

EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE ESTIMACIÓN DE RESERVAS DE MINERAL DE UN MODELO GEOESTADÍSTICO CON LOS SOFTWARE DATAMINE VERSUS MINESIGHT*

Cárdenas Paucarchuco, Julio¹; Mayor Pariona, Saúl² y Mayor Pariona, Jannete³

Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Centro del Perú

RESUMEN

El estudio consistió básicamente en analizar los resultados que se obtienen al realizar la estimación de reservas de minerales aplicando los software Datamine y Minesight, como muchos conocen los resultados que se obtienen a través de ellos podrían resultar relativamente diferentes, debido a que para la evaluación de reservas de mineral se pueden utilizar muchos criterios para el modelo geoestadístico y matemático. De ahí nació la necesidad de hacer un análisis de los resultados para determinar que software se acerca más a la realidad. El estudio consistió en lo siguiente: en primer lugar se creó una misma base de datos para los dos software en estudio; luego se desarrollaron los modelos geoestadísticos con cada uno, para luego estimar sus respectivas reservas, obteniéndose resultados diferentes. Al final se evaluaron los modelos matemáticos empleados y se comparó los resultados. Podemos concluir que los resultados obtenidos con los dos software no difieren significativamente por lo cual su utilización preferencial es indiferente, más bien la preferencia de uno u otro debe estar orientado a la disponibilidad del software y la presencia de personal capacitado adecuadamente para trabajar con ellos.

Palabras Clave: surpac, gemcom, geoestat, goesoft.

EVALUATION OF THE OBTAINED RESULTS OF ESTIMATION OF MINERAL RESERVES OF A MODEL GEOESTADÍSTICO WITH SOFTWARES DATAMINE VERSUS MINESIGHT

ABSTRACT

This study basically consisted in analyzing the obtained results at the moment of collimating the mineral reserves applying data mine and mine sight software since many know the results that are obtained through them could be relatively different, because of in the evaluation of mineral reserves a lot of criterions can be used for the mothemotual and geostatistical models. From this very was born the analysis of the results to determine which software was closer to the reality. This study consisted of the following: first an only database was created for both software in study, then the geoslotistical models were developed with each one for a later study of their mineral reserves, getting different results and at the end, the mathematical models were evaluated and the results were compared we can conclude that the results obtained with the two software were not significantly different and therefore its preferential use is indifferent, but soother prefer one or the other should be directed to the availability of the software and the presence personal adequately trained to work with there.

Key words: surpac, gemcom, geoestat, goesoft.

* Este trabajo de investigación fue recibido el 20/04/2008 retornado para su revisión el 22/09/2008 y aprobado para su publicación el 27/02/2009.

1. E-mail: jcardenaspa@terra.com
2. E-mail: saulmayor@hotmail.com
3. E-mail: janetemp@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El problema fundamental del estudio fue la existencia de muchos software de aplicación para la evaluación de reservas de minerales. Los resultados que ofrecen los mencionados programas de aplicación siempre resultan diferentes para el mismo modelo geoestadístico, es por esa razón que existe gran incertidumbre en las profesiones para tomar la decisión adecuada en la utilización de uno de estos programas.

Los resultados no son iguales debido a que cada programa o software aplica criterios diferentes y eso no quiere decir que uno de ellos estime mal las reservas, sino que en los modelos matemáticos se pueden combinar diversos criterios de acuerdo a las experiencias del profesional que hace uso de estos modelos, de ahí que los criterios son diferentes y los resultados también.

Debido a ésto, nace la necesidad de hacer un estudio de los resultados que ofrecen los softwares Datamine y Minesight.

El problema general se puede plantear con la siguiente interrogante: ¿qué software se debe utilizar para la evaluación de reservas de mineral de un modelo geoestadístico, Datamine o Minesight?. La hipótesis planteada se formuló de la siguiente manera: para la estimación de reservas de mineral a partir de un modelo geoestadístico se debe utilizar el software Datamine, ya que ofrece resultados más confiables.

El impacto que se espera obtener como resultado de la presente investigación es reducir la incertidumbre en elegir un software determinado para la evaluación de reservas de mineral a partir de modelos geoestadísticos. Los usuarios directos potenciales de los resultados, serán todas las personas, profesionales de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia; y empresas dedicadas actividad minera.

