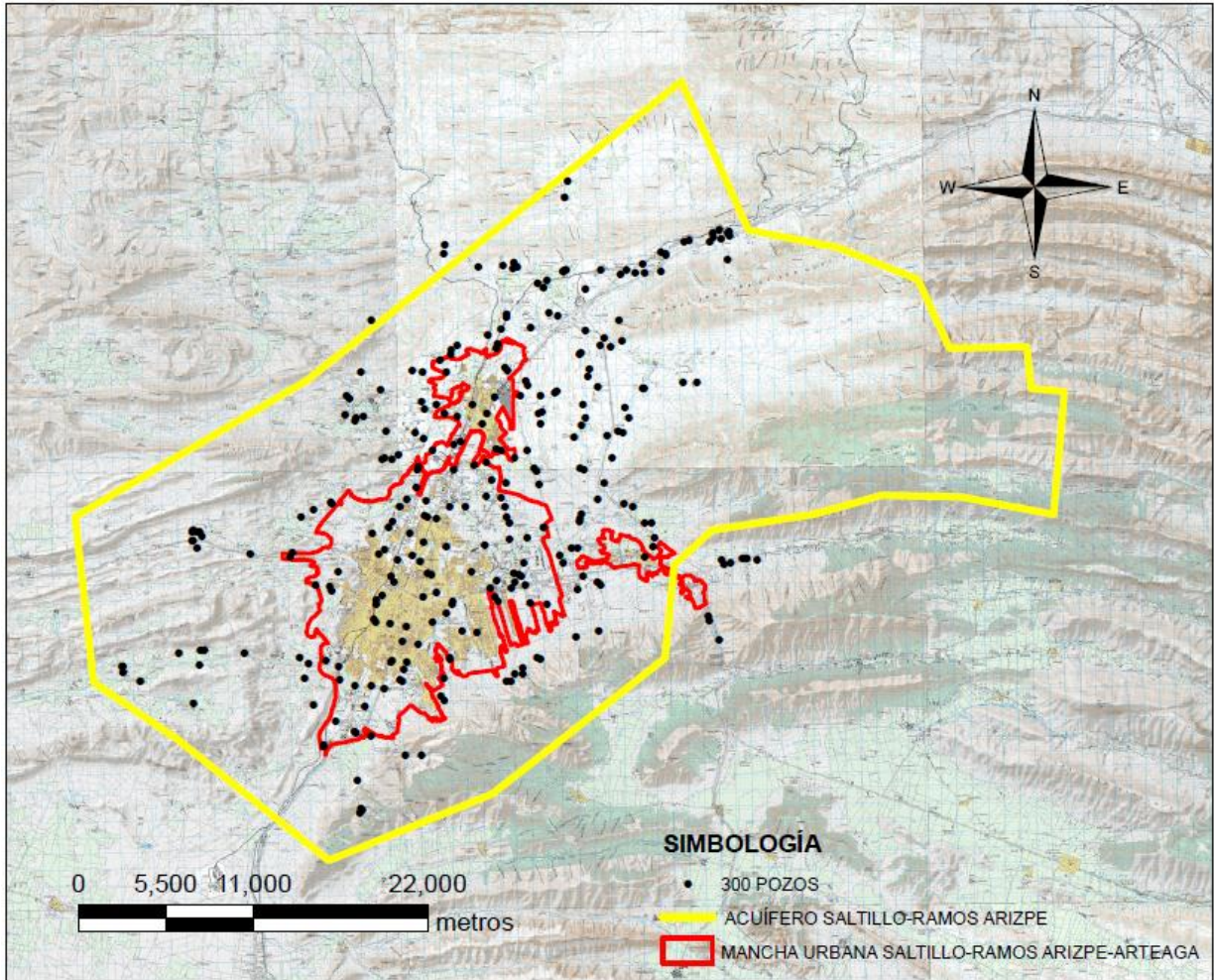


Figura 4.60. Ubicación de los 300 pozos que ofrecen mayor certidumbre de estimación

La distribución espacial de los mejores 300 pozos se observa en la Figura 4.60, se observan concentraciones de pozos en algunas zonas, sin embargo, se distribuyen por todo el acuífero.

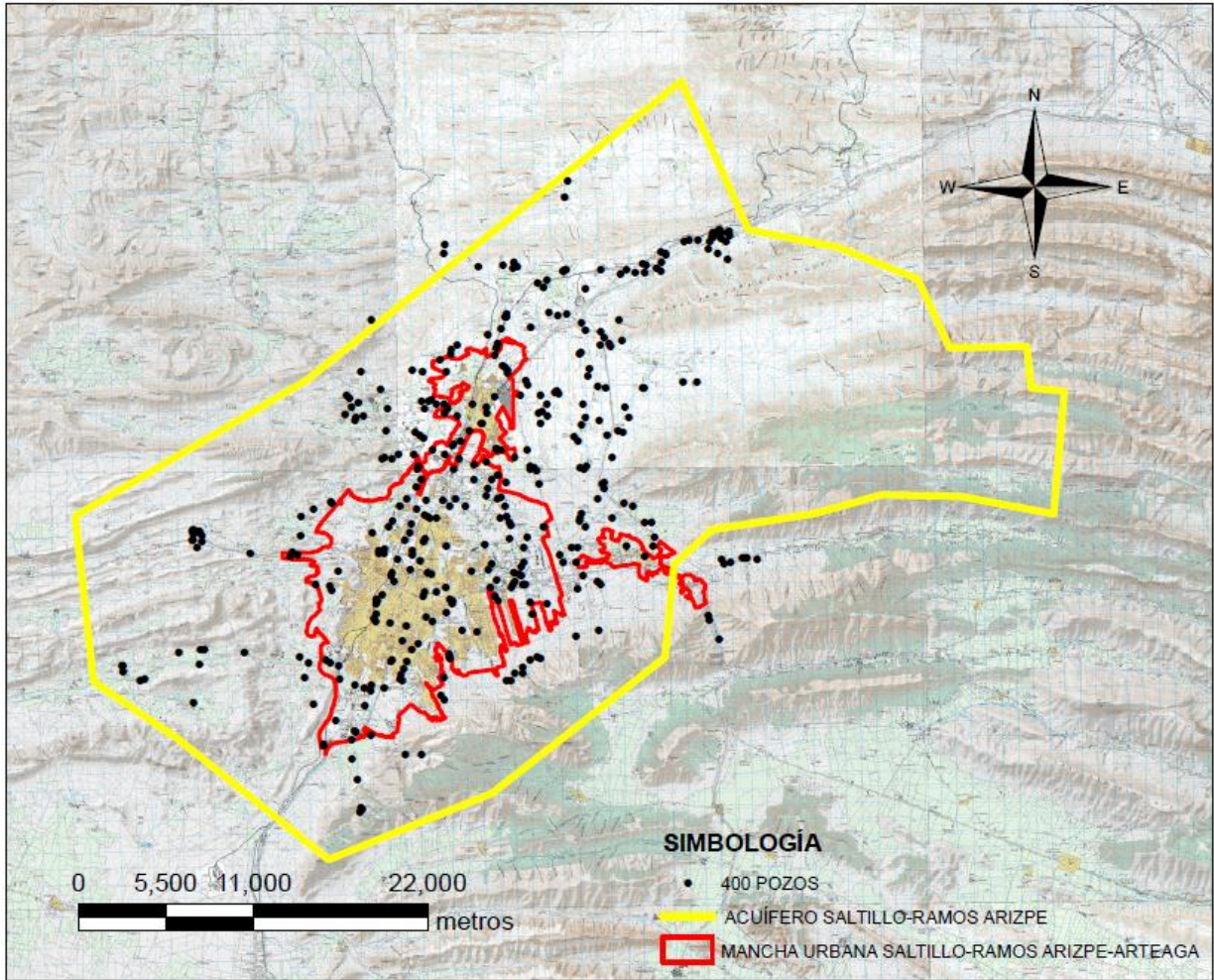


Figura 4.61. Ubicación de los 400 pozos que ofrecen mayor certidumbre de estimación

En la Figura 4.61 se observa la distribución espacial de los mejores 400 pozos para el monitoreo, se observa con mayor claridad el agrupamiento de los pozos en ciertas zonas; sin embargo se visualiza que se distribuyen por todo el acuífero.

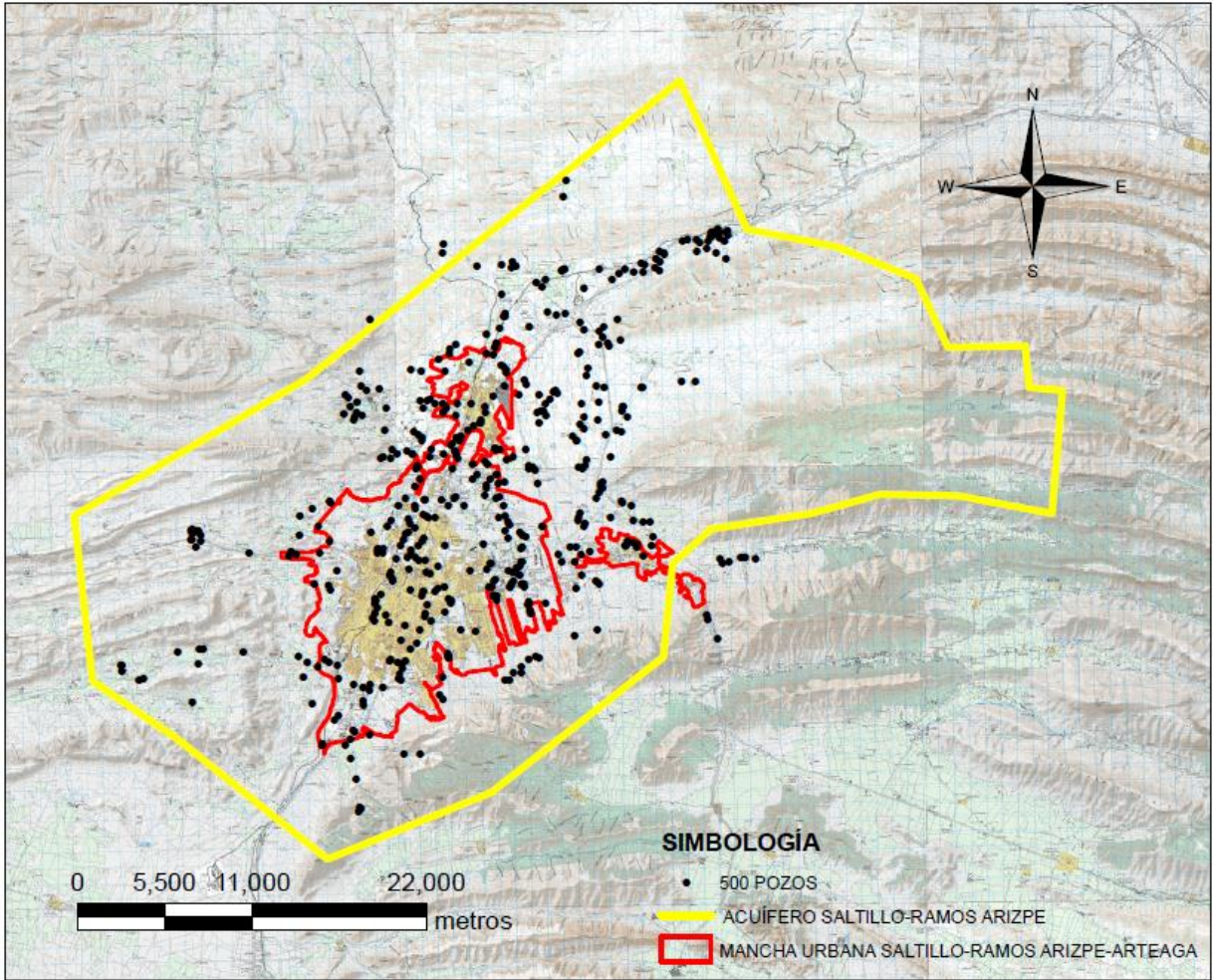


Figura 4.62. Ubicación de los 500 pozos que ofrecen mayor certidumbre de estimación

La distribución espacial de los mejores 500 pozos para el monitoreo se observa en la Figura 4.62; se observan concentraciones en algunos sitios pero los pozos se distribuyen por todo el acuífero.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo tuvo como objetivo principal determinar una red óptima de pozos para el monitoreo de la evolución de cambios, en los niveles piezométricos, del acuífero Saltillo-Ramos Arizpe, utilizando la técnica de optimización de inclusiones sucesivas y kriging ordinario para la estimación.

El diseño de la red, se realizó considerando los límites definidos por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) sin considerar otros parámetros geohidrológicos de la zona de estudio.

Cabe señalar que la metodología utilizada es aplicable para cualquier área y tipo de variable regionalizada en estudio.

Se utilizaron 382 datos piezométricos de pozos para la determinación del modelo del semivariograma, de los 750 que existen, representando un 50.9% del total, por lo que se concluye que es una cantidad suficiente para la modelación de la correlación espacial de dicha variable.

La red óptima determinada consta de 144 pozos, alcanzando una desviación estándar del error de estimación por kriging ordinario en bloques de 21 metros. Lo que representa un 19.2% de los 750 pozos existentes en el acuífero y significaría ahorrar un 80.8 % en el costo de monitoreo en pozos.

Cuando se considera incluir pozos, puntos de malla y la optimización es local, para tolerancias menores de 30 m, el método se vuelve impráctico ya que el número total de puntos para el monitoreo se incrementa; por otro lado, teóricamente se seleccionan los mejores nodos de malla, sin embargo, la ubicación puede ser en zonas de sierra, y no es factible establecer pozos de monitoreo en estos sitios. Se concluye, que de los casos presentados, los mejores valores de tolerancia son los de 30 y 35 m, obteniendo medias de la desviación estándar del error de estimación de 22.52 y 24.21 m respectivamente, resultando para el primer caso 445 puntos (429 pozos y 16 nodos de malla) y para el segundo caso 492 puntos (455 pozos y 41 nodos de malla).

La optimización dada una cantidad fija de pozos, permite determinar los mejores pozos para el monitoreo, escogiendo el número de éstos que se consideren convenientes de acuerdo al recurso que se tenga disponible.

La optimización en cada punto de malla o local, puede ocasionar que dos pozos queden muy cercanos y su aporte sea muy similar en una estimación global; es importante reconocer que faltó un segundo criterio para la optimización de la red en este sentido; sin embargo, con los resultados obtenidos, se mejora la red de monitoreo para un nivel de certidumbre dado.

Para futuros trabajos de esta naturaleza en este acuífero, es necesario realizar un análisis de la sensibilidad de resultados considerando el ancho de celda de la malla y el área que ésta cubra.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Esquivel Victoria Saul Edgar. 2008. Tesis "Aplicación Geoestadística al Rediseño de la Red de Monitoreo en el acuífero de la Comarca Lagunera, Coah.-Dgo., México". UNAM.
- De la Rosa Zarmiento. 2010. Tesis "Diseño Óptimo de una Red de Monitoreo Piezométrica para el Sistema Acuífero de Valles Centrales de Oaxaca", IPN.
- Díaz-Viera. M, Hernández-Maldonado, V., Méndez-Venegas, J. 2010. RGEOESTAD: Un programa de código abierto para aplicaciones geoestadísticas basado en R-Project, México.
- Díaz-Viera, M., Barandela, A., Utset, R., Fernández, C., 1994. GEOESTAD: un sistema de computación para aplicaciones geoestadísticas. In: Barandela, R. (Ed.), Proceedings of GEOINFO, 2nd. Iberoamerican Workshop on Geomathematics, Havana.
- Díaz Viera M., DISRED: Una Herramienta para el Diseño de Redes de Monitoreo Usando un Enfoque Geoestadístico. Primer Congreso Nacional de Aguas Subterráneas, Mérida, México, 11-15 noviembre de 1997.
- Díaz Viera M., "El diseño de redes óptimas de monitoreo en aguas subterráneas usando un enfoque geoestadístico", Memorias del IV Taller Internacional Informática y Geociencias, GEOINFO'98, Ciudad de la Habana, Cuba , pp. 66-69, 24-27 de marzo de 1998.
- H. Isaaks Edward, Mohan Srivastava R. 1989. An introduction to applied Geoestatistic. New York, Oxford, oxford University press. Páginas 278-279.
- Leick Alfred. 1990. GPS satellite Surveying. University of Maine, Oronto Maine. Páginas. 284-301.
- Moral García Francisco Alejandro. 2003. La Representación Gráfica de las Variables Regionalizadas. Geoestadística Lineal. Universidad de Extremadura. Páginas (71-74).
- Samper Calvete F. Javier, Carrera Ramírez Jesús. 1990. Geoestadística. Aplicaciones a la hidrogeología subterránea. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. Barcelona. Páginas (409-427).
- <http://antares.inegi.org.mx/traninv> (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, junio de 2010).

www.inegi.org.mx (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, junio de 2010).

www.cna.gob.mx (Comisión Nacional del Agua, junio de 2010).

