



SERIES DE TIEMPO MARGEN - SIRGAS



Echalar¹, Bevis², Kendrick²

- 1) *IGM Bolivia Jefe de Operaciones*
- 2) *CAP - OSU*

1/14/2018 12:35:41 PM



MOTIVACION

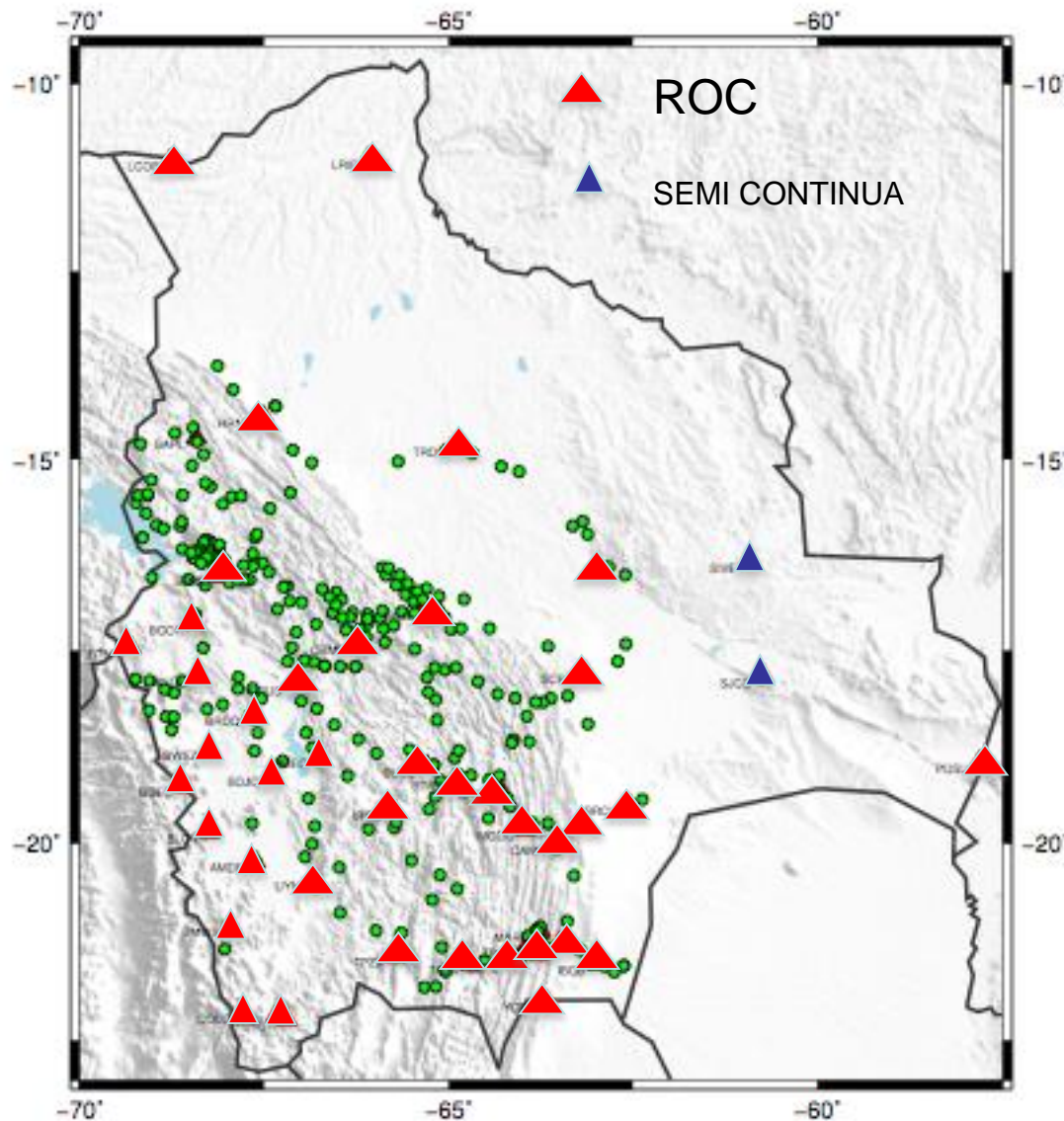
Las estaciones que forman MARGEN – ROC, se inicio con la instalación de la estación SCRZ en Santa Cruz en el el año 2004, la ultima estación fue construida en el 2014, por lo tanto se dispone de información continua de cada sitio por periodos de tiempo muy prolongados.

Se busca conocer los valores de coordenadas en cada estación a lo largo del tiempo de funcionamiento, de manera que se pueda interpretar el modelo de trayectoria en cada sitio y la deformación de la superficie del lugar donde ha sido instalada.

