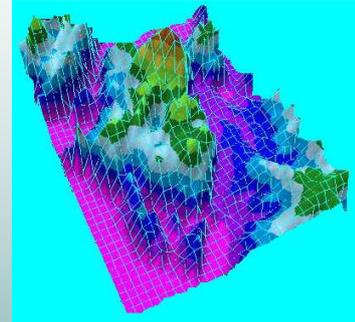




INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

GEOESTADÍSTICA APLICADA

**Tema: Receta Práctica del
Análisis Estructural**



Instructores:

Dr. Martín A. Díaz Viera (mdiazv@imp.mx)

Dr. Ricardo Casar González (rcasar@imp.mx)

2004

Contenido

- Introducción
- Análisis preliminar
- Análisis exploratorio de los datos
- Estimación del variograma
- Análisis de anisotropía
- Modelación del variograma
- Validación Cruzada del Modelo

Introducción

- El análisis estructural es uno de los tópicos más importantes de la geoestadística puesto que se encarga de la caracterización de la estructura espacial de una propiedad o fenómeno regionalizado.
- Es el proceso en el marco del cual se obtiene un modelo geoestadístico para la función aleatoria que se estudia.

Análisis preliminar

- Esta etapa consiste en realizar la selección, depuración y análisis de la información disponible con el fin de los datos sean consistentes con el fenómeno que representan
- Se detectan y eliminan errores o valores aberrantes.

Análisis exploratorio de los datos

- Se trata de caracterizar a la muestra, de forma tal que se obtenga la mayor información posible a partir de los datos que se disponen.
- Permite modificar en la medida de lo posible aquellas que no satisfagan los requisitos exigidos.
- Además nos permite decidir cual procedimiento ulterior sería más adecuado aplicar en la estimación espacial.

Análisis exploratorio de los datos

- Requisitos para que el estimador del variograma sea óptimo:
 - que la distribución de probabilidad sea normal,
 - que no exista tendencia, es decir que sea estacionaria al menos la media,
 - que no se vea afectada por valores atípicos (outliers) tanto distribucionales como espaciales,
 - que tenga una distribución espacial homogénea.

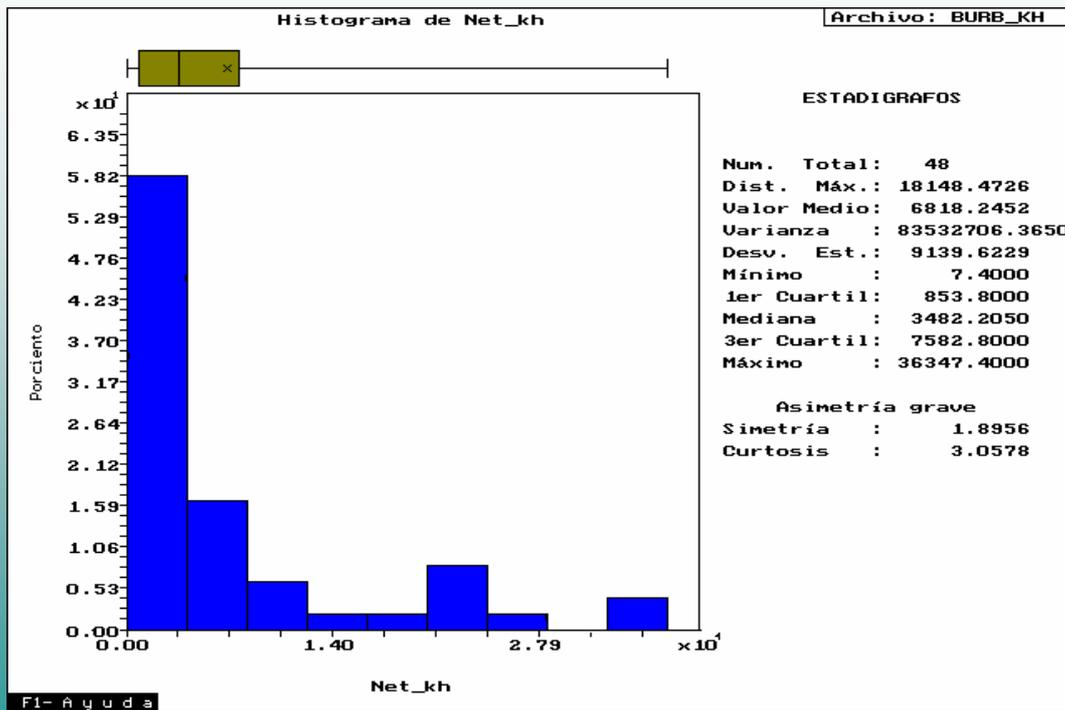
Análisis estadístico básico

- Num. Total : 48
- Dist. Max. : 18148.47255
- Valor Medio : 6818.24521
- Varianza : 83532706.36500
- Desv. Est. : 9139.62288
- Coef. Var. : 1.34047
- Mínimo : 7.40000
- 1er Cuartil : 853.80000
- Mediana : 3482.20500
- 3er Cuartil : 7582.80000
- Máximo : 36347.40000

Análisis de Normalidad

- Se obtiene el histograma de la muestra y a partir de la prueba de simetría se acepta o se rechaza la hipótesis de normalidad.
- En caso de asimetría grave se trata de aplicar la transformación adecuada (logarítmica, inversa, etc) que permita considerar a la muestra transformada como normal.

