



INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR

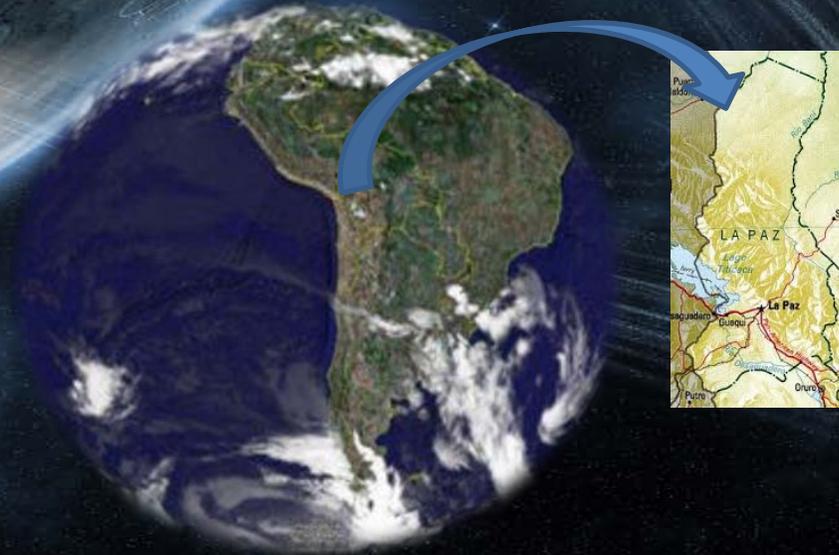


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES



CARRERA TOPOGRAFIA Y GEODESIA

“MONITOREO DE LAS AREAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE LA PAZ, UTILIZANDO TECNOLOGIA GNSS”



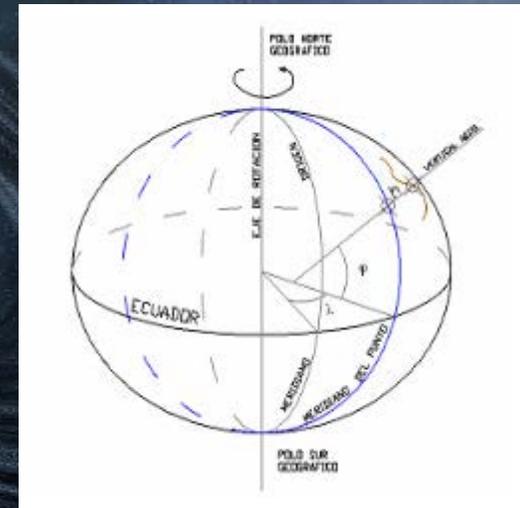
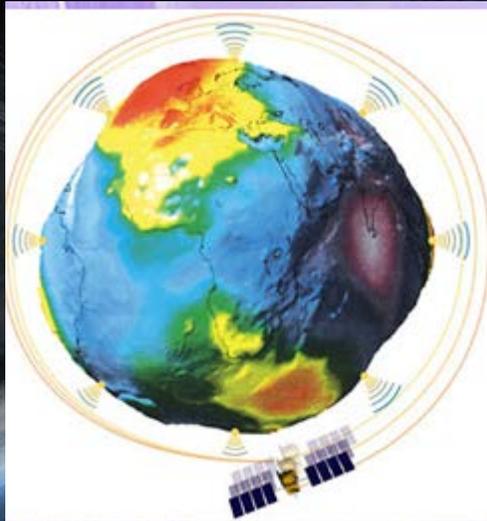
A space-themed background featuring a large view of Earth on the right, Saturn with its rings on the left, and a crescent moon in the upper center. The scene is filled with stars and a blue nebula-like glow.

SUMARIO

1. Introducción.
2. Formulación del Problema.
3. Planificación Preliminar
4. Metodología.
5. Cálculos.
6. Resultados.
7. Conclusiones y Recomendaciones.
8. Proyecciones a Futuro.
9. Agradecimientos.

INTRODUCCION

En la actualidad la obtención de datos precisos de coordenadas tridimensionales se convirtió en la base para el desarrollo de proyectos comprometidos con la generación y utilización de información georreferenciada, tanto a nivel nacional como internacional.



FORMULACION DEL PROBLEMA

- ¿Existe alguna tecnología que permita determinar la magnitud y dirección de los movimientos de ciertas estructuras con la precisión suficiente para lograr elaborar pronósticos a futuro?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Realizar el monitoreo de las áreas de riesgo de la ciudad de La Paz, empleando tecnología GNSS.

OBJETIVO ESPECIFICO

- Realizar una inventariación de los datos con que se cuentan en la actualidad, respecto a coordenadas geodésicas de puntos que tengan observaciones en épocas diferentes.
- Realizar el control periódico de los puntos determinados.
- Obtener datos del comportamiento de las coordenadas geodésicas tridimensionales de las estaciones elegidas.

PLANIFICACION Y RECOLECCION DE DATOS (2014)



PUNTO	DJ 227	DJ 269	DJ 311
AFLO	✓	✓	✓
LACA	✓	✓	✓
LAIK	✓	✓	✓
MAME	✓	✓	✓
OVEJ	✓	✓	✓
P_28	✓	✓	✓

CALCULO DE LA VELOCIDAD

Modelo de observaciones repetidas

Velocidades X, Y = $\Delta X, \Delta Y / \Delta t$

$$X_f = V * \Delta t + X_0$$

$$V = \frac{X_f - X_0}{\Delta t}$$

$$V = \frac{\Delta X}{\Delta t}$$

CALCULO DE LA DIRECCIÓN

Modelo matemático de regresión lineal y series de tiempo

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 593170.4259 \\ 1 & 593170.4192 \\ 1 & 593170.4339 \\ 1 & 593170.4357 \\ 1 & 593170.4186 \end{pmatrix}; \quad Y = \begin{pmatrix} 8178865.1030 \\ 8178865.1130 \\ 8178865.0890 \\ 8178865.0980 \\ 8178865.1130 \end{pmatrix}$$

$$A^t = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 593170.4259 & 593170.4192 & 593170.4339 & 593170.4357 & 593170.4186 \end{pmatrix}$$

Luego:

$$\bar{U} = (A^t * A)^{-1} * A^t * Y = \frac{1}{179.35} * \begin{pmatrix} 1.759255775E12 & -2965852.133 \\ -2965852.133 & 5 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 40894325.52 \\ 2.425730451E13 \end{pmatrix}$$

$$\bar{U} = (A^t * A)^{-1} * A^t * Y = \frac{1}{179.35} * \begin{pmatrix} -5810400000 \\ 12269 \end{pmatrix}$$

$$\bar{U} = \begin{pmatrix} -32396989.13 \\ 68.40814051 \end{pmatrix}$$

Por lo tanto la recta que mejor se ajusta está dada por:

