



**INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

INFORME

**PROSPECCION GEOFISICA CON GEORADAR-GPR EN LOS
BALUARTE DEL PARQUE ARQUEOLOGICO DE
SAQSAYWAMAN- CUSCO**



Por:

Ing. Walter Pari Pinto

JULIO-2010

LIMA-PERU

CONTENIDOS

1	Introducción	4
1.1	Ubicación y accesibilidad (Figura N°1).....	4
2	Especificaciones del Levantamiento.....	5
2.1	Personal.....	5
2.2	Fundamentos de la técnica del Georadar	5
2.3	Trabajo de Campo.....	6
3	RESULTADOS E INTERPRETACION DE LAS LINEAS CON GEORADAR – GPR.....	9
3.1	LINEA LR-1 – ZONA 3 DE LOS BALUARTES (Figura N° 4).....	9
3.2	LINEA LR-2 – ZONA DE MUYUQMARKA (Figura N° 5).....	10
3.3	LINEA LR-3 – PAMPA PIRAMIDE MAYOR (Figura N° 6)	11
3.4	LINEA LR-4 – SECTOR MUYUQMARKA (Figura N° 7).....	12
3.5	LINEA LR-5 – PAMPA PIRAMIDE MAYOR (Figura N° 8)	13
3.6	LINEA LR-6 – SECTOR OESTE BALUARTES (Figura N° 9)....	14
3.7	LINEA LR-7 – SECTOR DE MUYUQMARKA (Figura N° 10)...	15
3.8	LINEA LR-8 – SECTOR DE MUYUQMARKA (Figura N° 11). 16	
3.9	LINEA LR-9 – PAMPA PIRAMIDE MENOR (Figura N° 12).....	17
3.10	LINEA TRANSVERSAL LR-10 – BALUARTES ZONA 1 (Figura N° 13).....	18
3.11	LINEA TRANSVERSAL LR-11 – BALUARTES ZONA 1 (Figura N° 14).....	19
3.12	LINEA TRANSVERSAL LR-12 – BALUARTES ZONA 1 (Figura N° 15).....	20
3.13	LINEA TRANSVERSAL LR-13 – BALUARTES ZONA 2 (Figura N° 16).....	21
3.14	LINEA TRANSVERSAL LR-14 – BALUARTES ZONA 2 (Figura N° 17).....	22
3.15	LINEA TRANSVERSAL LR-15 – BALUARTES ZONA 3 (Figura N° 18).....	23
3.16	LINEA TRANSVERSAL LR-16 – BALUARTES ZONA 3 (Figura N° 19).....	24
3.17	LINEA LR-17 – PLATAFORMA DE LA PIRAMIDE MAYOR (Figura N° 20).....	25
3.18	LINEA TRANSVERSAL LR-18– BALUARTES ZONA 3 (Figura N° 21).....	26
3.19	LINEA TRANSVERSAL LR-19 – BALUARTES ZONA 3 (Figura N° 22).....	27
3.20	LINEA TRANSVERSAL LR-20 – BALUARTES ZONA OESTE (Figura N° 23).....	28
3.21	LINEA TRANSVERSAL LR-21 – BALUARTES ZONA ESTE (Figura N° 24).....	29

3.22	LINEA LR-22 – ZONA DE PRIMER NIVEL BALUARTES (Figura N°25).....	30
3.23	LINEA LR-23 – CANAL O DREN PROPUESTO (Figura N° 26)	31
4	Conclusiones y Recomendaciones.....	32

Anexos

Plano de Ubicación (P-01)

Panel Fotográfico (1 a 16 Fotografías)

1 Introducción

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo, dentro de su actividad “Apoyo Técnico logístico y Administrativo” y mediante el Convenio de Cooperación Interinstitucional entre el Instituto Nacional de Cultura representada por Cecilia Bakula Budge y el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico representado por su presidente Ing. Walter Casquino Rey, se ejecutó el levantamiento geofísico con Georadar-GPR (Ground Penetrating Radar) en los sectores críticos de Los Baluartes (Zona 1, Zona 2 y Zona 3), según solicitud del INC mediante oficio N°827-009 dirigida al INGEMMET.

El objetivo fué determinar zonas anómalas relacionadas a sitios críticos (asentamientos) y de deformación así como delimitar las diferentes capas de material heterogéneo (suelos, material de relleno cuaternario, coluviales) que sobreyacen a las rocas intrusivas (dioritas) y sedimentarias (calizas), en los andenes de Illapa (Baluartes) y Muyuqmarca.

El trabajo se realizó en dos etapas : campo y gabinete, la primera se llevó a cabo del 23 al 30 de noviembre del 2009, ejecutando 23 líneas de georadar (Plano : P-01 , anexo A), contando con el apoyo logístico y topográfico del Instituto Nacional de Cultura – sede Saqsaywaman del Cusco y la segunda constituyó el análisis de los datos obtenidos en campo y la síntesis de los mismos los cuales se presentan en este informe.

Su elaboración estuvo a cargo del Ing. Walter Pari Pinto, responsable de la Prospección Geofísica de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

1.1 Ubicación y accesibilidad (Figura N°1)

La zona de estudio denominado parque Arqueológico de Saqsaywaman se ubica al norte de la ciudad del Cusco. Para llegar a la zona se utiliza la carretera asfaltada Cusco-Saqsaywaman.Pisaq. cuya altitud varia de 3577 msnm a 3587 msnm)

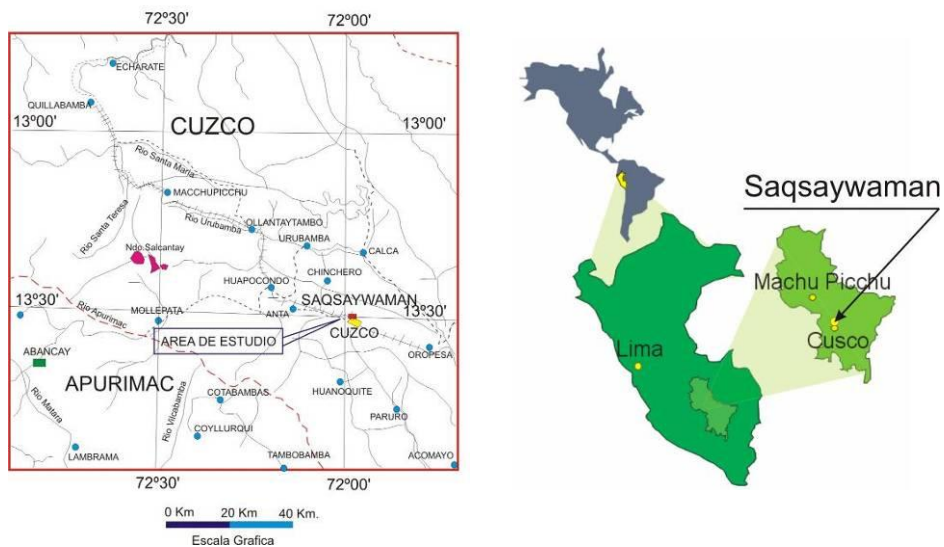


Figura N° 1 : Ubicación del área de estudio con Georadar correspondiente al parque Arqueológico de Saqsaywaman-Cusco.

2 Especificaciones del Levantamiento

2.1 Personal

Ing. Walter Pari Pinto Geofísico

Se coordinó con el arqueólogo José Antonio Reynoso Palma y la Bióloga Judith Aguirre del INC-Saqsaywaman. Asimismo se coordinó con el Geólogo José Cárdenas de la UNSAAC y el Dr. Victor Carlotto C.(INGEMMET)

Se tuvo la asistencia de personal de apoyo (3 personas) del Instituto Nacional de Cultura-INC sede Saqsaywaman – Cusco.

2.2 Fundamentos de la técnica del Georadar

El Georadar, es una técnica no destructiva que permite realizar una exploración del subsuelo en superficie mediante la emisión de pulsos electromagnéticos. Cuando el pulso electromagnético de poca duración (nanosegundos) emitido por la antena transmisora atraviesa la superficie sufre reflexiones al incidir sobre interfaces u objetos con diferentes propiedades electromagnéticas, esta onda de regreso es captada por la antena receptora. Bajo un mismo punto de observación se tendrá un conjunto de reflexiones que constituirán una traza, al desplazar las antenas sobre la superficie van detectando y almacenando un conjunto de trazas en la línea de desplazamiento de las antenas, de esta forma se van formando una especie de “radiografía” del subsuelo, a la que se le denomina radargrama, la Fig. 2 muestra la formación de un radargrama. En el eje de la abscisas tiene la longitud de la línea de exploración que vendría a ser la longitud de desplazamiento de la antena en una dirección, en el eje de las ordenadas se tiene el tiempo de ida y vuelta del pulso, si se conoce la velocidad de la onda en el medio este tiempo puede ser convertido a profundidad.

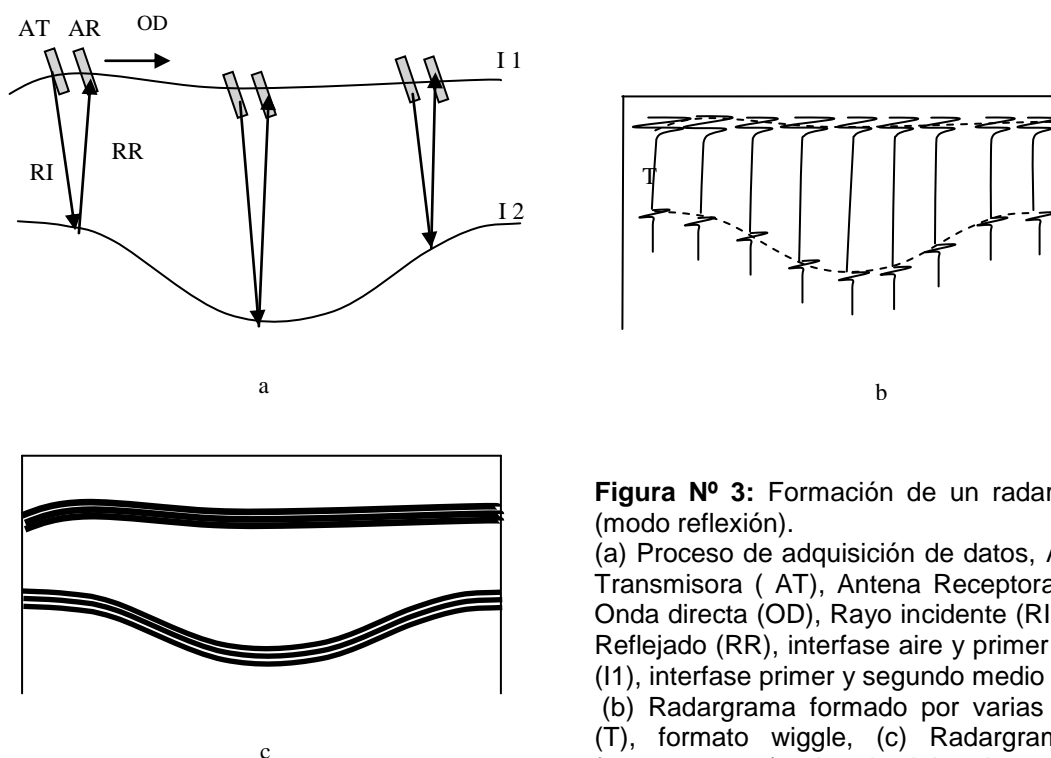


Figura N° 3: Formación de un radargrama (modo reflexión).

(a) Proceso de adquisición de datos, Antena Transmisora (AT), Antena Receptora (AR), Onda directa (OD), Rayo incidente (RI), Rayo Reflejado (RR), interfase aire y primer medio (I1), interfase primer y segundo medio (I2)

(b) Radargrama formado por varias trazas (T), formato wiggle, (c) Radargrama en formato scan (en banda del gris o colores asignados a diferentes amplitudes)

2.3 Trabajo de Campo

2.3.1 Equipo

El Georadar empleado es un equipo Pulse EKKO PRO de la compañía canadiense, Sensors & Software, Fig. 3. El equipo Pulse EKKO PRO consiste de lo siguiente: Tres antenas de 50, 100 y 200 MHz, Transmisor y Receptor, Pulsador eléctrico, Un sistema de adquisición de datos Digital Video Logger (DVL) con software incorporado para el ingreso de los parámetros del GPR, control de adquisición, parámetros de levantamiento, selección de directorios, archivos de almacenamiento y colección de líneas de datos, Cables de fibra óptica y Baterías.