<http://mmc2.geofisica.unam.mx/gmee/paquetes.html>, (Universidad Nacional Autónoma de México, junio de 2010)

7. ANEXOS

ANEXO 1. COORDENADAS DE LA POLIGONAL DEL ACUÍFERO SALTILLO – RAMOS ARIZPE

PUNTO	UTM NAD27 (m)		CCL ITRF92 (m)	
	X	Y	X	Y
1	317527	2845950	2617933.866	1519671.572
2	321575	2836450	2622168.999	1510306.701
3	327253	2835220	2627845.892	1509207.354
4	332257	2833090	2632871.397	1507196.849
5	334149	2828660	2634850.003	1502829.638
6	339041	2828660	2639717.054	1502936.826
7	339288	2826010	2640020.813	1500304.908
8	341358	2825780	2642085.053	1500121.238
9	340518	2817980	2641418.740	1492341.491
10	334650	2819250	2635552.564	1493478.825
11	329658	2819420	2630582.713	1493538.610
12	325283	2818300	2626254.531	1492330.281
13	318879	2817470	2619900.961	1491365.280
14	316414	2815320	2617496.041	1489172.655
15	315689	2809400	2616903.660	1483267.039
16	304544	2801020	2605999.374	1474688.358
17	294081	2797030	2595679.406	1470492.577
18	284735	2804890	2586211.653	1478106.483
19	279415	2808690	2580836.957	1481768.969
20	278502	2819220	2579697.115	1492222.502
21	293389	2827550	2594322.542	1500835.904

ANEXO 2. CÁLCULO ITERATIVO DE MATRICES DE KRIGING Y VARIANZAS DE ESTIMACIÓN

Se derivan las ecuaciones para el cálculo de la inversa de la matriz de kriging y la varianza de estimación con $r+1$ y $r-1$ puntos a partir de las obtenidas con r puntos. Las ecuaciones para la estimación de Z_v , valor promedio de la variable intrínseca Z sobre el bloque v a partir de datos en los puntos i_r, \dots, i_r pueden escribirse, tras reordenar nudos y columnas, como:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & \gamma_{11} & \gamma_{12} & \dots & \gamma_{1r} \\ 1 & \gamma_{21} & \gamma_{22} & \dots & \gamma_{2r} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \gamma_{r1} & \gamma_{r2} & \dots & \gamma_{rr} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mu \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ \gamma_{v1} \\ \gamma_{v2} \\ \vdots \\ \gamma_{vr} \end{pmatrix} \quad (\text{A2.1})$$

Esto, $G \cdot \lambda = \gamma$ sea λ_0 la solución de este sistema. Si se añade un nuevo punto $x_{i_{r+1}}$, las nuevas ecuaciones pueden escribirse como:

$$\begin{pmatrix} G & \vdots & g \\ \dots & \dots & \dots \\ g^t & \vdots & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda \\ \vdots \\ \lambda_{r+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma \\ \vdots \\ \gamma_{vr+1} \end{pmatrix} \quad (\text{A2.2})$$

Donde $g^t = (\gamma_{r+1,1}, \dots, \gamma_{r+1,r+1})$. La inversa de la nueva matriz de coeficientes viene dado por:

$$\begin{pmatrix} X & \vdots & y \\ \dots & \dots & \dots \\ y^t & \vdots & s \end{pmatrix} \quad (\text{A2.3})$$

Donde

$$\begin{aligned} s &= -\frac{1}{g^t G^{-1} g} \\ y &= -G^{-1} g s \\ X &= G^{-1} + s^{-1} y y^t \end{aligned} \quad (\text{A2.4})$$

Y la solución del sistema puede expresarse como:

$$\lambda_{r+1} = s(\gamma_{vr+1} - g^t \lambda_0) \quad (\text{A2.5})$$

$$\lambda = \lambda_0 - G^{-1}g\lambda_{r+1} \quad (\text{A2.6})$$

La nueva varianza, tras añadir el punto $X_{i_{r+1}}$ es:

$$\sigma_{r+1}^2 = \sigma_r^2 - (\gamma_{vr+1} - g^t G^{-1}g)^2 / (g^t G^{-1}g) \quad (\text{A2.7})$$

Como se puede comprobar fácilmente.

Consideramos ahora el caso en que se suprime un punto X_{r+1} . Es decir, se conocen los coeficientes del sistema, (A2.2), su inversa (A2.3), la solución, (A2.5) y (A2.6) y la varianza de la estimación (A2.7).

No es difícil comprobar que se puede calcular G^{-1} , λ_0 y V_r a partir de las relaciones anteriores reorganizadas. Ello da lugar a:

$$G^{-1} = X - s^{-1}yy^t \quad (\text{A2.8})$$

$$\lambda_0 = \lambda + m\lambda_{r+1} \quad (\text{A2.9})$$

Donde

$$m = -s^{-1}y \quad (\text{A2.10})$$

Además, la varianza σ_r^2 con r puntos, vendrá dada por:

$$\sigma_r^2 = \sigma_{r+1}^2 - \lambda_{r+1}^2 s^{-1} \quad (\text{A2.11})$$

Estas expresiones son de gran utilizada en los métodos de búsqueda discreta o en los cálculos de varianzas al hacer que un punto adicional recorra la región de estudio. Existen expresiones similares para la actualización de las matrices de covarianzas de los errores de estimación en varios puntos o bloques.

Fuente:

Samper Calvete F. Javier, Carrera Ramírez Jesús. 1990. Geoestadística Aplicaciones a la hidrogeología subterránea. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. Barcelona. Páginas 477-478.

ANEXO 3. FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS A UTM Y VICEVERSA

Las fórmulas básicas para calcular coordenadas geográficas a UTM y viceversa son:

$$x = f_x(\varphi, \lambda, \lambda_0, k_0, a, b) \quad (\text{A3.1})$$

$$y = f_y(\varphi, \lambda, \lambda_0, k_0, a, b) \quad (\text{A3.2})$$

donde φ, λ corresponden a la latitud y longitud del punto,

λ_0 es el meridiano central o de referencia,

k_0 es el factor de escala central,

a, b son los parámetros del elipsoide de referencia y,

x, y son las coordenadas cartesianas resultado de la proyección

Las expresiones son:

$$\begin{aligned} \frac{x}{k_0 N} = & (\lambda - \lambda_0) \cos \varphi + \frac{(\lambda - \lambda_0)^3 \cos^3 \varphi}{6} + (1 - t^2 + \eta^2) \\ & + \frac{(\lambda - \lambda_0)^5 \cos^5 \varphi}{120} (5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 - 58t^2\eta^2) \end{aligned} \quad (\text{A3.3})$$

$$\begin{aligned} \frac{y}{k_0 N} = & \frac{S}{N} + \frac{(\lambda - \lambda_0)^2}{2} \operatorname{sen} \varphi \cos \varphi + \frac{(\lambda - \lambda_0)^4}{24} \operatorname{sen} \varphi \cos^3 \varphi (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) \\ & + \frac{(\lambda - \lambda_0)^6}{720} \operatorname{sen} \varphi \cos^5 \varphi (61 - 58t^2 + t^4 + 270\eta^2 - 330t^2\eta^2) \end{aligned} \quad (\text{A3.4})$$

Las relaciones siguientes están dadas a partir de los parámetros anteriores, de la siguiente forma:

$$t = \tan\varphi \quad (\text{A3.5})$$

$$e^2 = 1 - \frac{b^2}{a^2} \quad (\text{A3.6})$$

$$\eta^2 = \frac{e^2}{1 - e^2} \cos^2\varphi \quad (\text{A3.7})$$

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2\varphi}} \quad (\text{A3.8})$$

$$S = \frac{a}{1 + n} (a_0\varphi - a_2 \sin 2\varphi + a_4 \sin 4\varphi - a_6 \sin 6\varphi + a_8 \sin 8\varphi) \quad (\text{A3.9})$$

con:

$$a_0 = 1 + \frac{\eta^2}{4} + \frac{\eta^4}{64} \quad (\text{A3.10})$$

$$a_2 = \frac{3}{2} \left(n - \frac{n^3}{8} \right) \quad (\text{A3.11})$$

$$a_4 = \frac{15}{16} \left(n^2 - \frac{n^4}{4} \right) \quad (\text{A3.12})$$

$$a_6 = \frac{35}{48} n^3 \quad (\text{A3.13})$$

$$a_8 = \frac{315}{512} n^4 \quad (\text{A3.14})$$

$$n = \frac{a - b}{a + b} \quad (\text{A3.15})$$

La transformación inversa se realiza a partir de las siguientes expresiones:

$$\varphi = \varphi_f - \frac{t}{2}(1 + \eta^2) \left[\frac{x}{k_0 N} \right]^2 + \frac{t}{24}(5 + 3t^2 + 6\eta^2 - 6\eta^2 t^2 - 3\eta^4 - 9t^2 \eta^4) \left[\frac{x}{k_0 N} \right]^4 - \frac{t}{720}(61 + 90t^2 + 45t^4 + 107\eta^2 - 162t^2 \eta^2 - 45t^4 \eta^2) \left[\frac{x}{k_0 N} \right]^6 \quad (\text{A3.16})$$

$$\lambda = \sec \varphi_f \left\{ \frac{x}{k_0 N} - \frac{1}{6} \left[\frac{x}{k_0 N} \right]^3 (1 + 2t^2 + \eta^2) + 120 \left[\frac{x}{k_0 N} \right]^5 (5 + 28t^2 + 24t^4 + 6\eta^2 + 8t^2 \eta^2) \right\} \quad (\text{A3.17})$$

Donde:

$$\varphi_f = y \frac{(1 + n)}{a a_0 k_0} - f(\varphi_f) \quad (\text{A3.18})$$

Fuente:

Leick Alfred. 1990. GPS satellite Surveying. University of Maine, Orono Maine. Páginas. 284-301

ANEXO 4. FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS A CÓNICA CONFORME DE LAMBERT Y VICEVERSA

Las fórmulas básicas para calcular las coordenadas geográficas a cónica conforme de Lambert son:

$$x = k_0 N_0 \cot \varphi_0 \varepsilon^{-(\sin \varphi_0) \Delta q} \sin(\lambda \sin \varphi_0) \quad (\text{A4.1})$$

$$y = k_0 N_0 \cot \varphi_0 [1 - \varepsilon^{-(\sin \varphi_0) \Delta q} \cos(\lambda \sin \varphi_0)] \quad (\text{A4.2})$$

Donde:

$$k_0 = \frac{N_1 \cos \varphi_1}{N_0 \cos \varphi_0} \varepsilon^{\sin \varphi_0 (q_1 - q_0)} = \frac{N_2 \cos \varphi_2}{N_0 \cos \varphi_0} \varepsilon^{\sin \varphi_0 (q_2 - q_0)} \quad (\text{A4.3})$$

$$\varphi_0 = \sin^{-1} \left(\frac{\ln(N_1 \cos \varphi_1) - \ln(N_2 \cos \varphi_2)}{q_1 - q_2} \right) \quad (\text{A4.4})$$

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} \quad (\text{A4.5})$$

$$e^2 = 2f - f^2 \quad (\text{A4.6})$$

$$f = \frac{a - b}{a} \quad (\text{A4.7})$$

$$q = \ln \left[\tan \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \left(\frac{1 - e \sin \varphi}{1 + e \sin \varphi} \right)^{e/2} \right] \quad (\text{A4.8})$$

Siendo:

a, b => los parámetros de elipsoide de referencia

φ, λ => latitud y longitud del punto

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_0$ => primero y segundo paralelo estándar y latitud de origen

$\varepsilon = 2.828 \dots$

Las fórmulas viceversas son:

$$\tan \lambda' = \frac{x}{k_0 r_0 - y} \quad (\text{A4.9})$$

$$r = \frac{k_0 r_0 - y}{\cos \lambda'} \quad (\text{A4.10})$$

$$\lambda = \frac{\lambda'}{\sin \varphi_0} \quad (\text{A4.11})$$

$$\Delta q = -\frac{1}{\sin \varphi_0} \ln \left(\frac{r}{k_0 r_0} \right) \quad (\text{A4.12})$$

$$q = q_0 + \Delta q \quad (\text{A4.13})$$

Donde:

$$\gamma = \lambda' = \lambda \sin \varphi_0 \quad (\text{A4.14})$$

$$K = \frac{k_0 N_0 \cos \varphi_0}{N \cos \varphi} \varepsilon^{-\sin \varphi_0 (q - q_0)} \quad (\text{A4.15})$$

Fuente:

Leick Alfred. 1990. GPS satellite Surveying. University of Maine, Oronto Maine. Páginas. 284-301

ANEXO 5. RELACIÓN DE APROVECHAMIENTOS DEL ACUÍFERO “SALTILLO-RAMOS ARIZPE”

CLAVE	X EN CCL (m)	Y EN CCL (m)	ELEVACION	NIVEL PIEZOMÉTRICO (m)	TIPO OBRA	PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO SUCCION (PULGS)	DIAMETRO DESCARGA (PULGS)
SRA-001	2612785.4044	1492286.9422	1592.0000	1407.5700	POZO	520.00	10.00	14.00
SRA-002	2613019.2211	1492108.9228	1592.0000	1425.3000	POZO	612.00	8.00	14.00
SRA-003	2613543.3255	1492082.5891	1603.0000	1414.0000	POZO	500.00	8.00	8.00
SRA-004	2612926.2635	1494078.6999	1592.0000	1423.0000	POZO	500.00	4.00	12.00
SRA-005	2612942.8652	1494229.3648	1592.0000	1414.9000	POZO	600.00	6.00	6.00
SRA-006	2613044.0275	1494381.8847	1600.0000	1419.1000	POZO	304.00	8.00	8.00
SRA-007	2613055.7926	1493936.2170	1600.0000	1407.3000	POZO	600.00	8.00	6.00
SRA-008	2612930.8498	1493960.3516	1594.0000	1407.9000	POZO	512.00	8.00	10.00
SRA-009	2612826.8517	1493710.2241	1610.0000	1423.9000	POZO	602.00	8.00	6.00
SRA-010	2614332.8683	1493069.3828	1334.0000	1113.9000	POZO	600.00	8.00	8.00
SRA-011	2614217.5031	1493110.6500	1636.0000	1426.1200	POZO	550.00	8.00	8.00
SRA-012	2607425.7606	1482349.6506	1813.0000	1606.0000	POZO	350.00	8.00	8.00
SRA-013	2606890.0950	1481815.3941	1866.0000	1620.0000	POZO	500.00	10.00	10.00
SRA-014	2607166.1167	1481799.5451	1878.0000	1608.2300	POZO	450.00	8.00	8.00
SRA-015	2607927.4065	1482665.1970	1801.0000	1612.4800	POZO	500.00	10.00	10.00
SRA-016	2607926.0588	1482317.8135	1809.0000	1597.9300	POZO	500.00	10.00	10.00
SRA-017	2608390.4391	1483198.8617	1798.0000	1614.6800	POZO	500.00	8.00	8.00
SRA-018	2608815.6768	1483322.6357	1799.0000	1609.8500	POZO	450.00	10.00	10.00
SRA-019	2609049.6259	1483274.0145	1828.0000	1609.7000	POZO	455.00	10.00	10.00
SRA-020	2606151.7970	1487210.5877	1822.0000	1608.8500	POZO	467.00	8.00	8.00
SRA-021	2606253.7498	1488234.0060	1831.0000	1605.5400	POZO	450.00	8.00	8.00
SRA-022	2612694.4040	1485037.8886	1820.0000	1604.9700	POZO	400.00	8.00	8.00
SRA-023	2597136.1787	1476919.9652	1841.0000	1760.2400	POZO	323.00	10.00	12.00
SRA-024	2601520.8139	1477147.4622	1914.0000	1809.1200	POZO	450.00	10.00	12.00
SRA-025	2597773.9494	1473656.7663	2028.0000	1900.6200	POZO	361.00	8.00	8.00
SRA-026	2597683.8972	1473860.7971	2045.0000	1903.9500	POZO	300.00	6.00	4.00
SRA-027	2596347.9606	1479598.6880	1733.0000	1711.6000	POZO	140.00	2.00	3.00
SRA-028	2596424.5747	1479689.9391	1733.0000		POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-029	2596146.3528	1479353.4210	1744.0000	1658.2000	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-030	2596944.2877	1478681.2529	1792.0000	1761.2000	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-031	2597278.6379	1478636.8387	1797.0000	1707.0000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-032	2597368.0368	1478598.9918	1793.0000	1731.8000	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-033	2597090.8994	1478122.1762	1811.0000	1724.1000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-034	2596802.0794	1477678.9433	1826.0000	1750.9300	POZO	220.00	2.00	2.00
SRA-035	2595301.2615	1477866.9437	1774.0000	1754.3000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-036	2597896.0572	1481338.4823	1732.0000	1701.8400	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-037	2597828.4525	1480972.7445	1739.0000	1718.1800	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-038	2598031.5388	1481196.1529	1738.0000	1715.2300	POZO	0.00	3.00	2.00
SRA-039	2597946.4809	1480219.9587	1775.0000	1734.8900	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-040	2597341.2118	1481544.2559	1719.0000	1699.1000	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-041	2597465.1280	1475578.6824	1717.0000	1697.3000	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-042	2601930.7824	1486859.1666	1582.0000	1577.1300	POZO	106.00	2.00	2.00
SRA-043	2603089.1795	1490395.9969	1503.0000		POZO	300.00	4.00	4.00
SRA-044	2603312.8348	1492854.3526	1484.0000	1447.8600	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-045	2605114.0275	1494857.7260	1456.0000	1401.3300	POZO	54.00	3.00	3.00
SRA-046	2604314.0965	1492898.2557	1478.0000	1442.1800	POZO	150.00	3.00	4.00
SRA-047	2605521.0056	1490421.5401	1501.0000	1486.0500	POZO	160.00	3.00	3.00
SRA-048	2609447.0292	1486712.5361	1633.0000	1556.4600	POZO	203.00	3.00	3.00
SRA-049	2606140.0268	1487565.6521	1574.0000	1544.1600	POZO	220.00	3.00	3.00
SRA-050	2603040.9879	1487741.4793	1558.0000	1539.3200	POZO	200.00	6.00	6.00
SRA-051	2602653.7891	1489012.9203	1516.0000	1503.2400	POZO	350.00	3.00	3.00
SRA-052	2602176.5216	1488539.6262	1541.0000	1535.5800	POZO	350.00	4.00	4.00
SRA-053	2601870.1518	1488668.2554	1581.0000	1573.3300	POZO	57.30	4.00	4.00
SRA-054	2600918.6421	1489169.8745	1541.0000	1433.5900	POZO	300.00	4.00	4.00
SRA-055	2595196.7540	1489867.1248	1582.0000	1568.3900	POZO	250.00	4.00	4.00
SRA-056	2598391.1650	1491143.6888	1525.0000	1511.7500	POZO	39.50	2.00	2.00