AJUSTE POR MINIMOS CUADRADOS

COORDENADAS GEODESICAS Y COORDENADAS UTM - WGS 84

FECHAS	RED GEODESICA 2013				DI_150				DI_192				DI_227				DI_269			
	GEODESICAS		UTM		GEODESICAS		UTM		GEODESICAS		UTM		GEODESICAS		UTM		GEODESICAS		UTM	
AFLO	Let	16° 32' 51.8442" S	Est	597672.3074	Let	16° 32' 51.84356" S	Est	597672.3093	Let	16° 32' 51.84300" S	Est	597672.3043	Let	16° 32' 51.84217" S	Est	597672.3097	Let	16° 32' 51.84216" S	Est	597672.2779
	Lon	68° 07' 04.5606" W	Nor	8170253.4620	Lon	68° 07' 04.56053" W	Nor	8170253.4500	Lon	68° 07' 04.56070" W	Nor	8170253.4520	Lon	68° 07' 04.56032" W	Nor	8170253.4620	Lon	68° 07' 04.56159" W	Nor	8170253.4600
	Alt	3411.639 m	Alt	3411.6390	Alt	3411.6659 m	Alt	3411.6659	Alt	3411.3584 m	Alt	3411.3584	Alt	3411.4011 m	Alt	3411.4011	Alt	3411.4939 m	Alt	3411.4939
LACA	Let	16° 30' 12.2726" S	Est	593170.4239	Let	16° 30' 12.27227" S	Est	593170.4192	Let	16° 30' 12.27307" S	Est	593170.4339	Let	16° 30' 12.27277" S	Est	593170.4357	Let	16° 30' 12.27217" S	Est	593170.4186
	Lon	68° 07' 37.6977" W	Nor	8178865.1030	Lon	68° 07' 37.69793" W	Nor	8178865.1130	Lon	68° 07' 37.69743" W	Nor	8178865.0890	Lon	68° 07' 37.69737" W	Nor	8178865.0980	Lon	68° 07' 37.69795" W	Nor	8178865.1130
	Alt	4117.5931 m	Alt	4117.5931	Alt	4117.4179 m	Alt	4117.4179	Alt	4117.5108 m	Alt	4117.5108	Alt	4117.4060 m	Alt	4117.4060	Alt	4117.4082 m	Alt	4117.4082
LAIK	Let	16° 30' 19.6933" S	Est	593544.6085	Let	16° 30' 19.69350" S	Est	593544.6185	Let	16° 30' 19.69349" S	Est	593544.6209	Let	16° 30' 19.69218" S	Est	593544.6273	Let	16° 30' 19.69314" S	Est	593544.6062
	Lon	68° 07' 24.5033" W	Nor	8174847.6820	Lon	68° 07' 24.50303" W	Nor	8174847.6790	Lon	68° 07' 24.50488" W	Nor	8174847.6790	Lon	68° 07' 24.50467" W	Nor	8174847.7200	Lon	68° 07' 24.50338" W	Nor	8174847.6900
	Alt	3629.978 m	Alt	3629.9780	Alt	3629.6408 m	Alt	3629.6408	Alt	3630.0881 m	Alt	3629.6408	Alt	3629.6346 m	Alt	3629.6346	Alt	3629.6529 m	Alt	3629.6529
MAME	Let	16° 31' 31.6324" S	Est	593482.9628	Let		Est		Let	16° 31' 31.63207" S	Est	593482.9301	Let	16° 31' 31.63278" S	Est	593482.9228	Let	16° 31' 31.63287" S	Est	593482.9639
	Lon	68° 07' 26.2604" W	Nor	8172736.5540	Lon		Nor		Lon	68° 07' 26.26038" W	Nor	8172736.5640	Lon	68° 07' 26.26074" W	Nor	8172736.5420	Lon	68° 07' 26.26036" W	Nor	8172736.5400
	Alt	3561.5345 m	Alt	3561.5345	Alt		Alt		Alt	3565.3190 m	Alt	3565.3190	Alt	3565.4209 m	Alt	3565.4209	Alt	3565.4145 m	Alt	3565.4145
OVEJ	Let	16° 32' 20.5384" S	Est	603359.6628	Let	16° 32' 20.53842" S	Est	603359.6658	Let		Est		Let	16° 32' 20.53879" S	Est	603359.6883	Let	16° 32' 20.53852" S	Est	603359.6578
	Lon	68° 01' 52.8419" W	Nor	8171188.9230	Lon	68° 01' 52.84112" W	Nor	8171188.9220	Lon		Nor		Lon	68° 01' 52.84104" W	Nor	8171188.9440	Lon	68° 01' 52.84207" W	Nor	8171188.9300
	Alt	3788.1739 m	Alt	3788.1739	Alt	3787.6762 m	Alt	3787.6762	Alt		Alt		Alt	3787.9495 m	Alt	3787.9495	Alt	3787.9620 m	Alt	3787.9620
P_28	Let	16° 30' 21.9889" S	Est	595442.0773	Let		Est		Let	16° 30' 21.98969" S	Est	595442.0749	Let	16° 30' 21.98945" S	Est	595442.0826	Let	16° 30' 21.98918" S	Est	595442.0828
	Lon	68° 06' 20.4927" W	Nor	8174868.8070	Lon		Nor		Lon	68° 06' 20.49278" W	Nor	8174868.7830	Lon	68° 06' 20.49252" W	Nor	8174868.7900	Lon	68° 06' 20.49319" W	Nor	8174868.7980
	Alt	3808.2378 m	Alt	3808.2378	Alt		Alt		Alt	3807.9240 m	Alt	3807.9240	Alt	3808.0251 m	Alt	3808.0251	Alt	3808.0005 m	Alt	3808.0005
P_27	Let		Est		Let	16° 29' 48.77372" S	Est	595288.7051	Let		Est		Let		Est		Let		Est	
	Lon		Nor		Lon	68° 06' 23.81838" W	Nor	8173890.1750	Lon		Nor		Lon		Nor		Lon		Nor	
	Alt		Alt		Alt	3878.2298 m	Alt	3878.2298	Alt		Alt		Alt		Alt		Alt		Alt	
ZOO1	Let		Est		Let	16° 34' 20.06982" S	Est	597810.8267	Let	16° 34' 20.06999" S	Est	597810.8412	Let		Est		Let		Est	
	Lon		Nor		Lon	68° 04' 59.47012" W	Nor	8167541.5270	Lon	68° 04' 59.46963" W	Nor	8167541.5240	Lon		Nor		Lon		Nor	
	Alt		Alt		Alt	3299.4250 m	Alt	3299.4250	Alt	3299.3156 m	Alt	3299.3156	Alt		Alt		Alt		Alt	

PUNTO	VEL (mm/año)	NIVEL DE RIESGO
AFLO	27,82461153	Moderado
LACA	8,462019182	Bajo
LAIK	6,951125974	Moderado
MAME	9,191688388	Alto
OVEJ	15,93796249	Alto
P_28	12,64117139	Moderado