Análisis de Normalidad

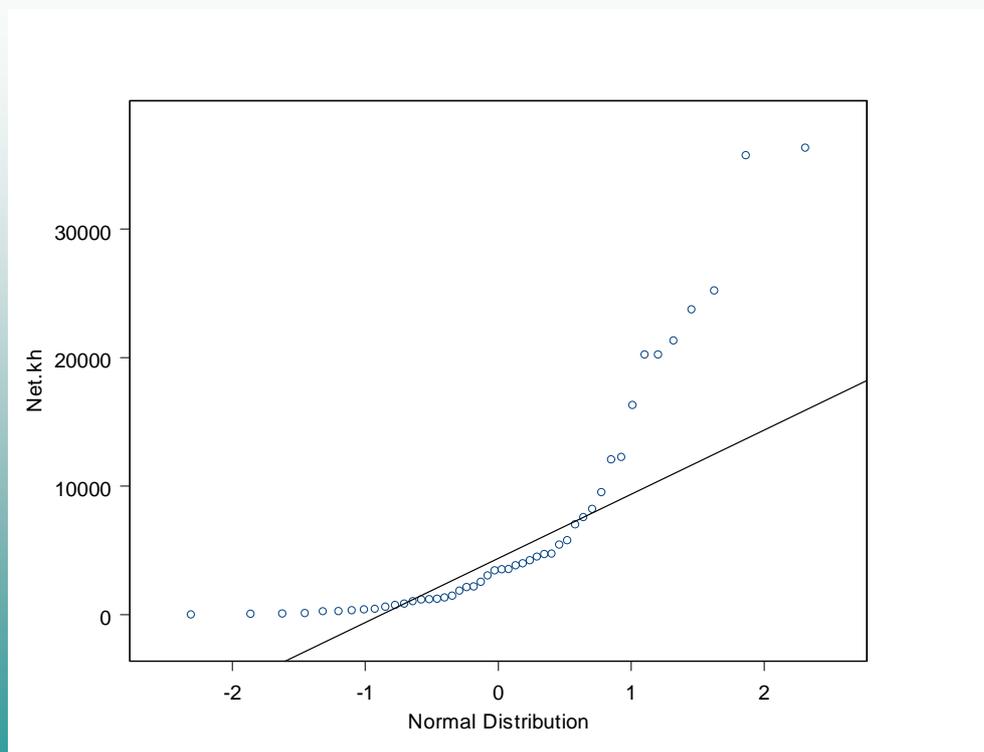


10/10/2006

CG5-Receta Práctica del Análisis Estructural

9

Análisis de Normalidad

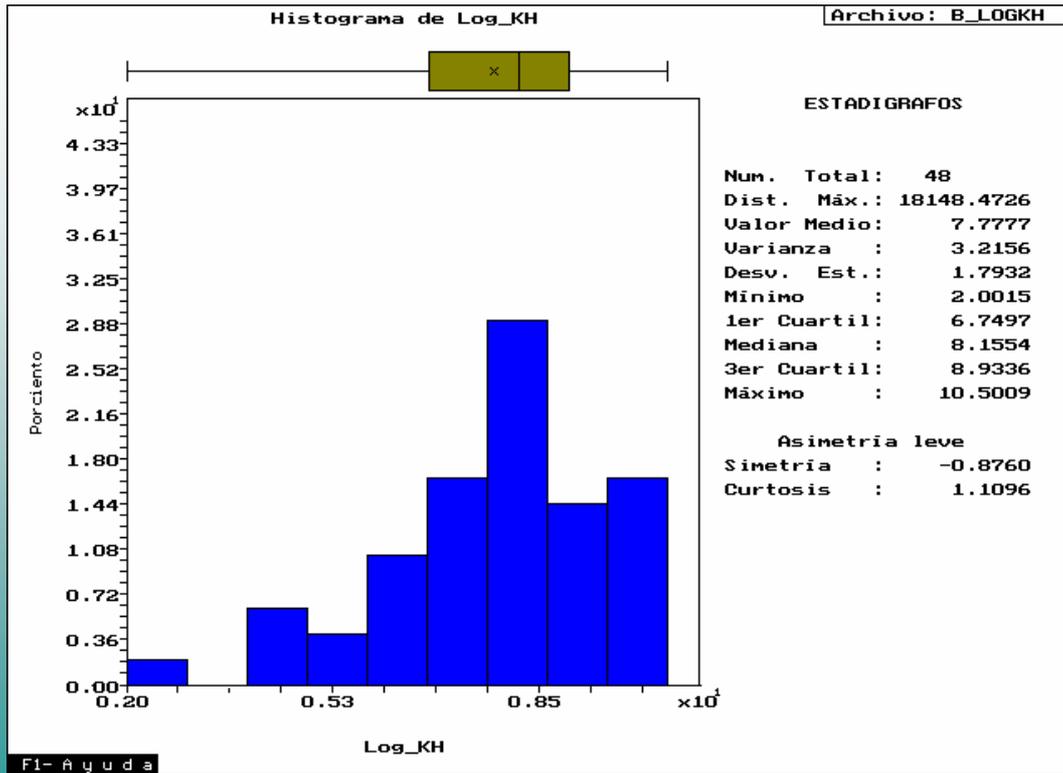


10/10/2006

CG5-Receta Práctica del Análisis Estructural

10

Análisis de Normalidad

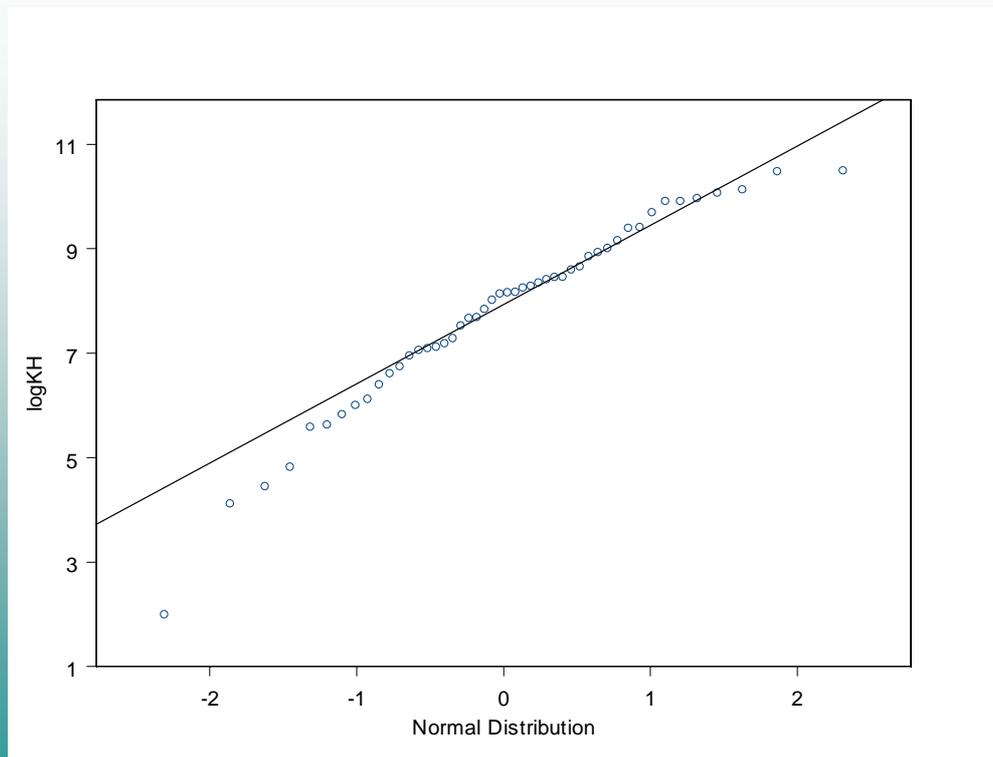


10/10/2006

CG5-Receta Práctica del Análisis Estructural

11

Análisis de Normalidad



10/10/2006

CG5-Receta Práctica del Análisis Estructural

12