CLAVE	X EN CCL (m)	Y EN CCL (m)	ELEVACION	NIVEL PIEZOMÉTRICO (m)	TIPO OBRA	PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO SUCCION (PULGS)	DIAMETRO DESCARGA (PULGS)
SRA-057	2598807.7653	1486408.3819	1591.0000	1575.0900	POZO	89.60	4.00	4.00
SRA-058	2598841.7718	1486445.9538	1592.0000	1576.5500	POZO	100.00	3.00	3.00
SRA-059	2598693.0970	1486010.7441	1587.0000	1576.6300	POZO	67.00	3.00	3.00
SRA-060	2602493.8425	1486597.8279	1586.0000	1575.0300	POZO	70.00	3.00	3.00
SRA-061	2602982.7931	1480640.9445	1879.0000	1735.0800	POZO	580.00	4.00	4.00
SRA-062	2602760.8913	1480957.5455	1845.0000	1764.5400	POZO	350.00	4.00	4.00
SRA-063	2602898.0204	1482056.3277	1802.0000	1759.1000	POZO	152.00	2.00	3.00
SRA-064	2600895.6573	1483826.7505	1710.0000	1695.5000	POZO	350.00	3.00	3.00
SRA-065	2601328.9166	1484173.6532	1671.0000	1659.6000	POZO	100.00	3.00	3.00
SRA-066	2601506.0099	1484946.8794	1650.0000	1591.7000	POZO	350.00	3.00	4.00
SRA-067	2601784.4793	1485816.8866	1621.0000	1616.7700	POZO	10.00	6.00	3.00
SRA-068	2601846.8699	1486102.9046	777.0000	775.0400	POZO	8.00	2.00	3.00
SRA-069	2602205.0162	1485610.1445	1614.0000	1601.2000	POZO	115.00	6.00	4.00
SRA-070	2603091.6790	1486112.3163	1598.0000	1590.3500	POZO	37.00	6.00	6.00
SRA-071	2601504.5680	1486417.8573	5261.0000	5252.4600	POZO	100.00	4.00	4.00
SRA-072	2600541.9453	1485341.7338	1644.0000	1616.1100	POZO	550.00	2.00	4.00
SRA-073	2600503.7584	1477192.8475	1862.0000	1698.1000	POZO	500.00	10.00	12.00
SRA-074	2600017.7975	1489494.4434	1547.0000	1534.9600	POZO	150.00	3.00	4.00
SRA-075	2599951.3352	1487718.4006	1572.0000	1562.7300	POZO	450.00	4.00	4.00
SRA-076	2604075.1302	1484970.4154	1647.0000	1603.8700	POZO	100.00	4.00	4.00
SRA-077	2596322.2202	1480544.5729	1642.0000		POZO	0.00	0.00	2.00
SRA-078	2596406.0550	1480442.9110	1723.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-079	2614007.2961	1504683.5502	1433.0000	1278.0000	POZO	428.00	3.00	3.00
SRA-080	2614083.1797	1507480.4206	1264.0000	1236.0000	POZO	120.00	4.00	4.00
SRA-081	2614439.2779	1507808.7865	1253.0000	1235.5000	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-082	2615048.4508	1507628.0664	1255.0000	1235.0000	POZO	230.00	3.00	3.00
SRA-083	2613634.8954	1507179.8918	1274.0000	1242.0000	POZO	0.00	2.00	3.00
SRA-084	2612826.7479	1507853.9528	1279.0000	1264.0000	POZO	0.00	3.00	4.00
SRA-085	2611858.7121	1506656.0456	1292.0000	1279.2000	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-086	2613381.1024	1503102.9858	1384.0000	1284.7500	POZO	0.00	6.00	10.00
SRA-087	2613456.8984	1502960.3151	1400.0000	1302.1000	POZO	0.00	6.00	10.00
SRA-088	2606816.1333	1501685.5103	1408.0000	1342.5500	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-089	2606625.8973	1501781.8580	1417.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-090	2606942.6261	1501455.3737	1403.0000	1353.3200	POZO	0.00	1.50	2.00
SRA-091	2607301.5322	1487880.7669	1614.0000	1553.0000	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-092	2607295.2581	1487894.5636	1612.0000		POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-093	2606362.4440	1486908.6563	1599.0000	1572.0000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-094	2606358.5328	1487223.0855	1594.0000	1569.3000	POZO	0.00	3.00	2.00
SRA-095	2602451.7751	1487425.9741	1572.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-096	2602654.1487	1487591.6542	1565.0000	1563.0000	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-097	2601923.2867	1487019.2419	1583.0000	1577.0000	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-098	2603479.8459	1486836.4450	1588.0000	1573.0000	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-099	2603447.7835	1486800.9063	1595.0000	1579.0000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-100	2598358.1127	1504660.4385	1592.0000		POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-101	2603405.6271	1502750.1328	1394.0000		POZO	0.00	6.00	6.00
SRA-102	2603353.1863	1502510.0880	1399.0000	1352.8800	POZO	0.00	4.00	5.00
SRA-103	2602675.8809	1502125.8856	1410.0000		POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-104	2603107.7827	1501315.2173	1410.0000		POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-105	2603689.8831	1501638.5911	1390.0000	1351.9800	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-106	2612831.8306	1503865.3539	1366.0000		POZO	400.00	6.00	8.00
SRA-107	2613061.1237	1503531.9493	1377.0000		POZO	400.00	10.00	8.00
SRA-108	2605726.2724	1502272.6894	1360.0000		POZO	132.00	3.00	3.00
SRA-109	2605444.2809	1501066.0563	1383.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-110	2605237.4066	1500471.2478	1390.0000		POZO	90.00	3.00	3.00
SRA-111	2604606.6353	1501906.6253	1375.0000		POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-112	2604690.4032	1501175.8748	1374.0000		POZO	60.00	6.00	6.00
SRA-113	2604763.6085	1499251.4529	1403.0000		POZO	45.00	3.00	2.00
SRA-114	2604686.2120	1499150.2138	1399.0000		POZO	57.00	3.00	4.00

CLAVE	X EN CCL (m)	Y EN CCL (m)	ELEVACION	NIVEL PIEZOMÉTRICO (m)	TIPO OBRA	PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO SUCCION (PULGS)	DIAMETRO DESCARGA (PULGS)
SRA-115	2604405.6542	1499054.4580	1405.0000		POZO	116.00	4.00	4.00
SRA-116	2608169.4904	1496400.9754	1477.0000		POZO	250.00	6.00	6.00
SRA-117	2607380.9918	1495912.8464	1469.0000		POZO	150.00	4.00	4.00
SRA-118	2606547.1869	1496444.9524	1455.0000		POZO	150.00	3.00	2.00
SRA-119	2606214.9196	1496528.2258	1453.0000		POZO	109.00	6.00	3.00
SRA-120	2606152.8496	1496001.3163	1461.0000		POZO	135.00	6.00	6.00
SRA-121	2606174.3413	1496200.8586	1458.0000		POZO	160.00	6.00	6.00
SRA-122	2606303.8745	1496058.3848	1449.0000		POZO	148.00	6.00	6.00
SRA-123	2606258.0138	1496469.4519	1454.0000		POZO	0.00	6.00	6.00
SRA-124	2605271.8498	1499358.1903	1415.0000	1403.7500	POZO	50.00	3.00	3.00
SRA-125	2601569.9871	1501362.9627	1439.0000		POZO	150.00	2.00	2.00
SRA-126	2600951.4225	1501520.5343	1442.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-127	2603670.7155	1501966.6411	1398.0000	1360.9000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-128	2603597.0406	1501786.8473	1396.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-129	2603366.0699	1501699.1449	1405.0000	1356.7000	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-130	2605695.9556	1503740.2172	1361.0000	1343.5000	POZO	0.00	6.00	6.00
SRA-131	2603753.0950	1503016.5847	1394.0000	1355.1800	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-132	2604487.8087	1501155.4889	1381.0000	1352.1500	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-133	2604360.5744	1501012.3408	1380.0000		POZO	128.00	2.00	2.00
SRA-134	2604485.2374	1500910.5714	1383.0000	1364.1600	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-135	2606213.2978	1502891.5908	1349.0000	1344.4400	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-136	2606308.1179	1503105.6960	1349.0000	1344.9700	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-137	2606890.3800	1504869.4175	1338.0000	1319.9100	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-138	2606788.8166	1504871.1628	1335.0000	1316.5700	POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-139	2606873.2537	1505014.3693	1338.0000	1316.2300	POZO	75.00	2.00	1.50
SRA-140	2606537.8166	1504065.3350	1336.0000		POZO	0.00	1.50	0.00
SRA-141	2605753.8275	1502422.6034	1357.0000	1345.1800	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-142	2605693.9806	1502518.8335	1358.0000	1347.1600	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-143	2605005.5515	1501328.1366	1369.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-144	2604993.0816	1501216.3803	1376.0000		NORIA	0.00	1.50	0.50
SRA-145	2605066.3547	1501052.7613	1377.0000	1371.0600	NORIA	0.00	1.50	0.00
SRA-146	2604977.4894	1500975.1570	1377.0000		POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-147	2604798.2131	1499895.2186	1398.0000	1389.6000	NORIA	0.00	6.00	6.00
SRA-148	2607284.8406	1507929.0455	1311.0000	1303.9500	POZO	80.00	1.50	0.00
SRA-149	2610725.6685	1513450.9510	1264.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-150	2610568.4524	1512409.2138	1270.0000	1230.1800	POZO	0.00	1.50	2.00
SRA-151	2606672.5676	1506172.5844	1315.0000	1306.2700	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-152	2607319.1295	1508270.2359	1332.0000	1314.9000	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-153	2607543.8468	1507964.6143	1326.0000	1318.5000	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-154	2606654.5906	1508118.2250	1335.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-155	2604739.7110	1499659.0253	1389.0000	1347.4600	POZO	0.00	2.50	2.50
SRA-156	2604434.0317	1499528.8735	1391.0000		NORIA	0.00	3.00	3.00
SRA-157	2602944.2568	1499249.2342	1391.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-158	2602487.8773	1499318.8148	1407.0000	1393.6200	POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-159	2603184.6253	1499045.5015	1406.0000		NORIA	0.00	1.00	1.00
SRA-160	2603024.3749	1509344.1673	1398.0000	1391.4800	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-161	2603849.9595	1498978.5264	1400.0000	1387.4400	POZO	0.00	3.00	2.00
SRA-162	2603912.8928	1499058.5445	1396.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-163	2603850.9462	1499250.2802	1400.0000	1374.8200	POZO	46.00	3.00	3.00
SRA-164	2603881.1559	1499098.6556	1401.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-165	2604490.9017	1498165.4905	1412.0000		POZO	200.00	2.00	2.00
SRA-166	2604624.4490	1498066.9025	1412.0000	1366.2000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-167	2605211.0802	1499270.2567	1409.0000	1398.8100	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-168	2606620.4853	1495509.9384	1467.0000	1376.9800	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-169	2616623.1988	1507717.4295	1266.0000	1241.3700	POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-170	2620823.7094	1508448.7881	1285.0000	1266.0200	POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-171	2620593.7311	1509311.8039	1342.0000	1288.0200	POZO	70.00	1.50	1.50
SRA-172	2620210.2410	1508824.5531	1264.0000	1209.6400	POZO	0.00	3.00	3.00

CLAVE	X EN CCL (m)	Y EN CCL (m)	ELEVACION	NIVEL PIEZOMÉTRICO (m)	TIPO OBRA	PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO SUCCION (PULGS)	DIAMETRO DESCARGA (PULGS)
SRA-173	2620438.0897	1509781.2441	1219.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-174	2620940.4717	1510203.4165	1198.0000	1169.9900	POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-175	2620838.3627	1510184.2506	1188.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-176	2620377.5997	1510133.3155	1193.0000	1169.9400	POZO	0.00	1.50	1.00
SRA-177	2620458.1807	1510180.8781	1191.0000	1175.0200	POZO	0.00	1.50	0.00
SRA-178	2620983.5458	1509964.4479	1200.0000	1164.6700	POZO	50.00	0.00	1.25
SRA-179	2620255.4931	1510072.8949	1187.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-180	2620257.2553	1510219.2711	1186.0000	1173.7800	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-181	2620296.1471	1510306.7334	1192.0000	1172.4600	POZO	0.00	1.25	1.25
SRA-182	2619916.7297	1510177.9443	1211.0000	1191.4000	POZO	40.00	1.25	1.25
SRA-183	2619853.3443	1509846.0489	1196.0000	1179.3500	POZO	0.00	1.25	1.25
SRA-184	2619941.5347	1509909.7065	1192.0000	1174.5300	POZO	50.00	1.25	1.25
SRA-185	2620129.2871	1510063.1543	1196.0000	1178.2600	POZO	0.00	1.25	1.25
SRA-186	2618959.1590	1509678.0774	1203.0000	1184.4000	POZO	100.00	2.00	2.00
SRA-187	2618094.3027	1509625.2274	1214.0000		POZO	0.00	1.25	1.25
SRA-188	2618435.9613	1509705.4054	1207.0000	1190.8900	POZO	0.00	1.50	0.00
SRA-189	2618638.7754	1509535.6523	1215.0000	1194.1000	POZO	0.00	1.25	1.25
SRA-190	2618707.9405	1509559.0727	1209.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-191	2619173.5076	1509481.6986	1211.0000		POZO	0.00	1.25	1.25
SRA-192	2619021.0353	1508945.7658	1241.0000		POZO	200.00	1.25	1.25
SRA-193	2619698.0749	1509618.6532	1218.0000		POZO	0.00	1.25	1.25
SRA-194	2616949.2189	1508780.7852	1236.0000	1204.0600	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-195	2616923.6678	1508811.0832	1237.0000	1206.6000	POZO	110.00	2.50	2.50
SRA-196	2616687.6620	1508226.5334	1249.0000	1205.8400	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-197	2616628.5343	1508924.0527	1228.0000	1201.7800	POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-198	2616413.7624	1508369.8334	1237.0000		POZO	75.00	2.00	2.00
SRA-199	2616398.7181	1508420.2715	1234.0000	1214.9900	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-200	2616410.1654	1508307.0400	1243.0000		POZO	150.00	1.50	2.00
SRA-201	2598694.3682	1486677.5965	1579.0000	1564.0000	POZO	150.00	4.00	3.00
SRA-202	2598721.6197	1486841.4184	1603.0000	1586.9500	POZO	76.00	4.00	4.00
SRA-203	2603434.1602	1486696.1023	1590.0000	1516.0000	POZO	150.00	3.00	4.00
SRA-204	2603303.3853	1486941.0576	1585.0000	1512.5700	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-205	2606076.8456	1487632.9417	1576.0000	1545.0000	POZO	176.80	2.00	2.00
SRA-206	2606032.3466	1487710.5943	1597.0000	1568.7000	POZO	152.00	2.00	2.00
SRA-207	2605858.0667	1487715.7280	1567.0000	1544.5000	POZO	172.00	4.00	2.00
SRA-208	2601960.2359	1486560.2347	1587.0000	1577.7500	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-209	2600809.9978	1487591.9563	1589.0000	1583.6000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-210	2600907.1751	1487517.4548	1590.0000	1585.1700	POZO	66.00	2.00	2.00
SRA-211	2598846.2327	1486695.8626	1620.0000	1604.7500	POZO	100.00	2.00	2.00
SRA-212	2598926.5429	1486709.5706	1578.0000	1563.5700	POZO	100.00	2.00	2.00
SRA-213	2598654.0335	1486973.2984	1592.0000	1569.9000	POZO	120.00	3.00	3.00
SRA-214	2598884.6993	1486802.2058	1600.0000	1586.0000	POZO	33.00	3.00	3.00
SRA-215	2599132.6249	1486615.5678	1598.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-216	2599232.1409	1486615.7639	1600.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-217	2599021.1527	1487250.0881	1592.0000	1587.4700	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-218	2599364.6190	1485930.9478	1620.0000	1611.2500	POZO	60.00	2.00	2.00
SRA-219	2599522.2819	1485458.6766	1672.0000	1657.4000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-220	2606151.7970	1487210.5877	1583.0000	1563.5000	POZO	110.00	4.00	4.00
SRA-221	2606253.7498	1488234.0060	1563.0000	1555.1000	POZO	108.00	4.00	4.00
SRA-222	2606169.3628	1488043.0462	1549.0000	1542.2400	POZO	90.00	4.00	2.00
SRA-223	2606056.7481	1487777.8150	1569.0000	1540.7500	POZO	150.00	4.00	4.00
SRA-224	2606339.7137	1487899.4788	1562.0000	1551.7400	POZO	150.00	0.00	0.00
SRA-225	2607193.7530	1487757.9704	1589.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-226	2607211.9862	1487743.4407	1581.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-227	2607810.6957	1488489.1230	1570.0000	1543.4800	POZO	0.00	1.50	0.00
SRA-228	2608045.5779	1487899.0770	1594.0000	1565.2500	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-229	2608116.9399	1487685.6546	1601.0000	1537.3000	POZO	0.00	3.00	4.00
SRA-230	2600216.8718	1482786.7412	1732.0000		POZO	60.00	3.00	3.00