Por otra parte el objetivo establecido para el presente trabajo radica en definir que software se debe utilizar para la estimación de reservas a partir de un modelo geoestadístico, Datamine o Minesight. Se utiliza el método científico: descriptivo, analítico, comparativo, experimental.

MATERIAL Y MÉTODOS

A continuación describimos el procedimiento incluyendo los métodos y materiales a seguir para la evaluación de los resultados obtenidos de estimación de reservas de mineral de un modelo geoestadístico con los software Datamine versus Minesight.

1. Elaboración de la base de datos de los taladros de exploración.
2. Modelamiento de los taladros con los software Datamine y Minesight.
3. Modelamiento del Yacimiento con los dos software en estudio.
4. Creación de los modelos geoestadístico en ambos software.
5. Estimación de reservas con los software Datamine y Minesight.

Evaluación de los resultados obtenidos de estimación de reservas de mineral de un modelo geoestadístico con los software Datamine versus Minesight.

RESULTADOS

a. Elaboración de la base de datos de los taladros de exploración.

i) Base de datos de los taladros

Hole Name	Easting	Northing	Elevation	Ref System	Ref Method	Hole Tag	Drill Depth	Date Drilled
1	801226.2	895334.6	387.08	Local	GPS	DD	187.4	11/11/1998
2	801176	895225.1	420.02	Local	GPS	DD	195.7	09/12/1998
3	801107	89526.1	400.96	Local	GPS	DD	176.4	20/12/1998
4	801127.2	89536.4	394.33	Local	GPS	RC	130.1	15/03/1999
5	801080.1	89524.5	416.51	Local	GPS	RC	108.6	27/02/1999
6	801079.9	89537.7	385.34	Local	GPS	RC	125.5	06/02/1999
7	801000	89542.4	400.08	Local	GPS	DD	140.7	18/01/1999
8	801103.4	89526.2	412.16	Local	GPS	RC	120.9	15/01/1999
9	801103.5	89520.3	390.56	Local	GPS	RC	123.4	04/03/1999
10	801103.5	89538.3	392.33	Local	GPS	RC	131.5	16/03/1999
11	801103.6	89542.6	401.39	Local	GPS	DD	140.5	21/03/1999
12	801151.9	89520.8	420.07	Local	GPS	RC	139.4	30/03/1999
13	801151.8	89520.3	389.07	Local	GPS	RC	134.5	11/11/1998
14	801151.9	89538.1	392.35	Local	GPS	RC	107.3	06/12/1998
15	801151.9	89544.2	406.53	Local	GPS	RC	109.7	09/02/1999
16	801175.2	89516.8	387.98	Local	GPS	RC	147.5	04/04/1999
17	801175.2	89547.5	404.19	Local	GPS	RC	122.2	25/05/1999
18	801201	89527	419.32	Local	GPS	DD	161.7	29/02/1999
19	801201	89528.4	391.7	Local	GPS	RC	156.9	30/05/1999
20	801200.9	89530.2	389.32	Local	GPS	RC	118.7	18/12/1998
21	801201	89548.7	404.66	Local	GPS	DD	134.3	15/01/1999
22	801225.2	89530.6	391.65	Local	GPS	DD	155.5	09/12/1998
23	801200	89535.4	389.55	Local	GPS	RC	163	21/03/1999
24	801200	89531.7	390.42	Local	GPS	RC	140.4	19/02/1999
25	801257	89542.5	397.45	Local	GPS	RC	119.5	20/12/1998
26	801258	89548.2	401.17	Local	GPS	RC	112.5	27/01/1999

Figura 1. Base de datos del collar de los taladros (collars).