CONSTRUIR SERIES DE TIEMPO EN BASE A LAS COORDENADAS E,N,U EN CADA ESTACION MARGEN - ROCCONOCER EL MODELO DE TRAYECTORIA



“ SERIES DE TIEMPO EN LAS ESTACIONES MARGEN - ROC ”



MARGEN está conformado por una red GPS de operación continua de 42 estaciones continuas y dos semi continuas.



12:35 PM

“SERIES DE TIEMPO EN LAS ESTACIONES MARGEN - ROC”

2. DESARROLLO.



2. DESARROLLO.

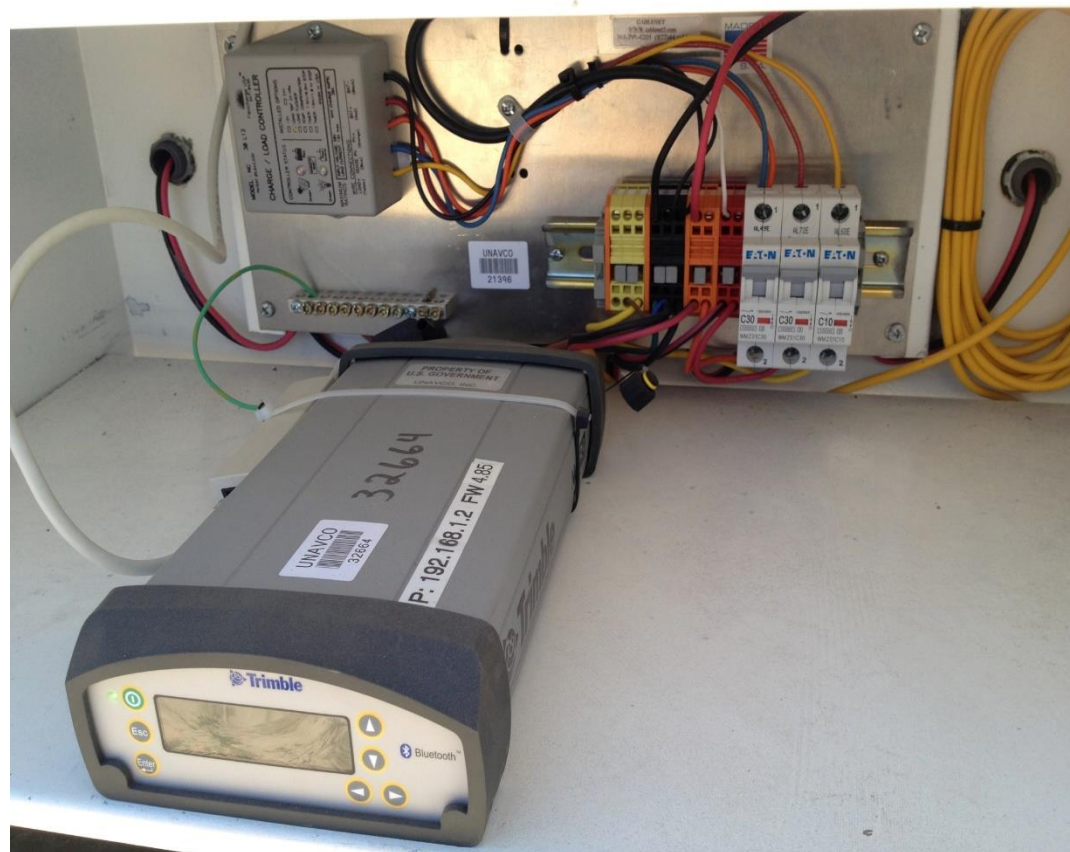


Tabla 4.1.- Estaciones MARGEN - ROC y su designación en códigos de 4 caracteres.

No.	UBICACION	CODIGO ESTACIÓN
1	LA PAZ (EL ALTO)	BLPZ
2	CAMIRI	CAMR
3	COCHABAMBA	CBMB
4	COBIJA	LCOB
5	POTOSI	LPTS
6	RIBERALTA	LRIB
7	TUPIZA	TPZA
8	TRINIDAD	TRDD
9	TARIJA	TRJA
10	ORURO	URUS
11	UYUNI	UYNI
12	VILLAMONTES	VMON
13	YACUIBA	YCBA
14	SUCRE	SUCE
15	RURRENABAQUE	RRNB
16	SANTA CRUZ	SCRZ
17	MONTEAGUDO	MGD2
18	ESCUELA MILITAR DE INGENIERIA	EMIB
19	IBUELO	IBLO
20	IBIBOBO	IBOB
21	PUERTO SUAREZ	PUSU
22	APOLO	BAPL
23	ENTRE RIOS	GLPE
24	BOQUERON (Charagua)	BOQN
25	TARABUCO	BTRC
26	PADILLA	BPDL
27	LA BRECHA	BRCH
28	PUESTO SUCRE	PTSC
29	LAGUNAS (Nevado Sajama)	BSJM
30	PALOS BLANCOS (Tarija)	BPLB
31	CHARAÑA	BTNT
32	CORO CORO	BCOR
33	CURAHUARA DE CARANGAS	BNOE
34	HUACHACALLA	BWSZ
35	PISIGA	BDEC
36	CHALLAPATA	RDEQ
37	LLICA	BLOV
38	CHIGUANA	BMWS
39	ISLA INCAHUASI	AMDE
40	CORQUE	BRDQ
41	UCUMASI	BDJC
42	VOLCAN UTURUNCU	UTUR
43	LAGUNA COLORADA	COLO