(a)



(b)

Figura 3. Equipo pulse Ekko pro (biestatico). (a) Antenas no blindadas de 200 MHz., (b) Sistema de adquisición de datos (DVL)

2.3.2 Procedimiento en campo

Se realizó un previo reconocimiento de los sectores a investigar, teniendo en cuenta el interés tanto en geología como en arqueología del área de estudio en coordinación con los arqueólogos del Proyecto. Luego se procedió a realizar los test de control, la calibración del método geofísico del Georadar-GPR en modo reflexión, en la zona de Los Baluartes con el fin de caracterizar los reflectores de las señales electromagnéticas en las secciones de georadar, estos sirvieron como radargramas patrones .

El estudio geofísico se llevó a cabo del 23 al 30 de noviembre del 2009 a lo largo de un red de líneas (Plano : P-01 , anexo A), básicamente de control, en los sectores de Las Zonas 1, Zona 2 y Zona 3 de Los Baluartes y Muyuqmarca, las líneas fueron de distintas longitudes y densificadas de acuerdo a su importancia. Se ejecutaron 12 líneas transversales a los andenes y 11 líneas longitudinales, que incluye el trazo del canal de drenaje, a fin de visualizar las anomalías encontradas y que estarían relacionadas a las zonas de pandeamientos, deformaciones a causa de la infiltración de las aguas de lluvias.

Se exploraron con tres tipos de antenas, para los sectores antes mencionados y fueron las antenas no blindadas de 200 MHz, 100 MHz y de 50 MHz, proporcionándonos profundidades de 5, 10 y 20 m de investigación respectivamente, las dos primeras fueron para observar con mayor detalle y resolución las anomalías. Se realizaron 23 líneas, dando una longitud total de exploración de 2 411.30 m , como se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N°1. Cobertura Detallada del Levantamiento con Georadar

Sector	Antena	Línea	COORDENADAS				Longitud en Metros
			Punto inicial		Punto final		
			E	N	E	N	
BALUARTE	50 MHz	01	177 002	8 504 652	177 099	8 504 631	100
		02	177 044	8 504 606	177 197	8 504 608	159.5
	200 MHz	03	177 003	8 504 654	177 056	8 504 645	54.7
		04	177 044	8 504 606	177 174	8 504 605	128.1
		05	177 045	8 504 662	177 029	8 504 583	80.8
		06	177 017	8 504 643	177 035	8 504 654	22.1
		07	177 084	8 504 640	177 077	8 504 582	57.7
		08	177 063	8 504 583	177 141	8 504 611	85.4
		09	177 002	8 504 652	177 188	8 504 595	203.2
	100 MHz	10	177 165	8 504 624	177 155	8 504 689	65.2
		11	177 149	8 504 627	177 148	8 504 698	71.7
		12	177 142	8 504 629	177 157	8 504 707	79.7
		13	177 124	8 504 628	177 099	8 504 631	90.7
		14	177 102	8 504 643	177 114	8 504 699	69
		15	177 090	8 504 587	177 114	8 504 699	114.2
		16	177 079	8 504 591	177 102	8 504 702	104.2
		17	177 076	8 504 637	177 099	8 504 721	87.5
		18	177 070	8 504 647	177 075	8 504 719	76
		19	177 057	8 504 652	177 065	8 504 725	74.5
		20	177 045	8 504 668	177 048	8 504 732	62.2
		21	177 371	8 504 649	177 364	8 504 592	45.2
		22	177 368	8 504 675	177 284	8 504 641	278.2
		23	176 999	8 504 673	177 089	8 504 675	301.7
Subtotal						2 411.3	

Los datos fueron tomados con una velocidad de 0.13 m/ns, este valor por defecto no altera la interpretación que se haga posteriormente sobre el radargrama ya que después de la calibración de este se obtiene la velocidad de onda en el medio, se aplicó un control automático de ganancia (Automatic Gain Control, AGC).

Con el fin de asegurar la calidad y precisión de los datos de campo se tomaron en cuenta los parámetros (Manual del equipo de georadar Pulse Ekko Pro de Sensor & Software, 2006) y que están citados en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2. Parámetros para el levantamiento con antenas de 50, 100 y 200 MHz.

Frecuencia de la antena(MHz)	Profundidad de Investigación (m)	Ventana de Tiempo (ns)	Intervalo de Muestreo (ns)	Separación mínima de antenas (m)	Separación entre Estaciones(m)	Velocidad de la onda en el medio (m/ns)
100	10	200	0.8	1	0.25	0.13
200	5	100	0.4	0.5	0.10	0.13
50	20	400	1.6	2.0	0.50	0.13

3 RESULTADOS E INTERPRETACION DE LAS LINEAS CON GEORADAR – GPR

En las secciones se observa que las reflexiones se vieron afectadas por la presencia de materiales heterogéneos con diferentes grados de conductividades, compactación, alteración (material de relleno-depósitos antropicos) y la roca meteorizada y/o muy fracturada. Las zonas de fuerte reflexión múltiple se presentan en zonas de deformación a causa de la presión del mismo material y muros adyacentes con filtraciones de agua pluvial. Mediante la adquisición consecutiva de datos de GPR permite dar una interpretación cualitativa de la estructura del subsuelo del área prospectada. Las líneas de color azul y rojo nos indican el relieve topográfico de la línea levantada (23 líneas de Georadar), estos datos topográficos fueron extraídos del Levantamiento Topográfico del INC-sede Saqsaywaman-Cusco.

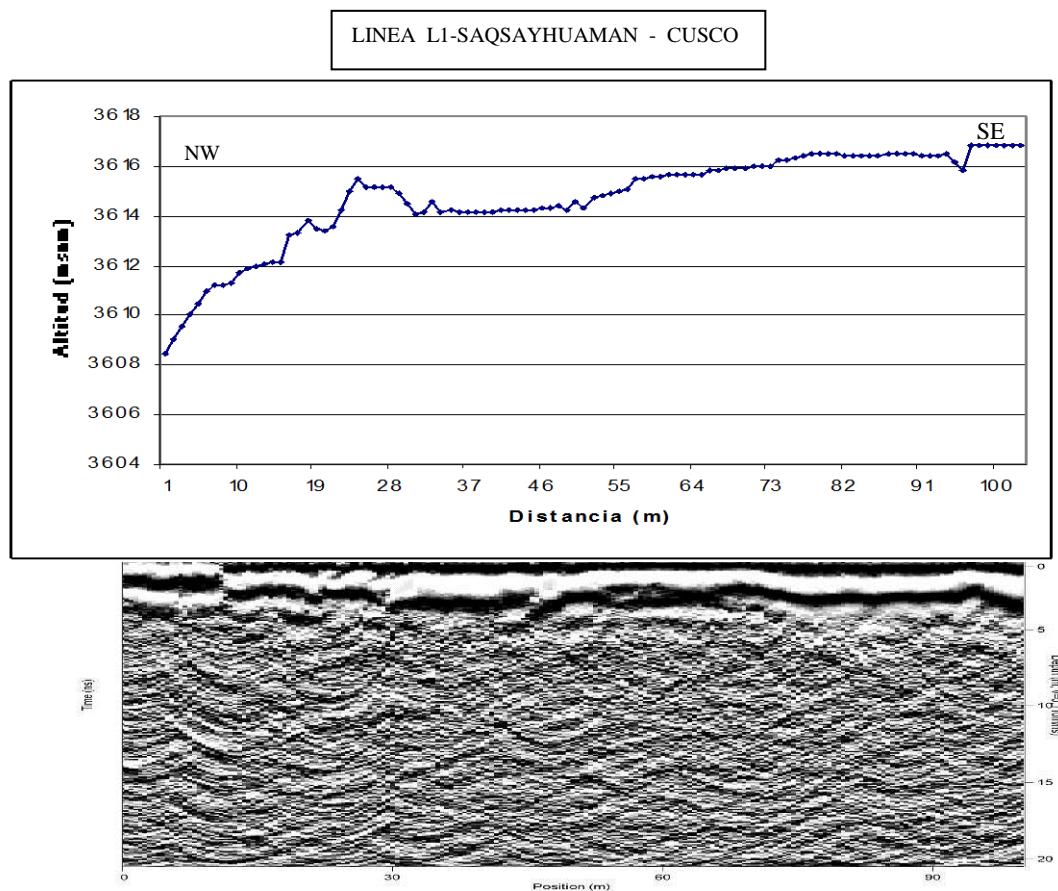


Figura N°4

3.1 LINEA LR-1 – ZONA 3 DE LOS BALUARTES (Figura N° 4)

Línea que se ubica en la parte superior de los baluartes sector 3 lado oeste con una longitud de 100.5 m de distancia, rumbo N13°W donde se ha determinado dos capas bien diferenciados. La capa superior esta conformado por materiales de relleno y/o depósitos antrópicos (arenas limosas) tiene un espesor de entre 1 a 4 m de espesor, la segunda capa inferior donde existe probablemente un material muy compacto hasta los 20 m. de profundidad asi como se ha determinado una anomalía puntual desde los 10 a 30 m (zona

rocosa con oquedades ?). No se ha podido obtener claramente la continuidad de la misma.

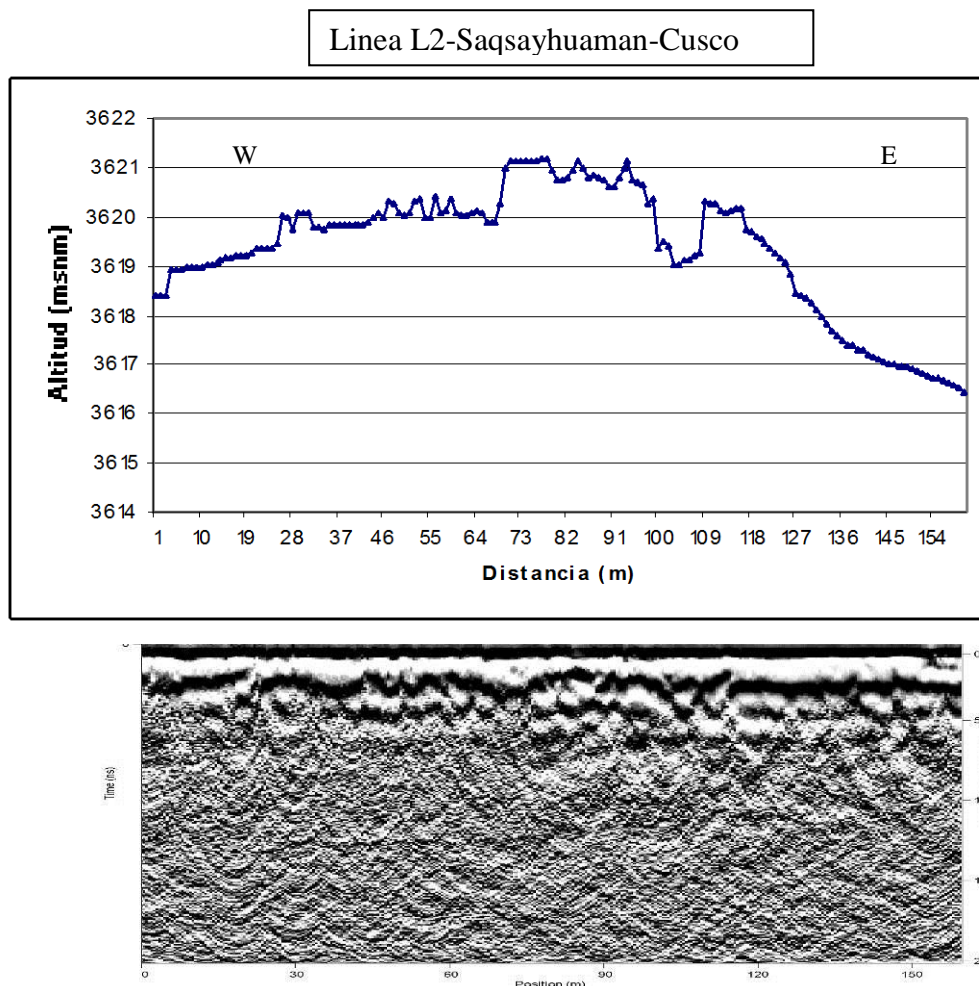


Figura N°5

3.2 LINEA LR-2 – ZONA DE MUYUQMARKA (Figura N° 5)

Línea con rumbo N89° y con una longitud de 159.5 m se ubica en el torreón de Muyuqmarka se ha determinado dos capas principales; la primera de material suelto de depósitos cuaternarios con espesores de entre 2 a 6 m de profundidad y la segunda de material compacto. Se ha determinado dos anomalías puntuales, ubicados la primera, entre los puntos 28 a 30 m y la otra mas amplia entre 73 a 109 m (zona de disturbación de ondas) hasta los 10 m de profundidad.