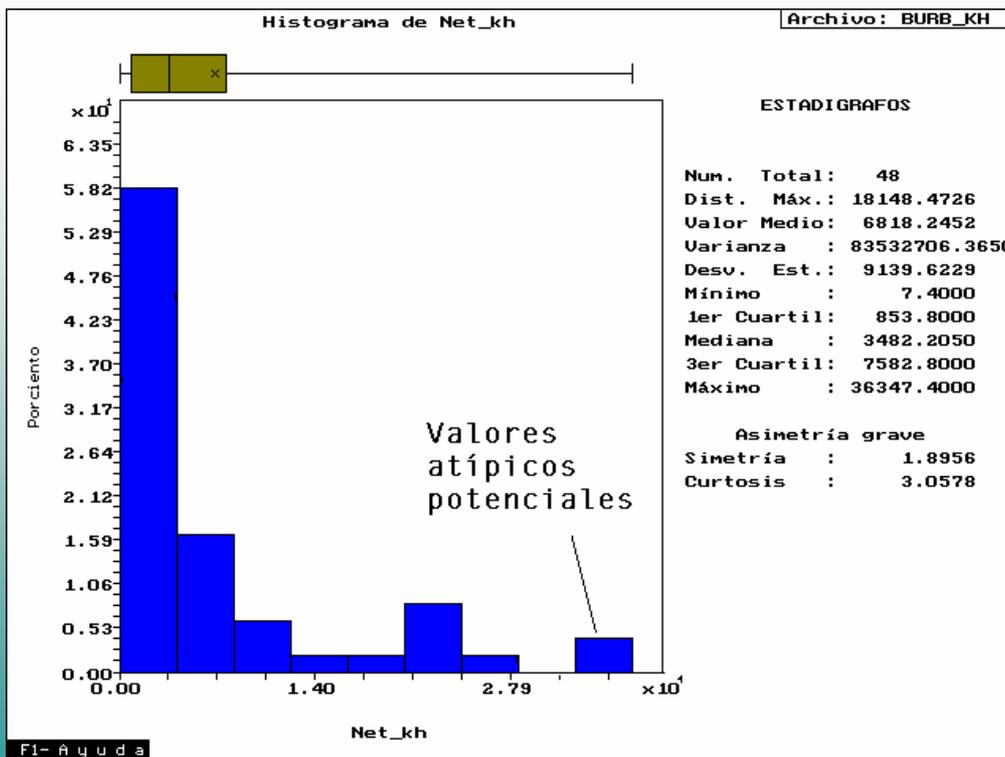
Análisis de *outliers*

- Los *outliers* son valores atípicos de la muestra
- Es muy importante su detección ya que pueden influir de manera significativa en los resultados de las etapas posteriores.

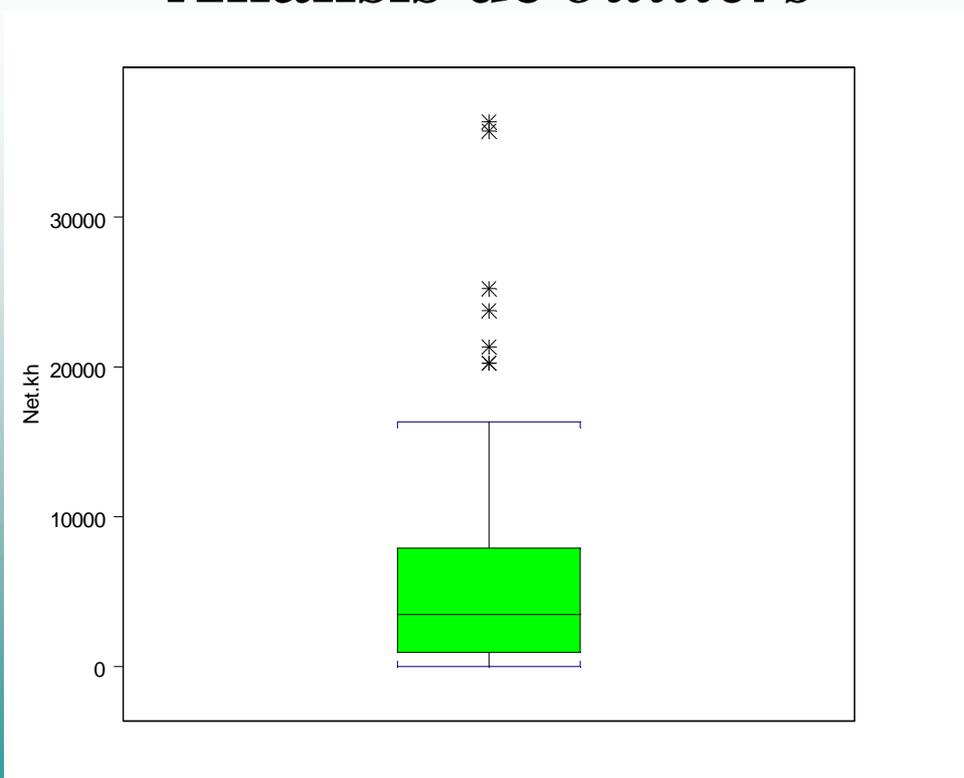
Análisis de *outliers*

- Dos categorías de ***outliers***:
- ***Distribucionales***: se alejan del valor medio de la muestra.
- ***Espaciales***: son los que tienen un valor muy diferente al de sus vecinos