MODULOS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

DATOS DE INGRESO

RINEX HATANAKA
 Metadato de los sitios
 Orbitas
 Efemérides
 EOP
 Solar/lunar/nutación

CONFIGURACION

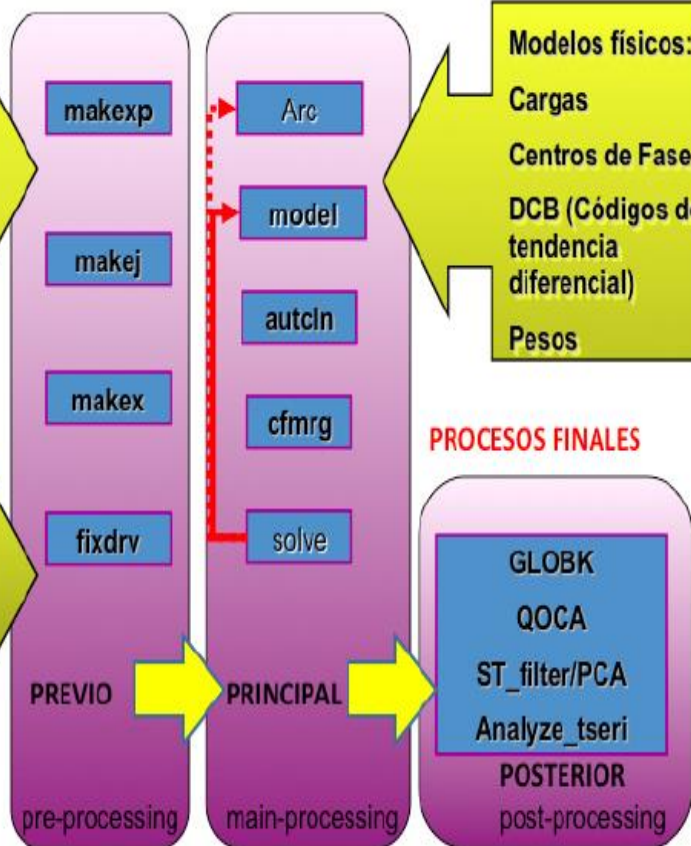
Definiciones de la
 Sesión de proceso:
 Control:
 Session.info
 Sestbl.
 Sittbl.

PROCESOS INTERNOS

Modelos físicos:
 Cargas
 Centros de Fase
 DCB (Códigos de
 tendencia
 diferencial)
 Pesos

PROCESOS FINALES

GLOBK
 QOCA
 ST_filter/PCA
 Analyze_tseri
 POSTERIOR
 post-processing



MODELO EMPLEADO:

$$x_{sltm}(t) = x_{trend}(t) + x_{jump}(t) + x_{osc}(t)$$

Bevis and Brown, 2014
J. Geodesy

DONDE:

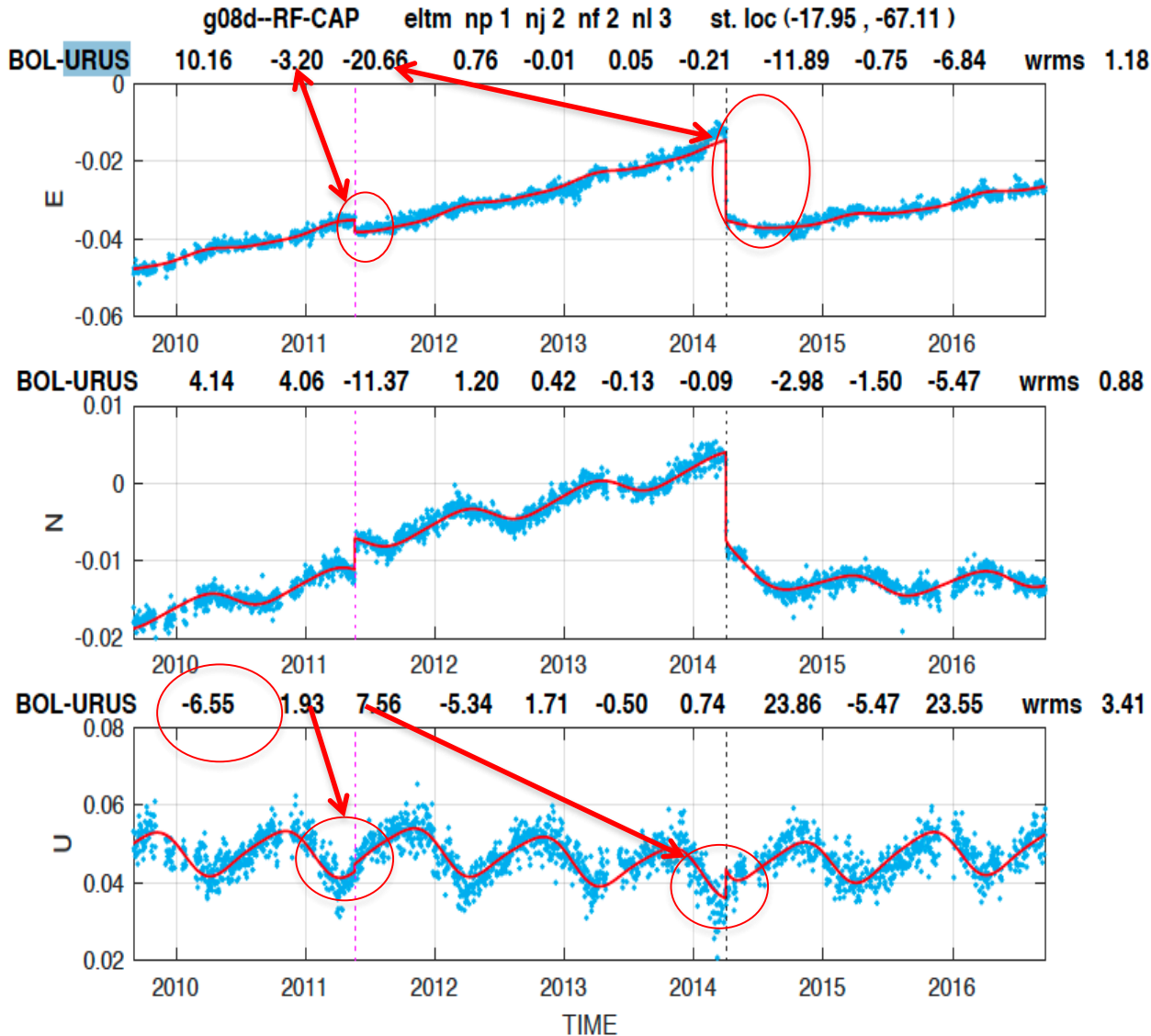
$$x_{sltm}(t) = x_{trend}(t) + x_{jump}(t) + x_{osc}(t)$$

$$x_{trend}(t) = \sum_{i=1}^{np+1} \hat{a}_i m_i (t - t_R)^{i-1}$$

$$x_{jump}(t) = \sum_{j=1}^{nj} \hat{a}_j a_j H(t - t_j)$$

$$x_{osc}(t) = \sum_{k=1}^{nf} s_k \sin\left(\frac{2\pi kt}{\tau_k}\right) + \cos\left(\frac{2\pi kt}{\tau_k}\right)$$

Fue empleada la metodología conocida como Modelo Extendido de Trayectorias (MET, Bevis y Brown 2014) utilizada en geofísica para la descomposición y análisis de series de tiempo GNSS.



El modelo estándar de trayectoria lineal (METL) muestra una tendencia lineal, dos saltos fuertes en la placa tectónica producidos por los sismos **de Tocopilla en 2011 y Pisagua del 2014**.