RED 2013 - DJ_150										
PUNTOS	X1	Y1	X2	Y2	Δ DIST	DIST (cm)	TIEMPO(días)	VEL (cm/día)	VEL (mm/año)	
AFLO1-AFLO2	597672.3081	8170253.4924	597672.3093	8170253.4500	0,042418128	4,241812789	506	0,008383029	30,59805668	
LACA1 - LACA2	593170.4270	8178865.1020	593170.4192	8178865.1130	0,013442983	1,344298346	502	0,002677885	9,774280802	
LAIK1 - LAIK2	593544.6075	8174947.6849	593544.6165	8174947.6790	0,010734175	1,073417453	499	0,002151137	7,85165071	
OVEJ1 - OVEJ2	603359.6641	8171188.9535	603359.6858	8171188.9220	0,038251013	3,825101267	505	0,007574458	27,64677153	
P_271 - P27_2	595288.7084	8175890.1880	595288.7051	8175890.1750	0,013412308	1,341230804	500	0,002666463	9,73258993	
ZOO11 - ZOO12	597810.8374	8167541.5608	597810.8267	8167541.5270	0,035453209	3,54532089	506	0,007006563	25,57395504	

RED 2013 - DJ_192										
PUNTOS	X1	Y1	X2	Y2	Δ DIST	DIST (cm)	TIEMPO(días)	VEL (cm/día)	VEL (mm/año)	
AFLO1-AFLO2	597672.3081	8170253.4924	597672.3043	8170253.4520	0,040574593	4,057459332	548	0,007404123	27,02504847	
LACA1 - LACA2	593170.4270	8178865.1020	593170.4339	8178865.0890	0,014758245	1,475824514	544	0,002712913	9,902131391	
LAIK1 - LAIK2	593544.6075	8174947.6849	593544.6209	8174947.6790	0,014621303	1,462130302	541	0,002702644	9,86464991	
MAME1 - MAME2	593482.9633	8172736.5534	593482.9501	8172736.5640	0,016926113	1,692611289	540	0,003134465	11,44079853	
P_281 - P28_2	595442.0765	8174868.8059	595442.0749	8174868.7830	0,02294242	2,294241983	545	0,004209618	15,36510686	
ZOO11 - ZOO12	597810.8374	8167541.5608	597810.8412	8167541.5240	0,036995675	3,699567532	548	0,006751036	24,64128009	

RED 2013 - DJ_227										
PUNTOS	X1	Y1	X2	Y2	Δ DIST	DIST (cm)	TIEMPO(días)	VEL (cm/día)	VEL (mm/año)	
AFLO1 - AFLO2	597672.3081	8170253.4924	597672.3097	8170253.4520	0,030444204	3,044420429	583	0,00522199	19,06026512	
LACA1 - LACA2	593170.4270	8178865.1020	593170.4357	8178865.0980	0,00961529	0,961528969	579	0,001660672	6,061452052	
LAIK1 - LAIK2	593544.6075	8174947.6849	593544.6273	8174947.7200	0,04034306	4,034306003	576	0,007004003	25,5646127	
MAME1 - MAME2	593482.9633	8172736.5534	593482.9528	8172736.5420	0,015670459	1,567045945	575	0,002725297	9,94733513	
OVEJ1 - OVEJ2	603359.6641	8171188.9535	603359.6883	8171188.9410	0,027237658	2,723765783	580	0,004696148	17,14093984	
P_281 - P28_2	595442.0765	8174868.8059	595442.0828	8174868.7900	0,017038621	1,703862117	583	0,002922577	10,66704033	

RED 2013 - DJ_269										
PUNTOS	X1	Y1	X2	Y2	Δ DIST	DIST (cm)	TIEMPO(días)	VEL (cm/día)	VEL (mm/año)	
AFLO1 - AFLO2	597672.3081	8170253.4924	597672.2779	8170253.4600	0,044264948	4,426494767	625	0,007082392	25,85072944	
LACA1 - LACA2	593170.4270	8178865.1020	593170.4186	8178865.1130	0,013798471	1,37984711	621	0,002221976	8,110212485	
LAIK1 - LAIK2	593544.6075	8174947.6849	593544.6062	8174947.6900	0,005311545	0,531154458	618	0,000859473	3,137077301	
MAME1 - MAME2	593482.9633	8172736.5534	593482.9639	8172736.5400	0,013442519	1,344251865	617	0,00217869	7,952219297	
OVEJ1 - OVEJ2	603359.6641	8171188.9535	603359.6578	8171188.9500	0,007206941	0,720694093	622	0,001158672	4,229153441	
P_281 - P28_2	595442.0765	8174868.8059	595442.0828	8174868.7980	0,015766249	1,576624885	625	0,0025226	9,207489327	

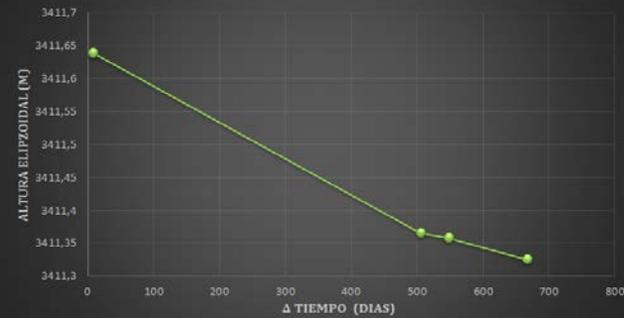
RED 2013 - DJ_311										
PUNTOS	X1	Y1	X2	Y2	Δ DIST	DIST (cm)	TIEMPO(días)	VEL (cm/día)	VEL (mm/año)	
AFLO1 - AFLO2	597672.3081	8170253.4924	597672.3168	8170253.4680	0,025918094	2,591809365	667	0,003885771	14,18306474	
LACA1 - LACA2	593170.4270	8178865.1020	593170.4283	8178865.0980	0,004243795	0,424379498	663	0,00064009	2,336327555	
LAIK1 - LAIK2	593544.6075	8174947.6849	593544.6301	8174947.6800	0,023114552	2,311455164	660	0,003502205	12,7830475	
MAME1 - MAME2	593482.9633	8172736.5534	593482.9530	8172736.5640	0,014772518	1,477251835	659	0,002241657	8,182047342	
P_281 - P28_2	595442.0765	8174868.8059	595442.0814	8174868.7820	0,024397431	2,439743094	667	0,003657786	13,35091798	

PUNTO AFLO

DESPLAZAMIENTO AFLO (cm/día)