Hole Name	From	To	Az	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1 DHO675	0	89.75	0.01	30	2560	308	28	1260	4442					
3 DHO675	89.75	72	0.01	30	2260	300	25	1000	5648					
4 DHO675	72	74	0.01	30	2260	351	38	275	3839					
5 DHO675	74	76	0.01	30	2140	464	12	622	3214					
6 DHO675	76	78	0.01	30	2420	420	6	631	3822					
7 DHO675	78	80	0.01	30	2360	356	28	598	5040					
8 DHO675	80	82	0.01	30	2690	365	15	704	3896					
9 DHO675	82	84	0.63	70	2380	244	26	2200	3342					
10 DHO675	84	86	0.36	80	2070	192	41	2110	3293					
11 DHO675	86	88	0.7	70	2260	295	47	5110	4193					
12 DHO675	88	90	0.4	60	2240	302	50	725	3932					
13 DHO675	90	92	0.98	90	1920	243	0.5	0.5	2951					
14 DHO675	92	94	2.45	100	2040	370	0.5	0.5	2974					
15 DHO675	94	96	2.03	100	2290	263	0.5	0.5	3913					
16 DHO675	96	98	2.38	100	2760	567	0.5	0.5	4013					
17 DHO675	98	100	15.19	2000	4610	742	0.5	0.5	6728					
18 DHO675	100	102	0.7	70	6400	978	50	1790	9641					
19 DHO675	102	104	1.06	100	6110	920	240	4060	8167					
20 DHO675	104	106	1.25	120	6000	640	70	730	6214					
21 DHO675	106	108	1.41	130	2670	388	10	460	4388					
22 DHO675	108	110	1.42	130	2650	288	5	370	3895					
23 DHO675	110	112	0.63	70	2200	575	15	3850	3650					
24 DHO675	112	114	0.01	20	2710	402	65	1140	4101					
25 DHO675	114	115.45	0.01	20	2460	434	70	330	3817					
26 DHO675	115.45	116.6	0.01	10	2480	383	15	400	3866					
27 DHO675	116.6	120	0.01	20	2240	570	115	4000	5210					
28 DHO675	120	122	0.01	20	4180	766	45	2000	7217					
29 DHO675	122	124	0.02	20	2630	670	40	725	4306					
30 DHO675	124	126	0.01	20	2360	336	125	4400	4098					
31 DHO675	126	128	0.01	20	3110	513	25	1500	4746					
32 DHO675	128	130	0.01	20	1330	243	30	300	1989					
33 DHO675	130	132	0.01	20	1440	306	35	4700	2177					
34 DHO675	132	134	0.01	20	1340	196	25	790	2658					
35 DHO675	134	136	0.01	10	4070	175	16	960	2177					

Figura 2. Base de datos de la dirección de los taladros (surveys).

Hole Name	Depth	Azimuth	Inclination
2 DHO675	0	182.39	-45.96
3 DHO675	50	180.65	-50.2
4 DHO675	100	181.3	-61.4
5 DHO675	150	183.4	-63.5
6 DHO675	0	180.55	-40
7 DHO675	46	179.5	-50.5
8 DHO675	100	180.5	-61.7
9 DHO675	160	182.7	-63.2
10 DHO675	0	179.91	-47.4
11 DHO675	45	179	-47.8
12 DHO675	90	179.6	-48.5
13 DHO675	150	182.4	-40
14 DHO675	0	180.81	-48.38
15 DHO675	40	180.4	-47.3
16 DHO675	85	179.3	-45.6
17 DHO675	0	186.13	-58.42
18 DHO675	42	179.6	-41.8
19 DHO675	83	172.5	-44.8
20 DHO675	0	179.91	-59.1
21 DHO675	50	180.1	-58.2
22 DHO675	100	179.4	-56.3
23 DHO675	0	179.61	-65.23
24 DHO675	53	178.4	-56.5
25 DHO675	105	178.3	-57.1
26 DHO675	0	179.64	-58.12
27 DHO675	40	179.4	-37.4
28 DHO675	80	179.3	-35.7
29 DHO675	0	182.53	-38.19
30 DHO675	40	181.5	-36.5
31 DHO675	87	180.4	-37.3
32 DHO675	0	182.04	-61.85
33 DHO675	45	181.5	-61.4
34 DHO675	90	180.9	-63.3
35 DHO675	0	177.64	-64.40

Figura 4. Base de datos del tipo de roca de los taladros (geology).