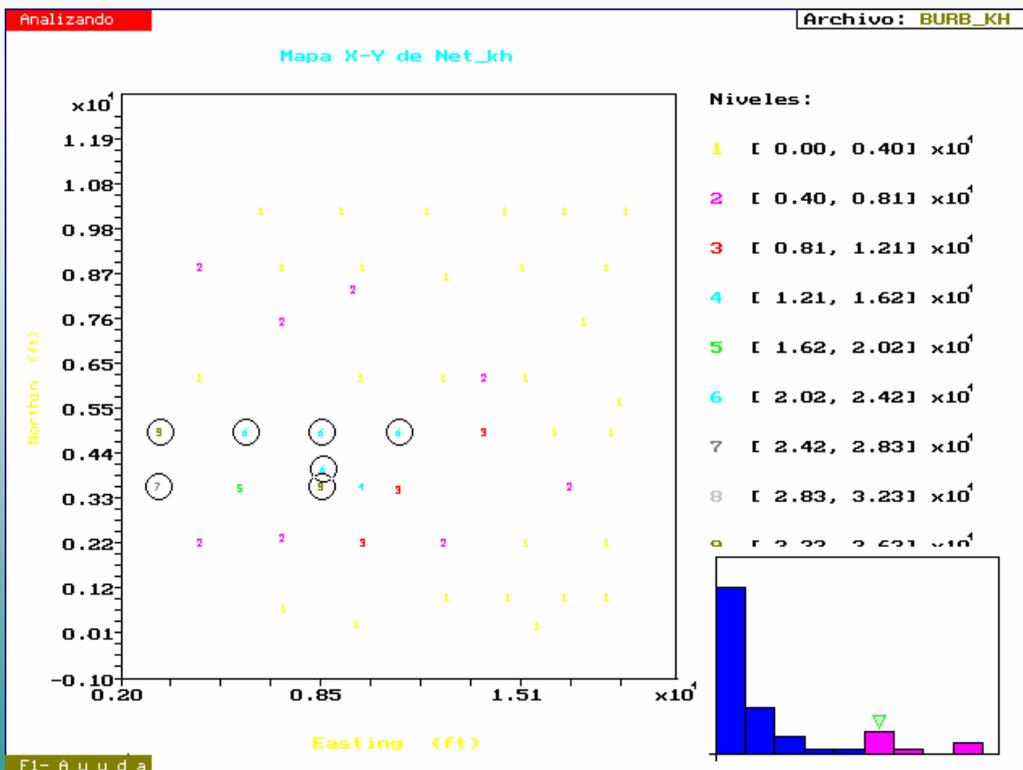
Análisis de outliers



Análisis de outliers



Análisis de outliers



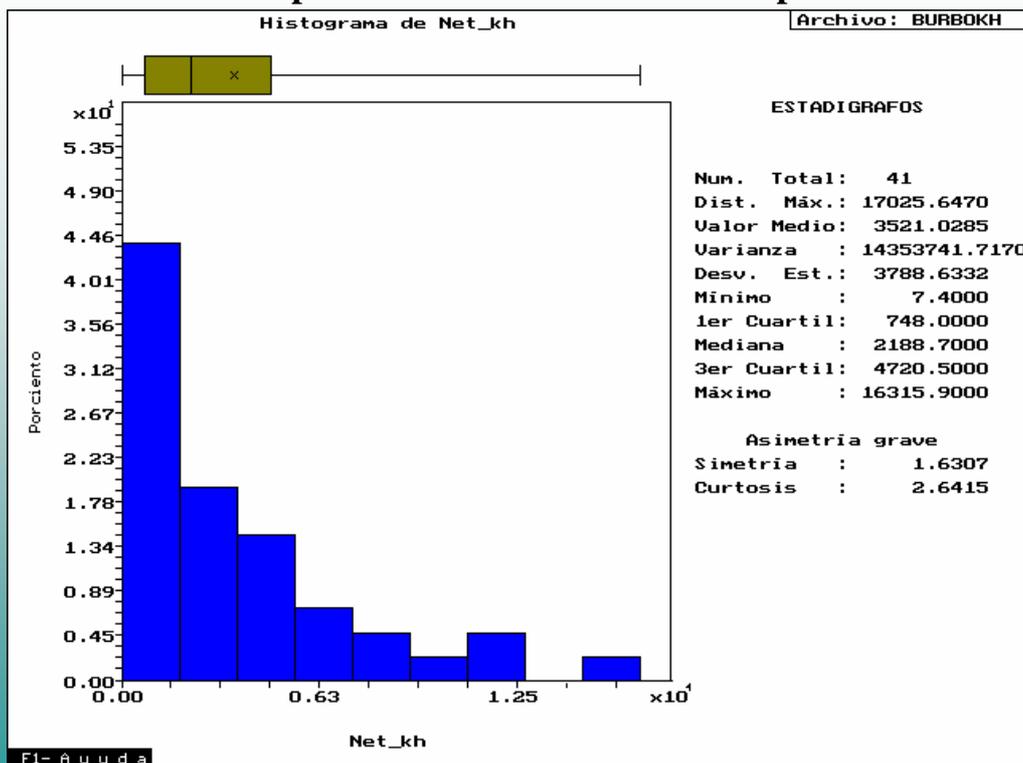
10/10/2006

CG5-Receta Práctica del Análisis Estructural

17

Análisis de outliers

Después de eliminar los valores atípicos



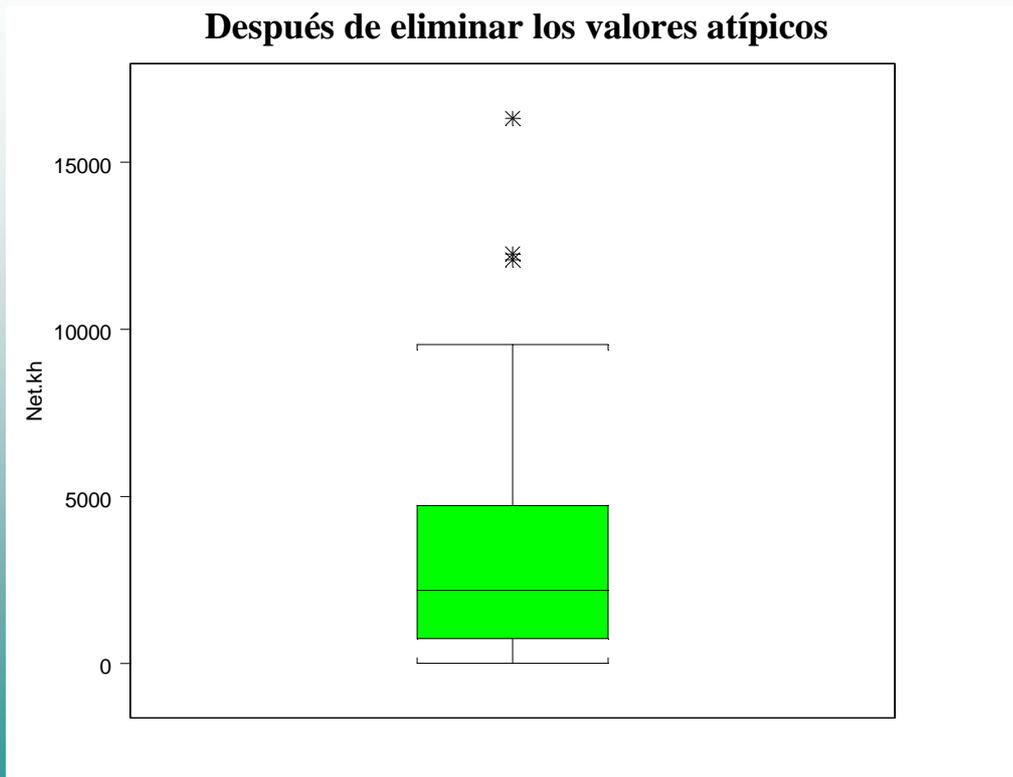
10/10/2006

CG5-Receta Práctica del Análisis Estructural

18

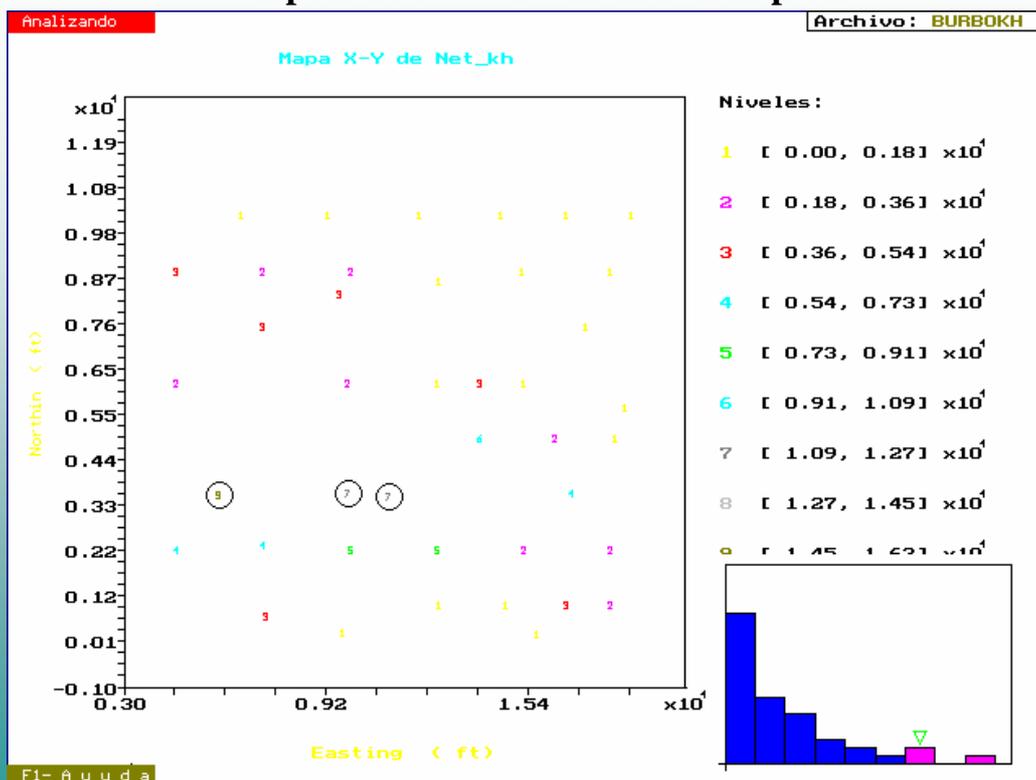
Análisis de *outliers*

Después de eliminar los valores atípicos



Análisis de *outliers*

Después de eliminar los valores atípicos



Análisis de tendencia

- Se realizan una exploración visual de los gráficos en cada una de las direcciones de los ejes (x, y, z)