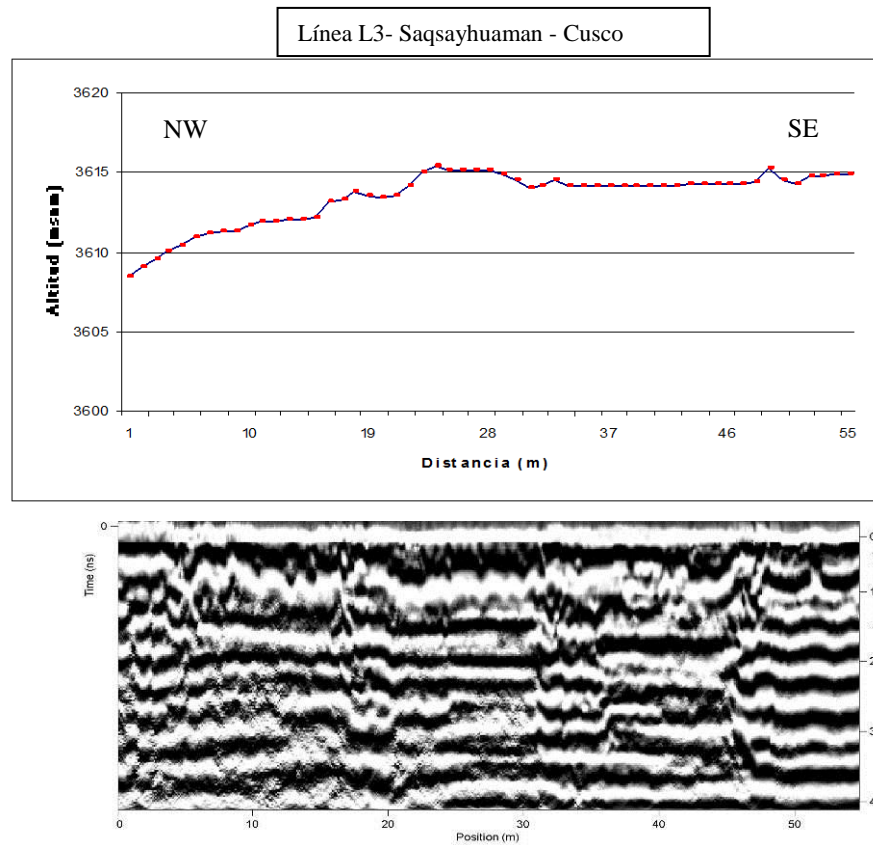


Figura N°6

3.3 LINEA LR-3 – PAMPA PIRAMIDE MAYOR (Figura N° 6)

Línea con rumbo N 2° W, se utilizó antenas de 200 MHz que nos proporcionaron profundidades de hasta 4 m , con una longitud de 54.7 m, se ha determinado en la parte superficial a material de relleno antrópico y/o suelo coluvial de entre 1 a 2 m y subyaciendo un material mas compacto. Se indica 4 anomalías puntuales con cierta inclinación en los puntos 6, 18, 33 y 48 m y que se corrobora lo determinado con antenas de 50 MHz.

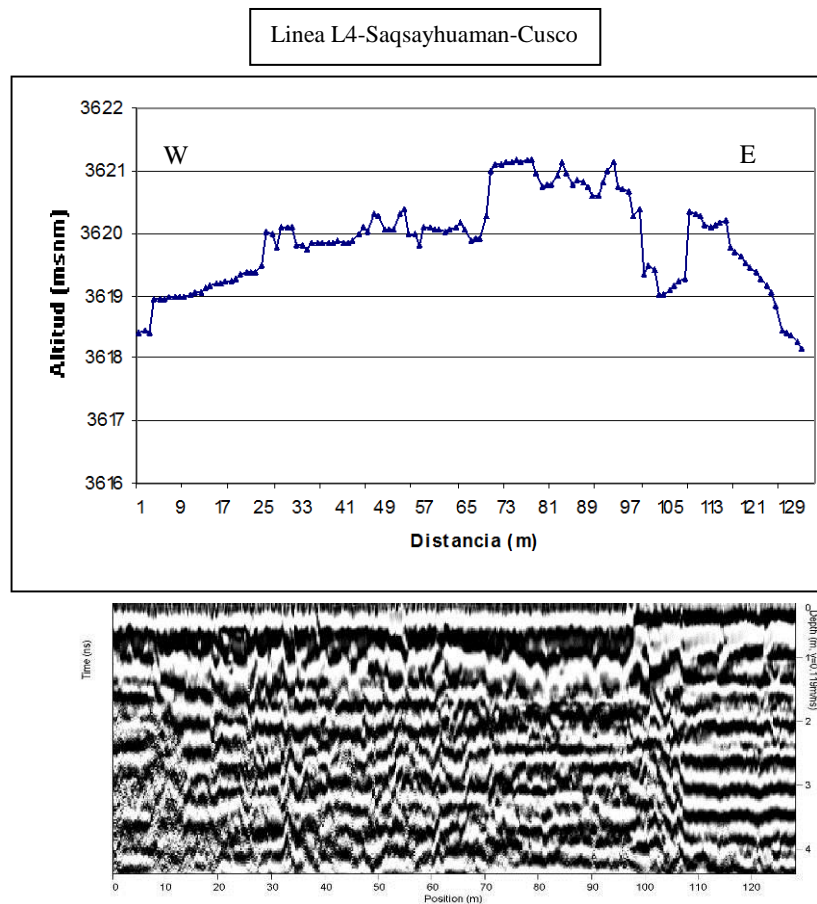


Figura N°7

3.4 LINEA LR-4 – SECTOR MUYUQMARKA (Figura N° 7)

Línea ubicada en el sector de Muyuqmarka, con una longitud de 128.1 m, con rumbo N88°E. Se ha determinado dos capas principales; la primera de material de relleno antrópico y/o material cuaternario coluvial de entre 1 a 3 m y subyaciendo la capa mas compacta donde se observa reflectores electromagnéticos discontinuos y que corresponden posiblemente a fisuras. Una fisura fuerte se presenta en el punto 100 m y que a partir de este punto parece encontrarse un contacto litológico marcado. Esta línea en su trayecto cruza la base del gran Torreón de Muyuqmarka en la que no presenta alguna anomalía fuerte pero si podemos determinar fisuras leves y muros enterrados.

Linea L5-Saqsayhuaman-Cusco

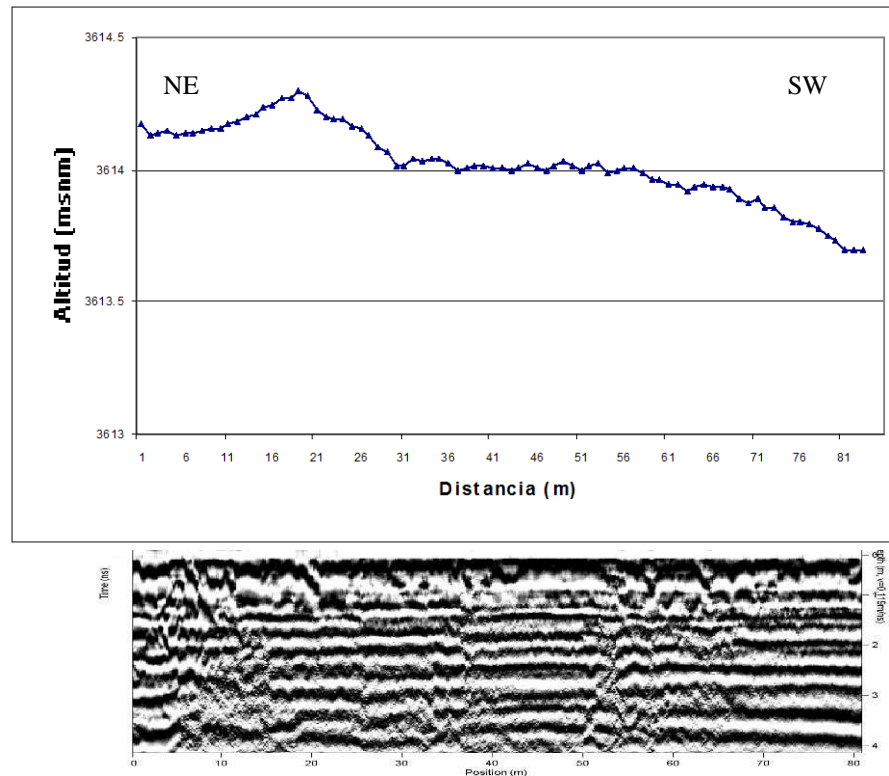


Figura N°8

3.5 LINEA LR-5 – PAMPA PIRAMIDE MAYOR (Figura N° 8)

Línea transversal con rumbo N11°E con una longitud de 80.8 m , se utilizó una antena de 200 MHz con profundidad de hasta 4 m. Se ha determinado dos capas, la primera de material de relleno ubicado en la parte frontal, antrópico y/o suelo coluvial con espesores de 1 a 1.5 m y por debajo se ha determinado el material mas compacto dentro del mismo se ubican anomalías puntuales ocasionadas por fisuras ubicada en los puntos 13, 26, 38 y 57 m a partir del punto 0 (punto de inicio). Asimismo se ha determinado un disturbamiento de reflectores electromagnéticos entre 0 a 13 m que podría estar relacionado a una zona de infiltración de agua pluviales y que han ocasionado zonas de debilitamiento y/o de deformación.

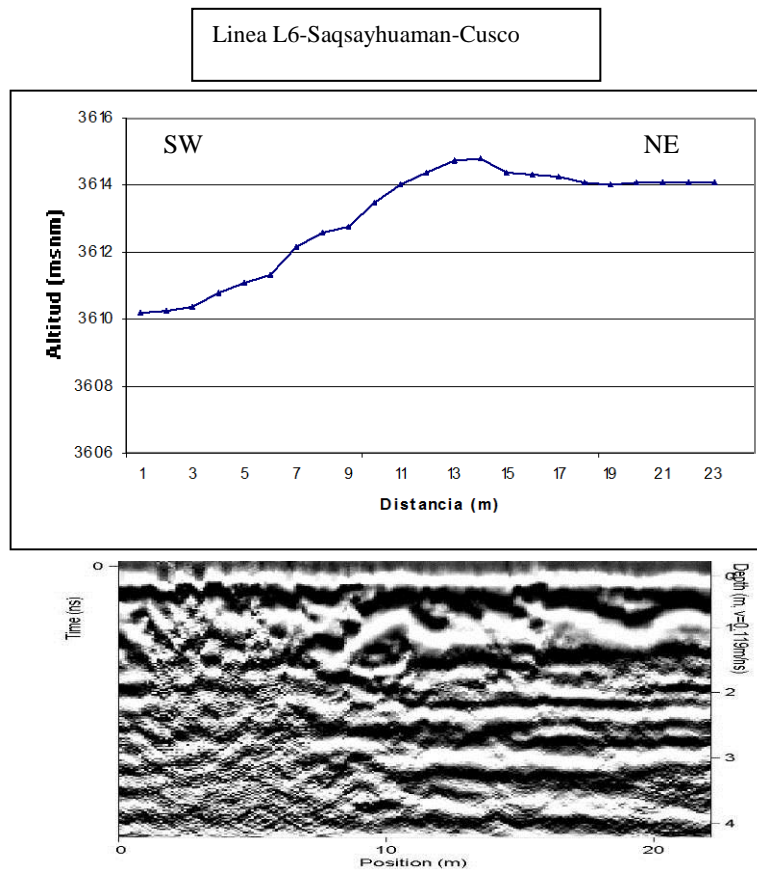


Figura N°9

3.6 LINEA LR-6 – SECTOR OESTE BALUARTES (Figura N° 9)

Línea transversal a las líneas L1 y L3, con rumbo N55°E y con una longitud de 22.1 m , se ha determinado en esta corta línea dos capas , la capa superior de material de suelo coluvial y/o de relleno antrópico con espesores delgados de entre 0.5 m a 1 m . Subyaciendo se encuentra el material compacto y/o roca muy meteorizada en la que se ha determinado un contacto litológico en el punto 8 m . Asimismo se ha determinado de una oquedad (vacío) entre los puntos 8 a 11 m hasta una profundidad de 2 m y que aparentemente puede ser la continuidad de una caverna existente actualmente en superficie y que es adyacente a la línea prospectada.