Hole Name	From	To	Lith Code	Description
2 DHO675	50	70.3	Sesalt	completely weathered basal
3 DHO675	70.3	80.3	Chert	kaolinized chert in limonite on fractures
4 DHO675	80.3	82	Chert	fault zone abundant limonite
5 DHO675	82	86	Chert	highly fractured-abundant kaolin
6 DHO675	86	103.1	Gossan	limonite-kaolinite & carbonate
7 DHO675	103.1	103.4	Calcsilicate	diopside qz garnet
8 DHO675	103.4	117	Calcsilicate	Di-qz garnet
9 DHO675	117	127	Silicates	gypsum & silicates Di
10 DHO675	23.5	59.3	Sesalt	completely weathered-abundant epidote-bx
11 DHO675	59.3	63.2	Chert	silicified-bx clayey
12 DHO675	63.2	64	Sesalt	completely weathered-clayey bx
13 DHO675	64	86	Chert	nodular bedded
14 DHO675	86	116	Chert bx	abundant kaolin & purple clay
15 DHO675	116	128.3	Silicified	qz sericite rock-egg
16 DHO675	128.3	140.9	Chert	shattered-kaolinite-silicified
17 DHO675	0	4.5	Soil	basaltic
18 DHO675	4.5	23.5	Sesalt	epidote along fractures
19 DHO675	23.5	35.3	Epidote	kaolin-ironic with remnants of a bx
20 DHO675	35.3	45.5	Sesalt	epidote along fractures
21 DHO675	45.5	57.3	Chert	strongly fr-abundant voids & nugs
22 DHO675	57.3	62.1	Breccia	Di-Silicate-bx breccia
23 DHO675	62.1	64	Calcsilicate	species & varieties of epidote
24 DHO675	64	68.4	Silicate	gossanous
25 DHO675	68.4	76	Calcsilicate bx	Silicate-qz
26 DHO675	76	81.7	Epidote	strongly fr-abundant voids & nugs
27 DHO675	81.7	106	Breccia	Di-Silicate-qz breccia
28 DHO675	106	111.5	Chert	Di-variable abundant clay
29 DHO675	111.5	128.4	Chert	shattered-kaolinite-silicified
30 DHO675	0	2	Soil	& weathered rock
31 DHO675	28.4	38.8	Chert	sh & fr oriented near end of interval
32 DHO675	38.8	72.6	Chert	white & yellow-bx clay
33 DHO675	72.6	82.1	Sesalt	clayey-some qz chert
34 DHO675	82.1	86.8	Chert	abundant clay-becoming wet
35 DHO675	86.8	87.4	Chert	on upper chert/bx heavy water flow

Figura 3. Base de datos de del contenido metálico de los taladros (assays).

ii) Otras bases de datos

	X	Y	Z
1			
2	800256,3368	895004,1737	375
3	800260,8651	895000,6628	375
4	800278,7547	894991,9214	375
5	800282,109	894990,8618	375
6	800296,6444	894986,4912	375
7	800314,534	894982,3854	375
8	800332,4237	894981,1934	375
9	800330,3133	894978,0147	375
10	800368,203	894975,7631	375
11	800368,203	894975,8956	375
12	800350,3133	894987,8156	375
13	800346,1204	894990,8618	375
14	800332,4237	894997,4841	375
15	800316,91	895007,8148	375
16	800314,534	895009,2717	375
17	800296,6444	895021,854	375
18	800293,7094	895024,7677	375
19	800278,7547	895036,158	375
20	800271,2075	895041,7207	375
21	800260,8651	895046,3563	375
22	800254,8077	895044,4245	375
23	800260,84	894929,5473	380
24	800260,8651	894929,5398	380
25	800278,7547	894926,2287	380
26	800296,6444	894924,3745	380
27	800314,534	894923,5798	380
28	800332,4237	894923,4474	380
29	800350,3133	894923,9771	380
30	800368,203	894925,3016	380
31	800386,0926	894927,2883	380
32	800403,9823	894930,2021	380
33	800421,8719	894934,1754	380
34	800439,7616	894939,3408	380
35	800441,299	894940,003	380