- Otro modo de corroborar la presencia de no estacionaridad de la media es mediante el variograma.
- Cuando éste muestra un crecimiento más rápido que una función cuadrática es un indicador de la posible presencia de tendencia.

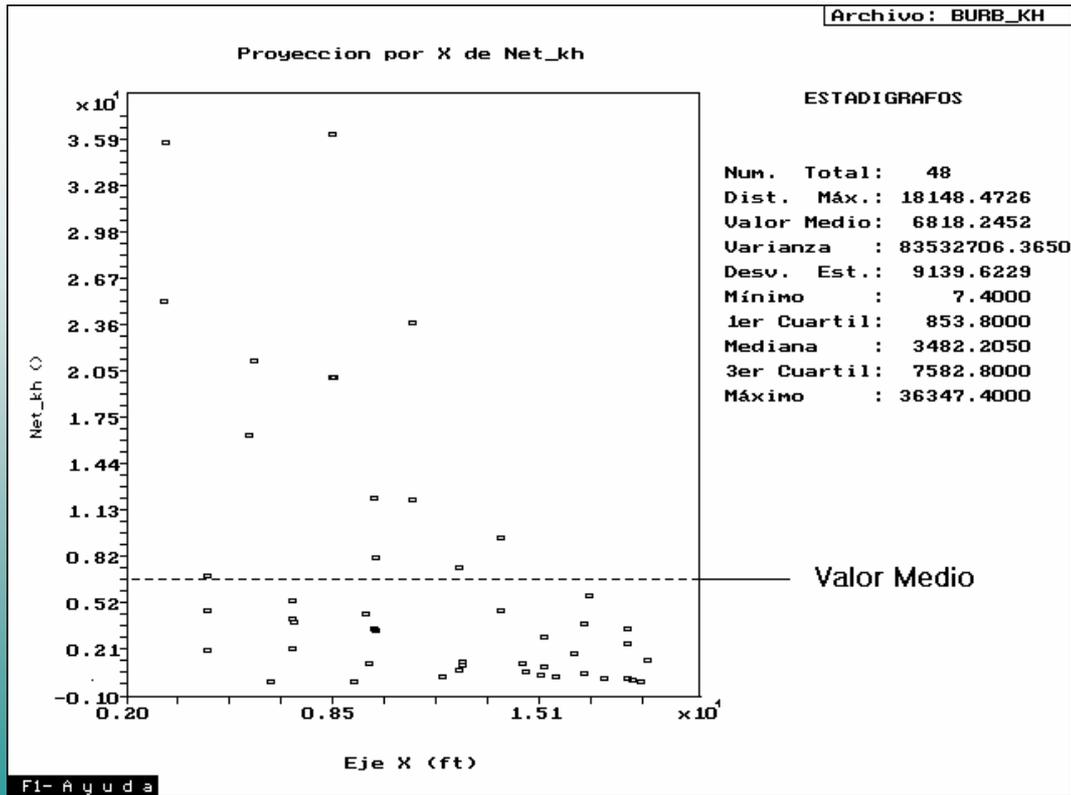
Manejo de la tendencia

- Cuando existe tendencia se procede a estimarla y eliminarla, es decir se considera el modelo:

$$Z(\underline{x}) = m(\underline{x}) + R(\underline{x})$$

- La estimación se hará considerando la tendencia como un polinomio de un grado dado, de manera que primero se supondrá que la misma es de 1^{er} grado, luego de 2^{do} grado, etc.
- El proceso concluye cuando los residuos obtenidos se puedan considerar estacionarios.