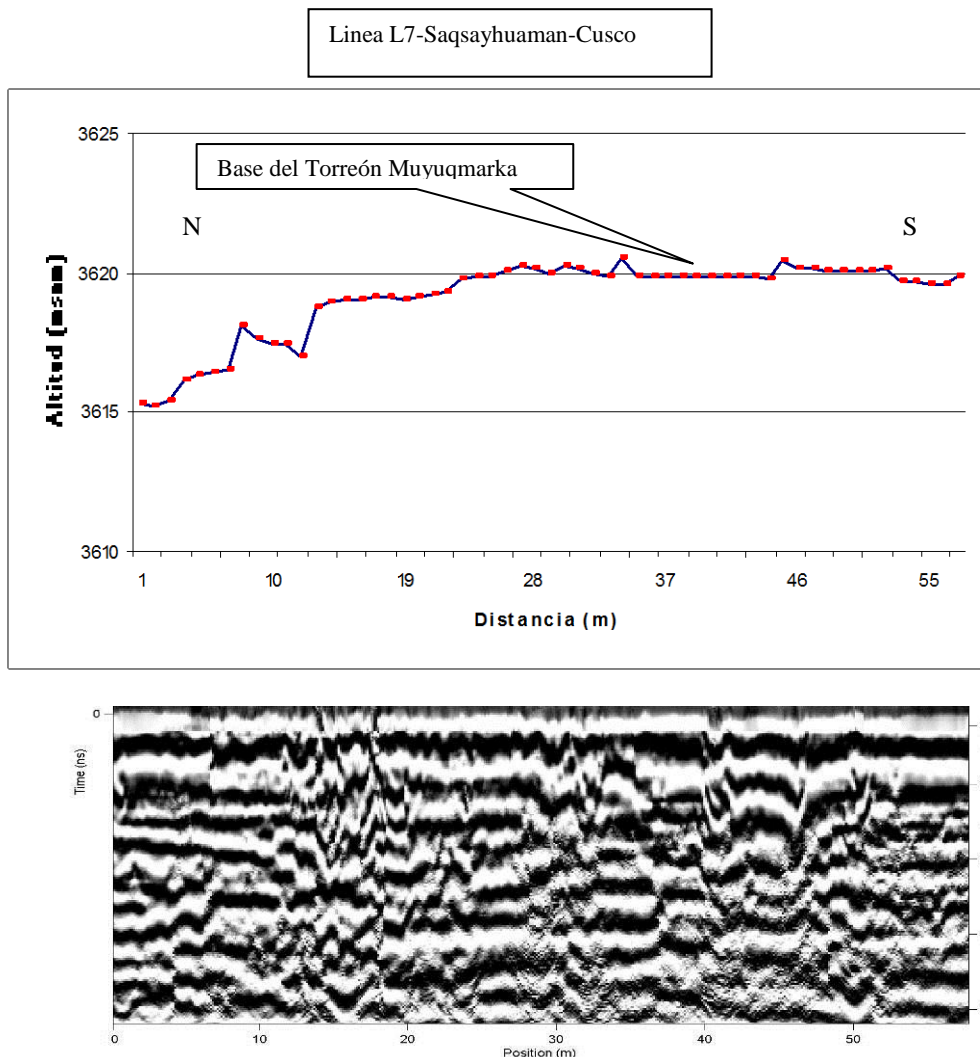


Figura N°10

3.7 LINEA LR-7 – SECTOR DE MUYUQMARKA (Figura N° 10)

Línea con rumbo N6°E, con una longitud de 57.7 m se utilizó antenas de 200 MHz, se ha determinado 2 capas ; la primera de material de relleno antrópico y/o material coluvial de hasta 1.6 m y subyaciendo encontramos a la capa de material mas compacto donde se ha localizado anomalías y que corresponden a reflectores electromagnéticos discontinuos entre los puntos 13 a 18 m (zona de infiltración de agua y/o de deformación) y también se ha determinado fisuras en los puntos 23, 42 y 47 m y reflectores electromagnéticos que se relacionan a muros enterrados en los puntos 40 y 50 m.

Linea L8-Saqsayhuaman-Cusco

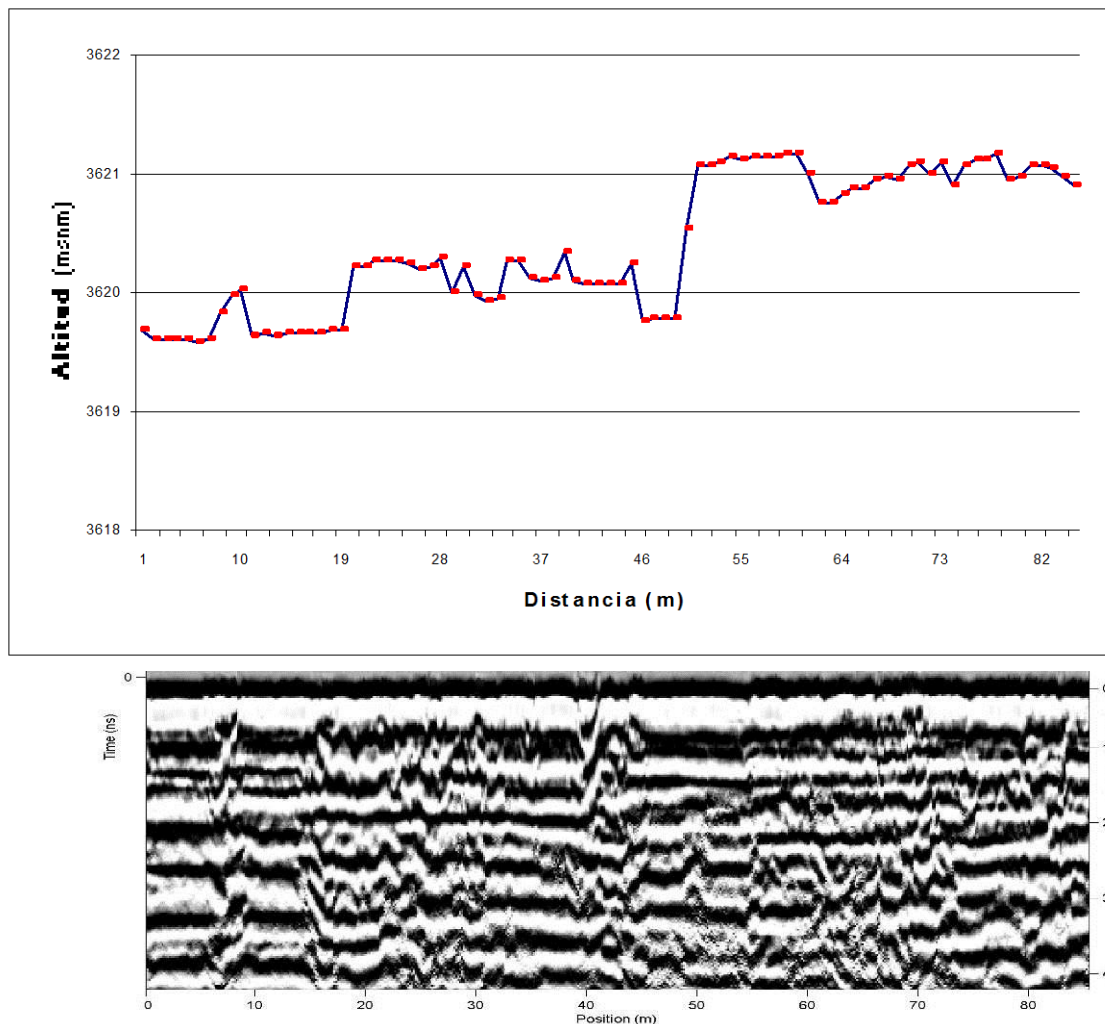


Figura N°11

3.8 LINEA LR-8 – SECTOR DE MUYUQMARKA (Figura N° 11)

Línea con rumbo N68°E y con una longitud de 85.4 m, bordeando la base del torreón de Muyuqmarka se ha determinado dos capas principales, la superior de material de relleno antrópico y/o material coluvial con espesores de entre 1 a 1.5 m. Subyaciendo se ha determinado a un material más compacto y/o a la roca meteorizada donde se encontraron anomalías puntuales en los puntos 9, 42 y 82 m y dos anomalías amplias de entre 15, a 24 m y entre 64 a 72 m (zona de deformación y/o de filtraciones de agua pluvial).

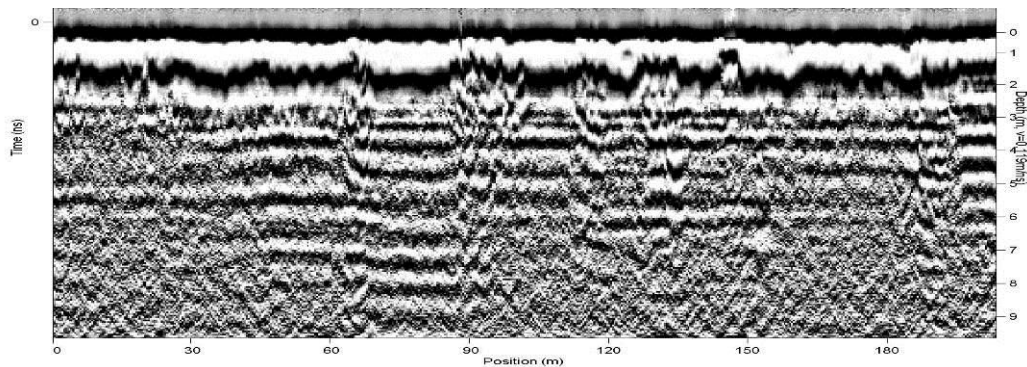
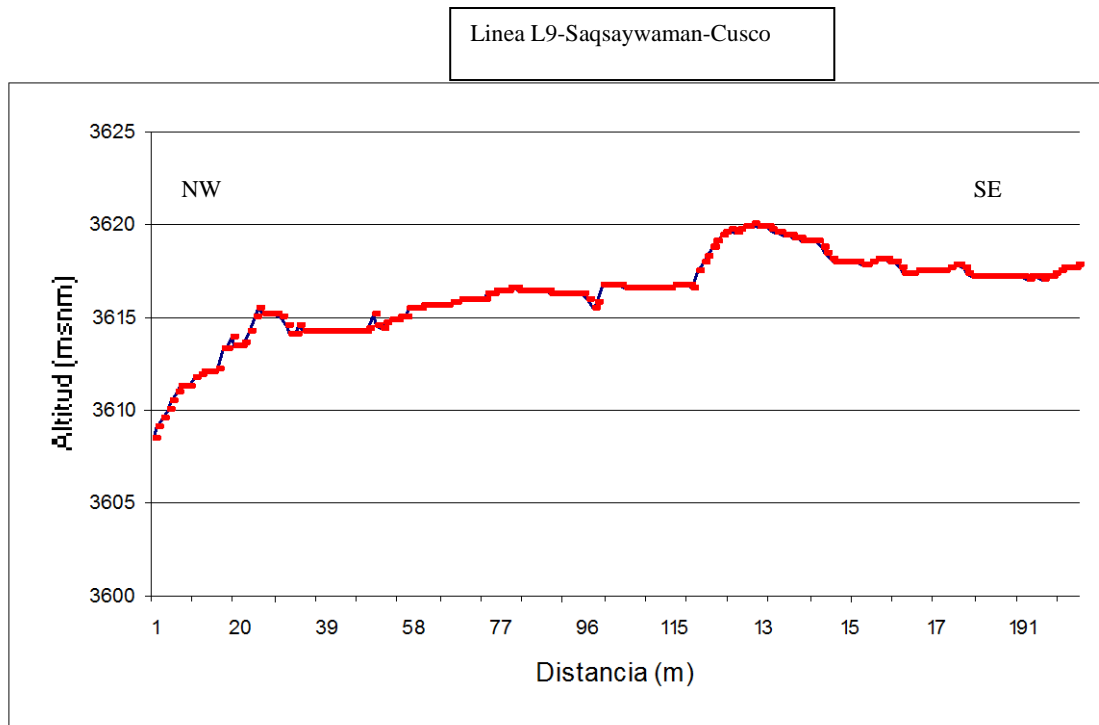