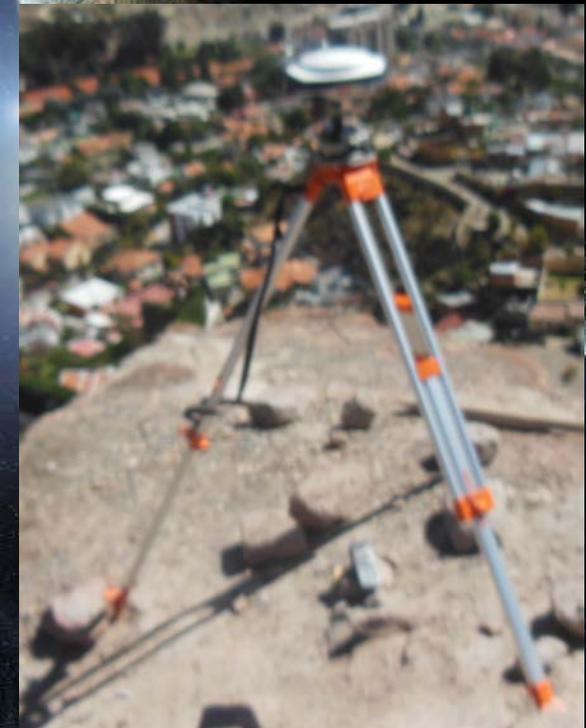
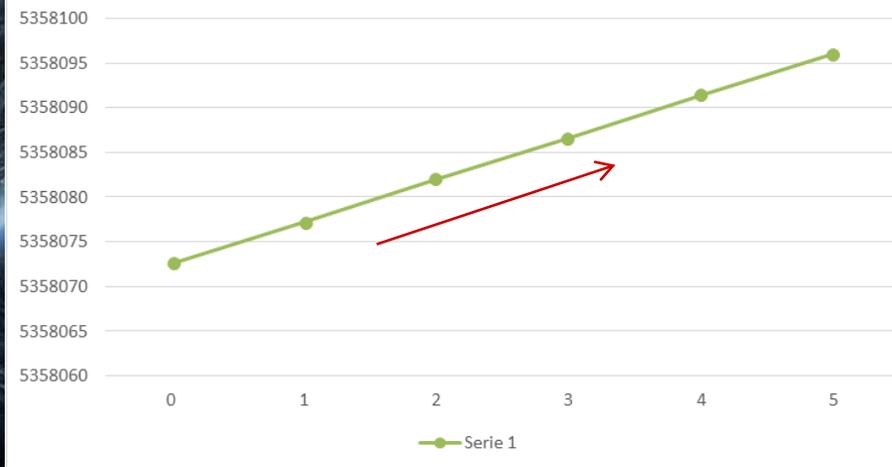


VARIACION EN ALTURA ELIPSOIDAL AFLO

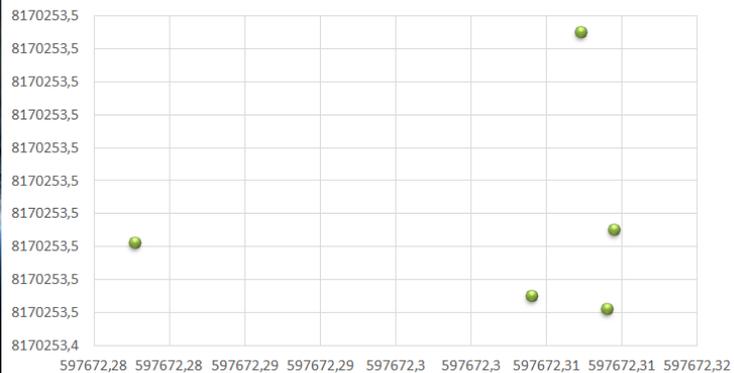


AFLO		
DIA JUL	VEL (mm/año)	DESCARTADO
150	30,59805668	
192	27,02504847	
227	19,06026512	SI
269	25,85072944	
311	14,18306474	SI
PROMEDIO	27,82461153	

DIRECCION AFLO



Valores XY

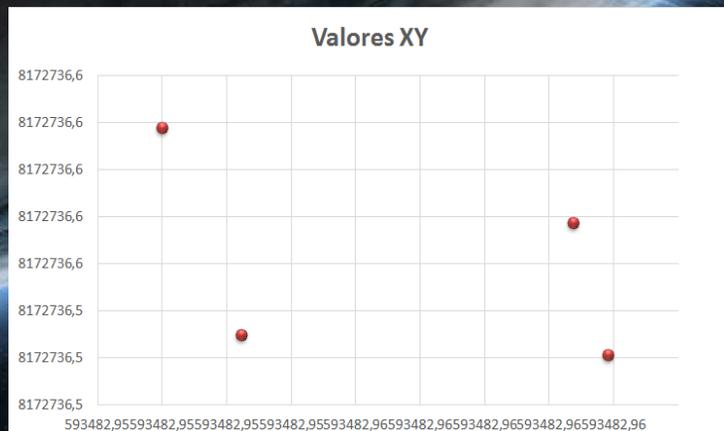
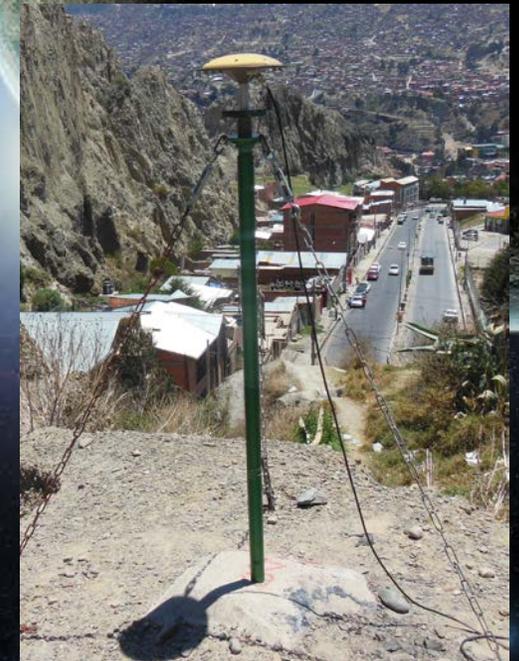
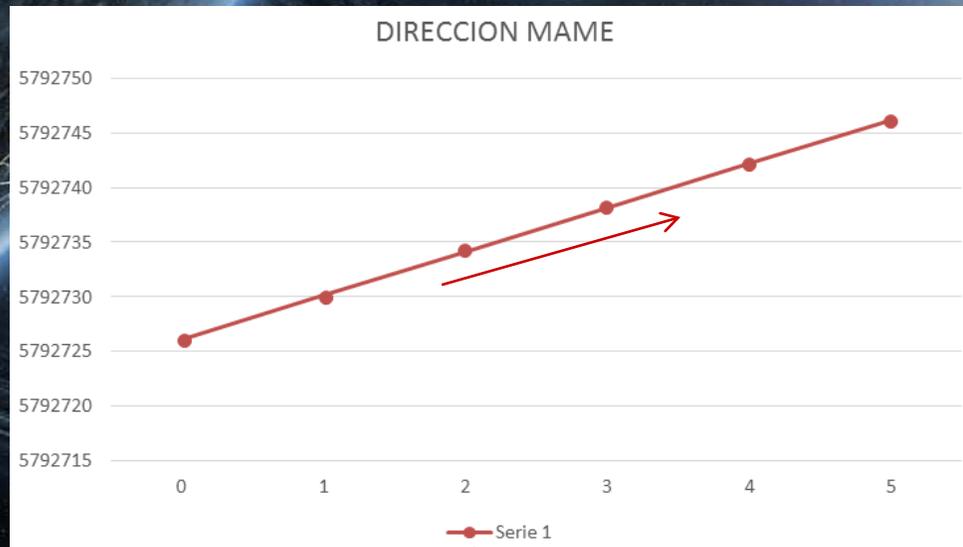