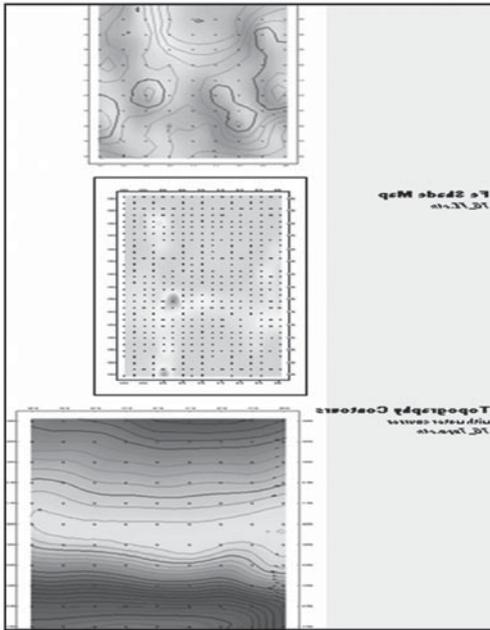


Figura 5 Base de datos de la topografía del terreno.

b. Estimación de reservas con el software Datamine Studio

i) Modelamiento digital del proyecto

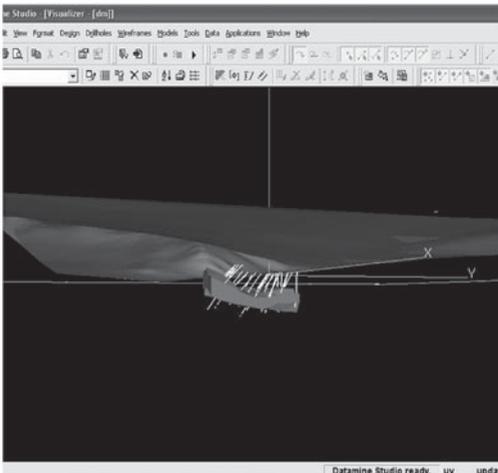


Figura 6. Modelamiento de taladros, zona topográfica y yacimiento.

ii) Estimación de reservas por el método geoestadístico

Tabla 1. Parámetros utilizados en el modelamiento geoestadístico (dimensiones del proyecto).

	X	Y	Z
Pto. mínimo	800254.8125	894458.5000	1.0000
Pto. Máximo	802526.7500	896108.6875	510.0000
Rango	2271.9375	1650.1875	510.0000
Tamaño de celdas	10	10	10
Nro. de celdas	228	165	51

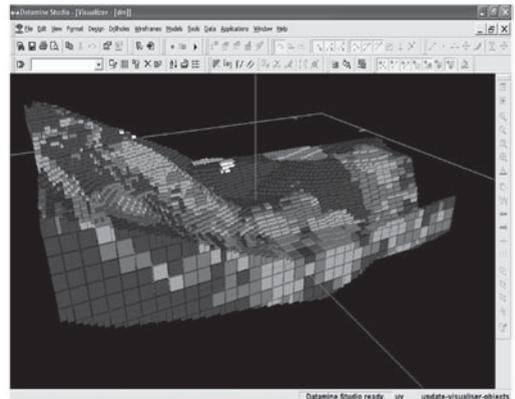


Figura 7. Modelo de bloks.

Volume of model within block	2605920.8			
Volume of wireframe	55480823.9			
Volume difference	52874903.1			
Percentage volume discrepancy	2029.0			
Total tonnage of block	6514802.0			
Density of block	2.500			
Interval	Low	High	Tonnes	AU
ESTERIL	0.000	0.050	71058.8	0.020
BAJA	0.050	1.000	3619864.4	0.656
MEDIA	1.000	1.500	1536425.7	1.211
ALTA	1.500	29.000	1281487.6	2.522

Do you want to accept these results?

Figura 8. Resultados obtenidos con Datamine.