CLAVE	X EN CCL (m)	Y EN CCL (m)	ELEVACION	NIVEL PIEZOMÉTRICO (m)	TIPO OBRA	PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO SUCCION (PULGS)	DIAMETRO DESCARGA (PULGS)
SRA-231	2600379.6111	1482808.2274	1737.0000		POZO	60.00	2.00	1.50
SRA-232	2600371.0299	1482791.1199	1735.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-233	2600601.7334	1483026.0861	1728.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-234	2594387.1038	1482924.4264	1727.0000		POZO	30.00	3.00	3.00
SRA-235	2600410.9529	1482559.1078	1745.0000	1707.3000	POZO	60.00	2.00	2.00
SRA-236	2600121.0672	1482934.9210	1717.0000	1686.5000	POZO	50.00	2.00	2.00
SRA-237	2599166.9787	1481334.5310	1766.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-238	2600218.3949	1482218.4885	1740.0000	1700.0000	POZO	70.00	3.00	3.00
SRA-239	2599625.4552	1483071.3386	1725.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-240	2599638.2457	1483123.3723	1735.0000	1708.2300	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-241	2600681.2855	1491048.7428	1489.0000	1473.5800	POZO	250.00	4.00	4.00
SRA-242	2600789.1119	1491123.7701	1494.0000	1481.7200	POZO	250.00	0.00	0.00
SRA-243	2602109.9936	1495912.4078	1443.0000	1431.0000	POZO	180.00	6.00	6.00
SRA-244	2601211.6675	1496346.5088	1459.0000	1436.0500	POZO	300.00	6.00	6.00
SRA-245	2603002.8512	1496134.1035	1439.0000	1429.4000	POZO	150.00	6.00	8.00
SRA-246	2604540.1718	1497645.0100	1417.0000	1393.2200	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-247	2604259.7116	1497680.6451	1416.0000	1396.4400	POZO	76.00	6.00	6.00
SRA-248	2602896.8498	1495930.7142	1444.0000	1427.0000	POZO	300.00	6.00	6.00
SRA-249	2604058.1354	1497252.1926	1422.0000	1408.7100	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-250	2604798.7987	1494528.3082	1459.0000	1431.4400	POZO	0.00	6.00	4.00
SRA-251	2598309.4626	1481229.1247	1664.0000	1614.5200	POZO	115.00	4.00	4.00
SRA-252	2598351.7179	1481525.6362	1725.0000	1683.1100	POZO	300.00	4.00	6.00
SRA-253	2597204.6075	1480876.4457	1725.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-254	2597230.0566	1480986.4791	1722.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-255	2602512.3834	1489197.9247	1518.0000	1515.6000	POZO	75.00	2.00	3.00
SRA-256	2601489.8272	1494515.2634	1469.0000	1456.0000	POZO	200.00	2.00	2.00
SRA-257	2601533.7148	1495144.2761	1454.0000	1431.0000	POZO	400.00	3.00	3.00
SRA-258	2603828.5737	1494249.1890	1465.0000		POZO	150.00	2.00	2.00
SRA-259	2601204.9225	1489593.1916	1534.0000		POZO	45.00	2.00	2.00
SRA-260	2601218.0728	1489583.5277	1535.0000	1524.2400	NORIA	0.00	2.00	0.00
SRA-261	2601840.9604	1489408.1099	1533.0000		POZO	50.00	2.00	1.00
SRA-262	2601860.3309	1489432.4225	1536.0000	1526.5100	POZO	40.00	2.00	2.00
SRA-263	2606961.4447	1501278.6096	1400.0000		POZO	0.00	2.50	0.00
SRA-264	2606833.4023	1500402.8448	1418.0000	1392.0000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-265	2606874.2948	1501168.1956	1411.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-266	2606852.4860	1501118.9421	1408.0000		POZO	0.00	1.50	0.00
SRA-267	2605851.4595	1502237.6206	1353.0000		POZO	150.00	2.00	2.00
SRA-268	2606146.9338	1502379.4966	1360.0000	1335.5000	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-269	2605614.7508	1499153.7217	1407.0000		POZO	60.00	2.00	2.00
SRA-269	2601160.0334	1491454.4018	1501.0000	1491.1000	POZO	0.00	2.00	2.50
SRA-270	2605295.1302	1500788.0507	1390.0000	1379.1200	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-271	2605303.1624	1501237.1408	1382.0000	1367.3400	POZO	0.00	1.00	0.00
SRA-272	2605308.2241	1501233.2707	1378.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-273	2603383.0814	1495453.6961	1449.0000	1427.8600	POZO	100.00	3.00	3.00
SRA-274	2603028.9463	1493770.7730	1472.0000	1442.0000	POZO	200.00	2.00	2.00
SRA-275	2603922.9749	1495885.6013	1437.0000		POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-276	2602870.1789	1493296.4960	1482.0000		POZO	250.00	1.00	1.00
SRA-277	2601754.8032	1490792.6633	1508.0000	1500.1000	POZO	0.00	2.00	1.50
SRA-278	2600777.6449	1487977.4135	1556.0000	1551.9500	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-279	2600788.4341	1487984.6175	1567.0000	1563.0000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-280	2600831.0927	1488851.4499	1545.0000	1543.5000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-281	2600767.5381	1488754.5061	1548.0000	1543.3000	POZO	20.00	3.00	2.00
SRA-282	2601390.1097	1489544.5109	1541.0000	1526.0000	POZO	60.00	2.00	2.00
SRA-283	2603748.4592	1493411.3544	1472.0000	1436.7000	POZO	150.00	3.00	3.00
SRA-284	2603393.8240	1493652.3892	1476.0000	1444.7000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-285	2603744.3640	1496313.6499	1450.0000		POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-286	2603801.2584	1495989.4256	1448.0000		POZO	0.00	2.00	0.00
SRA-287	2603449.0471	1495938.8794	1433.0000	1413.0000	POZO	300.00	4.00	4.00

CLAVE	X EN CCL (m)	Y EN CCL (m)	ELEVACION	NIVEL PIEZOMÉTRICO (m)	TIPO OBRA	PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO SUCCION (PULGS)	DIAMETRO DESCARGA (PULGS)
SRA-288	2603505.4557	1495908.2694	1494.0000		POZO	60.00	4.00	4.00
SRA-290	2600965.1039	1491538.6976	1520.0000	1506.3000	POZO	18.00	3.00	3.00
SRA-291	2600116.8574	1488609.8248	1552.0000		POZO	420.00	2.00	2.00
SRA-292	2600867.2193	1487297.6162	0.0000	-3.7700	POZO	95.00	2.00	1.50
SRA-293	2601106.5701	1492347.0077	1504.0000	1491.8500	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-294	2601112.2532	1492450.6444	1501.0000	1471.0000	POZO	180.00	4.00	4.00
SRA-295	2600364.7629	1490326.1684	1542.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-296	2600306.5532	1490393.5637	1608.0000	1597.3500	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-297	2600280.9971	1490197.9251	1540.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-298	2600278.2635	1490322.2762	1546.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-299	2600348.6813	1490559.7081	1533.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-300	2599164.2197	1489841.9411	1545.0000	1528.6100	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-301	2615486.6592	1508206.1070	1253.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-302	2615716.7268	1508109.6276	1245.0000	1223.4900	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-303	2616379.8586	1507874.3423	1267.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-304	2616383.1714	1507950.0703	1263.0000	1227.4800	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-305	2619634.9388	1509139.4330	1237.0000	1200.6500	POZO	0.00	1.50	0.00
SRA-306	2620748.4006	1509521.2670	1240.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-307	2619057.8860	1509443.3211	1218.0000	1191.8400	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-308	2615627.0107	1507662.6848	1260.0000	1230.7600	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-309	2604901.2583	1498604.5119	1412.0000	1386.9700	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-310	2605865.1539	1494554.7306	1470.0000		POZO	90.00	2.00	2.00
SRA-311	2605936.0906	1494542.3547	1467.0000		POZO	250.00	4.00	4.00
SRA-312	2605883.8267	1495154.3363	1463.0000	1392.1600	POZO	190.00	4.00	4.00
SRA-313	2605775.7539	1495452.5546	1453.0000	1381.8700	POZO	320.00	6.00	6.00
SRA-314	2605593.6278	1495678.4758	1453.0000	1385.8300	POZO	300.00	6.00	6.00
SRA-315	2605608.6992	1493498.0208	1477.0000	1442.8000	POZO	115.00	2.00	2.00
SRA-316	2605676.9822	1494014.1088	1471.0000	1422.9700	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-317	2605689.2266	1494181.5943	1467.0000	1411.9200	POZO	120.00	4.00	4.00
SRA-318	2607003.3672	1495750.2688	1470.0000	1369.9500	POZO	500.00	6.00	6.00
SRA-319	2600588.0411	1491034.7491	1513.0000		POZO	0.00	2.00	4.00
SRA-320	2600448.5924	1490723.1421	1523.0000	1509.7000	POZO	0.00	2.00	0.00
SRA-321	2600316.6368	1481777.7603	1746.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-322	2600140.5243	1481912.2347	1747.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-323	2597934.6622	1480486.4195	1737.0000	1704.0000	POZO	68.00	4.00	4.00
SRA-324	2597664.4066	1480602.9003	1740.0000	1714.8500	POZO	65.00	1.00	1.00
SRA-325	2597683.5432	1480501.8074	1748.0000		POZO	0.00	1.25	1.25
SRA-326	2602181.3639	1496468.3775	1450.0000	1432.8200	POZO	200.00	3.00	3.00
SRA-327	2603982.9615	1497004.6886	1436.0000	1427.3400	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-328	2603935.7143	1496980.7564	1426.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-329	2601314.2904	1489643.3691	1523.0000		POZO	0.00	3.00	0.00
SRA-330	2601318.9472	1489703.1889	1526.0000		POZO	0.00	3.00	0.00
SRA-331	2601426.4886	1489428.8613	1537.0000	1525.8800	POZO	0.00	1.25	2.25
SRA-332	2605281.9007	1498041.5503	1412.0000	1368.2300	POZO	150.00	4.00	4.00
SRA-333	2604342.4363	1500751.1551	1371.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-334	2604442.5849	1500451.7635	1375.0000		POZO	20.00	3.00	3.00
SRA-335	2604421.5060	1500505.0493	1377.0000		POZO	100.00	4.00	4.00
SRA-336	2604541.4919	1500660.9770	1375.0000		POZO	175.00	3.00	3.00
SRA-337	2604653.7196	1500717.1972	1379.0000		POZO	280.00	3.00	3.00
SRA-338	2605392.7073	1498071.8575	1413.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-339	2604363.6373	1500647.1083	1375.0000	1361.9900	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-340	2605698.3560	1501460.8402	1383.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-341	2606370.3670	1501317.3640	1393.0000	1391.1000	POZO	100.00	2.00	2.00
SRA-342	2606585.6625	1501077.2378	1397.0000	1374.9900	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-343	2612780.2059	1503043.9919	1347.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-344	2612100.4189	1501592.6721	1354.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-345	2612041.9266	1501083.7298	1364.0000		POZO	0.00	3.00	3.00

CLAVE	X EN CCL (m)	Y EN CCL (m)	ELEVACION	NIVEL PIEZOMÉTRICO (m)	TIPO OBRA	PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO SUCCION (PULGS)	DIAMETRO DESCARGA (PULGS)
SRA-346	2611571.0953	1502625.2234	1341.0000	1294.1900	POZO	60.00	2.00	2.00
SRA-347	2611509.3481	1502536.2700	1344.0000	1297.4200	POZO	100.00	2.00	2.00
SRA-348	2611733.0650	1499285.2270	1415.0000	1372.0700	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-349	2611814.5365	1497614.7639	1463.0000	1430.0200	POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-350	2611853.6650	1497691.2722	1468.0000	1437.1600	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-351	2611620.1780	1497989.7376	1459.0000	1430.7000	POZO	70.00	0.00	0.00
SRA-352	2612731.8003	1498268.9649	1443.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-353	2611859.4099	1498517.5693	1439.0000	1414.4200	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-354	2611491.6976	1497268.2501	1475.0000	1411.1000	POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-355	2611365.4303	1497307.2836	1470.0000	1404.1500	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-356	2611407.0746	1496951.8522	1483.0000		POZO	95.00	0.00	0.00
SRA-357	2611397.1918	1496948.6491	1487.0000	1417.1100	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-358	2611501.3102	1496921.0737	1488.0000	1418.2700	POZO	90.00	1.50	1.50
SRA-359	2611138.7144	1497206.7489	1477.0000	1376.8100	POZO	200.00	2.00	2.00
SRA-360	2611303.7584	1497169.5624	1479.0000		POZO	200.00	1.50	1.50
SRA-361	2611955.6747	1497215.7279	1471.0000		POZO	0.00	4.00	3.00
SRA-362	2611903.3510	1497150.8747	1474.0000	1391.4300	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-363	2612643.1414	1493327.9562	1576.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-364	2611844.3617	1503959.1154	1332.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-365	2611613.7529	1504442.7965	1322.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-366	2615476.1143	1500347.8855	1426.0000		POZO	0.00	2.50	2.50
SRA-367	2615551.5161	1500313.7055	1433.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-368	2614303.7620	1499115.7171	1435.0000	1398.6400	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-369	2614342.6804	1499065.8058	1434.0000	1394.7300	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-370	2618007.1615	1500717.9761	1496.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-371	2618896.4854	1500742.4593	1540.0000	1484.7600	POZO	0.00	2.00	1.50
SRA-372	2614176.5183	1503278.7346	1463.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-373	2614607.4497	1498521.1592	1463.0000	1424.4100	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-374	2614272.2678	1498827.3545	1450.0000		POZO	0.00	1.25	0.00
SRA-375	2613891.0979	1498961.3302	1437.0000	1414.3200	POZO	0.00	0.00	1.25
SRA-376	2614226.4192	1497560.2022	1478.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-377	2613888.1283	1497645.3503	1475.0000	1443.1000	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-378	2613541.4879	1495933.6406	1534.0000	1496.6900	POZO	0.00	1.25	1.25
SRA-379	2605758.4853	1500628.0389	1380.0000	1372.6900	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-380	2606327.0920	1494820.6841	1463.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-381	2606439.4574	1494281.6872	1467.0000	1398.1300	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-382	2606866.6325	1494408.5225	1477.0000	1389.9200	POZO	115.00	1.50	1.50
SRA-383	2606332.5270	1495433.9359	1462.0000		POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-384	2605370.2713	1498277.4030	1427.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-385	2601717.1555	1499019.1659	1428.0000	1398.1300	POZO	0.00	1.25	0.00
SRA-386	2597575.5389	1499347.9478	1477.0000		POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-387	2598514.0324	1499440.2983	1475.0000		POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-388	2596709.0554	1498653.0215	1499.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-389	2597114.9955	1499065.0759	1497.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-390	2597547.6384	1498717.2920	1491.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-391	2597527.7209	1498717.8484	1489.0000	1427.5900	POZO	0.00	0.00	1.25
SRA-392	2597325.8096	1498260.5268	1508.0000		MANANTIAL	0.00	0.00	0.00
SRA-393	2597870.6899	1498555.2073	1484.0000	1446.3400	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-394	2597365.5016	1498446.5312	1500.0000		POZO	150.00	4.00	2.00
SRA-395	2599300.9104	1497605.3292	1478.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-397	2619687.6269	1485655.6973	1794.0000		POZO	0.00	6.00	6.00
SRA-398	2619632.1667	1485916.2629	1797.0000		POZO	0.00	8.00	8.00
SRA-398	2599984.3758	1496985.3637	1475.0000		POZO	0.00	0.00	4.00
SRA-399	2620295.0200	1484413.8343	1836.0000		POZO	0.00	10.00	10.00
SRA-400	2605650.7464	1498784.2385	1413.0000	1394.3000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-401	2599210.8165	1490121.6448	1539.0000	1526.0000	POZO	0.00	2.00	0.00
SRA-402	2599642.8816	1488621.3036	1560.0000		POZO	100.00	2.00	2.00
SRA-403	2599595.9106	1488449.0836	1560.0000		POZO	125.00	3.00	0.00

