

# Nueva solución trigonométrica para la corrección de buzamientos sobreimpuestos en capas deformadas

por FÉLIX MIGUEZ MARÍN<sup>1</sup>

RESUMEN

Se presenta una nueva solución trigonométrica al problema de las dos inclinaciones, así como un programa FORTRAN IV para el procesado automático de los datos a corregir.

SUMMARY

A new trigonometric solution to the two tilts problem is presented, so as a FORTRAN IV program for the automatic processing of data to be corrected.

La corrección de buzamientos sobreimpuestos a medidas de orientación en capas deformadas (el denominado en general "problem of two tilts"), se realiza sencillamente utilizando el método gráfico de la proyección estereográfica (FISHER, 1938; PHILLIPS, 1971, p. 29). En estudios regionales, sin embargo, la necesaria abundancia de datos implica una gran consumición de tiempo y errores probables por parte del

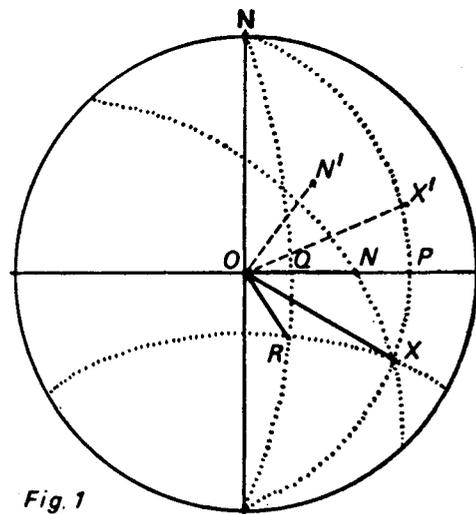


Fig. 1

TABLA 1

NOX < 90	OP < ON	dir. R = dir. N + (180 ∓ QOR)
	OP > ON	dir. R = dir. N ± QOR
NOX = 90		dir. R = dir. N + (180 ∓ QOR)
180 > NOX > 90	OP + ON < 90	dir. R = dir. N + (180 ∓ QOR)
	OP + ON > 90	dir. R = dir. N ∓ QOR
270 > NOX > 180	OP + ON < 90	dir. R = dir. N + (180 ± QOR)
	OP + ON > 90	dir. R = dir. N ± QOR
NOX = 270		dir. R = dir. N + (180 ± QOR)
NOX > 270	OP < ON	dir. R = dir. N - (180 ∓ QOR)
	OP > ON	dir. R = dir. N ∓ QOR

(1) Centro de Cálculo, E.T.S. de Minas de Madrid e Instituto Lucas Mallada del C.S.I.C.

operador. PARKS (1970), presenta un programa para ordenador basado en una solución trigonométrica, el cual tiene el inconveniente de admitir sólo medidas de dirección expresadas en cuadrantes; a continuación presentamos una solución alternativa, quizá más clara trigonómicamente, y admitiendo además el programa las medidas de dirección en la forma más usual de 0-360 grados.

Sean  $X'$  y  $N'$  respectivamente los polos en proyección estereográfica del plano a corregir (sets de una unidad de estratificación cruzada, por ejemplo), y del estrato que lo contiene (fig. 1); se supone para mayor sencillez que ambos polos están en el mismo cuadrante de la falsilla. Girando el papel transparente de forma que  $N'$  coincida con el eje E-W (nueva posición N en el dibujo),  $X'$  viene a ocupar la posición X. La traslación de N hasta O (giro sobre la esfera), arrastra X a R, siendo éste el polo del plano ya corregido, de buzamiento OR y cuyo ángulo de dirección (el de la normal al plano), se obtiene deshaciendo el giro primitivo (girando el papel transparente de nuevo de N hasta  $N'$ , con lo que R ocupará su verdadera posición).

El buzamiento OR del plano corregido se obtiene trigonómicamente a partir del triángulo esférico ONX, mediante las siguientes relaciones (PARKS, 1970, p. 538):

$$OR = NX$$

$$\cos NX = \cos ON \cdot \cos OX + \sin ON \cdot \sin OX \cdot \cos NOX$$

donde ON y OX son los buzamientos del estrato y del set respectivamente, y NOX la diferencia entre los ángulos de dirección de sus polos.

Para determinar el ángulo de dirección del polo R, calcularemos el ángulo que forma OR con ON. En el triángulo esférico rectángulo OPX se verifica:

$$\sin PX = \sin POX \cdot \sin OX \quad (1)$$

a su vez, en el también rectángulo OQR:

$$\sin QR = \sin OQR \cdot \sin OR \quad (2)$$

siendo  $PX = QR$  (1), es igual a (2) y de ambos se obtiene:

$$\sin OQR = (\sin OX \cdot \sin POX) / \sin OR$$

donde OX como antes, es el buzamiento del plano del set, POX la diferencia de ángulos de dirección de X y N, y OR el buzamiento del set corregido, todos conocidos.

Es evidente ahora que, en este caso particular, la dirección del polo corregido se obtiene mediante:

$$\text{dir. R} = \text{dir. N} + \text{QOR.}$$

En la tabla 1 se recogen las distintas relaciones, de

PROGRAMA ROTAR  
CORRECCION DE BUZAMIENTOS EN CAPAS DEFORMADAS.