Figura N°12

3.9 LINEA LR-9 – PAMPA PIRAMIDE MENOR (Figura N° 12)

Línea longitudinal con rumbo NW-SE con una longitud de 203.2 m, se ha determinado dos capas principales, la primera de material de relleno antrópico y/o a material coluvial; la segunda capa lo constituye el material mas compacto, los reflectores son casi uniformes, pero con presencia de 5 anomalías puntuales débiles que estarían relacionadas a la presencia de cinco fracturas ubicadas en los puntos 62, 92, 120, 150 y 194 m.

Linea L10- Baluartes Saqsayhuaman-Cusco

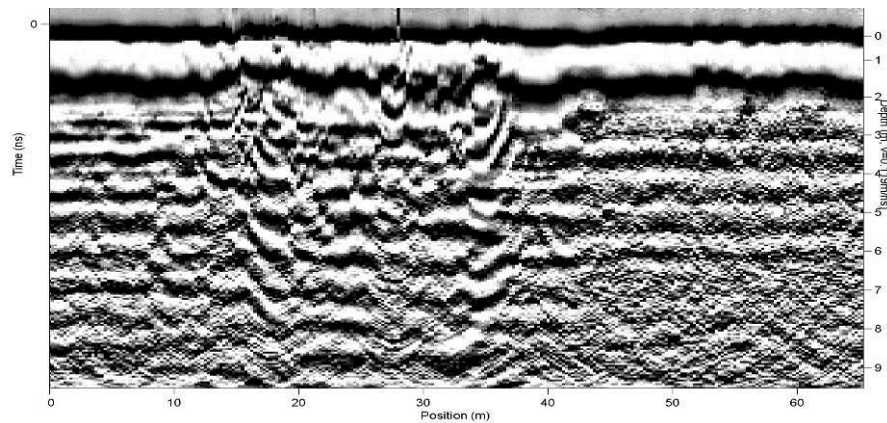
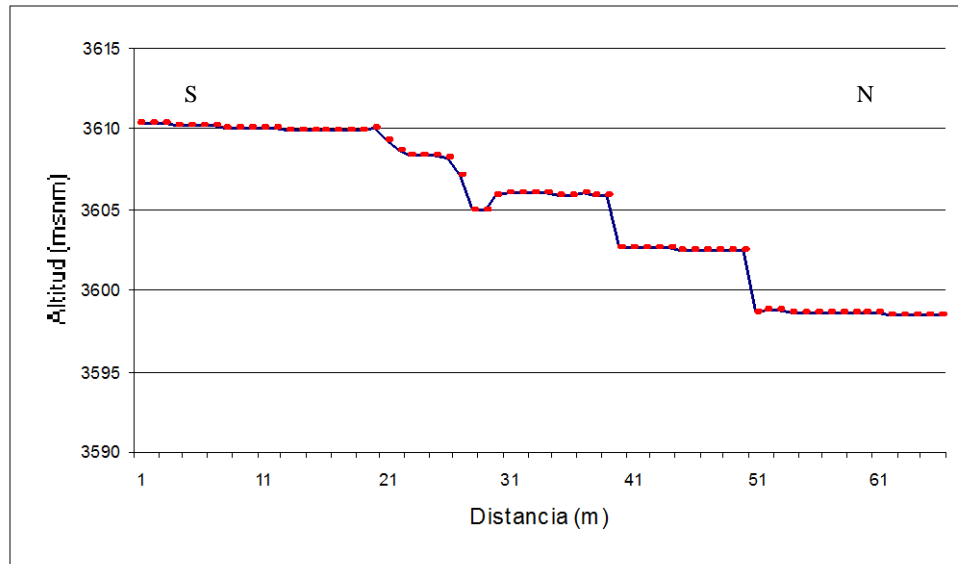


Figura N°13

3.10 LINEA TRANSVERSAL LR-10 – BALUARTES ZONA 1 (Figura N° 13)

Línea transversal con rumbo N8°W, con una longitud de 62.2 m. Está constituido de dos capas principales, la primera de material de relleno antrópico y/o coluviales con espesores de hasta 2 m ; la segunda capa conformado por el material mas compacto. Se han determinado reflectores electromagnéticos entre 15 a 38 m que podrían estar relacionados a la presencia de zonas de filtraciones de agua de lluvia y/o zonas muy débiles con deformación.

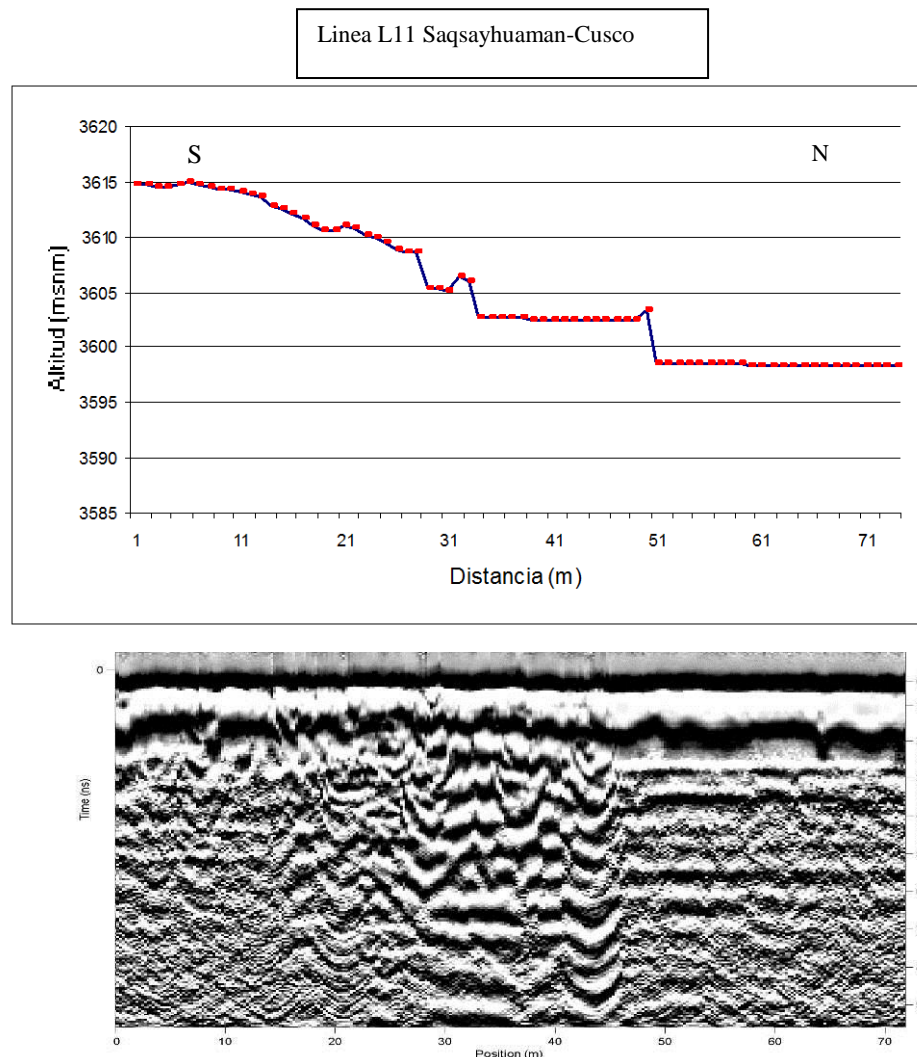


Figura N°14

3.11 LINEA TRANSVERSAL LR-11 – BALUARTES ZONA 1 (Figura N° 14)

Línea transversal con rumbo N2°W, con una longitud de 71.7 m esta constituido de dos capas principales, la primera de material de relleno antrópico de hasta los 2 m de profundidad; la segunda capa conformado por el material mas compacto. Se han determinado anomalías de deformación entre los puntos 28 a 40 m. asimismo se presenta una anomalía puntual uniforme con reflectores electromagnéticos discontinuos y que corresponden a la presencia de muros enterrados que sirvieron de base de las edificaciones incas y se localizan en el borde del baluarte inferior en los puntos 41 a 46 m.

Linea L12- Baluartes Zona 1 - Saqsayhuaman-Cusco

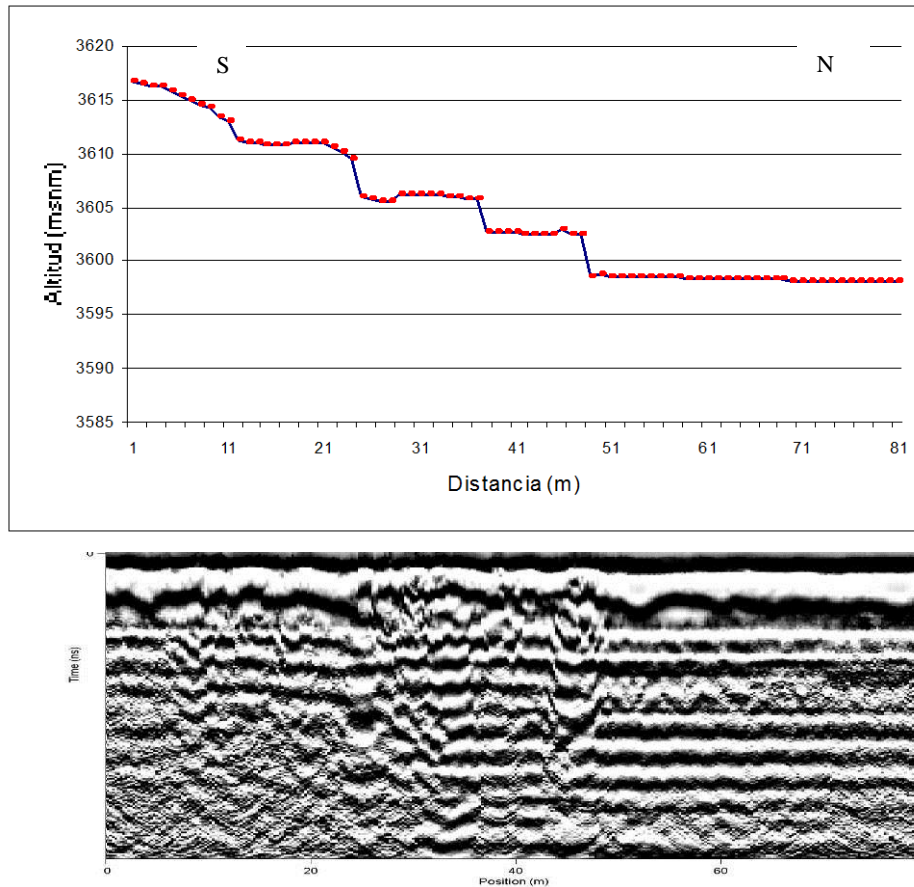


Figura N°15

3.12 LINEA TRANSVERSAL LR-12 – BALUARTES ZONA 1 (Figura N° 15)

Línea transversal con rumbo N5°W con una longitud de 79.7 m. Se ha determinado 2 capas principales; la primera capa conformada de material de relleno antrópico y/o depósitos coluviales con espesores de entre 1 a 2.5 m : la segunda capa inferior conformado por el material compactado hasta los 10 m de profundidad donde se ha determinado anomalías puntuales en los puntos 9, 26, 35 y 47 metros y estarían relacionados a la presencia de muros enterrados y entre 25 a 35 m se presenta una zona de fisuras y con infiltraciones de agua pluvial (zona de mayor grado de debilidad o de deformación).