Record	BLOCK	DENSITY	VOLUME	TONNES	AU	INTERVALO	CATEGORY	LOWER	UPPER
1	1	2.5	71400.45	0.019		1	Esteril	0	0.5
2	1	2.5	3619800.67	0.63		2	Baja	0.5	1
4	1	2.5	154248.45	1.18		3	Media	1	1.5
4	1	2.5	1281633.56	2.48		4	Alta	1.5	29

Figura 9. Resultados obtenidos con Minesight

DISCUSIÓN

La diferencia en los resultados obtenidos (Datamine – Minesight) podemos establecerlo de la siguiente manera:

- Para la categoría estéril:
 $71058,8 - 71400,45 = -341,65$ toneladas, con un contenido de $0,020 - 0,018 = 0,002$ gramos por tonelada de oro.
- Para la categoría baja:
 $3619864,4 - 3619800,67 = 63,73$ toneladas, con un contenido de $0,656 - 0,63 = 0,026$ gramos por tonelada de oro.
- Para la categoría media:
 $1536425,7 - 1542448,45 = -6022,75$ toneladas, con un contenido de $1,211 - 1,18 = 0,031$ gramos por tonelada de oro.
- Para la categoría alta:
 $1281487,6 - 1281633,56 = -145,96$ toneladas, con un contenido de $2,522 - 2,48 = 0,042$ gramos por tonelada de oro.

La diferencia encontrada referida a la estimación de reservas por toneladas es mínima en todas las categorías, por otro lado existe una ligera variación con respecto al contenido metálico para las categorías baja, media y alta; mas no en la categoría estéril, esta variación también se puede asumir que es indiferente si hacemos el análisis desde el punto de vista de la construcción de los modelos geoestadísticos que sirvieron para la evaluación de reservas, como se utilizaron diferentes modelos geoestadísticos elaborados en cada software estos modelos de ninguna manera podrán ser los mismos, ya que es imposible tomar puntos iguales para cada software, es por esa razón que siempre habrá cierta variación en cuanto a toneladas y contenido metálico.

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos con el software Datamine fueron: para la categoría estéril 71058,8 toneladas con un contenido de 0,020 gramos por tonelada

de oro, para la categoría baja 3619864,4 toneladas con un contenido de 0,656 gramos por tonelada de oro, para la categoría media 1536425,7 toneladas con un contenido de 1,211 gramos por tonelada de oro y para la categoría alta 1281487,6 toneladas con un contenido de 2,522 gramos por tonelada de oro.

- Los resultados obtenidos con el software Minesight fueron: para la categoría estéril 71400,45 toneladas con un contenido de 0,018 gramos por tonelada de oro, para la categoría baja 3619800,67 toneladas con un contenido de 0,63 gramos por tonelada de oro, para la categoría media 1542448,45 toneladas con un contenido de 1,18 gramos por tonelada de oro y para la categoría alta 1281633,56 toneladas con un contenido de 2,48 gramos por tonelada de oro.
- La diferencia de los resultados obtenidos con los software Minesight y Datamine fueron: para la categoría estéril 341,65 toneladas con una diferencia de contenido de 0,002 gramos por tonelada de oro, para la categoría baja 63,73 toneladas con una diferencia de contenido de 0,026 gramos por tonelada de oro, para la categoría media 6022,75 toneladas con una diferencia de contenido de 0,031 gramos por tonelada de oro y para la categoría alta 145,96 toneladas con una diferencia de contenido de 0,042 gramos por tonelada de oro.
- Podemos concluir que los resultados obtenidos con los dos software no difieren significativamente, y están dentro de los márgenes aceptables de error que para estos casos se considera el 1 % de las toneladas cubicadas, por lo cual la utilización preferencial de uno de los software es indiferente, más bien la preferencia de uno u otro software debe estar orientado a la disponibilidad del software y la presencia de personal capacitado adecuadamente para trabajar con los software.

LITERATURA CITADA

- Bleines, C; Deraisme, J; Geffroy, F; Parseval, S; Rambert F, Renard D. y Touffait, Y.** 2001. ISATIS Software Manual. Geovariance and Ecole des Mines de Paris. Paris, January, 2001, 531 pp.

Chen, Y. and Xiguo J. 2001. Semivariogram fitting with linear programming. *Computers & Geosciences*, Volume 27, Issue 1, February 2001, Pages 71-76.

Clark, I. 1977. *Practical Geostatistics*. Geostokos Limited, United Kingdom. Versión digital descargada. <http://uk.geocities.com/drisobelclark/PG1979>. 119 pp.

David, M. 1977. *Geostatistical ore reserve estimation*. Elsevier Scientific Publishing Company. New York, 1977. 364 pp.

www.datamine.co.uk

www.gemcom.com

www.surpac.com