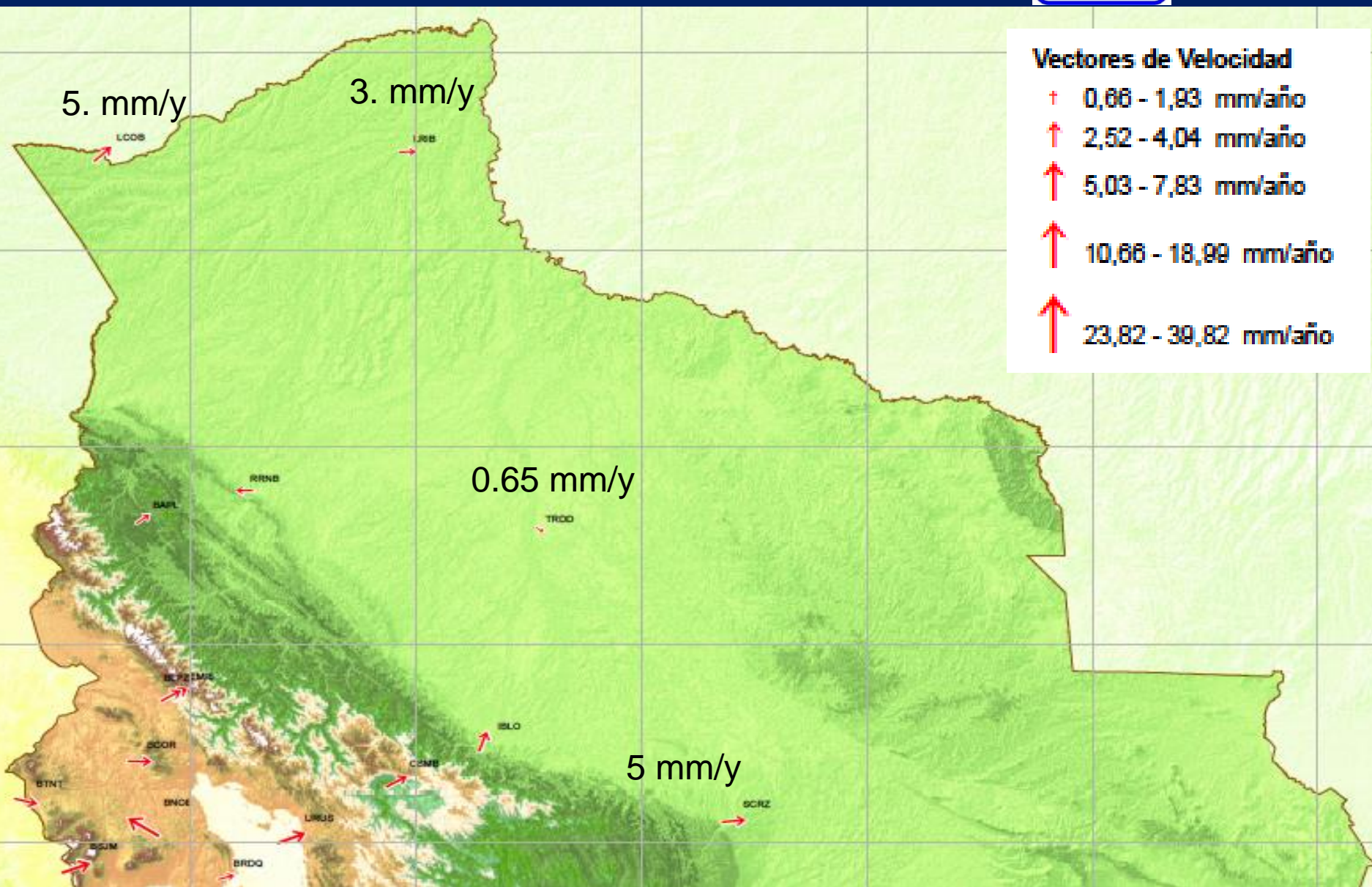
Asimismo, se observa también que existe un movimiento en dirección Este de **10,16 mm/año**, dos saltos en dirección oeste, uno de **3,2 mm** y el otro de **20,66 mm** (terremotos). En dirección Norte se puede observar un movimiento de 4,14 mm/año y dos saltos fuertes en dirección Norte de 4,06 mm y en dirección Sur de 11,37 mm. Finalmente en los ciclos anuales de la dirección vertical **se tiene un hundimiento de 6.55 mm/año** y un salto de fuerte de **1,93mm** hacia arriba y el otro de **7,56 mm** también hacia arriba ocurrido en el 2014.