CLAVE	X EN CCL (m)	Y EN CCL (m)	ELEVACION	NIVEL PIEZOMÉTRICO (m)	TIPO OBRA	PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO SUCCION (PULGS)	DIAMETRO DESCARGA (PULGS)
SRA-404	2599724.6905	1488431.0132	1566.0000		POZO	125.00	3.00	0.00
SRA-405	2599745.6127	1488294.1250	1573.0000		POZO	70.00	2.00	0.00
SRA-406	2599725.1168	1488275.7595	1578.0000		POZO	100.00	2.00	2.00
SRA-407	2600965.9423	1490051.7447	1510.0000	1498.0500	POZO	120.00	2.00	2.00
SRA-408	2600877.5520	1491763.7009	1505.0000	1485.0000	POZO	60.00	2.00	2.00
SRA-409	2599771.3990	1488071.7500	1571.0000		POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-410	2599806.8709	1488314.3815	1548.0000	1536.0000	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-411	2599779.1714	1488306.8058	1557.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-412	2598487.6155	1485760.4007	1614.0000		POZO	0.00	2.00	0.00
SRA-413	2598609.5926	1485598.8635	1625.0000	1617.0000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-414	2601393.9367	1490366.7069	1534.0000		POZO	90.00	3.00	3.00
SRA-415	2603555.5223	1495215.6227	1457.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-416	2603733.3586	1494234.1564	1457.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-417	2601674.0421	1490663.4900	1523.0000		POZO	0.00	1.50	2.00
SRA-418	2600226.5639	1486923.2535	1522.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-419	2599833.6304	1486416.9872	1598.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-420	2599828.0904	1486623.8810	1633.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-421	2600831.5033	1486975.3579	0.0000		POZO	60.00	4.00	4.00
SRA-422	2601159.6033	1492831.8927	1506.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-423	2597889.2563	1489529.2536	0.0000	-9.0000	POZO	120.00	2.00	2.00
SRA-424	2613002.7182	1493043.2050	0.0000	-9.0000	POZO	120.00	4.00	4.00
SRA-425	2616106.8091	1487283.4048	0.0000	-5.7000	POZO	170.00	2.00	2.00
SRA-426	2600688.5609	1489766.9667	1573.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-427	2600950.5294	1489756.8000	1519.0000		POZO	0.00	2.00	0.00
SRA-428	2600726.1428	1489596.6032	1540.0000		POZO	0.00	1.50	2.00
SRA-429	2606323.4595	1489547.3546	1523.0000		POZO	120.00	1.50	1.50
SRA-430	2597628.9071	1473509.2853	2005.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-431	2606212.0377	1488955.6844	1533.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-432	2604820.3342	1494544.7069	1446.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-433	2604811.5779	1494535.5564	1456.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-434	2603813.9190	1497133.3508	1427.0000		POZO	198.00	3.00	2.00
SRA-435	2603458.4665	1496732.3710	1431.0000	1419.5500	POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-436	2601797.4407	1493289.8285	1474.0000	1433.0000	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-437	2601799.3865	1493291.8619	1474.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-438	2601796.4022	1493291.7963	1479.0000	1452.0000	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-439	2601794.3907	1493292.7473	1479.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-440	2598828.0832	1490011.7095	1543.0000	1517.8400	POZO	240.00	3.00	4.00
SRA-441	2598863.9248	1490146.8607	1535.0000		POZO	0.00	3.00	2.00
SRA-442	2599000.4126	1490095.1217	1538.0000	1518.4300	POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-443	2598786.4699	1489867.4740	1555.0000		POZO	500.00	3.00	4.00
SRA-444	2587071.6695	1491330.2366	1655.0000	1465.0000	POZO	300.00	4.00	4.00
SRA-445	2587369.2538	1490246.0317	1659.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-446	2590706.9535	1489889.6693	1745.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-447	2600980.8527	1496432.9986	1468.0000	1458.0000	POZO	75.00	2.00	2.00
SRA-448	2601360.0956	1497109.2126	1450.0000	1430.7000	POZO	150.00	2.00	2.00
SRA-449	2601382.4064	1497135.5824	1439.0000	1422.1100	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-450	2601410.5797	1497392.9986	1442.0000	1421.5200	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-451	2601117.0220	1497571.6681	1452.0000	1420.7000	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-452	2587119.0194	1491349.1953	1653.0000		POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-453	2587137.4361	1491100.7943	1625.0000	1461.0000	POZO	360.00	4.00	4.00
SRA-454	2587051.8276	1490695.8389	1641.0000	1569.1000	POZO	300.00	3.00	2.00
SRA-455	2587083.7964	1490735.3579	1641.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-456	2587263.5631	1490706.4807	1643.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-457	2603527.8060	1496792.6215	1424.0000	1403.3600	POZO	300.00	3.00	3.00
SRA-458	2587668.7208	1490655.7033	1656.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-459	2587291.8535	1491093.2532	1652.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-460	2604690.6560	1498450.5751	1476.0000	1447.4000	POZO	100.00	2.00	2.00
SRA-461	2587256.7761	1491239.7734	1651.0000		POZO	0.00	0.00	0.00

CLAVE	X EN CCL (m)	Y EN CCL (m)	ELEVACION	NIVEL PIEZOMÉTRICO (m)	TIPO OBRA	PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO SUCCION (PULGS)	DIAMETRO DESCARGA (PULGS)
SRA-462	2587304.3236	1491249.7794	1647.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-463	2587672.0279	1491002.1162	1670.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-464	2587485.0053	1491269.6889	1648.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-465	2612591.9039	1488082.3389	1639.0000		POZO	200.00	2.00	2.00
SRA-466	2612854.2340	1487919.8742	1651.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-467	2611705.3040	1488437.1578	1617.0000	1497.0000	POZO	186.00	2.00	2.00
SRA-468	2611354.5615	1487638.1847	1636.0000	1443.0000	POZO	273.00	2.00	2.00
SRA-469	2610463.5059	1489331.6153	1575.0000		POZO	0.00	1.00	0.00
SRA-470	2600481.0112	1496759.4110	1443.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-471	2600181.2368	1496904.1004	1483.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-472	2598155.6125	1500123.1588	1468.0000	1344.8500	POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-473	2597758.8857	1500466.7603	1481.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-474	2610251.2673	1489796.7585	1578.0000		POZO	200.00	0.00	0.00
SRA-475	2600163.2085	1496954.4651	1566.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-476	2594688.8185	1492641.6977	1578.0000		POZO	100.00	4.00	4.00
SRA-477	2599401.7478	1499036.8440	1568.0000	1388.0000	POZO	210.00	4.00	4.00
SRA-478	2598810.4455	1498906.3658	1455.0000	1375.0000	POZO	110.00	3.00	3.00
SRA-479	2599224.7308	1499211.1084	1446.0000	1356.0000	POZO	130.00	1.50	1.50
SRA-480	2602914.9557	1508889.8373	1410.0000		POZO	0.00	2.00	0.00
SRA-481	2603967.1432	1498854.6952	1397.0000		POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-482	2603771.7204	1498553.7794	1399.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-483	2598335.4213	1478413.2104	1827.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-484	2600338.5642	1484360.9173	1673.0000		MANANTIAL	0.00	0.00	0.00
SRA-485	2600784.0635	1492032.3669	1500.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-486	2600855.2027	1492236.9730	1502.0000		POZO	0.00	1.50	0.00
SRA-487	2601057.0561	1496136.0780	1463.0000		POZO	100.00	4.00	4.00
SRA-488	2601047.2177	1496130.8848	1466.0000		POZO	100.00	4.00	4.00
SRA-489	2601328.2483	1495390.5764	1448.0000	1431.0000	NORIA	0.00	1.00	1.00
SRA-490	2601375.7495	1495267.2064	1448.0000	1432.0000	NORIA	0.00	1.00	1.00
SRA-491	2601266.5887	1495162.2863	1443.0000	1425.5400	NORIA	0.00	1.00	1.50
SRA-492	2600549.2640	1489086.1152	1527.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-493	2605023.1148	1484900.6397	1812.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-494	2601217.5094	1492687.8513	1502.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-495	2601689.8851	1492297.1298	1494.0000	1493.0000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-496	2602006.1457	1492081.1342	1485.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-497	2601904.9852	1492155.5489	1483.0000		POZO	70.00	1.50	1.50
SRA-498	2602142.8307	1499620.7712	1407.0000	1390.0000	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-499	2602001.4534	1499487.2672	1411.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-500	2601522.3827	1499502.5962	1413.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-501	2608347.3560	1495417.4877	1481.0000	1407.1000	POZO	0.00	2.50	2.50
SRA-502	2608375.4475	1495135.4239	1487.0000		POZO	0.00	4.00	3.00
SRA-503	2608930.2963	1494252.7863	1507.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-504	2608753.0065	1495119.8277	1503.0000	1435.8700	POZO	0.00	0.00	1.25
SRA-505	2608630.1766	1495274.3963	1496.0000	1413.9400	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-506	2609044.4873	1499883.1050	1427.0000	1386.0500	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-507	2609442.0965	1498819.8178	1434.0000		POZO	195.00	2.00	2.00
SRA-508	2609295.2758	1498797.6791	1441.0000		POZO	128.00	1.00	1.00
SRA-509	2609110.7717	1498814.5272	1459.0000	1401.6400	POZO	170.00	1.50	1.50
SRA-510	2608902.5994	1498776.1092	1465.0000	1413.6200	POZO	300.00	0.00	0.00
SRA-511	2609042.0277	1498047.5724	1460.0000	1427.2300	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-512	2609461.4694	1499297.0312	1431.0000	1372.7300	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-513	2610047.0727	1500096.2566	1401.0000		POZO	0.00	2.50	2.50
SRA-514	2610194.9661	1499979.0648	1408.0000		POZO	0.00	0.00	1.50
SRA-515	2609939.2246	1500067.0108	1412.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-516	2609726.0869	1499620.3744	1421.0000	1368.0700	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-517	2609815.0544	1499648.2097	1415.0000		POZO	70.00	2.00	2.00
SRA-518	2609477.6255	1498561.8000	1429.0000		POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-519	2609657.9551	1498916.1364	1431.0000		POZO	100.00	0.00	0.00

CLAVE	X EN CCL (m)	Y EN CCL (m)	ELEVACION	NIVEL PIEZOMÉTRICO (m)	TIPO OBRA	PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO SUCCION (PULGS)	DIAMETRO DESCARGA (PULGS)
SRA-520	2612019.1947	1495772.8283	1510.0000	1485.6100	POZO	140.00	0.00	0.00
SRA-521	2611961.3175	1495371.4182	1520.0000	1494.0300	POZO	0.00	0.00	1.50
SRA-522	2611751.5207	1495134.8927	1523.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-523	2611562.9332	1495247.2122	1526.0000	1490.4800	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-524	2612045.9184	1495598.2290	1516.0000	1495.4000	pozo	150.00	0.00	0.00
SRA-525	2612027.8509	1496058.6910	1507.0000	1478.7500	POZO	250.00	1.00	1.00
SRA-526	2603296.9703	1483514.1801	1668.0000	1657.3700	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-527	2603315.6570	1483388.1911	1687.0000		POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-528	2603335.9750	1483323.9444	1700.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-529	2603302.6084	1483211.7427	1697.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-530	2603300.0994	1483326.1433	1700.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-531	2613243.0602	1497286.7883	1463.0000	1435.9000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-532	2612672.5786	1497792.8637	1461.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-533	2612547.7737	1497765.2391	1459.0000		POZO	200.00	0.00	0.00
SRA-534	2614975.7533	1491937.8046	1625.0000	1548.4200	POZO	90.00	1.25	0.00
SRA-535	2614921.4361	1492009.2761	1636.0000	1560.9000	POZO	90.00	2.00	2.00
SRA-536	2616230.1106	1490880.3349	1667.0000		POZO	0.00	2.00	1.50
SRA-537	2614848.8428	1492823.8873	1635.0000	1411.0000	POZO	290.00	3.00	3.00
SRA-538	2616052.2406	1491866.8304	1671.0000	1576.0900	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-539	2615597.2835	1491826.0067	1669.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-540	2622709.3924	1489480.2687	1864.0000	1791.1400	POZO	92.00	2.00	2.00
SRA-541	2622057.6898	1489560.5826	1841.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-542	2621976.3676	1489592.6476	1836.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-543	2621777.6809	1489575.3633	1831.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-544	2621032.1643	1489303.2483	1813.0000		POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-545	2620482.3353	1489504.2341	1788.0000	1725.3300	POZO	0.00	1.25	0.00
SRA-546	2620607.3575	1489203.3787	1810.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-547	2604889.5975	1497867.6924	1413.0000		POZO	200.00	3.00	3.00
SRA-548	2606535.4847	1493398.9410	1491.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-549	2606326.8181	1493383.4086	1491.0000	1433.3300	POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-550	2606826.0660	1492856.8936	1485.0000		POZO	0.00	0.00	1.00
SRA-551	2609202.8510	1491584.2766	1536.0000	1451.2200	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-552	2611666.5758	1489750.1525	1596.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-553	2612309.9837	1490319.6574	1601.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-554	2612261.5575	1489986.1509	1598.0000	1464.4500	POZO	300.00	2.00	2.00
SRA-555	2611292.4753	1489335.8542	1600.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-556	2611017.1970	1490270.4130	1581.0000	1448.9800	POZO	300.00	2.50	2.00
SRA-557	2611380.1031	1490287.3281	1578.0000	1485.5500	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-558	2593971.5694	1490911.0530	1580.0000	1567.4200	POZO	60.00	1.25	0.00
SRA-559	2593885.3445	1490940.0072	1589.0000		POZO	60.00	2.00	1.00
SRA-560	2595102.6528	1491564.9687	1561.0000	1538.4100	POZO	0.00	0.00	1.25
SRA-561	2593955.5899	1492269.2386	1600.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-562	2594301.6710	1491738.4213	1583.0000	1569.5000	POZO	60.00	2.00	2.00
SRA-563	2595832.3248	1490652.4452	1566.0000		POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-564	2595673.9406	1489709.4275	1576.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-565	2595802.2694	1489757.0385	1582.0000	1572.8800	NORIA	0.00	1.25	0.00
SRA-566	2599709.6301	1491877.3572	1516.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-567	2599447.5016	1491577.9798	1524.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-568	2601414.3523	1497040.7337	1443.0000		POZO	0.00	2.00	1.50
SRA-569	2601401.5514	1497034.4799	1440.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-570	2601225.4330	1496942.0186	1453.0000	1434.2400	POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-571	2597688.7230	1501391.8714	1545.0000		POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-572	2598839.8042	1500238.7700	1477.0000	1357.0000	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-573	2598932.5832	1500228.8710	1473.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-574	2596785.6657	1499872.9852	1504.0000		POZO	0.00	2.50	2.50
SRA-575	2597428.5731	1499829.4324	1509.0000	1378.7500	POZO	0.00	2.33	2.50
SRA-576	2596988.2556	1499667.4387	1513.0000	1436.3600	POZO	0.00	2.50	2.00

CLAVE	X EN CCL (m)	Y EN CCL (m)	ELEVACION	NIVEL PIEZOMÉTRICO (m)	TIPO OBRA	PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO SUCCION (PULGS)	DIAMETRO DESCARGA (PULGS)
SRA-577	2608521.5282	1486073.1673	1631.0000		NORIA	0.00	0.00	0.00
SRA-578	2608439.0467	1486203.7349	1632.0000	1585.0000	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-579	2608524.0266	1486367.8327	1630.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-580	2608312.5268	1486617.9947	1632.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-581	2608356.9740	1486815.0448	1623.0000	1552.9200	POZO	160.00	1.50	1.50
SRA-582	2608155.0288	1487310.2622	1609.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-583	2599943.5076	1496581.3577	1473.0000	1456.2100	POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-584	2599231.8863	1495903.8019	1499.0000	1478.9700	POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-585	2599047.7696	1495813.1555	1512.0000	1509.7000	NORIA	0.00	0.00	0.00
SRA-586	2599757.1279	1496457.8153	1486.0000		POZO	180.00	1.50	1.50
SRA-587	2599646.7195	1495867.1508	1495.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-588	2600115.9307	1496344.2859	1471.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-589	2600068.3320	1496110.3328	1471.0000	1452.0800	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-590	2600674.7128	1496369.5262	1467.0000	1448.4800	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-591	2600679.7305	1496367.6460	1471.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-592	2600783.5820	1496352.0162	1467.0000	1451.0500	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-593	2601064.1021	1496629.9152	1463.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-594	2601007.8248	1496654.5550	1457.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-595	2600996.8666	1496790.6738	1462.0000		POZO	0.00	1.25	0.00
SRA-596	2601145.8248	1496715.3217	1456.0000		POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-597	2601218.4193	1496808.4900	1461.0000	1441.1700	POZO	0.00	0.00	1.25
SRA-598	2601243.8115	1496875.7360	1456.0000	1435.9200	POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-599	2601664.4015	1497165.6776	1440.0000	1420.9300	POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-600	2601609.2341	1497004.2146	1439.0000	1423.8300	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-601	2601715.8395	1487311.2795	1580.0000		NORIA	0.00	2.00	0.00
SRA-602	2601690.7976	1487409.2623	1570.0000		NORIA	60.00	2.00	0.00
SRA-603	2601691.7050	1487413.2633	1572.0000		NORIA	20.00	2.00	0.00
SRA-604	2602460.9182	1492128.9533	1484.0000	1461.5800	NORIA	0.00	3.00	3.00
SRA-605	2602602.8664	1486436.9955	1595.0000	1587.0000	NORIA	10.00	2.00	2.00
SRA-607	2602627.9871	1486471.3865	1587.0000	1577.0000	NORIA	16.00	2.00	2.00
SRA-608	2602721.3180	1486481.3977	1594.0000	1579.0000	NORIA	20.00	3.00	3.00
SRA-608	2602748.1007	1486530.7544	1585.0000	1576.0000	NORIA	18.00	3.00	3.00
SRA-609	2602476.1272	1486316.7702	1598.0000		NORIA	10.00	2.00	2.00
SRA-610	2602643.8124	1486793.2096	1581.0000	1573.0000	NORIA	13.00	2.00	2.00
SRA-611	2602376.1913	1486652.9710	1584.0000		POZO	35.00	2.00	2.00
SRA-612	2602702.0806	1486541.6874	1589.0000	1577.0000	NORIA	30.00	4.00	4.00
SRA-613	2602528.9802	1487309.2307	1588.0000	1583.0000	NORIA	17.00	3.00	0.00
SRA-614	2602795.2173	1486651.2225	1605.0000		NORIA	0.00	3.00	3.00
SRA-615	2601642.7618	1487149.4346	1592.0000	1584.0000	NORIA	18.00	2.00	2.00
SRA-616	2606128.9868	1499757.2776	1513.0000		POZO	11.00	0.00	0.00
SRA-617	2606184.2657	1500004.3502	1419.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-618	2607757.7443	1499873.7264	1425.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-619	2608226.7436	1500498.1898	1403.0000	1383.0000	POZO	352.00	2.00	2.00
SRA-620	2608096.9949	1500785.9887	1398.0000		POZO	350.00	2.00	2.00
SRA-621	2613218.6941	1492634.8651	1612.0000		POZO	400.00	0.00	0.00
SRA-622	2612871.8288	1492839.2715	1596.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-623	2611651.1341	1492406.3944	1572.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-624	2613007.0051	1488669.7240	0.0000		POZO	0.00	1.50	0.00
SRA-625	2603370.6022	1494074.8913	1469.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-626	2600583.6343	1487476.5077	1580.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-627	2609592.8151	1505137.9386	1421.0000		POZO	0.00	1.50	0.00
SRA-628	2610128.3907	1504953.6253	1315.0000		POZO	0.00	1.50	0.00
SRA-629	2607921.7985	1487870.4842	1582.0000		POZO	0.00	1.00	0.00
SRA-630	2611292.8281	1484595.1394	1801.0000		POZO	0.00	10.00	0.00
SRA-631	2607092.4822	1490831.2757	1510.0000		POZO	60.00	1.00	1.00
SRA-632	2607487.8537	1489640.5896	1542.0000	1517.2500	POZO	0.00	1.50	0.00
SRA-633	2607374.2087	1489649.0444	1530.0000		POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-634	2607422.3475	1488135.2306	1556.0000	1533.7300	POZO	0.00	2.00	2.00