DIRECCION POR APROXIMACION DE MINIMOS CUADRADOS

PUNTO MAME



MAME		
DIA JUL	VEL (mm/año)	DESCARTADO
192	11,44079853	
227	9,94733513	
269	7,952219297	
311	8,182047342	
PROMEDIO	9,191688388	



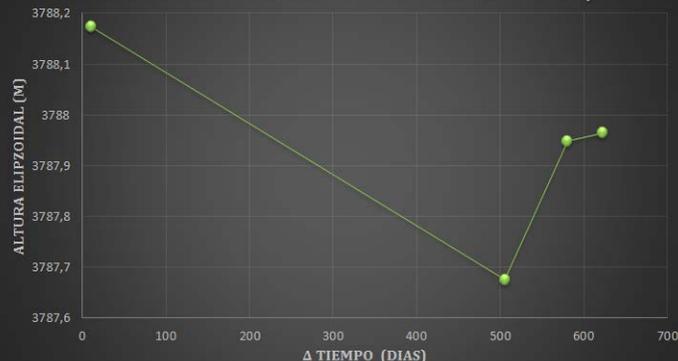
DIRECCION POR APROXIMACION DE MINIMOS CUADRADOS

PUNTO OVEJ

DESPLAZAMIENTO OVEJ cm/dia



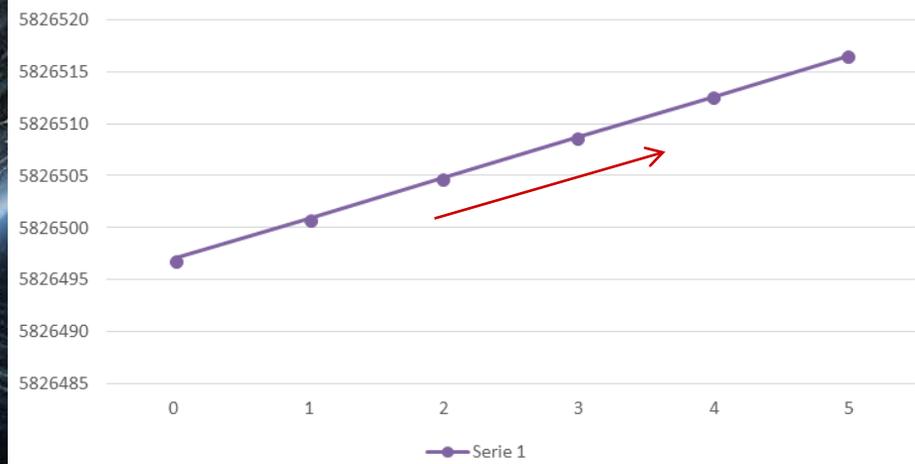
VARIACION EN ALTURA ELIPSOIDAL OVEJ



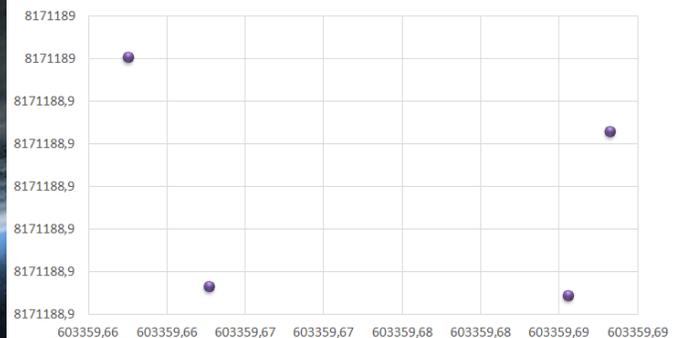
OVEJ

DIA JUL	VEL (mm/año)	DESCARTADO
150	27,64677153	
227	17,14093984	
269	4,229153441	
PROMEDIO	15,93796249	

DIRECCION OVEJ



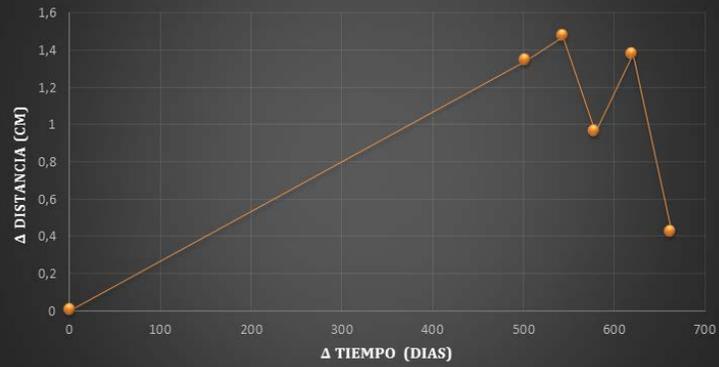
Valores XY



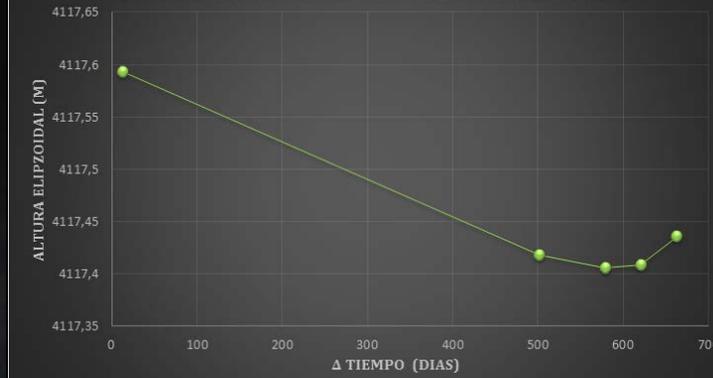
DIRECCION POR APROXIMACION DE MINIMOS CUADRADOS