2. DESARROLLO.



No.	UBICACION	CODIGO ESTACION	Ve	Vn mm/yr	Vu	wy	dtr	AZ	Sve	Svn	Svu	Svv
1	LA PAZ (EL ALTO)	BLPZ	4.97	3.12	-1.49	6.0544	32.12	57.88	1.11	0.91	4.1	4.34
2	CAMIRI	CAMR	6.69	1.25	-1.46	6.9606	10.58	79.42	1.56	1.2	4.86	5.24
3	COCHABAMBA	CBMB	5.8	3.43	-2.52	7.1941	30.60	59.40	1.37	1.13	4.87	5.18
4	COBUJA	LCOB	-3.55	-3.54	0.38	5.0278	44.92	45.08	3.6	3.39	11.62	12.63
5	POTOSI	LPTS	11.88	2.4	2.59	12.3936	11.42	78.58	2.63	2.26	7.82	8.55
6	RIBERALTA	LRIB	0.77	0.02	-3.1	3.1943	1.49	88.51	3.51	3.1	12.56	13.40
7	TUPIZA	TPZA	12.43	1.33	0.8	12.5265	6.11	83.89	2.07	1.79	4.21	5.02
8	TRINIDAD	TRDD	0.27	-0.19	-0.57	0.6587	-35.13	125.13	1.72	1.81	6.44	6.91
9	TARJA	TRJA	11.3	-0.39	-7.29	13.4531	-1.98	91.98	2.13	2.45	4.99	5.95
10	ORURO	URUS	10.16	4.14	-6.55	12.7776	22.17	67.83	1.18	0.88	3.41	3.71
11	UYUNI	UYNI	14.4	3.53	-1.65	14.9179	13.77	76.23	1.01	0.87	3.21	3.48
12	VILLAMONTES	VIMON	1.02	0.71	0.13	1.2496	34.84	55.16	1.65	1.41	6	6.38
13	YACUIBA	YCBA	1.74	0.76	-2.22	2.9212	23.59	66.41	1.33	1.12	4.78	5.09
14	SUCRE	SUCS	13.92	2.94	0.14	14.2278	11.93	78.07	1.96	1.1	4.8	5.30
15	RURRENABACQUE	RRNB	-0.02	3.25	-1.04	3.4124	-89.65	270.35	1.82	2.81	6.33	7.16
16	SANTA CRUZ	SCRZ	2.81	0.28	-5.05	5.7889	5.69	84.31	1.63	1.6	5.9	6.33
17	MONTEAGUDO	MGDO	7.4	1.5	-2.08	7.8318	11.46	78.54	1.36	1.01	4.72	5.01
18	MONTEAGUDO	MGDC	4.08	0.09	4.36	5.9719	1.26	88.74	1.21	0.93	4.19	4.46
19	ESCUELA MILITAR	EMIB	5.26	2.87	-2.7	6.5723	28.62	61.38	1.2	0.93	4.3	4.56
20	IBUELO	IBLO	0.77	2.21	-4.74	5.2863	70.79	19.21	2.18	2.15	8.29	8.84
21	IBIBOBO	IBOB	1.89	0.07	-3.57	4.0400	2.12	87.88	1.51	1	4.34	4.70
22	PUERTO SUAREZ	PUSU	-0.13	0.1	-3.36	3.3640	-37.57	322.43	1.89	1.39	6.58	6.99
23	APOLO	BAPL	2.58	1.98	-0.76	3.3388	37.50	52.50	1.62	1.34	5.27	5.67
24	ENTRE RIOS	GLPE	5.66	-0.05	4.13	7.0068	-0.51	90.51	1.4	1.06	4.94	5.24
25	BOQUERON (Char)	BOQN	0.9	1.11	-2.39	2.7846	50.96	39.04	1.36	1.06	4.85	5.15
26	TARABUCO	BTRC	13.21	2.17	-1.29	13.4491	9.33	80.67	1.34	0.97	3.86	4.20
27	PADILLA	BPDL	10.6	1.08	-0.37	10.6613	5.82	84.18	1.26	1.38	4.25	4.64
28	LA BRECHA	BRCH	1.06	1.14	-0.66	1.6908	47.08	42.92	1.48	1.07	4.8	5.14
29	PUESTO SUCRE	BPSC	1.83	0.55	0.3	1.9343	16.73	73.27	1.13	0.91	3.89	4.15
30	LAGUNAS (Nevado)	BSJM	14.56	5.71	-0.45	15.6461	21.41	68.59	1.25	1.13	3.79	4.15
31	PALOS BLANCOS	BPLB	5.38	0.53	-2.93	6.1490	5.63	84.37	1.26	1	4.25	4.54
32	CHARAÑA	BTNT	6.07	-1.58	3.18	7.0323	-14.59	104.59	0.98	0.9	3.09	3.36
33	CORO CORO	BCOR	4.75	-0.05	3.02	5.6290	-0.60	90.60	1.02	0.85	3.46	3.71
34	CURAHUARA DE C	BNCE	-21.74	33.14	-3.81	39.8171	-56.73	303.27	1.89	0.96	2.88	3.58
35	HUACHACALLA	BWSZ	0.33	-0.08	2.54	2.5626	-13.63	103.63	1.53	0.87	3.09	3.56
36	PISIGA	BDEC	16.93	-1.23	8.51	18.9884	-4.16	94.16	1.53	1.18	3.51	4.01
37	CHALLARATA	RDEO	6.23	2.15	2.01	6.8902	19.04	70.96	1.12	0.73	2.83	3.13
38	LLICA	BLDV	23.22	4.8	-2.27	23.8193	11.68	78.32	1.02	0.89	3.01	3.30
39	CHIGUANA	BWVS	25.69	1.9	3.8	26.0389	4.23	85.77	1.47	1.43	3.55	4.10
40	ISLA INCAHUASI	AMDE	3.05	6.03	-0.72	6.7957	63.17	26.83	0.99	0.67	2.19	2.50
41	CORGUE	BRDQ	2.09	0.63	1.25	2.5155	16.77	73.23	0.9	0.73	2.88	3.10
42	UCUMASI	BDJC	0.92	2.05	3.98	4.5705	65.83	24.17	1.08	0.72	3.09	3.35
43	LAGUNA COLORA	COLO	16.56	5.33	-0.7	17.4107	17.84	72.16	1.84	1.03	4.33	4.82
44	VOLCAN UTURUN	UTUR	14.87	4.72	3.31	15.9484	17.61	72.39	1.08	0.84	3.38	3.65