CLAVE	X EN CCL (m)	Y EN CCL (m)	ELEVACION	NIVEL PIEZOMÉTRICO (m)	TIPO OBRA	PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO SUCCION (PULGS)	DIAMETRO DESCARGA (PULGS)
SRA-635	2607137.0259	1488756.0180	1563.0000	1540.7600	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-636	2607501.5001	1489744.4024	1540.0000	1514.4800	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-637	2607512.3117	1489750.6115	1539.0000	1523.2700	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-638	2607399.0034	1489698.3591	1535.0000	1511.1500	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-639	2607613.8949	1489929.0125	1647.0000	1622.5200	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-640	2607613.8201	1489977.7816	1539.0000	1512.0200	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-641	2603863.9506	1493907.5742	1465.0000	1429.5000	POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-642	2603681.9909	1494171.3168	1463.0000	1429.0500	POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-643	2603629.8808	1493961.1526	1476.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-644	2603670.6041	1493331.0125	1471.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-645	2612642.5761	1500383.2204	1387.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-646	2612786.5524	1499401.9311	1407.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-647	2613133.9397	1500353.2008	1387.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-648	2613104.3410	1504147.0764	1381.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-649	2612662.2058	1504563.4003	1345.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-650	2610711.7929	1504993.3359	1333.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-651	2604651.0265	1488750.2275	1539.0000	1512.0200	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-652	2607356.1783	1488656.3182	1565.0000	1546.2100	POZO	0.00	3.00	2.00
SRA-653	2605734.2498	1488822.7753	1546.0000	1531.4700	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-654	2606453.9753	1489314.3298	1545.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-655	2606022.9210	1489274.0144	1536.0000		POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-656	2605964.8286	1489200.0817	1531.0000	1516.2100	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-657	2606114.4848	1488956.5294	1524.0000	1518.0500	POZO	0.00	1.00	0.00
SRA-658	2606473.6813	1488869.8578	1531.0000	1510.6100	POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-659	2606651.6828	1489284.8281	1543.0000	1532.5200	POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-660	2606679.5365	1489285.4393	1535.0000	1523.4600	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-661	2606798.2669	1489362.6935	1540.0000		POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-662	2606521.4736	1489186.4205	1549.0000	1536.2700	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-663	2606498.6404	1489274.5022	1548.0000	1531.1000	POZO	0.00	1.00	0.00
SRA-664	2606638.4609	1489116.3299	1539.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-665	2607643.7736	1488567.0772	1580.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-666	2607823.2357	1489051.7520	1562.0000	1529.2700	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-667	2607834.4220	1489131.6229	1559.0000		POZO	0.00	2.50	2.50
SRA-668	2607783.7968	1490622.5006	1529.0000	1507.5100	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-669	2607830.3364	1490724.0500	1526.0000	1504.7400	POZO	0.00	2.50	2.50
SRA-670	2607984.3721	1490961.3327	1524.0000	1501.7900	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-671	2607346.0842	1490749.2536	1518.0000	1502.5700	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-672	2607467.8355	1490552.8608	1524.0000	1505.4400	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-673	2607603.6094	1490624.5181	1521.0000	1502.7600	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-674	2607816.6950	1491118.8960	1532.0000	1513.3000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-675	2607626.9644	1488925.0221	1555.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-676	2607957.4982	1489328.4103	1554.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-677	2607866.2185	1489315.4592	1560.0000		POZO	0.00	2.00	0.00
SRA-678	2607893.6755	1490105.3520	1537.0000	1518.9300	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-679	2607972.7720	1490265.3442	1545.0000	1516.7200	POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-680	2608177.1182	1490885.9362	1328.0000	1302.4100	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-681	2605102.2433	1508009.3551	1309.0000	1304.3300	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-682	2608839.1082	1506956.9041	1295.0000	1293.8500	POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-683	2609431.0788	1507150.1091	1291.0000	1286.1200	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-684	2610592.0713	1507810.7520	1291.0000		POZO	0.00	4.00	4.00
SRA-685	2610466.4549	1507729.3475	1291.0000	1283.4300	NORIA	0.00	0.00	0.00
SRA-686	2610450.0454	1507706.0913	1295.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-687	2610643.6401	1507864.6452	1297.0000	1288.9500	POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-688	2609217.4454	1506726.3316	1310.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-689	2608421.1589	1504148.5976	1361.0000		POZO	0.00	4.00	2.00
SRA-690	2604231.5885	1500315.7309	1389.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-691	2603677.5488	1495595.5377	1444.0000		POZO	0.00	3.00	4.00
SRA-692	2601190.6601	1494089.6538	1459.0000	1454.9300	NORIA	0.00	0.00	0.00

CLAVE	X EN CCL (m)	Y EN CCL (m)	ELEVACION	NIVEL PIEZOMÉTRICO (m)	TIPO OBRA	PROFUNDIDAD (m)	DIAMETRO SUCCION (PULGS)	DIAMETRO DESCARGA (PULGS)
SRA-693	2600579.7013	1493314.8007	1481.0000	1473.4400	NORIA	0.00	3.00	4.00
SRA-694	2600142.9436	1492855.3149	1496.0000		POZO	80.00	2.50	2.00
SRA-695	2607183.6842	1491618.5907	1509.0000		POZO	200.00	1.50	1.50
SRA-696	2606507.8394	1492074.5419	1494.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-697	2606914.2310	1491289.1936	1507.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-698	2607069.1250	1491849.9780	1506.0000		POZO	0.00	1.00	1.00
SRA-699	2606881.2367	1492157.3910	1500.0000	1459.2100	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-700	2604843.4067	1495532.5886	1460.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-701	2602950.5041	1498784.5429	1411.0000	1396.8500	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-702	2595797.3144	1493146.8325	1572.0000	1564.3100	POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-703	2595845.4733	1492993.6243	1572.0000		POZO	0.00	3.00	2.50
SRA-704	2583815.1221	1481825.9853	1880.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-705	2584057.3094	1481989.5511	1887.0000	1867.9000	POZO	0.00	0.00	2.00
SRA-706	2582659.6422	1482375.7288	1859.0000		POZO	0.00	2.00	3.00
SRA-707	2582636.8758	1482731.4940	1872.0000		POZO	0.00	3.00	2.00
SRA-708	2582668.1117	1482759.0518	1875.0000	1852.7300	POZO	0.00	2.00	3.00
SRA-709	2586228.3241	1483630.6443	1955.0000		POZO	0.00	3.00	2.00
SRA-710	2587580.2695	1483785.8110	1995.0000		POZO	0.00	2.00	1.00
SRA-711	2587820.8558	1483751.3007	1992.0000		POZO	0.00	1.00	0.00
SRA-712	2590383.5106	1483607.6717	1924.0000		MANANTÍAL	0.00	0.00	0.00
SRA-713	2593854.4464	1483297.8681	1710.0000	1704.4200	NORIA	0.00	0.00	0.00
SRA-714	2595841.3734	1490376.9548	1573.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-715	2593230.0796	1489648.6634	1617.0000		POZO	0.00	0.00	1.25
SRA-716	2593664.4666	1489807.5160	1610.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-717	2593372.5527	1489912.5568	1625.0000	1607.6500	NORIA	0.00	0.00	0.00
SRA-718	2595705.2252	1487835.0484	1619.0000	1608.9200	NORIA	0.00	2.00	2.00
SRA-719	2594810.9575	1487906.9379	1631.0000	1611.8800	NORIA	0.00	1.25	0.00
SRA-720	2595837.7454	1487556.3066	1627.0000		POZO	0.00	1.25	0.00
SRA-721	2596260.1713	1488756.9215	1638.0000		POZO	300.00	0.00	0.00
SRA-722	2587487.9901	1482824.4177	1938.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-723	2587129.6117	1480434.0731	1976.0000	1934.1700	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-724	2594165.3446	1482056.6985	1712.0000	1710.2000	NORIA	5.00	1.00	1.00
SRA-725	2594713.0546	1480318.1537	1761.0000	1670.5300	POZO	150.00	2.00	2.00
SRA-726	2595054.0858	1482642.5083	1683.0000	1678.8400	NORIA	0.00	0.00	0.00
SRA-727	2595785.2027	1483019.8402	1694.0000	1655.4800	POZO	0.00	1.50	2.00
SRA-728	2595523.0215	1483176.3014	1673.0000	1669.4000	NORIA	0.00	1.50	1.50
SRA-729	2595343.3434	1483020.0833	1674.0000		POZO	0.00	2.00	1.50
SRA-730	2595445.8179	1483021.3399	1671.0000	1664.4200	NORIA	0.00	1.00	1.00
SRA-731	2601122.6914	1497088.0613	1409.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-732	2601223.1306	1497137.0529	1410.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-733	2596296.3494	1482719.5636	1662.0000	1654.6300	NORIA	0.00	1.50	1.50
SRA-734	2596330.1367	1481906.2099	1681.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-735	2595336.5275	1477665.6924	1766.0000	1746.2000	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-736	2614454.0510	1490309.9080	1644.0000	1624.4700	POZO	0.00	4.00	2.00
SRA-737	2614421.2766	1490624.7177	1638.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-738	2614217.0852	1490586.4017	1628.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-739	2614514.0999	1490612.8165	1638.0000		POZO	0.00	1.50	0.00
SRA-740	2614612.6306	1490612.9845	1643.0000	1621.9200	POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-741	2614518.5180	1490320.2785	1641.0000		POZO	350.00	2.00	2.00
SRA-742	2615622.7915	1489661.6518	1647.0000		POZO	0.00	2.00	2.00
SRA-743	2615223.1917	1490229.2119	1646.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-744	2614933.5151	1490549.3440	1636.0000	1590.7300	POZO	300.00	3.00	3.00
SRA-745	2615223.6475	1490481.0477	1647.0000		POZO	0.00	1.50	1.50
SRA-746	2616145.1013	1490308.1294	1659.0000		POZO	0.00	1.25	0.00
SRA-747	2611526.9534	1492078.1904	1573.0000		POZO	0.00	3.00	3.00
SRA-748	2611491.7688	1491957.9766	1578.0000		POZO	0.00	0.00	0.00
SRA-749	2611857.5320	1491527.0482	1592.0000		POZO	0.00	2.00	1.00
SRA-750	2611942.9117	1491763.8233	1587.0000		POZO	0.00	2.00	2.00

ANEXO 6. RED ÓPTIMA OBTENIDA. 144 POZOS

No.	CLAVE	No.	CLAVE	No.	CLAVE
1	SRA-182	50	SRA-561	99	SRA-46
2	SRA-515	51	SRA-84	100	SRA-63
3	SRA-401	52	SRA-548	101	SRA-413
4	SRA-573	53	SRA-734	102	SRA-523
5	SRA-371	54	SRA-385	103	SRA-103
6	SRA-474	55	SRA-510	104	SRA-93
7	SRA-237	56	SRA-197	105	SRA-551
8	SRA-446	57	SRA-13	106	SRA-466
9	SRA-545	58	SRA-346	107	SRA-452
10	SRA-18	59	SRA-623	108	SRA-187
11	SRA-150	60	SRA-445	109	SRA-392
12	SRA-722	61	SRA-630	110	SRA-735
13	SRA-160	62	SRA-538	111	SRA-704
14	SRA-430	63	SRA-585	112	SRA-724
15	SRA-688	64	SRA-213	113	SRA-367
16	SRA-415	65	SRA-715	114	SRA-154
17	SRA-713	66	SRA-495	115	SRA-88
18	SRA-131	67	SRA-76	116	SRA-116
19	SRA-537	68	SRA-707	117	SRA-14
20	SRA-399	69	SRA-571	118	SRA-344
21	SRA-651	70	SRA-397	119	SRA-427
22	SRA-706	71	SRA-480	120	SRA-476
23	SRA-82	72	SRA-467	121	SRA-227
24	SRA-22	73	SRA-130	122	SRA-701
25	SRA-24	74	SRA-710	123	SRA-321
26	SRA-702	75	SRA-32	124	SRA-56
27	SRA-100	76	SRA-370	125	SRA-711
28	SRA-444	77	SRA-174	126	SRA-708
29	SRA-503	78	SRA-725	127	SRA-137
30	SRA-35	79	SRA-240	128	SRA-398
31	SRA-373	80	SRA-353	129	SRA-454
32	SRA-65	81	SRA-687	130	SRA-364
33	SRA-388	82	SRA-618	131	SRA-40
34	SRA-720	83	SRA-125	132	SRA-615
35	SRA-372	84	SRA-19	133	SRA-47
36	SRA-113	85	SRA-25	134	SRA-694
37	SRA-540	86	SRA-119	135	SRA-536
38	SRA-742	87	SRA-631	136	SRA-178
39	SRA-723	88	SRA-574	137	SRA-620
40	SRA-692	89	SRA-79	138	SRA-301
41	SRA-712	90	SRA-567	139	SRA-153
42	SRA-170	91	SRA-542	140	SRA-457
43	SRA-634	92	SRA-73	141	SRA-26
44	SRA-61	93	SRA-376	142	SRA-403
45	SRA-152	94	SRA-746	143	SRA-126
46	SRA-149	95	SRA-599	144	SRA-709
47	SRA-53	96	SRA-719		
48	SRA-689	97	SRA-169		
49	SRA-378	98	SRA-203		

**ANEXO 7. 445 PUNTOS ÓPTIMOS OBTENIDOS (APLICANDO UNA TOLERANCIA DE 35 m.
OPTIMIZACIÓN CON MALLA)**

No	CLAVE	No	CLAVE	No	CLAVE	No	CLAVE
1	SRA-001	51	SRA-055	101	SRA-139	151	SRA-207
2	SRA-002	52	SRA-056	102	SRA-141	152	SRA-208
3	SRA-003	53	SRA-057	103	SRA-142	153	SRA-209
4	SRA-004	54	SRA-058	104	SRA-145	154	SRA-210
5	SRA-005	55	SRA-059	105	SRA-147	155	SRA-211
6	SRA-006	56	SRA-060	106	SRA-148	156	SRA-212
7	SRA-007	57	SRA-061	107	SRA-149	157	SRA-213
8	SRA-008	58	SRA-064	108	SRA-150	158	SRA-214
9	SRA-009	59	SRA-065	109	SRA-151	159	SRA-217
10	SRA-011	60	SRA-066	110	SRA-152	160	SRA-218
11	SRA-012	61	SRA-067	111	SRA-153	161	SRA-219
12	SRA-013	62	SRA-069	112	SRA-155	162	SRA-222
13	SRA-014	63	SRA-070	113	SRA-158	163	SRA-223
14	SRA-015	64	SRA-072	114	SRA-160	164	SRA-224
15	SRA-017	65	SRA-073	115	SRA-161	165	SRA-227
16	SRA-016	66	SRA-074	116	SRA-163	166	SRA-228
17	SRA-018	67	SRA-075	117	SRA-166	167	SRA-229
18	SRA-019	68	SRA-076	118	SRA-167	168	SRA-235
19	SRA-020	69	SRA-079	119	SRA-168	169	SRA-236
20	SRA-021	70	SRA-080	120	SRA-169	170	SRA-238
21	SRA-022	71	SRA-081	121	SRA-170	171	SRA-240
22	SRA-023	72	SRA-082	122	SRA-171	172	SRA-241
23	SRA-024	73	SRA-083	123	SRA-172	173	SRA-242
24	SRA-025	74	SRA-084	124	SRA-173	174	SRA-243
25	SRA-026	75	SRA-085	125	SRA-174	175	SRA-244
26	SRA-027	76	SRA-086	126	SRA-175	176	SRA-245
27	SRA-029	77	SRA-087	127	SRA-176	177	SRA-247
28	SRA-030	78	SRA-088	128	SRA-177	178	SRA-248
29	SRA-031	79	SRA-090	129	SRA-178	179	SRA-248
30	SRA-032	80	SRA-091	130	SRA-179	180	SRA-249
31	SRA-033	81	SRA-093	131	SRA-180	181	SRA-250
32	SRA-034	82	SRA-094	132	SRA-181	182	SRA-251
33	SRA-035	83	SRA-096	133	SRA-182	183	SRA-252
34	SRA-036	84	SRA-097	134	SRA-183	184	SRA-255
35	SRA-037	85	SRA-098	135	SRA-184	185	SRA-256
36	SRA-038	86	SRA-099	136	SRA-185	186	SRA-257
37	SRA-039	87	SRA-100	137	SRA-186	187	SRA-260
38	SRA-040	88	SRA-102	138	SRA-188	188	SRA-262
39	SRA-041	89	SRA-105	139	SRA-189	189	SRA-264
40	SRA-042	90	SRA-124	140	SRA-194	190	SRA-268
41	SRA-044	91	SRA-127	141	SRA-195	191	SRA-269
42	SRA-045	92	SRA-129	142	SRA-196	192	SRA-270
43	SRA-046	93	SRA-130	143	SRA-197	193	SRA-271
44	SRA-047	94	SRA-131	144	SRA-199	194	SRA-273
45	SRA-048	95	SRA-132	145	SRA-201	195	SRA-274
46	SRA-049	96	SRA-134	146	SRA-202	196	SRA-277
47	SRA-050	97	SRA-135	147	SRA-203	197	SRA-278
48	SRA-051	98	SRA-136	148	SRA-204	198	SRA-279
49	SRA-052	99	SRA-137	149	SRA-205	199	SRA-280
50	SRA-053	100	SRA-138	150	SRA-206	200	SRA-281