Análisis de tendencia

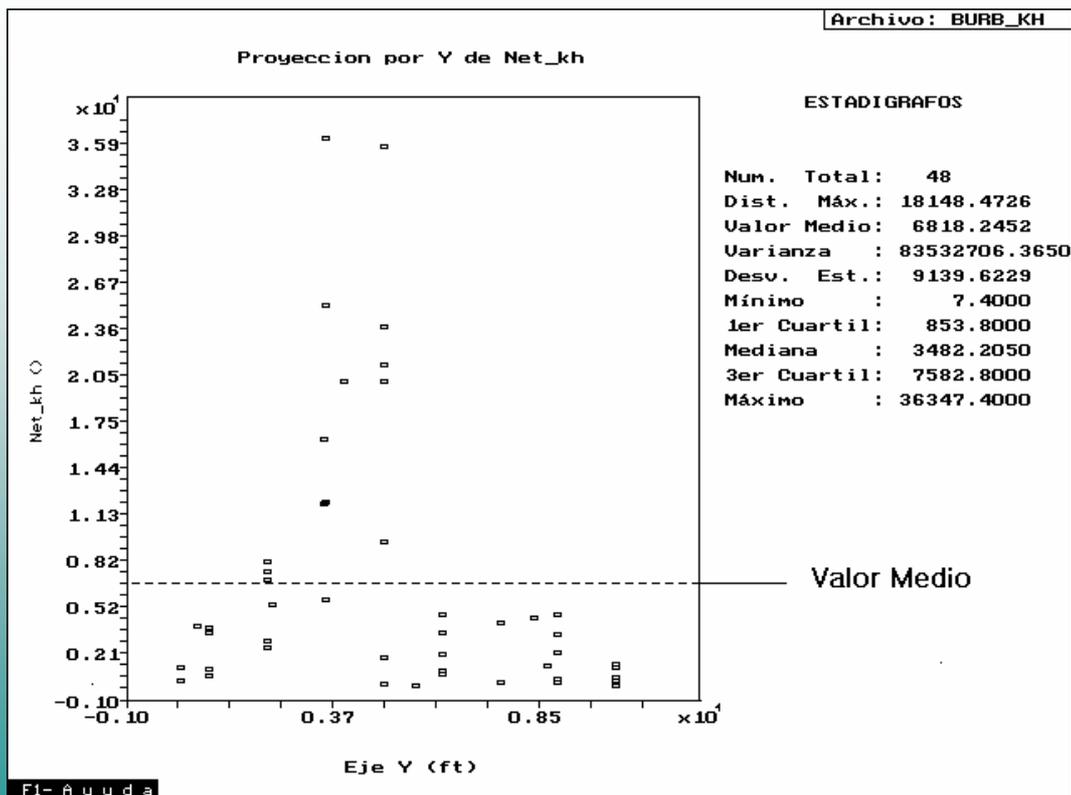


10/10/2006

CG5-Receta Práctica del Análisis Estructural

23

Análisis de tendencia

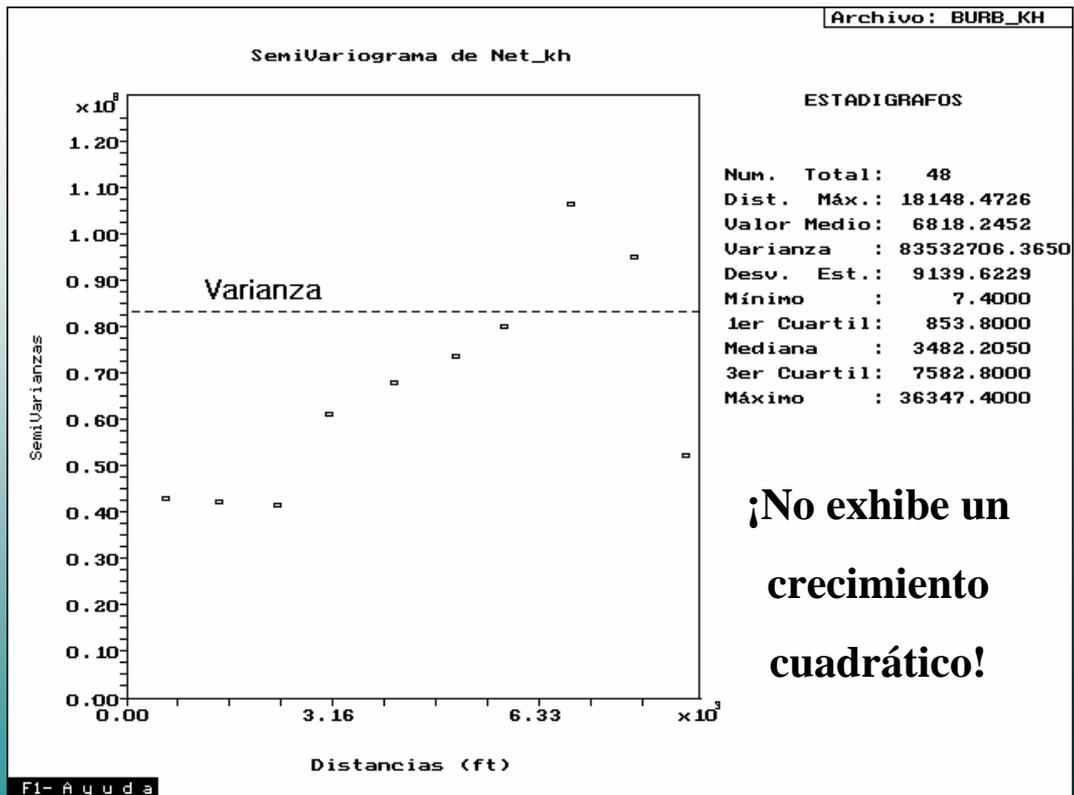


10/10/2006

CG5-Receta Práctica del Análisis Estructural

24

Análisis de tendencia



10/10/2006

CG5-Receta Práctica del Análisis Estructural

25

Estimación del variograma

- En el sentido más amplio se debe estimar una función que describa el grado de correlación espacial de la propiedad que se estudia.
- Usualmente se trata de estimar el variograma, puesto que supone que se cumpla al menos la hipótesis intrínseca (las diferencias son estacionarias de segundo orden).

10/10/2006

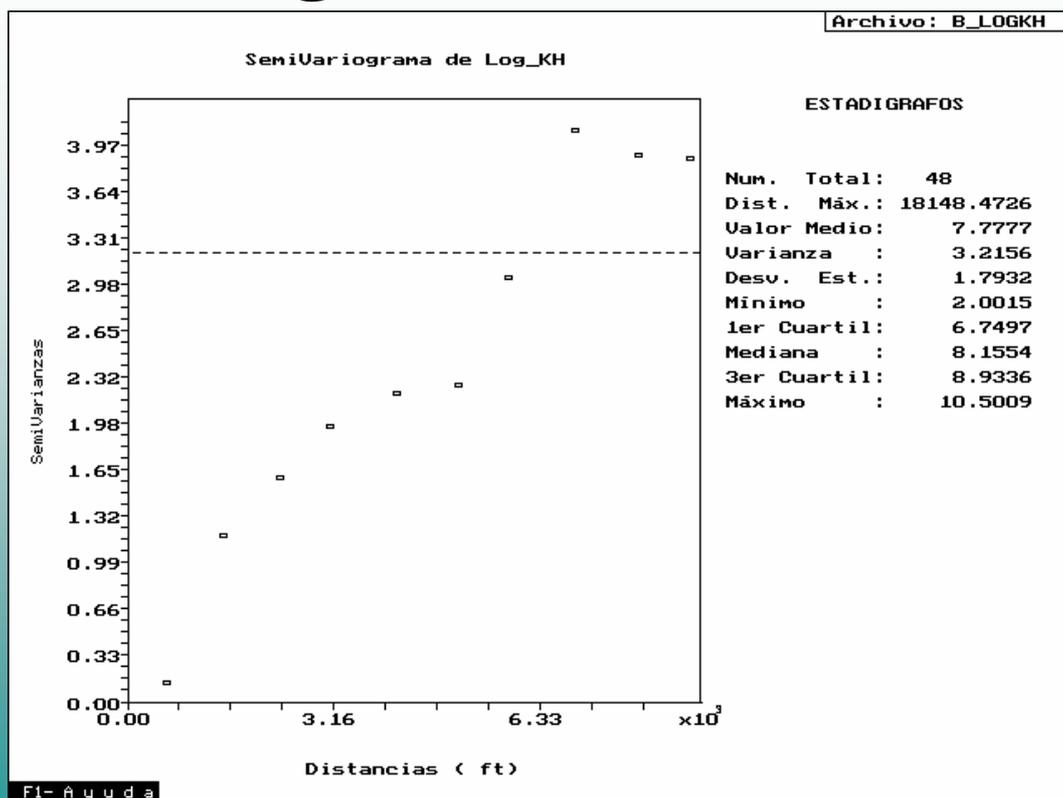
CG5-Receta Práctica del Análisis Estructural

26

Variograma adireccional

- El variograma adireccional se estima tomando la dirección 0° y una ventana de $\pm 90^\circ$
- El tamaño de intervalo (lag) se elige considerando una cantidad entre 10 y 25 intervalos para la mitad de la distancia máxima de separación de los puntos.