PUNTO LACA

DESPLAZAMIENTO LACA cm/día

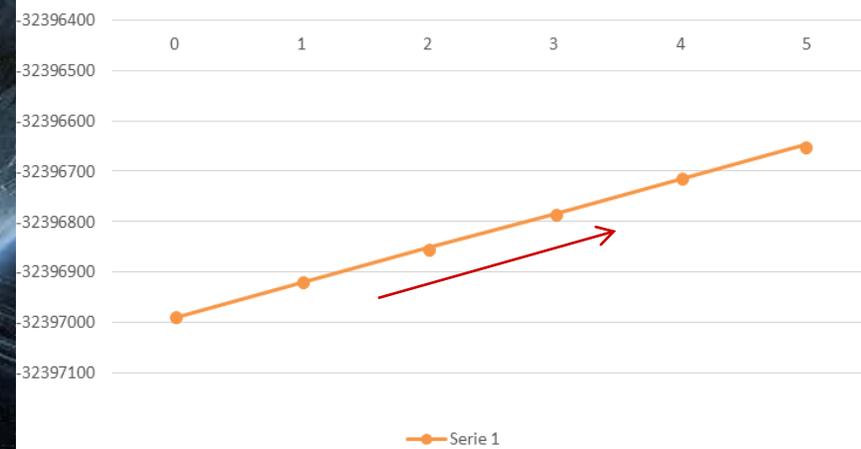


VARIACION EN ALTURA ELIPSOIDAL LACA

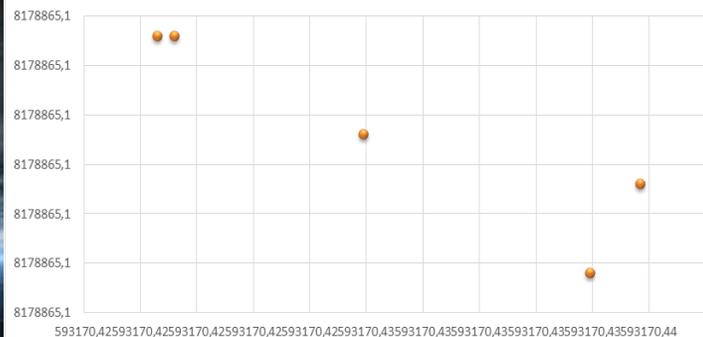


LACA		
DIA JUL	VEL (mm/año)	DESCARTADO
150	9,774280802	
192	9,902131391	
227	6,061452052	
269	8,110212485	
311	2,336327555	SI
PROMEDIO	8,462019182	

DIRECCION LACA



Valores XY



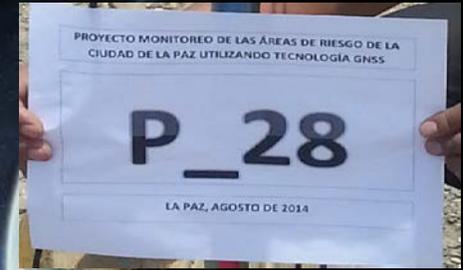
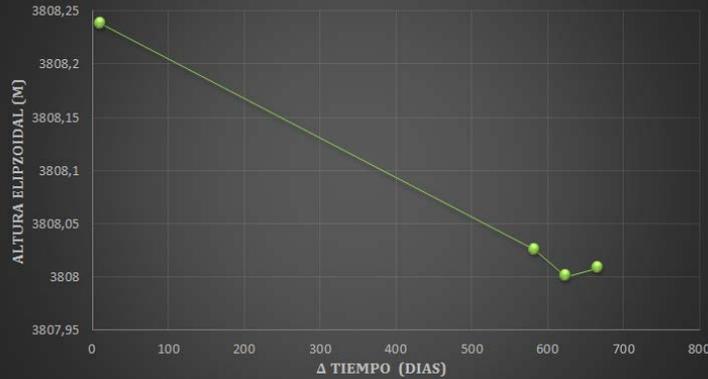
DIRECCION POR APROXIMACION DE MINIMOS CUADRADOS