No	CLAVE	No	CLAVE	No	CLAVE	No	CLAVE
201	SRA-282	251	SRA-373	301	SRA-479	351	SRA-585
202	SRA-283	252	SRA-375	302	SRA-480	352	SRA-589
203	SRA-284	253	SRA-377	303	SRA-489	353	SRA-590
204	SRA-287	254	SRA-379	304	SRA-490	354	SRA-592
205	SRA-290	255	SRA-381	305	SRA-491	355	SRA-597
206	SRA-293	256	SRA-382	306	SRA-495	356	SRA-598
207	SRA-294	257	SRA-385	307	SRA-498	357	SRA-599
208	SRA-296	258	SRA-388	308	SRA-501	358	SRA-600
209	SRA-300	259	SRA-391	309	SRA-504	359	SRA-604
210	SRA-302	260	SRA-393	310	SRA-505	360	SRA-605
211	SRA-304	261	SRA-397	311	SRA-506	361	SRA-607
212	SRA-305	262	SRA-398	312	SRA-509	362	SRA-608
213	SRA-306	263	SRA-399	313	SRA-510	363	SRA-608
214	SRA-307	264	SRA-400	314	SRA-511	364	SRA-610
215	SRA-308	265	SRA-401	315	SRA-512	365	SRA-612
216	SRA-309	266	SRA-407	316	SRA-516	366	SRA-613
217	SRA-312	267	SRA-408	317	SRA-520	367	SRA-615
218	SRA-313	268	SRA-410	318	SRA-521	368	SRA-619
219	SRA-314	269	SRA-413	319	SRA-523	369	SRA-630
220	SRA-315	270	SRA-425	320	SRA-524	370	SRA-632
221	SRA-316	271	SRA-430	321	SRA-525	371	SRA-634
222	SRA-317	272	SRA-435	322	SRA-526	372	SRA-635
223	SRA-318	273	SRA-436	323	SRA-531	373	SRA-636
224	SRA-320	274	SRA-438	324	SRA-534	374	SRA-637
225	SRA-323	275	SRA-440	325	SRA-537	375	SRA-638
226	SRA-324	276	SRA-442	326	SRA-538	376	SRA-640
227	SRA-326	277	SRA-444	327	SRA-542	377	SRA-641
228	SRA-327	278	SRA-445	328	SRA-543	378	SRA-642
229	SRA-331	279	SRA-447	329	SRA-544	379	SRA-651
230	SRA-332	280	SRA-448	330	SRA-545	380	SRA-652
231	SRA-339	281	SRA-449	331	SRA-546	381	SRA-653
232	SRA-341	282	SRA-450	332	SRA-549	382	SRA-656
233	SRA-342	283	SRA-451	333	SRA-551	383	SRA-657
234	SRA-346	284	SRA-452	334	SRA-554	384	SRA-658
235	SRA-347	285	SRA-453	335	SRA-556	385	SRA-659
236	SRA-348	286	SRA-454	336	SRA-557	386	SRA-660
237	SRA-349	287	SRA-455	337	SRA-558	387	SRA-662
238	SRA-350	288	SRA-456	338	SRA-560	388	SRA-663
239	SRA-351	289	SRA-457	339	SRA-562	389	SRA-666
240	SRA-353	290	SRA-458	340	SRA-565	390	SRA-668
241	SRA-354	291	SRA-459	341	SRA-570	391	SRA-669
242	SRA-355	292	SRA-460	342	SRA-571	392	SRA-670
243	SRA-357	293	SRA-461	343	SRA-572	393	SRA-671
244	SRA-358	294	SRA-462	344	SRA-574	394	SRA-672
245	SRA-359	295	SRA-463	345	SRA-575	395	SRA-673
246	SRA-362	296	SRA-464	346	SRA-576	396	SRA-674
247	SRA-368	297	SRA-467	347	SRA-578	397	SRA-678
248	SRA-369	298	SRA-472	348	SRA-581	398	SRA-679
249	SRA-370	299	SRA-477	349	SRA-583	399	SRA-680
250	SRA-371	300	SRA-478	350	SRA-584	400	SRA-681

No	CLAVE	No	X	Y	CLAVE
401	SRA-682	1	2580697.115	1488992.577	MALLA
402	SRA-683	2	2581697.115	1494492.577	MALLA
403	SRA-685	3	2587697.115	1496992.577	MALLA
404	SRA-687	4	2589197.115	1474992.577	MALLA
405	SRA-692	5	2590697.115	1501992.577	MALLA
406	SRA-693	6	2594197.115	1470492.577	MALLA
407	SRA-699	7	2599697.115	1511492.577	MALLA
408	SRA-701	8	2602697.115	1470992.577	MALLA
409	SRA-702	9	2605197.115	1515492.577	MALLA
410	SRA-707	10	2607697.115	1475492.577	MALLA
411	SRA-708	11	2610197.115	1518992.577	MALLA
412	SRA-709	12	2613697.115	1478992.577	MALLA
413	SRA-710	13	2615697.115	1515992.577	MALLA
414	SRA-711	14	2621197.115	1514992.577	MALLA
415	SRA-712	15	2623197.115	1504992.577	MALLA
416	SRA-713	16	2625197.115	1510992.577	MALLA
417	SRA-717				
418	SRA-718				
419	SRA-719				
420	SRA-722				
421	SRA-723				
422	SRA-724				
423	SRA-725				
424	SRA-726				
425	SRA-727				
426	SRA-728				
427	SRA-730				
428	SRA-733				
429	SRA-735				

**ANEXO 8. 496 PUNTOS ÓPTIMOS OBTENIDOS (APLICANDO UNA TOLERANCIA DE 30 m.
OPTIMIZACIÓN CON MALLA)**

No	CLAVE	No	CLAVE	No	CLAVE	No	CLAVE
1	SRA-001	51	SRA-053	101	SRA-136	151	SRA-198
2	SRA-002	52	SRA-055	102	SRA-137	152	SRA-199
3	SRA-003	53	SRA-056	103	SRA-138	153	SRA-200
4	SRA-004	54	SRA-057	104	SRA-139	154	SRA-201
5	SRA-005	55	SRA-058	105	SRA-141	155	SRA-202
6	SRA-006	56	SRA-059	106	SRA-142	156	SRA-203
7	SRA-007	57	SRA-060	107	SRA-145	157	SRA-204
8	SRA-008	58	SRA-061	108	SRA-147	158	SRA-205
9	SRA-009	59	SRA-062	109	SRA-148	159	SRA-206
10	SRA-010	60	SRA-063	110	SRA-149	160	SRA-207
11	SRA-011	61	SRA-064	111	SRA-150	161	SRA-208
12	SRA-012	62	SRA-065	112	SRA-151	162	SRA-209
13	SRA-013	63	SRA-066	113	SRA-152	163	SRA-210
14	SRA-014	64	SRA-067	114	SRA-153	164	SRA-211
15	SRA-015	65	SRA-069	115	SRA-155	165	SRA-212
16	SRA-017	66	SRA-070	116	SRA-158	166	SRA-213
17	SRA-016	67	SRA-072	117	SRA-160	167	SRA-214
18	SRA-018	68	SRA-073	118	SRA-161	168	SRA-217
19	SRA-019	69	SRA-074	119	SRA-163	169	SRA-218
20	SRA-020	70	SRA-075	120	SRA-166	170	SRA-219
21	SRA-021	71	SRA-076	121	SRA-167	171	SRA-222
22	SRA-022	72	SRA-079	122	SRA-168	172	SRA-223
23	SRA-023	73	SRA-080	123	SRA-169	173	SRA-224
24	SRA-024	74	SRA-081	124	SRA-170	174	SRA-227
25	SRA-025	75	SRA-082	125	SRA-171	175	SRA-228
26	SRA-026	76	SRA-083	126	SRA-172	176	SRA-229
27	SRA-027	77	SRA-084	127	SRA-173	177	SRA-235
28	SRA-029	78	SRA-085	128	SRA-174	178	SRA-236
29	SRA-030	79	SRA-086	129	SRA-175	179	SRA-238
30	SRA-031	80	SRA-087	130	SRA-176	180	SRA-240
31	SRA-032	81	SRA-088	131	SRA-177	181	SRA-241
32	SRA-033	82	SRA-090	132	SRA-178	182	SRA-242
33	SRA-034	83	SRA-091	133	SRA-179	183	SRA-243
34	SRA-035	84	SRA-093	134	SRA-180	184	SRA-244
35	SRA-036	85	SRA-094	135	SRA-181	185	SRA-245
36	SRA-037	86	SRA-096	136	SRA-182	186	SRA-247
37	SRA-038	87	SRA-097	137	SRA-183	187	SRA-248
38	SRA-039	88	SRA-098	138	SRA-184	188	SRA-248
39	SRA-040	89	SRA-099	139	SRA-185	189	SRA-249
40	SRA-041	90	SRA-100	140	SRA-186	190	SRA-250
41	SRA-042	91	SRA-102	141	SRA-187	191	SRA-251
42	SRA-044	92	SRA-105	142	SRA-188	192	SRA-252
43	SRA-045	93	SRA-124	143	SRA-189	193	SRA-255
44	SRA-046	94	SRA-127	144	SRA-190	194	SRA-256
45	SRA-047	95	SRA-129	145	SRA-191	195	SRA-257
46	SRA-048	96	SRA-130	146	SRA-192	196	SRA-260
47	SRA-049	97	SRA-131	147	SRA-194	197	SRA-262
48	SRA-050	98	SRA-132	148	SRA-195	198	SRA-264
49	SRA-051	99	SRA-134	149	SRA-196	199	SRA-268
50	SRA-052	100	SRA-135	150	SRA-197	200	SRA-269

No	CLAVE	No	CLAVE	No	CLAVE	No	CLAVE
201	SRA-270	251	SRA-354	301	SRA-453	351	SRA-544
202	SRA-271	252	SRA-355	302	SRA-454	352	SRA-545
203	SRA-273	253	SRA-357	303	SRA-455	353	SRA-546
204	SRA-274	254	SRA-358	304	SRA-456	354	SRA-549
205	SRA-277	255	SRA-359	305	SRA-457	355	SRA-551
206	SRA-278	256	SRA-362	306	SRA-458	356	SRA-554
207	SRA-279	257	SRA-366	307	SRA-459	357	SRA-556
208	SRA-280	258	SRA-367	308	SRA-460	358	SRA-557
209	SRA-281	259	SRA-368	309	SRA-461	359	SRA-558
210	SRA-282	260	SRA-369	310	SRA-462	360	SRA-560
211	SRA-283	261	SRA-370	311	SRA-463	361	SRA-561
212	SRA-284	262	SRA-371	312	SRA-464	362	SRA-562
213	SRA-287	263	SRA-373	313	SRA-467	363	SRA-565
214	SRA-290	264	SRA-375	314	SRA-472	364	SRA-570
215	SRA-293	265	SRA-376	315	SRA-473	365	SRA-571
216	SRA-294	266	SRA-377	316	SRA-476	366	SRA-572
217	SRA-296	267	SRA-378	317	SRA-477	367	SRA-574
218	SRA-300	268	SRA-379	318	SRA-478	368	SRA-575
219	SRA-302	269	SRA-381	319	SRA-479	369	SRA-576
220	SRA-303	270	SRA-382	320	SRA-480	370	SRA-578
221	SRA-304	271	SRA-385	321	SRA-489	371	SRA-581
222	SRA-305	272	SRA-388	322	SRA-490	372	SRA-583
223	SRA-306	273	SRA-389	323	SRA-491	373	SRA-584
224	SRA-307	274	SRA-391	324	SRA-495	374	SRA-585
225	SRA-308	275	SRA-393	325	SRA-498	375	SRA-589
226	SRA-309	276	SRA-397	326	SRA-501	376	SRA-590
227	SRA-312	277	SRA-398	327	SRA-504	377	SRA-592
228	SRA-313	278	SRA-399	328	SRA-505	378	SRA-597
229	SRA-314	279	SRA-400	329	SRA-506	379	SRA-598
230	SRA-315	280	SRA-401	330	SRA-509	380	SRA-599
231	SRA-316	281	SRA-407	331	SRA-510	381	SRA-600
232	SRA-317	282	SRA-408	332	SRA-511	382	SRA-604
233	SRA-318	283	SRA-410	333	SRA-512	383	SRA-605
234	SRA-320	284	SRA-413	334	SRA-516	384	SRA-607
235	SRA-323	285	SRA-425	335	SRA-520	385	SRA-608
236	SRA-324	286	SRA-430	336	SRA-521	386	SRA-608
237	SRA-326	287	SRA-435	337	SRA-523	387	SRA-610
238	SRA-327	288	SRA-436	338	SRA-524	388	SRA-612
239	SRA-331	289	SRA-438	339	SRA-525	389	SRA-613
240	SRA-332	290	SRA-440	340	SRA-526	390	SRA-615
241	SRA-339	291	SRA-442	341	SRA-531	391	SRA-619
242	SRA-341	292	SRA-444	342	SRA-534	392	SRA-630
243	SRA-342	293	SRA-445	343	SRA-536	393	SRA-632
244	SRA-346	294	SRA-446	344	SRA-537	394	SRA-634
245	SRA-347	295	SRA-447	345	SRA-538	395	SRA-635
246	SRA-348	296	SRA-448	346	SRA-539	396	SRA-636
247	SRA-349	297	SRA-449	347	SRA-540	397	SRA-637
248	SRA-350	298	SRA-450	348	SRA-541	398	SRA-638
249	SRA-351	299	SRA-451	349	SRA-542	399	SRA-640
250	SRA-353	300	SRA-452	350	SRA-543	400	SRA-641

No	X	Y	CLAVE	No	X	Y	CLAVE
401	2603681.991	1494171.317	SRA-642	451	2595445.818	1483021.340	SRA-730
402	2604651.027	1488750.227	SRA-651	452	2596296.349	1482719.564	SRA-733
403	2607356.178	1488656.318	SRA-652	453	2595336.528	1477665.692	SRA-735
404	2605734.250	1488822.775	SRA-653	454	2615622.791	1489661.652	SRA-742
405	2605964.829	1489200.082	SRA-656	455	2616145.101	1490308.129	SRA-746
406	2606114.485	1488956.529	SRA-657				
407	2606473.681	1488869.858	SRA-658	No	X	Y	CLAVE
408	2606651.683	1489284.828	SRA-659	1	2580697.115	1488992.577	MALLA
409	2606679.536	1489285.439	SRA-660	2	2580697.115	1491992.577	MALLA
410	2606521.474	1489186.420	SRA-662	3	2582197.115	1494492.577	MALLA
411	2606498.640	1489274.502	SRA-663	4	2584197.115	1496492.577	MALLA
412	2607823.236	1489051.752	SRA-666	5	2587197.115	1496492.577	MALLA
413	2607783.797	1490622.501	SRA-668	6	2588697.115	1476992.577	MALLA
414	2607830.336	1490724.050	SRA-669	7	2590197.115	1473492.577	MALLA
415	2607984.372	1490961.333	SRA-670	8	2590197.115	1496992.577	MALLA
416	2607346.084	1490749.254	SRA-671	9	2590697.115	1499992.577	MALLA
417	2607467.835	1490552.861	SRA-672	10	2591197.115	1502992.577	MALLA
418	2607603.609	1490624.518	SRA-673	11	2592697.115	1470992.577	MALLA
419	2607816.695	1491118.896	SRA-674	12	2593697.115	1505492.577	MALLA
420	2607893.676	1490105.352	SRA-678	13	2597697.115	1470492.577	MALLA
421	2607972.772	1490265.344	SRA-679	14	2598697.115	1508492.577	MALLA
422	2608177.118	1490885.936	SRA-680	15	2599697.115	1511492.577	MALLA
423	2605102.243	1508009.355	SRA-681	16	2600697.115	1470492.577	MALLA
424	2608839.108	1506956.904	SRA-682	17	2602197.115	1513492.577	MALLA
425	2609431.079	1507150.109	SRA-683	18	2603197.115	1472492.577	MALLA
426	2610466.455	1507729.347	SRA-685	19	2604697.115	1514992.577	MALLA
427	2610643.640	1507864.645	SRA-687	20	2605197.115	1475992.577	MALLA
428	2601190.660	1494089.654	SRA-692	21	2606197.115	1517492.577	MALLA
429	2600579.701	1493314.801	SRA-693	22	2608197.115	1475492.577	MALLA
430	2606881.237	1492157.391	SRA-699	23	2609197.115	1517992.577	MALLA
431	2602950.504	1498784.543	SRA-701	24	2610697.115	1476992.577	MALLA
432	2595797.314	1493146.833	SRA-702	25	2611697.115	1518992.577	MALLA
433	2582659.642	1482375.729	SRA-706	26	2612697.115	1479992.577	MALLA
434	2582636.876	1482731.494	SRA-707	27	2613697.115	1514992.577	MALLA
435	2582668.112	1482759.052	SRA-708	28	2615697.115	1479492.577	MALLA
436	2586228.324	1483630.644	SRA-709	29	2616697.115	1514992.577	MALLA
437	2587580.269	1483785.811	SRA-710	30	2617697.115	1495492.577	MALLA
438	2587820.856	1483751.301	SRA-711	31	2618697.115	1504992.577	MALLA
439	2590383.511	1483607.672	SRA-712	32	2619197.115	1516492.577	MALLA
440	2593854.446	1483297.868	SRA-713	33	2620697.115	1496492.577	MALLA
441	2593372.553	1489912.557	SRA-717	34	2621197.115	1512992.577	MALLA
442	2595705.225	1487835.048	SRA-718	35	2622197.115	1501992.577	MALLA
443	2594810.958	1487906.938	SRA-719	36	2622697.115	1506492.577	MALLA
444	2587487.990	1482824.418	SRA-722	37	2622697.115	1515992.577	MALLA
445	2587129.612	1480434.073	SRA-723	38	2623697.115	1510492.577	MALLA
446	2594165.345	1482056.699	SRA-724	39	2625197.115	1503492.577	MALLA
447	2594713.055	1480318.154	SRA-725	40	2625697.115	1513492.577	MALLA
448	2595054.086	1482642.508	SRA-726	41	2626697.115	1506992.577	MALLA
449	2595785.203	1483019.840	SRA-727				
450	2595523.021	1483176.301	SRA-728				