Linea L13- Baluartes Zona 2 - Saqsayhuaman-Cusco

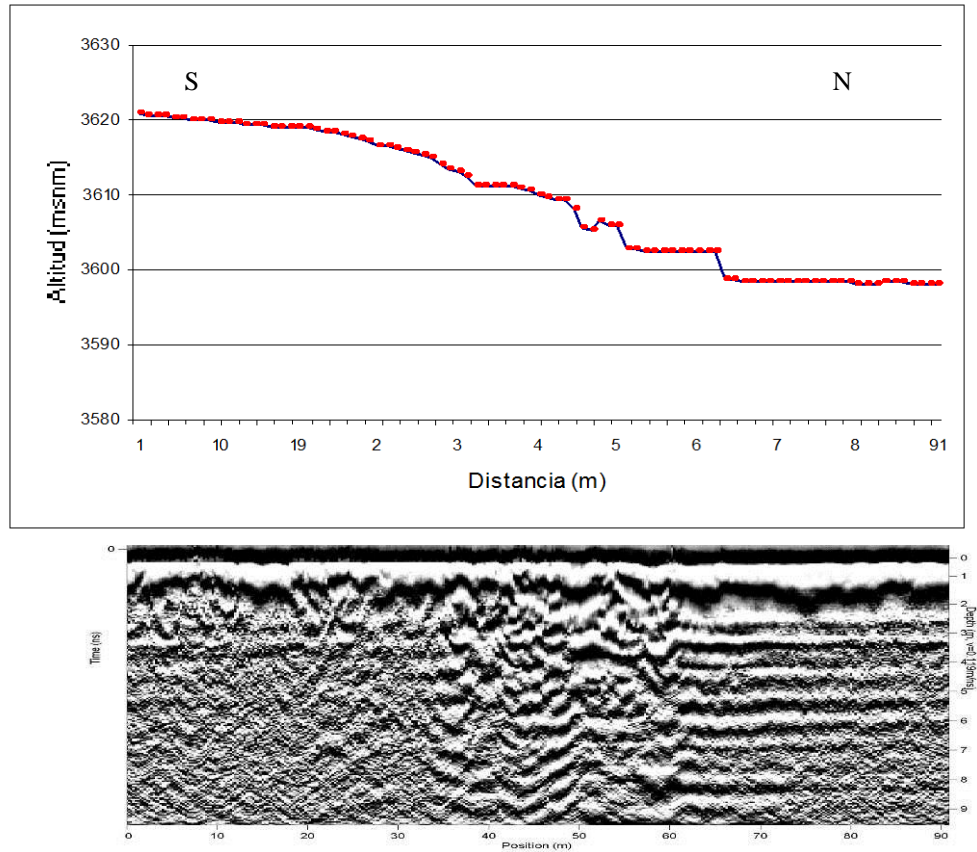


Figura N°16

3.13 LINEA TRANSVERSAL LR-13 – BALUARTES ZONA 2 (Figura N° 16)

Línea transversal con rumbo N3°E con una longitud de 90.7 m. Se ha determinado 2 capas principales; la primera capa conformada de material de relleno antrópico y/o depósitos coluviales con espesores de entre 1 a 1.8 m : la segunda capa inferior conformado por el material compactado donde se ha determinado anomalías puntuales en los puntos 36, 44, y 58 metros y estarían relacionados a la presencia de muros enterrados y entre 38 a 55 m se presenta una zona de fisuras y con infiltraciones de agua pluvial (zona de mayor grado de debilidad o de deformación).

Linea L14- Baluartes Zona 2 - Saqsayhuaman-Cusco

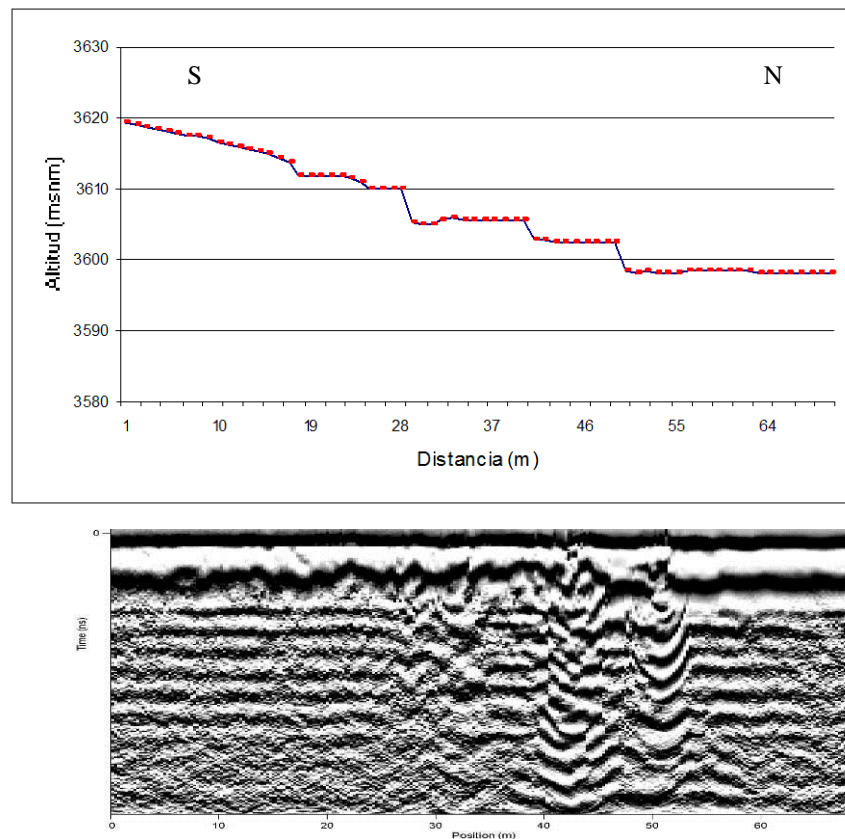


Figura N°17

3.14 LINEA TRANSVERSAL LR-14 – BALUARTES ZONA 2 (Figura N° 17)

Línea transversal con rumbo N7°W con una longitud de 69 m. Se ha determinado 2 capas principales; la primera capa conformada de material de relleno antrópico y/o depósitos coluviales con espesores de entre 1.6 a 3 m (Explanada) : la segunda capa inferior conformado por el material compactado donde se ha determinado anomalías hiperbólicas puntuales en los puntos 32, 42, y 50 metros y estarían relacionados a la presencia de muros enterrados y entre 27 a 53 m se presenta una zona de deformación y con infiltraciones de agua pluvial (zona de mayor grado de debilidad).

Linea L15- Baluartes Zona 3 - Saqsayhuaman-Cusco

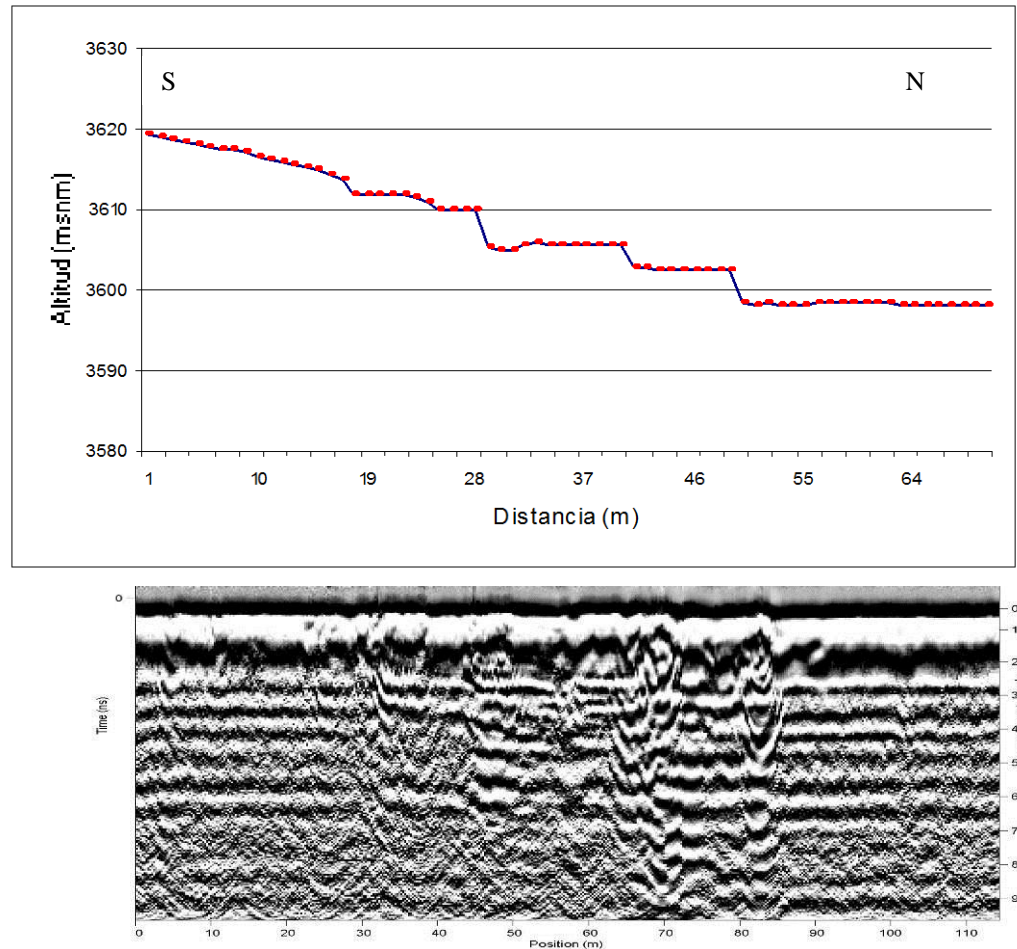


Figura N°18

3.15 LINEA TRANSVERSAL LR-15 – BALUARTES ZONA 3 (Figura N° 18)

Línea transversal a los Baluartes, se ubica en la zona crítica 3, con rumbo N10°E y con una longitud de 114.2 m. Se ha determinado 2 capas principales; la primera capa conformada de material de relleno antrópico y/o depósitos coluviales con espesores de entre 1 a 1.5 m ; la segunda capa inferior conformado por el material compactado donde se ha determinado anomalías puntuales en los puntos 49, 70, y 85 metros y estarían relacionados a la presencia de muros enterrados y entre 45 a 80 m se presenta una zona de fisuras y con filtraciones de agua pluvial (zona de mayor grado de debilidad o de deformación).