PUNTO P_28

DESPLAZAMIENTO P_28 cm/dia



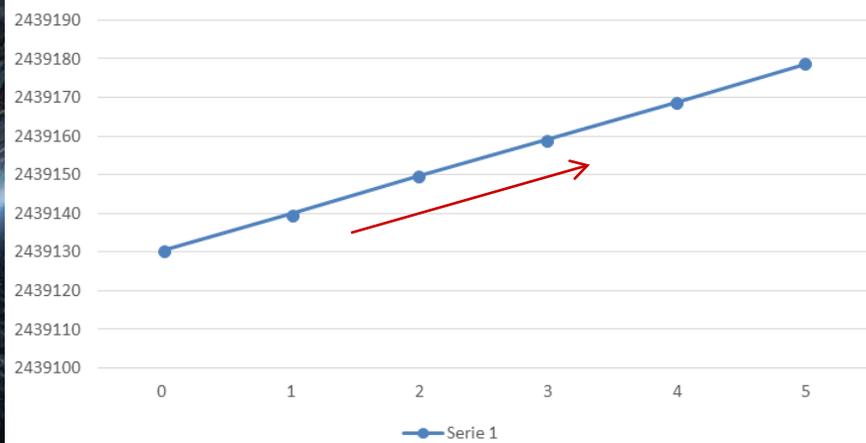
VARIACION EN ALTURA ELIPZOIDAL P_28



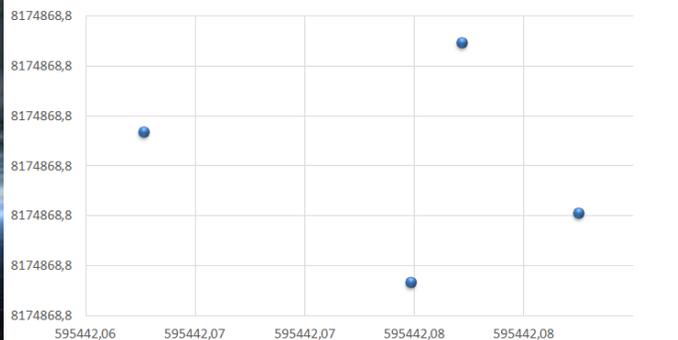
P_28

DIA JUL	VEL (mm/año)	DESCARTADO
192	15,36510686	
227	10,66740433	
269	9,207489327	
311	13,35091798	
PROMEDIO	12,64117139	

DIRECCION P-28

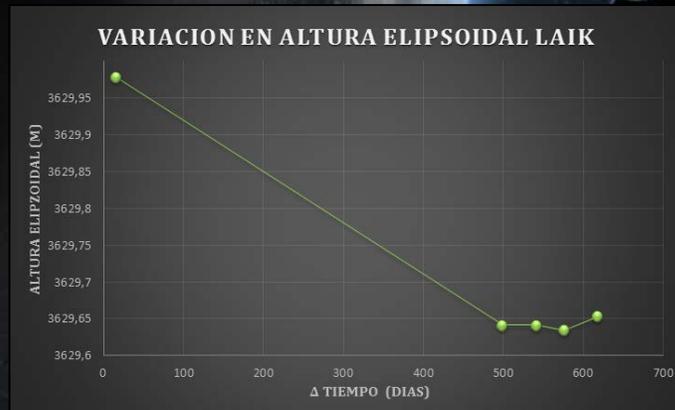


Valores XY

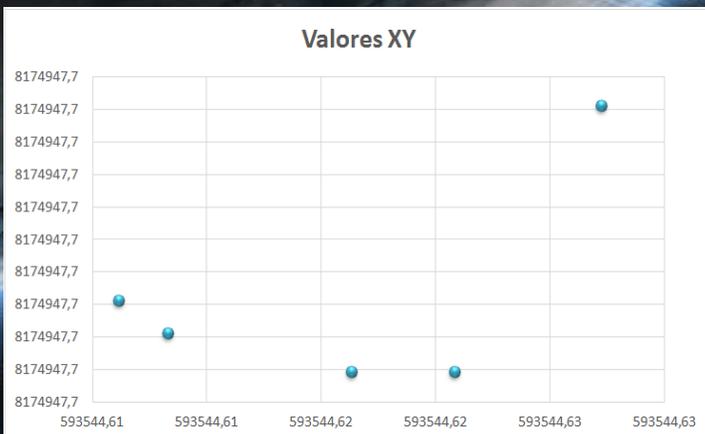
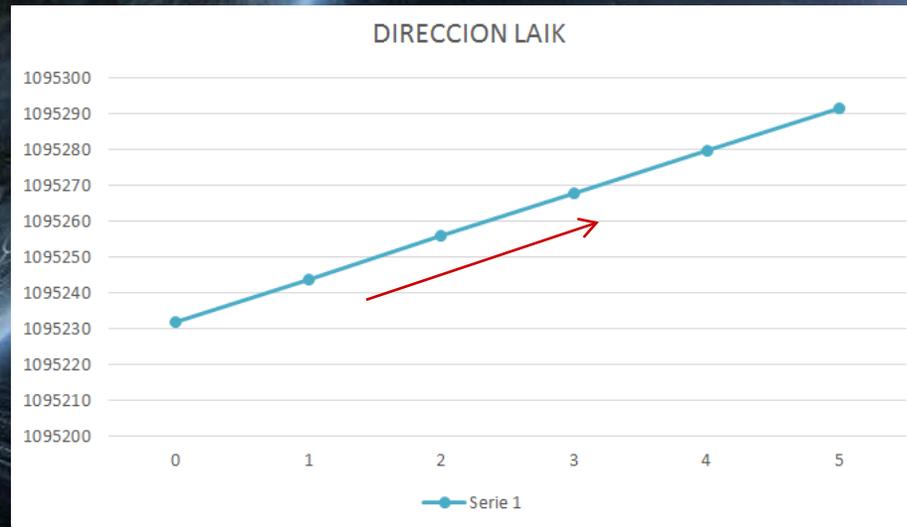


DIRECCION POR APROXIMACION DE MINIMOS CUADRADOS

PUNTO LAIK

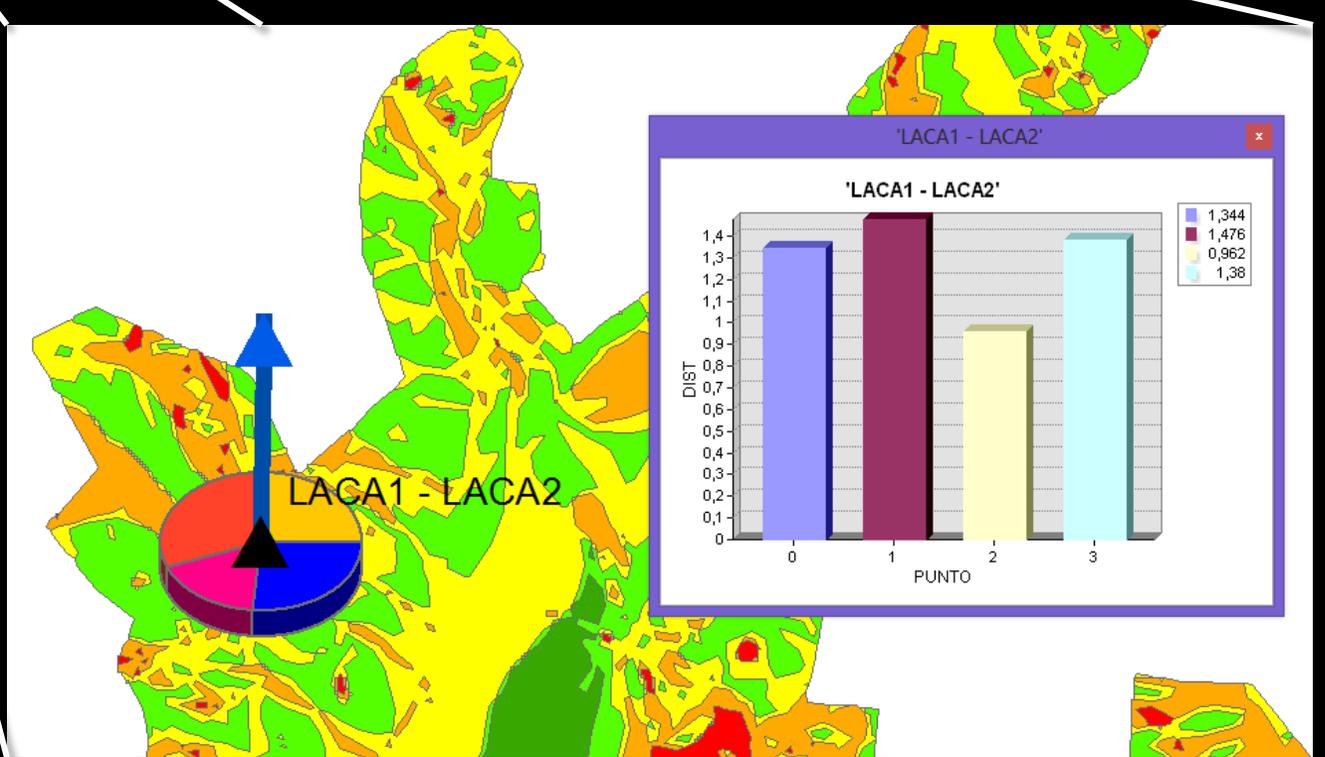
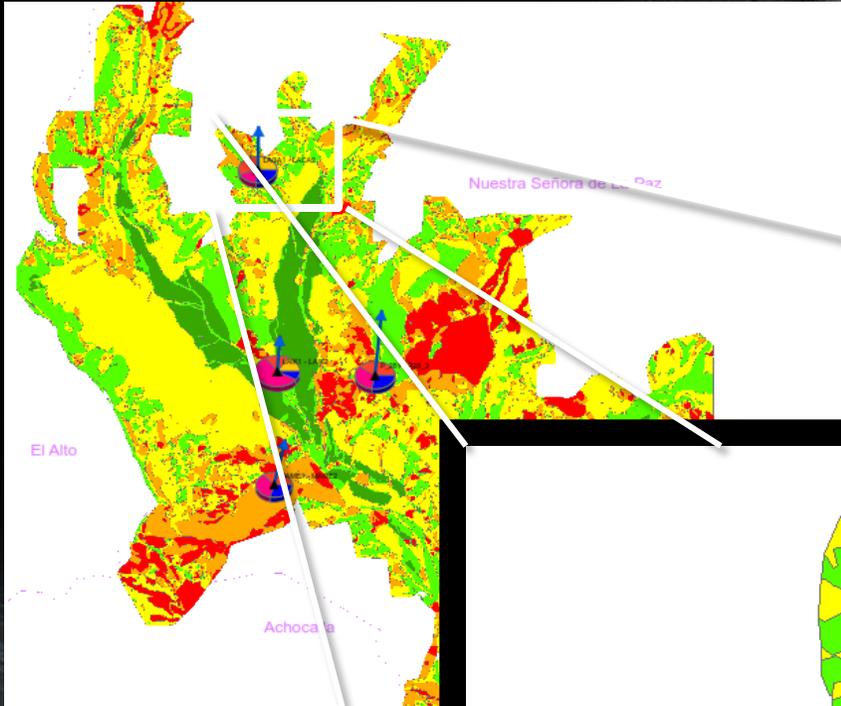