DATA AN,S,E,W,BLK/'N','S','E','W', ' /

TNBED,DNBED Y B SON RESPECTIVAMENTE LA DIRECCION, BUZAMIENTO Y SENTIDO DE BUZAMIENTO DEL ESTRATO. TXBED,DXBED Y D LOS DEL SET.

```

70 READ(9,52) TNBED,DNBED,B,TXBED,DXBED,D
  IF(B.EQ.BLK) CALL EXIT
  WRITE(3,52) TNBED,DNBED,B,TXBED,DXBED,D
  RAD=57.29577
  X=TNBED
  Y=B
  J=0
4  IF(X.LT.180.) GO TO 6
  IF(Y.EQ.AN) GO TO 8
  IF(Y.EQ.S) GO TO 9
  IF(X.LT.270.) GO TO 5
  IF(Y.EQ.E) GO TO 8
  GO TO 9
5  IF(Y.EQ.E) GO TO 9
  GO TO 8
6  IF(Y.EQ.AN) GO TO 9
  IF(Y.EQ.S) GO TO 8
  IF(X.LT.90.) GO TO 7
  IF(Y.EQ.E) GO TO 9
  GO TO 8
7  IF(Y.EQ.E) GO TO 8
  GO TO 9
8  W=X+90.
  GO TO 10
9  W=X+270.
10 IF(J.GT.0) GO TO 11
  SNBED=W
  J=J+1
  X=TXBED
  Y=D
  GO TO 4
11 SXBED=W
  IF(SNBED.GT.360.) SNAED=SNBED-360.
  IF(SXBED.GT.360.) SXBED=SXBED-360.
  IF(SNBED.LT.0.) SNBED=SNBED+360.
  IF(SXBED.LT.0.) SXBED=SXBED+360.
13 DIFFS=ABS(SNBED-SXBED)
  DOFFS=DIFFS
  IF(DIFFS.GT.180.) DOFFS=360.0-DIFFS
  IF(DIFFS.EQ.180.) GO TO 73
  IF(DIFFS.EQ.0.) GO TO 74
  COSDX=COS(DXBED/RAD)
  COSDN=COS(DNBED/RAD)
  SINDN=SIN(DNBED/RAD)
  SINDX=SIN(DXBED/RAD)
  COSDF=COS(DOFFS/RAD)
  SINDF=SIN(DOFFS/RAD)
  ROTDIP=COSDX*COSDN+SINDX*SINDN*COSDF
  SINROD=SQR(1.0-ROTDIP*ROTDIP)
  ROTDIP=ABS(ATAN(SINROD/ROTDIP)*RAD)
  SINZ=(SINDF*SINDX)/SINROD
  COSZ=SQR(1.0-SINZ*SINZ)
  IF(COSZ.GT.1.0) COSZ=1.0
  ANG=ABS(ATAN(SINZ/COSZ)*RAD)
  OP=ABS(ATAN(COSDF*(SINDX/COSDX))*RAD)
  IF(SNBED.GT.SXBED) ANG=-ANG
  IF(DIFFS.LT.180.) ANG=-ANG
  ROTAZX=SNBED+180.+ANG
  IF(DIFFS.EQ.90.) GO TO 77
  IF(DIFFS.EQ.270.) GO TO 77
  IF(DIFFS.LT.90.) GO TO 12
  IF(DIFFS.GT.270.) GO TO 12
  OP=OP+DNBED
  IF(OP.GT.90.) ROTAZX=ROTAZX+180.
  GO TO 77
12 IF(OP.GE.DNBED) ROTAZX=ROTAZX+180.-2.0*ANG
  GO TO 77
73 ROTDIP=DXBED+DNBED
  IF(ROTDIP.LT.90.0) GO TO 82
  ROTAZX=SNBED
  ROTDIP=90.0-ROTDIP
  GO TO 77
82 ROTAZX=SXBED
  GO TO 77
74 IF(DNBED.GT.DXBED) GO TO 83
  ROTAZX=SNBED
  ROTDIP=DXBED-ONBED
  GO TO 77
83 ROTAZX=SNBED+180.0
  ROTDIP=DNBED-DXBED
  GO TO 77
76 ROTAZX=ROTAZX+360.
77 IF(ROTAZX.LT.0.0) GO TO 76
  GO TO 79
78 ROTAZX=ROTAZX-360.
79 IF(ROTAZX.GT.360.) GO TO 78

  ROTZAX Y ROTDIP SON RESPECTIVAMENTE LA DIRECCION DE INCLINACION
  Y BUZAMIENTO DE ESA DIRECCION CORREGIDOS.

  WRITE(3,53) ROTZAX,ROTDIP
  GO TO 70
52 FORMAT(1X,2F4.0,1A1,2F4.0,1A1)
53 FORMAT(2F10.2//)
  END

```

EJEMPLO DE PRUEBA=

31.	80.W	60.	53.E
	329.47		54.31
10.	40.S	30.	50.N
	295.27		88.33

acuerdo con las posiciones posibles de N y X. Se toma el signo superior si dir. N < dir. X, y el inferior en caso contrario. A continuación se incluye un programa FORTRAN IV, junto con dos ejemplos de salida. Los datos de entrada son la dirección, buzamiento y sentido de buzamiento del estrato, y las medidas respectivas del plano estructural; en la salida se obtiene la dirección de inclinación y buzamiento originales.

---

Recibido para su publicación: 10 de febrero de 1975.

## BIBLIOGRAFÍA

- FISHER, D. J. (1938): Problem of two tilts and the stereographic projection. *Bull. of the Amer. Assoc. of Petrol. Geol.*, vol 22, no. 9, pp. 1.261-1271.
- PARKS, J. M. (1970): Computerized trigonometric method for rotation of structurally tilted sedimentary directional features. *Geol. Soc. of Amer. Bull.*, vol. 81, pp. 537-540.
- PHILLIPS, F. C. (1971): The use of stereographic projection in structural geology. *Edward Arnold Publ. Ltd.*, Londres, 90 pp.