Linea L16- Baluartes Zona 3 - Saqsayhuaman-Cusco

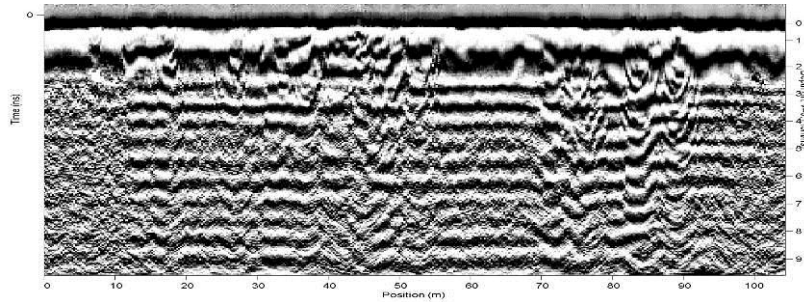
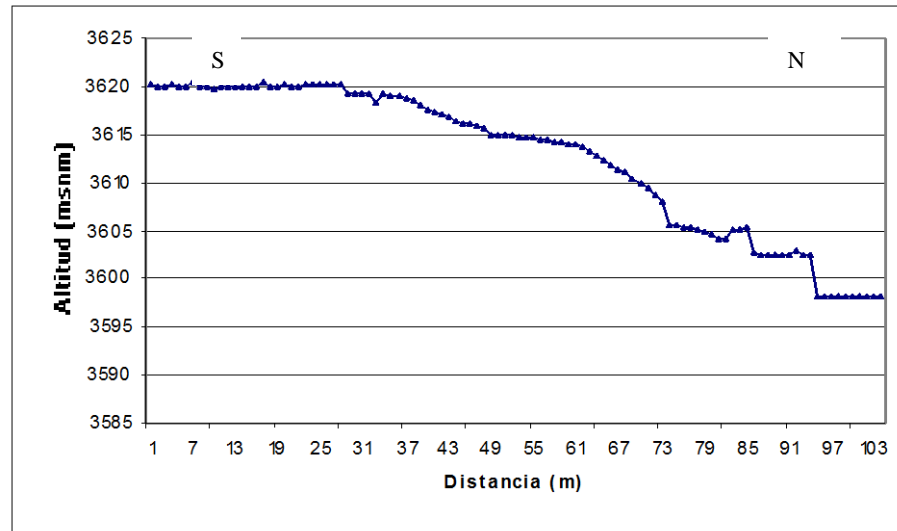


Figura N°19

3.16 LINEA TRANSVERSAL LR-16 – BALUARTES ZONA 3 (Figura N° 19)

Línea transversal a los Baluartes, con rumbo N9°E con una longitud de 104.2 m. Se ha determinado 2 capas principales; la primera capa conformada de material de relleno antrópico y/o depósitos coluviales, con espesores de entre 1.5 m a 2 m : la segunda capa inferior conformado por el material compactado donde se ha determinado anomalías puntuales en los puntos 15, 33,, 48, 75 y 83 metros y estarían relacionados a la presencia de muros enterrados, asimismo presenta dos zonas de deformación, una entre 38 a 55 m y la otra entre 72 a 88 m, que corresponden a una zona de fisuras y con infiltraciones de agua pluvial (zona de mayor grado de debilidad o de deformación).

Linea L17- Baluartes Zona 3 - Saqsayhuaman-Cusco

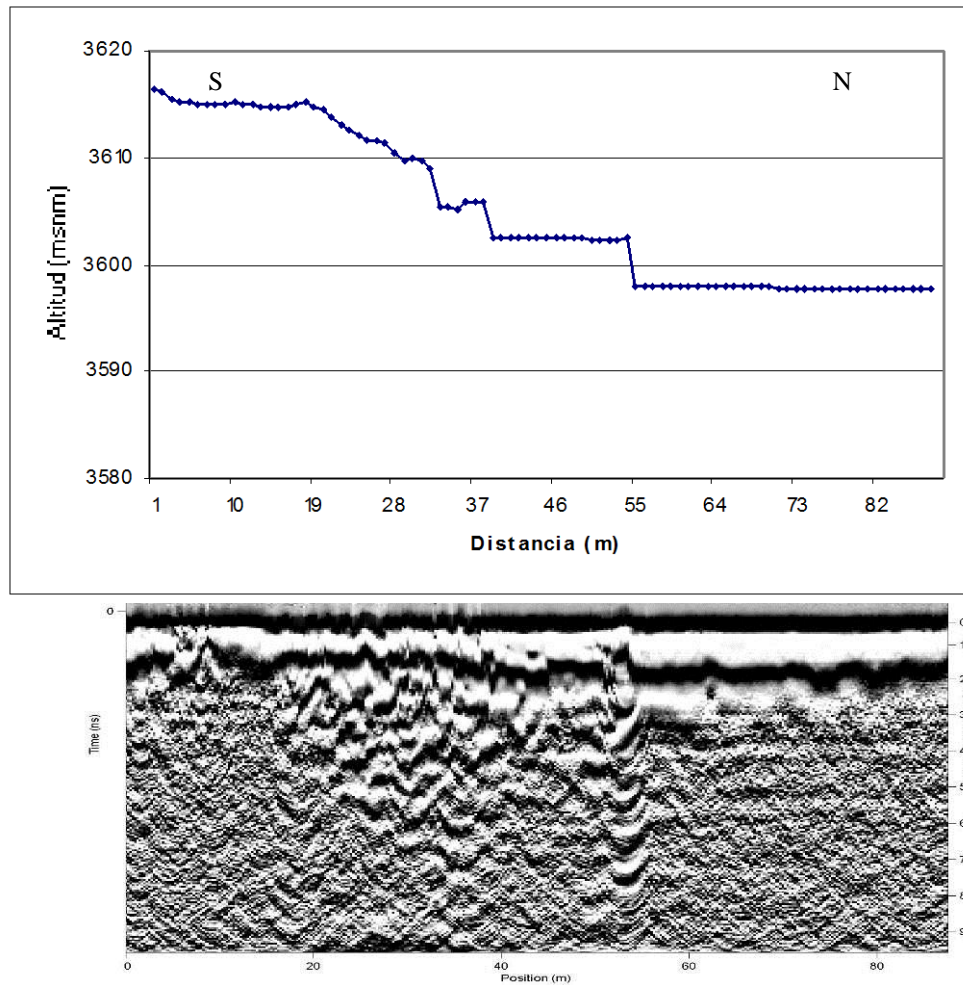


Figura N°20

**3.17 LINEA LR-17 – PLATAFORMA DE LA PIRAMIDE MAYOR
(Figura N° 20)**

Línea transversal a los andenes, con rumbo N15°E, con una longitud de 87.5 m. Se ha determinado 2 capas principales; la primera capa conformada de material de relleno antrópico y/o depósitos coluviales con espesores de entre 1.6 a 3 m : la segunda capa inferior conformado por el material compactado donde se ha determinado anomalías puntuales en los puntos 20, 36, y 54 metros y estarían relacionados a la presencia de muros enterrados y se ha determinado entre estos muros hasta una profundidad de 5 a 6 metros anomalías con cambios bruscos de los reflectores electromagnéticos y que estarían relacionados a una zona de fisuras y con infiltraciones de agua pluvial (zona de mayor grado de debilidad o de deformación), esta zona se localiza entre 18 a 52 m..

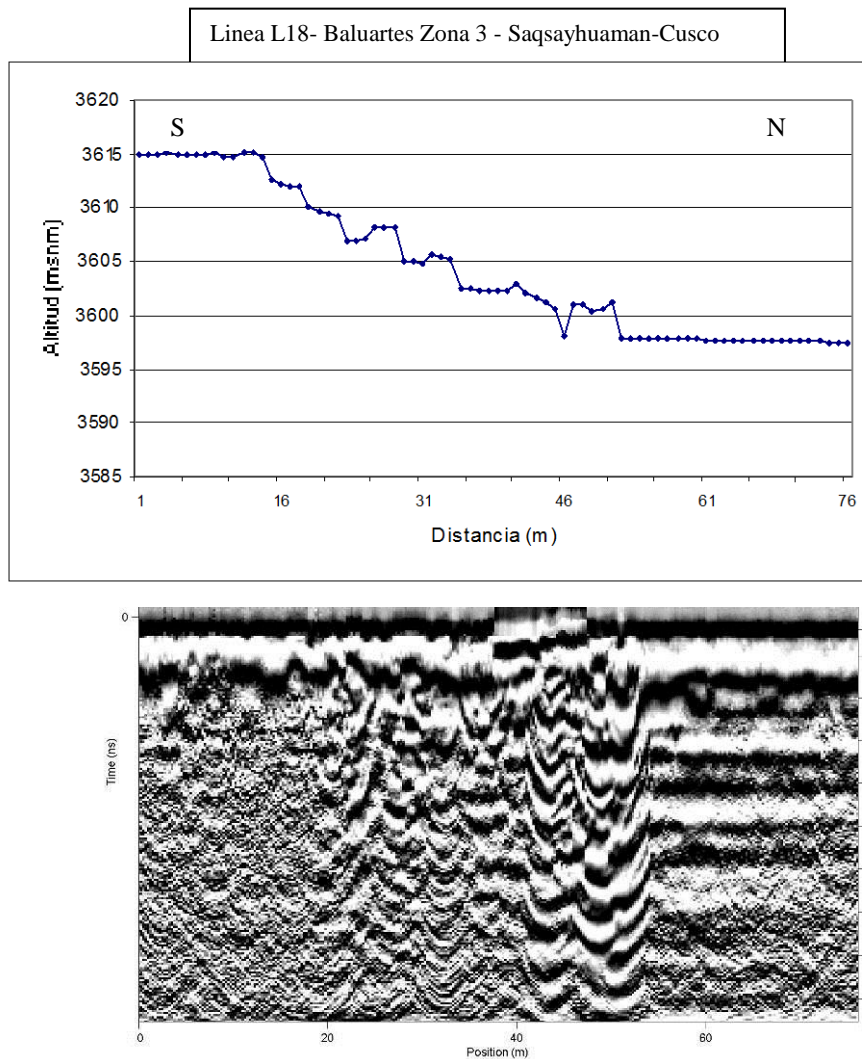


Figura N°21

3.18 LINEA TRANSVERSAL LR-18- BALUARTES ZONA 3 (Figura N° 21)

Línea transversal con rumbo N3°E con una longitud de 76 m. Se ha determinado 2 capas principales; la primera capa conformada de material de relleno antrópico y/o depósitos coluviales con espesores de entre 1 a 2 m : la segunda capa inferior conformado por el material compactado donde se ha determinado cuatro (4) anomalías puntuales en los puntos 24, 38, 46 y 50 metros y estarían relacionados a la presencia de muros enterrados, asimismo se ha determinado una anomalía de disturbación electromagnética entre 24 a 50 hasta los 5 m de profundidad relacionados a una zona de fisuras y con infiltraciones de agua pluvial (zona de mayor grado de debilidad o de deformación).

Línea L19- Baluartes Oeste - Saqsayhuaman-Cusco

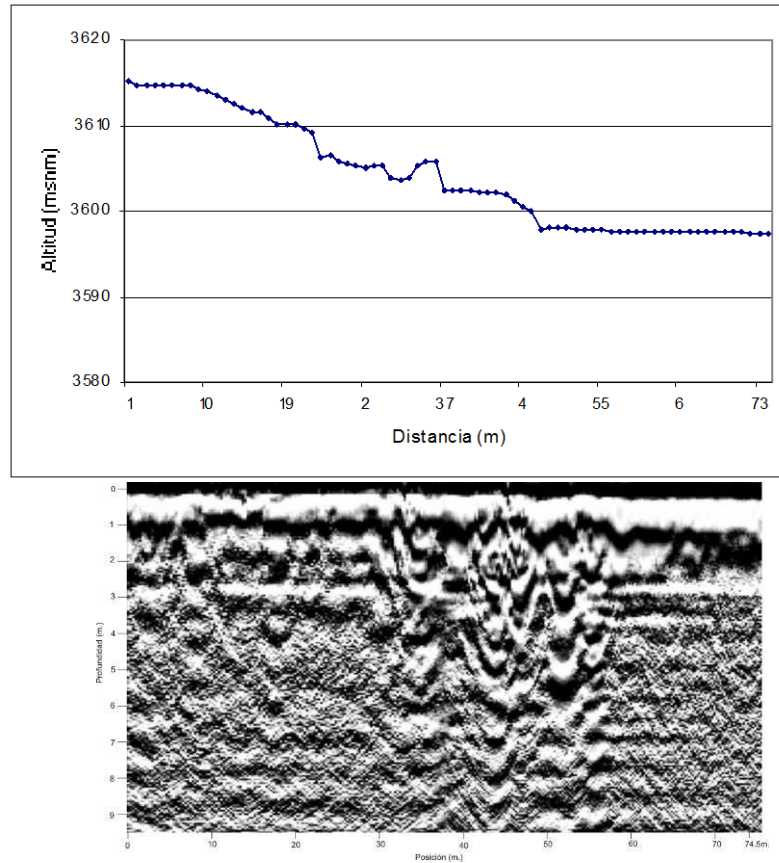


Figura N°22

3.19 LINEA TRANSVERSAL LR-19 – BALUARTES ZONA 3 (Figura N° 22)

Línea transversal con rumbo N7°E, con una longitud de 74.3 m. Se ha determinado 2 capas principales; la primera capa conformada de material de relleno antrópico y/o depósitos coluviales con espesores de entre 1 a 1.8 m : la segunda capa inferior conformado por el material compactado donde se ha determinado anomalías puntuales significativas entre los puntos 39 a 46 metros que corresponden a la presencia de dos muros enterrados específicamente en los puntos 38 y 46 m . Se ha determinado una zona de mayor disturbación entre los puntos 39 a 40 m que merecen ser verificados donde muy probablemente este relacionado a una zona de fisuras y con infiltraciones de agua pluvial (zona de mayor grado de debilidad o de deformación).

