
www.topoedu.es

Los mejores recursos especializados en topografía y geodesia,
nunca vistos hasta ahora.



Facebook



Twitter



Google+



LinkedIn

Hojas técnicas de cálculo:

Transformación bidimensional afín (6 parámetros)

Solución mediante mínimos cuadrados. Versión 2

Versión 1. Febrero de 2015



	Contenido
Descripción del funcionamiento	3
Resolución del ejemplo	4
Notas	6



Transformación bidimensional afín (6 parámetros)

Solución mediante mínimos cuadrados. Versión 2

Descripción del funcionamiento

Este libro de cálculo contiene una hoja de trabajo llamada 6p MMCC V2 (versión 2, de las disponibles actualmente en www.topoedu.es para este tipo de conversión).

La ecuación del sistema es:

$$ax + by + c = X + vx$$

$$dx + ey + f = Y + vy$$

Esta hoja de cálculo muestra el proceso de resolución de una transformación bidimensional afín (transformación de 6 parámetros) a través del método de mínimos cuadrados, en un único proceso de ajuste. En ella se utilizan 4 puntos de control. La hoja es capaz de transformar 3 puntos adicionales. Como resultado se muestran las coordenadas más probables de todos los puntos del sistema inicial expresados en el nuevo sistema. Además, también se calculan las incertidumbres de estos nuevos puntos en el nuevo sistema.

Como opciones adicionales, esta hoja permite:

- Trabajar en el sistema sexagesimal o centesimal.
- Visualizar el formato de coordenadas en XYZ o ENZ.

Transformación bidimensional afín (transformación de 6 parámetros)
Solución mediante mínimos cuadrados.

www.topoedu.es Así de simple, así de sencillo...

Configuración

Formato XY:	XY
Formato angular:	Centesimal
Factor conver.:	200,0000

Formulación:

$$ax + by + c = X + vx$$

$$dx + ey + f = Y + vy$$

$a = S_x \cos \alpha$
 $b = S_x \sin(\alpha + \beta)$
 $d = S_y \cos \alpha$
 $e = S_y \sin(\alpha + \beta)$

Datos iniciales

	Grad. Libertad	Sistema inicial		Sistema destino	
		x	y	X	Y
Pto. control	1	2190,790	1634,427	0,00	112,002
Pto. control	2	2450,409	2644,094	112,005	0,002
Pto. control	3	3460,075	2384,475	-0,002	-112,08
Ptos. Convetidos	4	3200,457	1374,808	-112,004	0,003
	5	2832,264	1375,202		
	6	2488,375	1657,224		
	7	2344,660	2200,755		

Parámetros transformación

	Desviación	t-value	
a	-0,07730	0,00003	2741,59472
b	0,13081	0,00003	4639,33671
c	-44,44429	0,09885	449,593077
d	-0,13085	0,00003	4640,88625
e	-0,07732	0,00003	2742,4276
f	525,06659	0,09885	5311,51035

SOLUCIÓN: Puntos transformados y precisión

Punto	X	Y	Sx	Sy
1	0,002	112,023	0,025	0,025
2	112,005	-0,019	0,025	0,025
3	-0,002	-112,059	0,025	0,025
4	-112,004	-0,018	0,025	0,025
5	-83,492	48,130	0,023	0,023

Fig. 1. Captura parcial de la hoja de cálculo



Resolución del ejemplo

Esta hoja se acompaña con un ejemplo ya resuelto.

Supongamos que ya tenemos las coordenadas de los puntos de control insertadas en las celdas E14 a E17, para la X, y F14 a F17, para la Y. Del mismo modo, hemos insertado las coordenadas de estos puntos de control, expresadas en el sistema destino, en las celdas G14 a G17, para la X, y H14 a H17, para la Y. Las coordenadas de los puntos a convertir también las hemos insertado en sus celdas correspondientes (E18 a E20, y F18 a F29 respectivamente).

Datos iniciales					
		Sistema inicial		Sistema destino	
		x	y	X	Y
Pto. control	1	2190,790	1634,427	0,00	112,002
Pto. control	2	2450,409	2644,094	112,005	0,002
Pto. control	3	3460,075	2384,475	-0,002	-112,08
Ptos. Convetidos	4	3200,457	1374,808	-112,004	0,003
	5	2832,264	1375,202		
	6	2488,375	1657,224		
	7	2344,660	2200,755		

Supongamos también que ha configurado los parámetros de la hoja; sistema angular Centesimal, y formato de coordenadas XY.

Configuración	
Formato XY:	XY
Formato angular:	Centesimal
Factor conver.:	200,0000

Hecho esto, automáticamente la hoja de cálculo procesa todos los datos mostrando varios resultados:

1. Por un lado, los parámetros de transformación a, b, c, d, e y f junto a sus estadísticos desviación estándar y t-value. Estos datos aparecen en las celdas C23 a C28, D23 a D28, y E23 a E28 respectivamente. Así mismo, y para complementar los parámetros de conversión, también se expresan los dos factores de escala (S_x y S_y), así como los angulos de rotación alfa y beta (celdas C29 a C32). En el mismo bloque de datos también podemos ver los estadísticos del ajuste del sistema; la desviación estándar (S_o), en la celda D32, y la varianza de referencia, en la celda E32.