Variograma adireccional



Variogramas direccionales

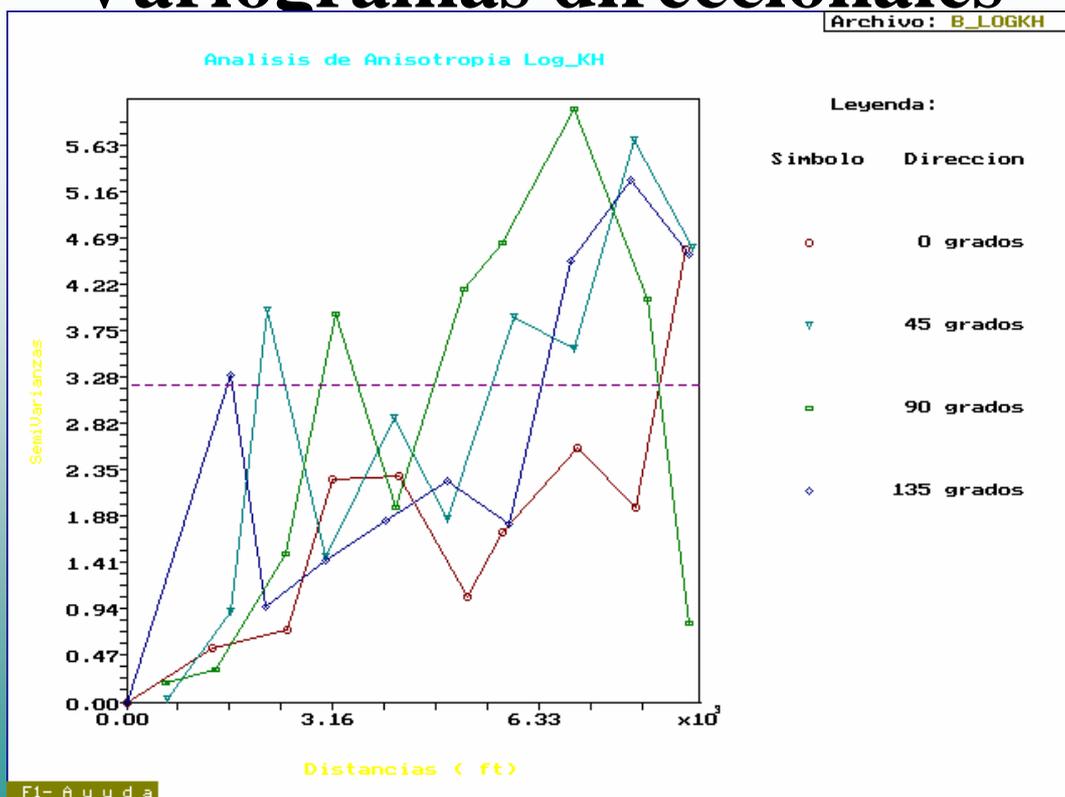
- Se estiman variogramas en cuatro direcciones:
- 0° , 45° , 90° y 135° con ventanas de $\pm 22.5^\circ$.
- Los intervalos (lags) se eligen con el mismo criterio anterior.

10/10/2006

CG5-Receta Práctica del Análisis Estructural

29

Variogramas direccionales



10/10/2006

CG5-Receta Práctica del Análisis Estructural

30

Análisis de anisotropía

- El paso anterior permite determinar la posible existencia de anisotropía geométrica cuando los alcances de los variogramas son significativamente diferentes.
- Si la anisotropía es significativa se determinan los alcances (radio de correlación) en las direcciones de menor y de mayor valor, con lo cual se pueden construir modelos anisotrópicos.

Modelación del variograma

- La modelación del variograma consiste en buscar una función analítica que represente adecuadamente los valores estimados del variograma.
- Esta función no puede ser cualquiera y de hecho existen un número reducido de modelos teóricos que pueden ser usados.
- Entre los modelos más conocidos se encuentran: el esférico, el gaussiano, el exponencial, el lineal con meseta y sin meseta.

Modelación del variograma

- Estos modelos se caracterizan fundamentalmente por tres parámetros:
 - el alcance o rango de correlación
 - la meseta (sill)
 - el efecto pepita (nugget)
- Entonces el proceso de modelación se reduce a determinar cuál modelo y con que parámetros se ajusta mejor a los valores estimados del variograma.

Ajuste mediante mínimos cuadrados ponderados

- Se realiza un ajuste inicial usando Mínimos Cuadrados Ponderados (MCP)
- Los pesos se toman proporcionales al número de pares considerados en la estimación por intervalo y al inverso de la semivarianza estimada del intervalo.

Ajuste mediante mínimos cuadrados ponderados

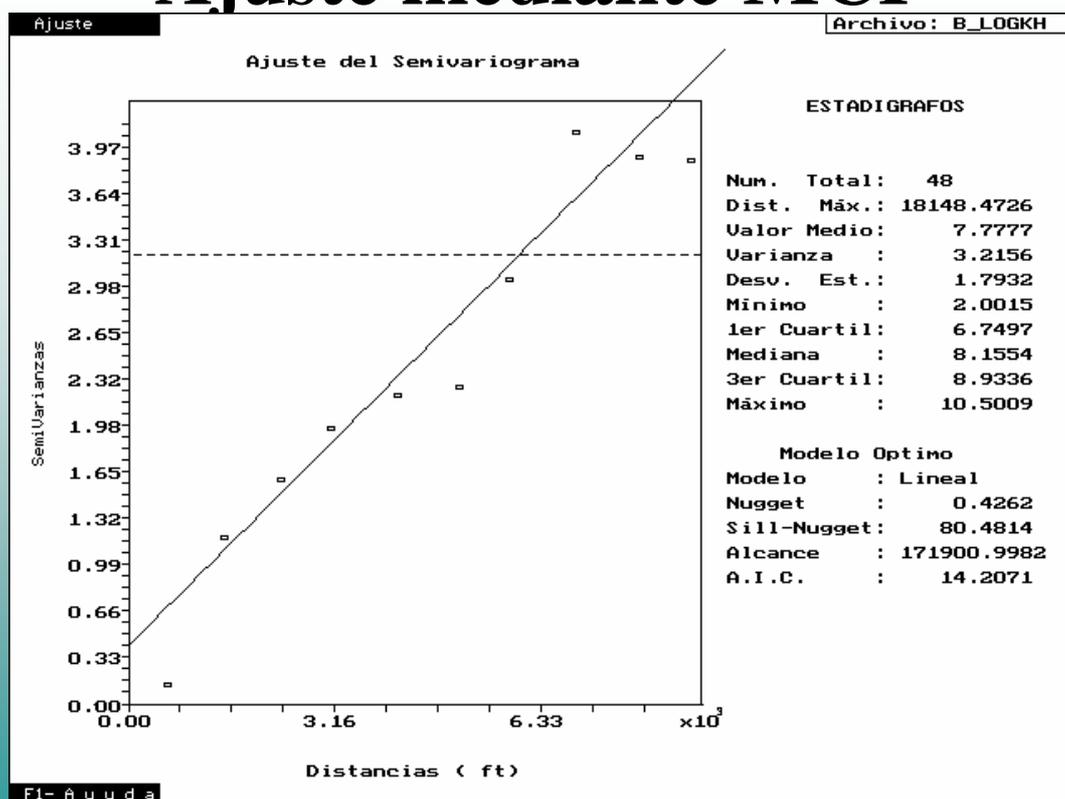
- El ajuste se realiza para cada uno de los modelos autorizados y se selecciona el que tenga un mejor ajuste según algún criterio.
- Por ejemplo, se usa el criterio de información de Akaike, el cual es un compromiso entre la complejidad del modelo (número de parámetros) y su bondad de ajuste (valor medio cuadrático del error).