5. PROPUESTA.



5. PROPUESTA.

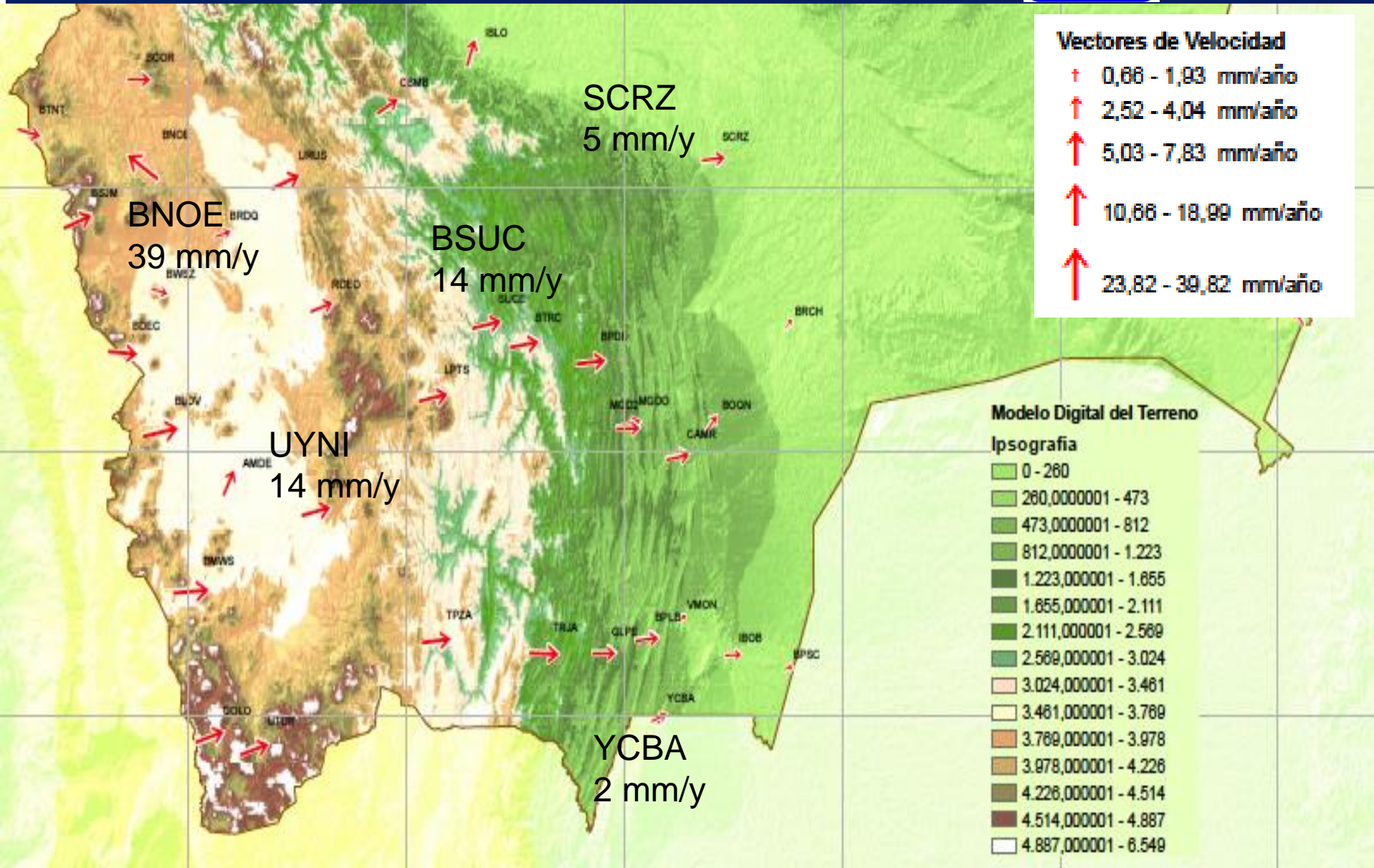
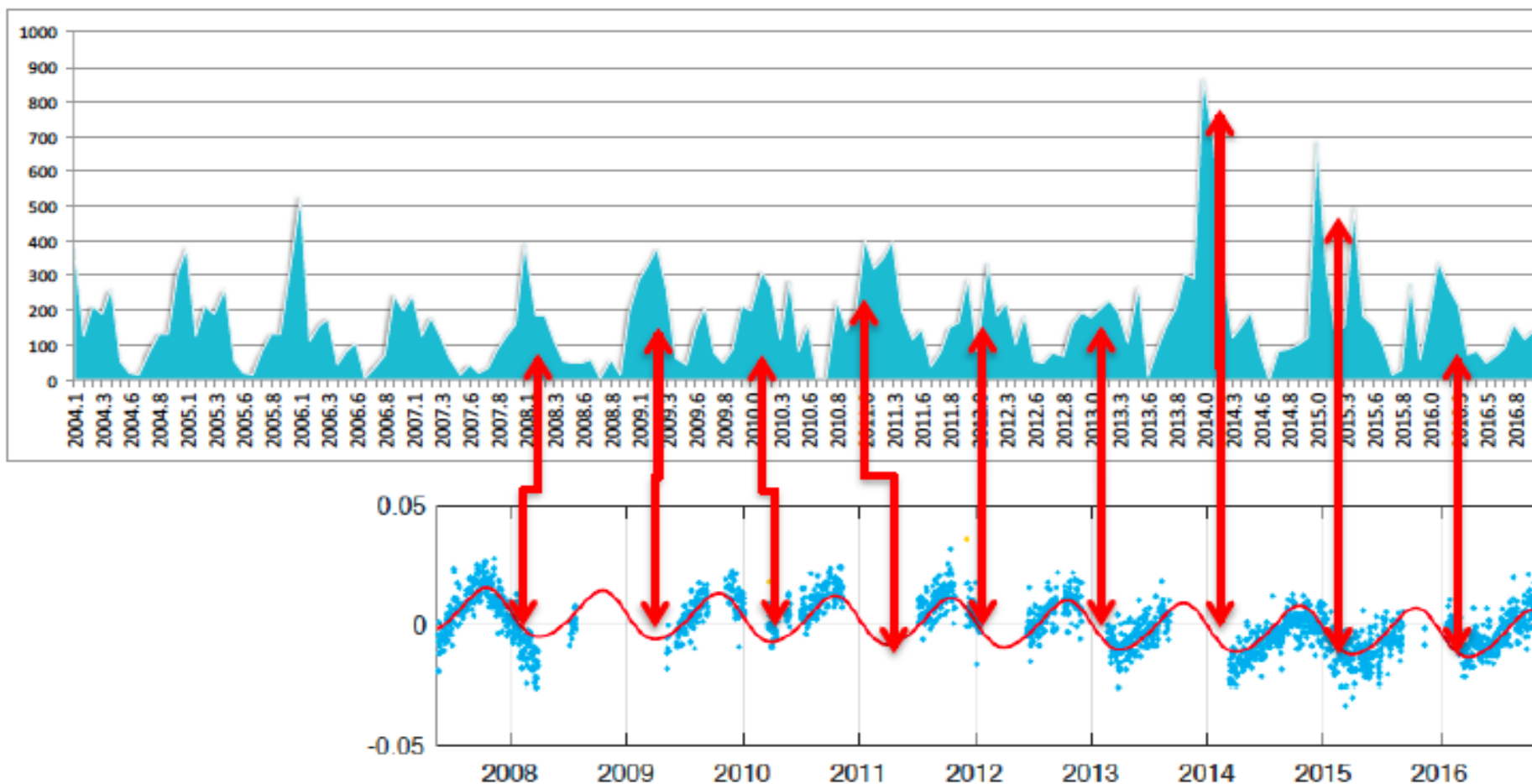


Figura 4.2.- Relación de datos de precipitación y deformaciones en altura.



Fuente: Elaboración propia, 2017

Se ha establecido en Bolivia una Red GPS de operación continua que pertenece al IGM y opera bajo estándares de monumentación y funcionamiento altamente confiables, que aseguran la estabilidad en la posición.

Se han empleado programas científicos como el GAMIT, para la determinación de coordenadas diarias con cálculos que se realizan bajo un rígido protocolo de procedimiento y control de calidad, de manera que los resultados puedan mostrar movimientos milimétricos de deformación de la superficie terrestre.

Fue empleada la metodología conocida como Modelo Extendido de Trayectorias (MET, Bevis y Brown 2014) utilizada en geofísica para la descomposición y análisis de series de tiempo GNSS.

Se han elaborado series de tiempo de las 43 estaciones GPS disponibles en el IGM, logrando ajustar funciones polinómicas provenientes de las series de Fourier que además incorporan en el análisis del modelo de velocidad lineal estándar la tendencia de la posición en muchos años, el número anual de saltos debido a terremotos o cambios de antena y el ciclo anual de datos estacionales, mostrando que los cambios milimétricos que deforman la superficie física de cada sitio.



INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR



GRACIAS.