Parámetros transformación	Desviacion	t-value
a	-0,07730	0,00003
b	0,13081	0,00003
c	-44,44429	0,09885
d	-0,13085	0,00003
e	-0,07732	0,00003
f	525,06659	0,09885
S_x	-0,151976856	
S_y	-0,151951101	
Alfa	66,03067843	
Beta	267,956424	
		Estadísticos del ajuste
		S_o
		Varianza
		0,02939366
		0,00086399



- Los puntos transformados, expresados en el nuevo sistema, y acompañados de sus incertidumbres posicionales (celdas H24 a H30, para la X, I24 a I30, para la Y, J24 a J30, para la Sx, y K24 a K30, para la Sy).

SOLUCIÓN: Puntos transformados y precisión				
Punto	X	Y	Sx	Sy
1	0,002	112,023	0,025	0,025
2	112,005	-0,019	0,025	0,025
3	-0,002	-112,059	0,025	0,025
4	-112,004	-0,018	0,025	0,025
5	-83,492	48,130	0,023	0,023
6	-20,019	71,321	0,020	0,020
7	62,188	48,099	0,021	0,021

- Un croquis gráfico, con una representación de la distribución de los puntos en ambos sistemas:



- Finalmente, todas las matrices de cálculo, junto al desarrollo matemático:

Proceso de cálculo									
J. Dim 8x6						K. Dim 6x1		V. Dim 6x1	
2190,790	1634,427	1	0	0	0	0,00		0,0003	
0	0	0	2190,790	1634,427	0	112,002		0,0208	
2450,409	2644,094	1	0	0	0	112,005		-0,0003	
0	0	0	2450,409	2644,094	0	0,002		-0,0208	
3460,075	2384,475	1	0	0	0	-0,002		0,0003	
0	0	0	3460,075	2384,475	0	-112,08		0,0208	
3200,457	1374,808	1	0	0	0	-112,004		-0,0003	
0	0	0	3200,457	1374,808	0	0,003		-0,0208	
Qxx. Dim 6x6						X. Dim 6x1			
9,2011E-07	3,17495E-13	-0,00259971	0	0	0	-0,0773			
3,1749E-13	9,20108E-07	-0,00184891	0	0	0	0,1308			
-0,00259971	-0,001848912	11,3105914	0	0	0	-44,4443			
0	0	0	9,2011E-07	3,1749E-13	-0,00259971	-0,1309			
0	0	0	3,1749E-13	9,2011E-07	-0,00184891	-0,0773			
0	0	0	-0,00259971	-0,00184891	11,3105914	525,0666			
J. Dim 14x6									
2190,790	1634,427	1	0	0	0				
0	0	0	2190,790	1634,427	0				
2450,409	2644,094	1	0	0	0				
0	0	0	2450,409	2644,094	0				
3460,075	2384,475	1	0	0	0				
0	0	0	3460,075	2384,475	0				
3200,457	1374,808	1	0	0	0				
0	0	0	3200,457	1374,808	0				
2832,264	1375,202	1	0	0	0				
0	0	0	2832,264	1375,202	0				
2488,375	1657,224	1	0	0	0				
0	0	0	2488,375	1657,224	0				
2344,660	2200,755	1	0	0	0				
0	0	0	2344,660	2200,755	0				



Qii. Dim 14x14

0,02545566	0	0,01469683	0	#iNUM!	0	0,01469682	0	0,02004093	0	0,02215982	0	0,020038	0
0	0,025455663	0	0,01469683	0	#iNUM!	0	0,014696824	0	0,02004093	0	0,02215982	0	0,020038
0,01469683	0	0,02545565	0	0,01469684	0	#iNUM!	0	#iNUM!	0	0,01178047	0	0,02135054	0
0	0,014696829	0	0,02545565	0	0,01469684	0	#iNUM!	0	#iNUM!	0	0,01178047	0	0,02135054
#iNUM!	0	0,01469684	0	0,02545565	0	0,01469683	0	0,00550952	0	#iNUM!	0	0,00552018	0
0	#iNUM!	0	0,01469684	0	0,02545565	0	0,014696833	0	0,00550952	0	#iNUM!	0	0,00552018
0,01469682	0	#iNUM!	0	0,01469683	0	0,02545566	0	0,02319531	0	0,0171235	0	#iNUM!	0
0	0,014696824	0	#iNUM!	0	0,01469683	0	0,025455661	0	0,02319531	0	0,0171235	0	#iNUM!
0,02004093	0	#iNUM!	0	0,00550952	0	0,02319531	0	0,02314788	0	0,01979294	0	0,01081341	0
0	0,020040929	0	#iNUM!	0	0,00550952	0	0,023195313	0	0,02314788	0	0,01979294	0	0,01081341
0,02215982	0	0,01178047	0	#iNUM!	0	0,0171235	0	0,01979294	0	0,02012304	0	0,01706612	0
0	0,022159819	0	0,01178047	0	#iNUM!	0	0,017123498	0	0,01979294	0	0,02012304	0	0,01706612
0,020038	0	0,02135054	0	0,00552018	0	#iNUM!	0	0,01081341	0	0,01706612	0	0,02070844	0
0	0,020038001	0	0,02135054	0	0,00552018	0	#iNUM!	0	0,01081341	0	0,01706612	0	0,02070844

Notas

Si usted es docente, y este artículo le ha ayudado a complementar explicaciones y ejercicios de clase para sus alumnos, por favor, sea comprensivo con los trabajos de investigación y cite al autor de este documento y a su web de referencia (www.topoedu.es).