10/10/2006

CG5-Receta Práctica del Análisis Estructural

35

Ajuste mediante MCP



10/10/2006

CG5-Receta Práctica del Análisis Estructural

36

Ajuste mediante prueba y error

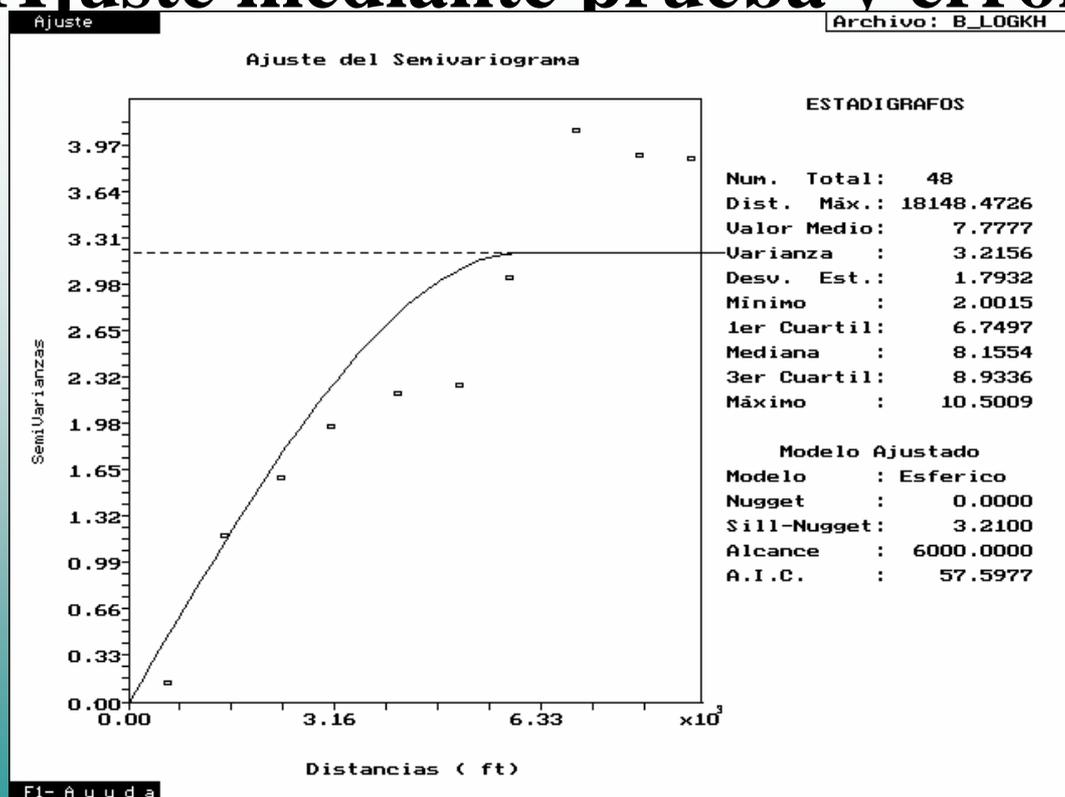
- La modelación del variograma continúa con un proceso de *prueba y error* de manera visual, modificando los parámetros del modelo hasta obtener un compromiso razonable según el criterio de Akaike.

10/10/2006

CG5-Receta Práctica del Análisis
Estructural

37

Ajuste mediante prueba y error



10/10/2006

CG5-Receta Práctica del Análisis
Estructural

38

Validación del Modelo

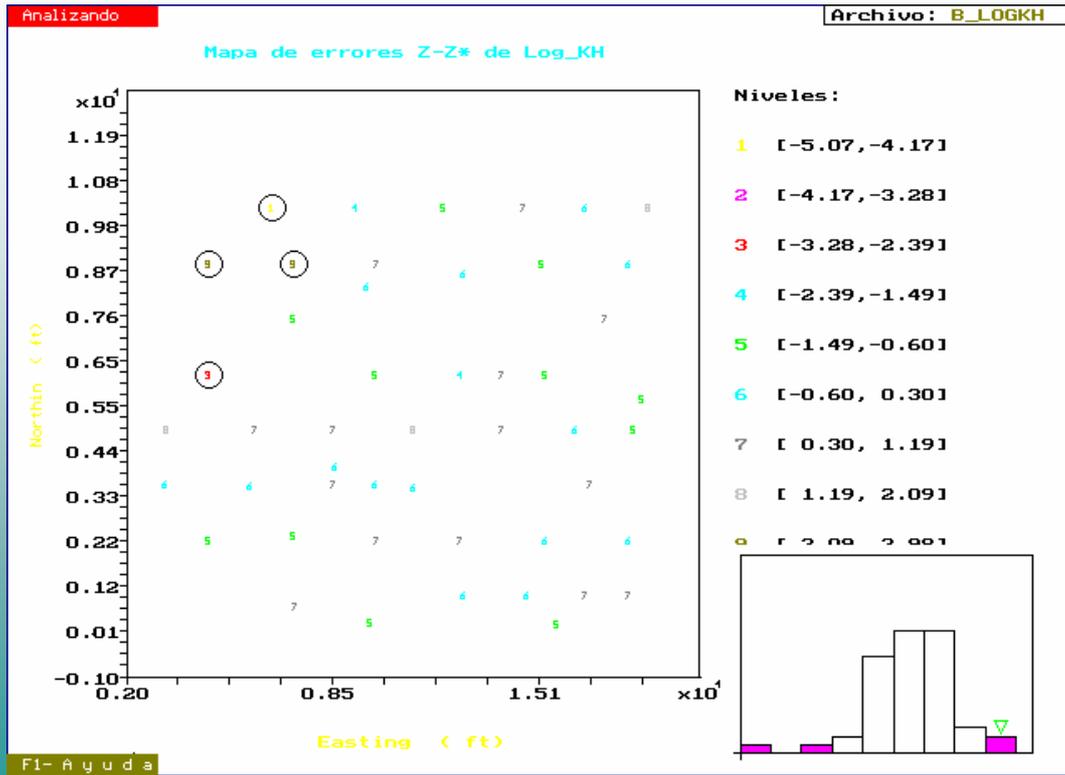
- Un Método de Validación Cruzada que resulta atractivo por su sencillez y eficiencia es el “*leave one out*”
- Consiste en sacar un elemento de la muestra y estimar el valor en ese punto con Kriging empleando el modelo de variograma obtenido.
- De forma análoga se actúa para el resto de los elementos de la muestra.
- Como resultado se obtiene un mapa de las diferencias entre el valor real y el estimado.

Análisis de los errores

- Se realiza un análisis integral de las diferencias ($Z-Z^*$) entre los valores reales (Z) y los estimados (Z^*)
- Se aplican de manera combinada los siguientes criterios:
 - el valor medio de las diferencias debe ser cercano a cero,
 - la varianza normalizada de las diferencias debe ser próxima a la unidad,

Análisis de los errores

Valor Medio de $Z-Z^* = -0.06$ Varianza de $Z-Z^* = 1.62$



10/10/2006

CG5-Receta Práctica del Análisis Estructural

41