ANEXO 9. RELACIÓN DE LOS 500 MEJORES POZOS OBTENIDOS

No	CLAVE	No	CLAVE	No	CLAVE	No	CLAVE
1	SRA-182	51	SRA-84	101	SRA-413	151	SRA-6
2	SRA-515	52	SRA-548	102	SRA-523	152	SRA-464
3	SRA-401	53	SRA-734	103	SRA-103	153	SRA-483
4	SRA-573	54	SRA-385	104	SRA-93	154	SRA-550
5	SRA-371	55	SRA-510	105	SRA-551	155	SRA-581
6	SRA-474	56	SRA-197	106	SRA-466	156	SRA-733
7	SRA-237	57	SRA-13	107	SRA-452	157	SRA-101
8	SRA-446	58	SRA-346	108	SRA-187	158	SRA-543
9	SRA-545	59	SRA-623	109	SRA-392	159	SRA-721
10	SRA-18	60	SRA-445	110	SRA-735	160	SRA-400
11	SRA-150	61	SRA-630	111	SRA-704	161	SRA-681
12	SRA-722	62	SRA-538	112	SRA-724	162	SRA-685
13	SRA-160	63	SRA-585	113	SRA-367	163	SRA-87
14	SRA-430	64	SRA-213	114	SRA-154	164	SRA-81
15	SRA-688	65	SRA-715	115	SRA-88	165	SRA-703
16	SRA-415	66	SRA-495	116	SRA-116	166	SRA-136
17	SRA-713	67	SRA-76	117	SRA-14	167	SRA-219
18	SRA-131	68	SRA-707	118	SRA-344	168	SRA-207
19	SRA-537	69	SRA-571	119	SRA-427	169	SRA-504
20	SRA-399	70	SRA-397	120	SRA-476	170	SRA-62
21	SRA-651	71	SRA-480	121	SRA-227	171	SRA-44
22	SRA-706	72	SRA-467	122	SRA-701	172	SRA-747
23	SRA-82	73	SRA-130	123	SRA-321	173	SRA-682
24	SRA-22	74	SRA-710	124	SRA-56	174	SRA-351
25	SRA-24	75	SRA-32	125	SRA-711	175	SRA-489
26	SRA-702	76	SRA-370	126	SRA-708	176	SRA-347
27	SRA-100	77	SRA-174	127	SRA-137	177	SRA-252
28	SRA-444	78	SRA-725	128	SRA-398	178	SRA-506
29	SRA-503	79	SRA-240	129	SRA-454	179	SRA-242
30	SRA-35	80	SRA-353	130	SRA-364	180	SRA-175
31	SRA-373	81	SRA-687	131	SRA-40	181	SRA-233
32	SRA-65	82	SRA-618	132	SRA-615	182	SRA-493
33	SRA-388	83	SRA-125	133	SRA-47	183	SRA-676
34	SRA-720	84	SRA-19	134	SRA-694	184	SRA-628
35	SRA-372	85	SRA-25	135	SRA-536	185	SRA-541
36	SRA-113	86	SRA-119	136	SRA-178	186	SRA-395
37	SRA-540	87	SRA-631	137	SRA-620	187	SRA-468
38	SRA-742	88	SRA-574	138	SRA-301	188	SRA-15
39	SRA-723	89	SRA-79	139	SRA-153	189	SRA-69
40	SRA-692	90	SRA-567	140	SRA-457	190	SRA-699
41	SRA-712	91	SRA-542	141	SRA-26	191	SRA-700
42	SRA-170	92	SRA-73	142	SRA-403	192	SRA-41
43	SRA-634	93	SRA-376	143	SRA-126	193	SRA-158
44	SRA-61	94	SRA-746	144	SRA-709	194	SRA-394
45	SRA-152	95	SRA-599	145	SRA-589	195	SRA-188
46	SRA-149	96	SRA-719	146	SRA-556	196	SRA-412
47	SRA-53	97	SRA-169	147	SRA-529	197	SRA-717
48	SRA-689	98	SRA-203	148	SRA-311	198	SRA-645
49	SRA-378	99	SRA-46	149	SRA-43	199	SRA-52
50	SRA-561	100	SRA-63	150	SRA-511	200	SRA-728

No	CLAVE	No	CLAVE	No	CLAVE	No	CLAVE
201	SRA-443	251	SRA-29	301	SRA-653	351	SRA-603
202	SRA-693	252	SRA-74	302	SRA-275	352	SRA-238
203	SRA-338	253	SRA-21	303	SRA-89	353	SRA-138
204	SRA-140	254	SRA-451	304	SRA-458	354	SRA-268
205	SRA-39	255	SRA-616	305	SRA-157	355	SRA-202
206	SRA-546	256	SRA-239	306	SRA-303	356	SRA-92
207	SRA-469	257	SRA-95	307	SRA-716	357	SRA-7
208	SRA-195	258	SRA-698	308	SRA-64	358	SRA-269
209	SRA-363	259	SRA-10	309	SRA-5	359	SRA-220
210	SRA-684	260	SRA-228	310	SRA-488	360	SRA-17
211	SRA-181	261	SRA-102	311	SRA-555	361	SRA-386
212	SRA-343	262	SRA-327	312	SRA-50	362	SRA-389
213	SRA-377	263	SRA-85	313	SRA-696	363	SRA-666
214	SRA-217	264	SRA-587	314	SRA-320	364	SRA-300
215	SRA-604	265	SRA-530	315	SRA-679	365	SRA-159
216	SRA-382	266	SRA-173	316	SRA-276	366	SRA-512
217	SRA-665	267	SRA-345	317	SRA-650	367	SRA-316
218	SRA-584	268	SRA-505	318	SRA-36	368	SRA-196
219	SRA-18	269	SRA-201	319	SRA-494	369	SRA-453
220	SRA-718	270	SRA-531	320	SRA-498	370	SRA-251
221	SRA-98	271	SRA-20	321	SRA-432	371	SRA-332
222	SRA-566	272	SRA-462	322	SRA-518	372	SRA-736
223	SRA-366	273	SRA-627	323	SRA-67	373	SRA-407
224	SRA-326	274	SRA-135	324	SRA-440	374	SRA-186
225	SRA-90	275	SRA-509	325	SRA-705	375	SRA-305
226	SRA-359	276	SRA-314	326	SRA-749	376	SRA-172
227	SRA-683	277	SRA-70	327	SRA-577	377	SRA-496
228	SRA-455	278	SRA-48	328	SRA-247	378	SRA-204
229	SRA-225	279	SRA-557	329	SRA-23	379	SRA-33
230	SRA-193	280	SRA-80	330	SRA-501	380	SRA-263
231	SRA-104	281	SRA-194	331	SRA-86	381	SRA-521
232	SRA-417	282	SRA-544	332	SRA-461	382	SRA-559
233	SRA-576	283	SRA-497	333	SRA-402	383	SRA-656
234	SRA-465	284	SRA-491	334	SRA-526	384	SRA-502
235	SRA-619	285	SRA-652	335	SRA-3	385	SRA-629
236	SRA-680	286	SRA-148	336	SRA-514	386	SRA-177
237	SRA-234	287	SRA-107	337	SRA-99	387	SRA-185
238	SRA-322	288	SRA-72	338	SRA-306	388	SRA-280
239	SRA-500	289	SRA-369	339	SRA-450	389	SRA-647
240	SRA-748	290	SRA-539	340	SRA-302	390	SRA-245
241	SRA-315	291	SRA-393	341	SRA-59	391	SRA-380
242	SRA-482	292	SRA-331	342	SRA-727	392	SRA-528
243	SRA-484	293	SRA-184	343	SRA-435	393	SRA-106
244	SRA-463	294	SRA-118	344	SRA-183	394	SRA-408
245	SRA-117	295	SRA-139	345	SRA-477	395	SRA-499
246	SRA-513	296	SRA-686	346	SRA-695	396	SRA-644
247	SRA-12	297	SRA-235	347	SRA-357	397	SRA-123
248	SRA-308	298	SRA-348	348	SRA-365	398	SRA-256
249	SRA-522	299	SRA-409	349	SRA-549	399	SRA-352
250	SRA-436	300	SRA-31	350	SRA-277	400	SRA-180

No	CLAVE	No.	CLAVE
401	SRA-51	451	SRA-677
402	SRA-674	452	SRA-96
403	SRA-11	453	SRA-350
404	SRA-163	454	SRA-91
405	SRA-534	455	SRA-563
406	SRA-554	456	SRA-55
407	SRA-210	457	SRA-151
408	SRA-206	458	SRA-111
409	SRA-434	459	SRA-222
410	SRA-179	460	SRA-741
411	SRA-66	461	SRA-508
412	SRA-45	462	SRA-83
413	SRA-437	463	SRA-4
414	SRA-231	464	SRA-260
415	SRA-600	465	SRA-218
416	SRA-264	466	SRA-646
417	SRA-298	467	SRA-586
418	SRA-473	468	SRA-191
419	SRA-472	469	SRA-192
420	SRA-381	470	SRA-487
421	SRA-199	471	SRA-648
422	SRA-635	472	SRA-236
423	SRA-414	473	SRA-697
424	SRA-441	474	SRA-68
425	SRA-27	475	SRA-547
426	SRA-560	476	SRA-520
427	SRA-591	477	SRA-552
428	SRA-384	478	SRA-391
429	SRA-208	479	SRA-243
430	SRA-94	480	SRA-675
431	SRA-9	481	SRA-580
432	SRA-516	482	SRA-269
433	SRA-229	483	SRA-313
434	SRA-318	484	SRA-438
435	SRA-422	485	SRA-655
436	SRA-374	486	SRA-368
437	SRA-490	487	SRA-249
438	SRA-285	488	SRA-317
439	SRA-750	489	SRA-142
440	SRA-678	490	SRA-226
441	SRA-740	491	SRA-602
442	SRA-323	492	SRA-356
443	SRA-578	493	SRA-286
444	SRA-527	494	SRA-283
445	SRA-406	495	SRA-745
446	SRA-319	496	SRA-670
447	SRA-261	497	SRA-428
448	SRA-743	498	SRA-57
449	SRA-744	499	SRA-34
450	SRA-726	500	SRA-485

ANEXO 10. RELACIÓN DE POZOS UTILIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL MODELO DE SEMIVARIOGRAMA

No.	POZO	No.	POZO	No.	POZO	No.	POZO
1	SRA-001	51	SRA-056	101	SRA-142	151	SRA-217
2	SRA-002	52	SRA-057	102	SRA-145	152	SRA-218
3	SRA-003	53	SRA-058	103	SRA-147	153	SRA-219
4	SRA-004	54	SRA-059	104	SRA-148	154	SRA-222
5	SRA-005	55	SRA-060	105	SRA-150	155	SRA-223
6	SRA-006	56	SRA-061	106	SRA-151	156	SRA-224
7	SRA-007	57	SRA-064	107	SRA-152	157	SRA-227
8	SRA-008	58	SRA-065	108	SRA-153	158	SRA-228
9	SRA-009	59	SRA-066	109	SRA-155	159	SRA-229
10	SRA-011	60	SRA-067	110	SRA-158	160	SRA-235
11	SRA-012	61	SRA-069	111	SRA-161	161	SRA-236
12	SRA-013	62	SRA-070	112	SRA-163	162	SRA-238
13	SRA-014	63	SRA-072	113	SRA-166	163	SRA-240
14	SRA-015	64	SRA-073	114	SRA-167	164	SRA-241
15	SRA-016	65	SRA-074	115	SRA-168	165	SRA-242
16	SRA-017	66	SRA-075	116	SRA-169	166	SRA-243
17	SRA-018	67	SRA-076	117	SRA-170	167	SRA-244
18	SRA-019	68	SRA-079	118	SRA-172	168	SRA-245
19	SRA-020	69	SRA-080	119	SRA-174	169	SRA-247
20	SRA-020	70	SRA-081	120	SRA-176	170	SRA-248
21	SRA-021	71	SRA-082	121	SRA-177	171	SRA-248
22	SRA-021	72	SRA-083	122	SRA-178	172	SRA-249
23	SRA-022	73	SRA-084	123	SRA-180	173	SRA-250
24	SRA-023	74	SRA-085	124	SRA-181	174	SRA-251
25	SRA-027	75	SRA-086	125	SRA-182	175	SRA-252
26	SRA-029	76	SRA-087	126	SRA-183	176	SRA-255
27	SRA-030	77	SRA-088	127	SRA-184	177	SRA-256
28	SRA-031	78	SRA-090	128	SRA-185	178	SRA-257
29	SRA-032	79	SRA-091	129	SRA-186	179	SRA-260
30	SRA-033	80	SRA-093	130	SRA-188	180	SRA-262
31	SRA-034	81	SRA-094	131	SRA-189	181	SRA-264
32	SRA-035	82	SRA-096	132	SRA-194	182	SRA-268
33	SRA-036	83	SRA-097	133	SRA-195	183	SRA-269
34	SRA-037	84	SRA-098	134	SRA-196	184	SRA-270
35	SRA-038	85	SRA-099	135	SRA-197	185	SRA-271
36	SRA-039	86	SRA-102	136	SRA-199	186	SRA-273
37	SRA-040	87	SRA-105	137	SRA-201	187	SRA-274
38	SRA-041	88	SRA-124	138	SRA-202	188	SRA-277
39	SRA-042	89	SRA-127	139	SRA-203	189	SRA-278
40	SRA-044	90	SRA-129	140	SRA-204	190	SRA-279
41	SRA-045	91	SRA-130	141	SRA-205	191	SRA-280
42	SRA-046	92	SRA-131	142	SRA-206	192	SRA-281
43	SRA-047	93	SRA-132	143	SRA-207	193	SRA-282
44	SRA-048	94	SRA-134	144	SRA-208	194	SRA-283
45	SRA-049	95	SRA-135	145	SRA-209	195	SRA-284
46	SRA-050	96	SRA-136	146	SRA-210	196	SRA-287
47	SRA-051	97	SRA-137	147	SRA-211	197	SRA-290
48	SRA-052	98	SRA-138	148	SRA-212	198	SRA-293
49	SRA-053	99	SRA-139	149	SRA-213	199	SRA-294
50	SRA-055	100	SRA-141	150	SRA-214	200	SRA-296

No.	POZO	No.	POZO	No.	POZO	No.	POZO
201	SRA-300	251	SRA-407	301	SRA-558	351	SRA-668
202	SRA-302	252	SRA-408	302	SRA-560	352	SRA-669
203	SRA-304	253	SRA-410	303	SRA-562	353	SRA-670
204	SRA-305	254	SRA-413	304	SRA-565	354	SRA-671
205	SRA-307	255	SRA-435	305	SRA-570	355	SRA-672
206	SRA-308	256	SRA-436	306	SRA-572	356	SRA-673
207	SRA-309	257	SRA-438	307	SRA-575	357	SRA-674
208	SRA-312	258	SRA-440	308	SRA-576	358	SRA-678
209	SRA-313	259	SRA-442	309	SRA-578	359	SRA-679
210	SRA-314	260	SRA-447	310	SRA-581	360	SRA-680
211	SRA-315	261	SRA-448	311	SRA-583	361	SRA-681
212	SRA-316	262	SRA-449	312	SRA-584	362	SRA-682
213	SRA-317	263	SRA-450	313	SRA-585	363	SRA-683
214	SRA-318	264	SRA-451	314	SRA-589	364	SRA-685
215	SRA-320	265	SRA-454	315	SRA-590	365	SRA-687
216	SRA-323	266	SRA-457	316	SRA-592	366	SRA-692
217	SRA-324	267	SRA-460	317	SRA-597	367	SRA-693
218	SRA-326	268	SRA-467	318	SRA-598	368	SRA-699
219	SRA-327	269	SRA-472	319	SRA-599	369	SRA-701
220	SRA-331	270	SRA-477	320	SRA-600	370	SRA-702
221	SRA-332	271	SRA-478	321	SRA-604	371	SRA-713
222	SRA-339	272	SRA-479	322	SRA-605	372	SRA-717
223	SRA-341	273	SRA-489	323	SRA-607	373	SRA-718
224	SRA-342	274	SRA-490	324	SRA-608	374	SRA-719
225	SRA-346	275	SRA-491	325	SRA-608	375	SRA-724
226	SRA-347	276	SRA-495	326	SRA-610	376	SRA-725
227	SRA-348	277	SRA-498	327	SRA-612	377	SRA-726
228	SRA-349	278	SRA-501	328	SRA-613	378	SRA-727
229	SRA-350	279	SRA-504	329	SRA-615	379	SRA-728
230	SRA-351	280	SRA-505	330	SRA-619	380	SRA-730
231	SRA-353	281	SRA-506	331	SRA-632	381	SRA-733
232	SRA-354	282	SRA-509	332	SRA-634	382	SRA-735
233	SRA-355	283	SRA-510	333	SRA-635		
234	SRA-357	284	SRA-511	334	SRA-636		
235	SRA-358	285	SRA-512	335	SRA-637		
236	SRA-359	286	SRA-516	336	SRA-638		
237	SRA-362	287	SRA-520	337	SRA-640		
238	SRA-368	288	SRA-521	338	SRA-641		
239	SRA-369	289	SRA-523	339	SRA-642		
240	SRA-373	290	SRA-524	340	SRA-651		
241	SRA-375	291	SRA-525	341	SRA-652		
242	SRA-377	292	SRA-526	342	SRA-653		
243	SRA-379	293	SRA-531	343	SRA-656		
244	SRA-381	294	SRA-534	344	SRA-657		
245	SRA-382	295	SRA-537	345	SRA-658		
246	SRA-385	296	SRA-549	346	SRA-659		
247	SRA-391	297	SRA-551	347	SRA-660		
248	SRA-393	298	SRA-554	348	SRA-662		
249	SRA-400	299	SRA-556	349	SRA-663		
250	SRA-401	300	SRA-557	350	SRA-666		