LAIK		
DIA JUL	VEL (mm/año)	DESCARTADO
150	7,85165071	
192	9,86464991	
227	25,5646127	SI
269	3,137077301	
311	12,7830475	SI
PROMEDIO	6,951125974	

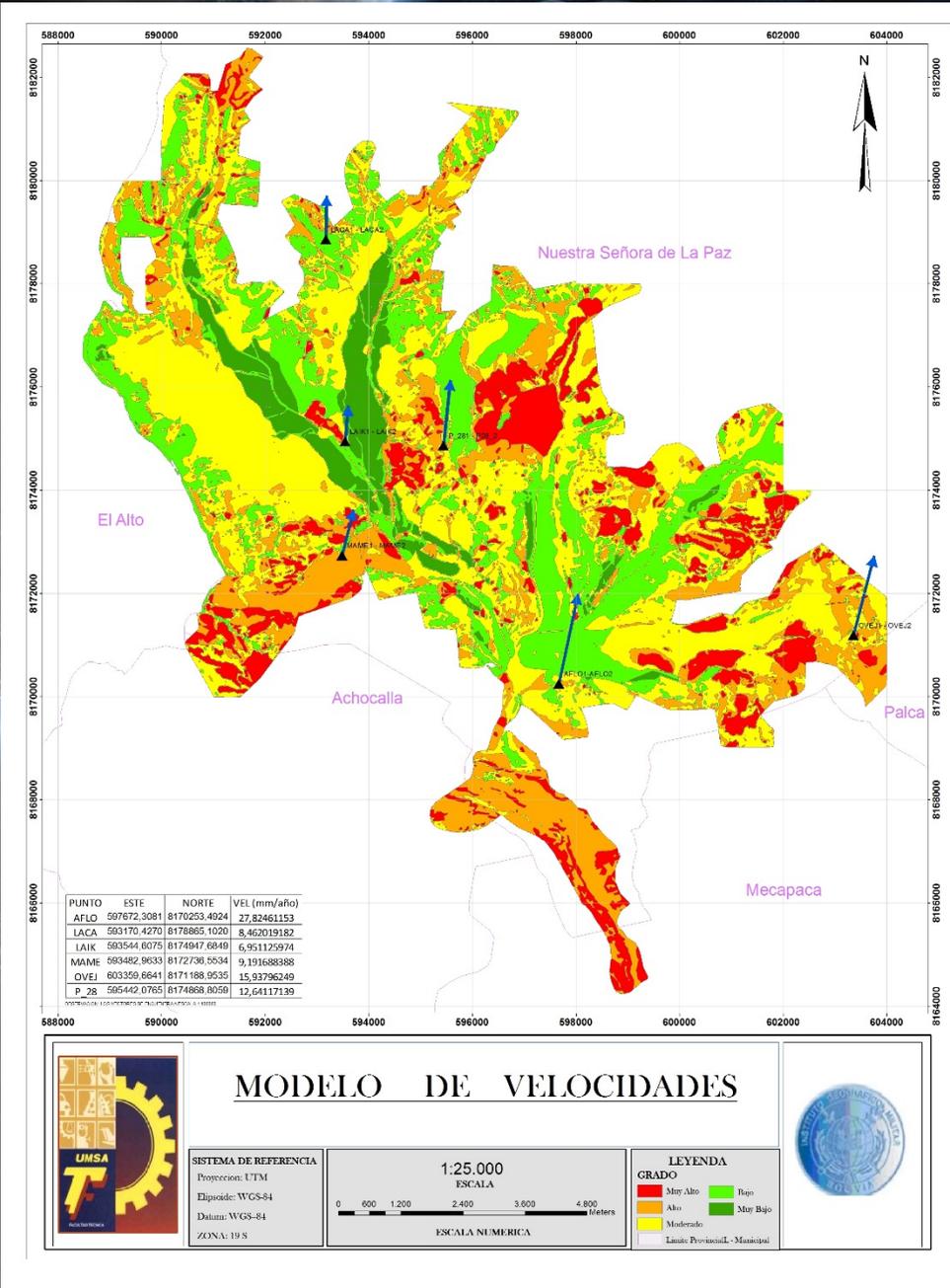


DIRECCION POR APROXIMACION DE MINIMOS CUADRADOS

VELOCIDADES - DIRECCIONES



RESULTADO FINAL



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al realizar el monitoreo de los puntos seleccionados con tecnología GNSS, se pudo comprobar que efectivamente existe desplazamiento horizontal y vertical con respecto a la Red Geodésica 2013, lo que hace válido el método utilizado.

Las velocidades calculadas en cada control para los diferentes puntos, son en su mayoría constantes y coherentes ya que no sobrepasan los 30 mm/año.

Las velocidades de cada punto dependen: del área de riesgo en la que se encuentran, del material existente, la erosión y factor antrópico entre otras

- ✓ El reconocimiento de campo es esencial, se debe verificar la existencia de los puntos materializados ya que algunos puntos de esta red fueron removidos.
- ✓ Se sugiere utilizar equipos de la misma marca y en lo posible equipos del mismo modelo, esto ayuda en el ajuste de los datos.
- ✓ La disponibilidad de personal capacitado es imprescindible para el correcto manejo de los equipos (Varillas de Sujeción).
- ✓ El tiempo de sesión para este tipo de trabajos debe ser el adecuado en función a la distancia y la Dilución de la Precisión (DOP), para permitir que el software utilizado llegue mas fácilmente a la solución de ambigüedades.

TRABAJOS A FUTURO

Un modelo de velocidades específico para la ciudad de La Paz a través de un monitoreo periódico de la Red Geodésica colaboraría de manera óptima en la prevención de desastres naturales como los acontecidos las últimas épocas en nuestra ciudad, ya que es posible hacer un pronóstico del desplazamiento que sufrirían ciertas áreas que se ven afectadas por fenómenos geodinámicas.

Lo ideal es continuar con el seguimiento del Proyecto y ver el comportamiento en época de verano (lluviosa), época en que se producen los mayores deslizamientos por acción colubial.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración del CIAG – UMSA y CEPAG – IGM

Tomamos la palabra del Tcnl. Arturo Echalar y seguramente muchos estudiantes de la carrera de Topografía y Geodesia continuaran realizando proyectos conjuntos.

Y a nuestros compañeros, ya que sin su participación hubiera sido imposible el desarrollo del Proyecto.

A detailed space scene featuring a large planet with rings on the left, a smaller planet with a ringed moon in the upper center, and Earth on the right. The scene is filled with stars and light trails.

MUCHAS GRACIAS POR LA ATENCION
PRESTADA