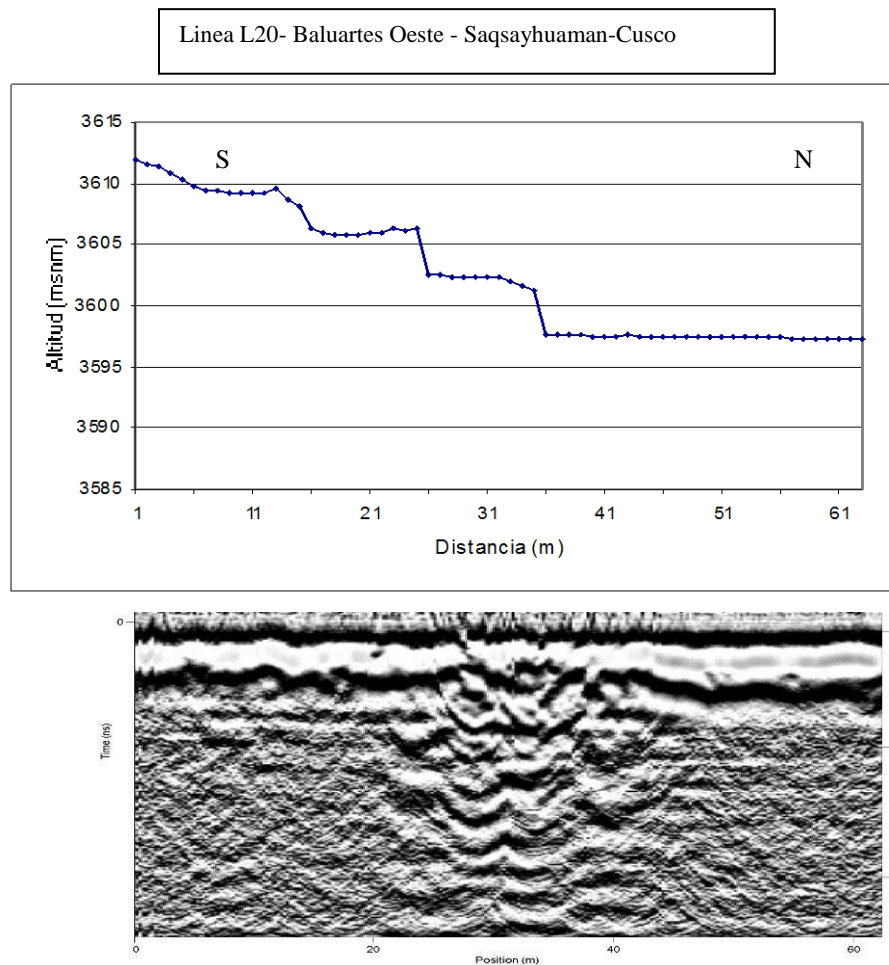


Figura N°23

**3.20 LINEA TRANSVERSAL LR-20 – BALUARTES ZONA OESTE
(Figura N° 23)**

Línea transversal con rumbo N4°E, con una longitud de 62.2 m. Se ha determinado 2 capas principales; la primera capa conformada de material de relleno antrópico y/o depósitos coluviales con espesores de entre 2 a 3.5 m : la segunda capa inferior conformado por el material compactado donde se ha determinado anomalías puntuales en los puntos 25, 35 y 41 metros y estarían relacionados a la presencia de muros enterrados. La zona con reflectores electromagnéticos discontinuos y disturbamiento se localizan entre los puntos 28 a 38 m y que esta relacionado a la presencia de una zona de fisuras y con filtraciones de agua pluvial (zona de mayor grado de debilidad o de deformación).

Línea L21- Baluartes Este - Saqsayhuaman-Cusco

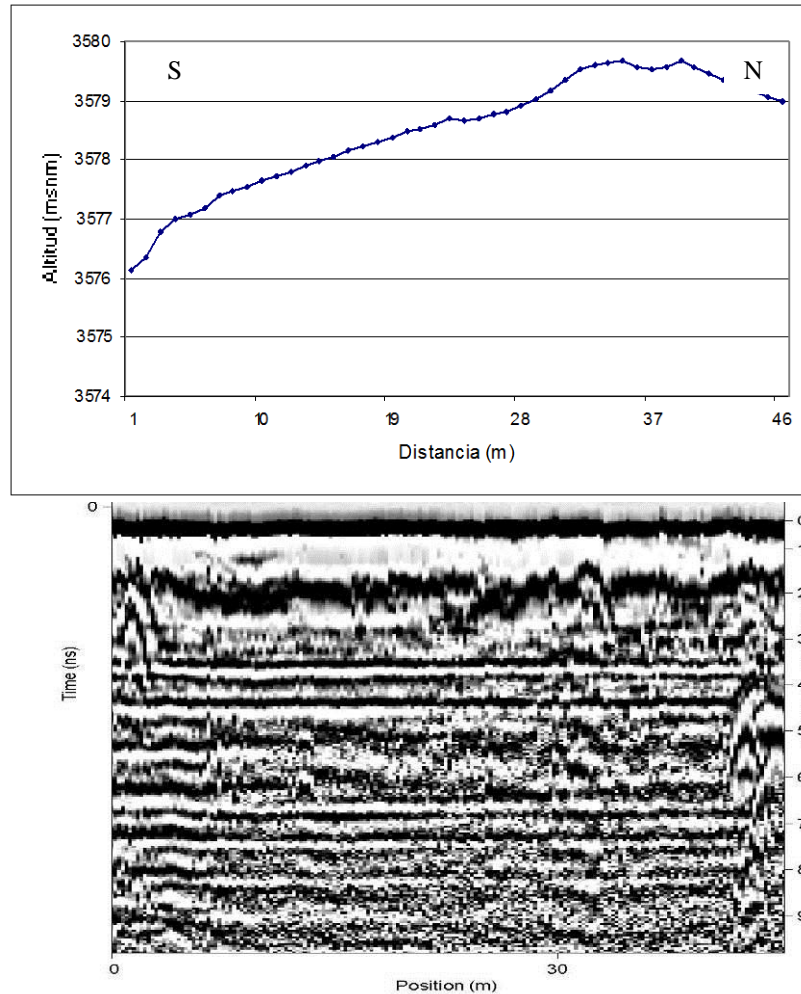


Figura N°24

3.21 LINEA TRANSVERSAL LR-21 – BALUARTES ZONA ESTE (Figura N° 24)

Línea transversal a los baluartes, ubicada en el extremo este del área prospectada, con rumbo N19°E, con una longitud de 45.2 m. Se ha determinado 2 capas principales; la primera capa conformada de material de relleno antrópico y/o depósitos coluviales con espesores de entre 1.5 a 2.4 m : la segunda capa inferior conformado por el material compactado donde se ha determinado anomalías puntuales en los puntos 3, 32 y 44, metros y estarían relacionados a la presencia de muros enterrados y/o presencia de afloramiento rocoso. En esta capa se presenta una anomalía planar a profundidad de 4.5 m hasta los 6 m con un espesor de 1.5 m y que estaría relacionado a una zona de fisuras y con infiltraciones de agua pluvial (zona de mayor grado de debilidad o de deformación).

Línea L22- Baluartes Este - Saqsayhuaman-Cusco

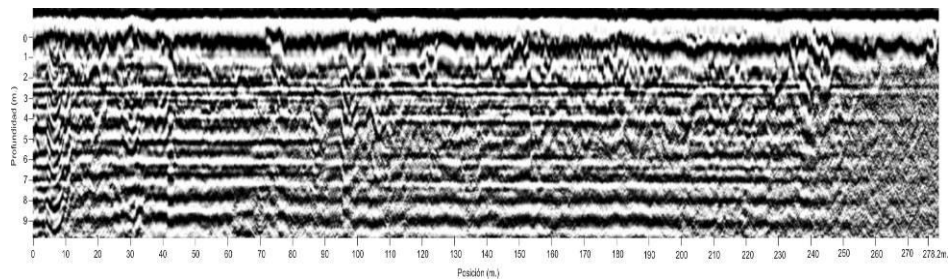
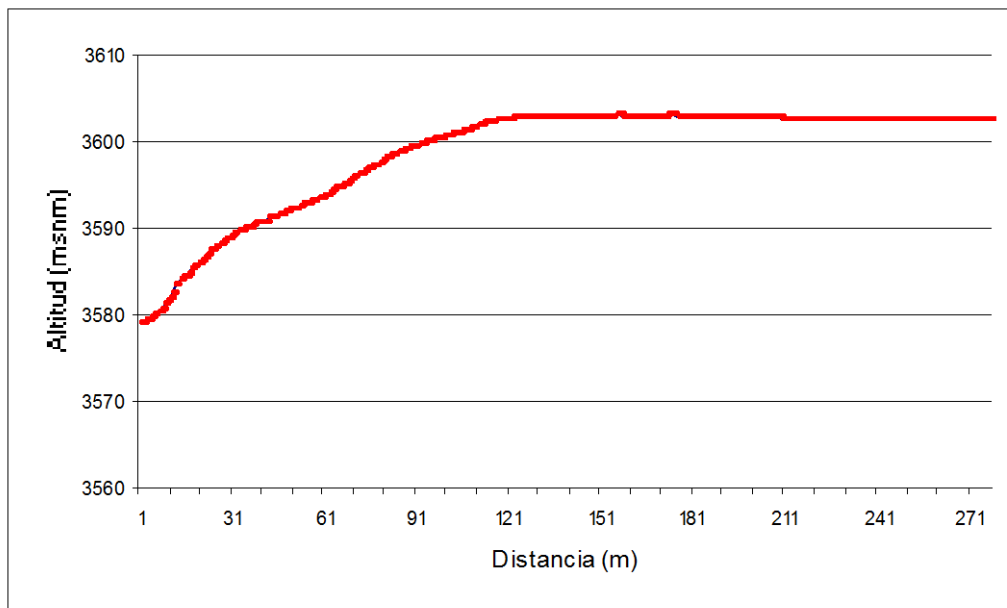


Figura N°25

3.22 LINEA LR-22 – ZONA DE PRIMER NIVEL BALUARTES (Figura N°25)

Línea longitudinal a los Baluartes, se ubica en el baluarte inferior y tiene una longitud de 278.2 m y rumbo E-W . Se ha determinado 2 capas principales; la primera capa conformada de material de relleno antrópico y/o depósitos coluviales con espesores de entre 1.6 a 3 m; la segunda capa inferior conformado por el material compactado en esta capa se ha identificado en el punto 242 m un contacto litológico y además se han determinado anomalías puntuales en los puntos 6, 30, 96, 140, 216 y 235 m. y estarían relacionados a la presencia de muros enterrados transversales a los Baluartes.y asimismo se ha definido una zona de disturbación de los reflectores electromagnéticos entre los puntos 152 m a 243 m y que estaría relacionado a la zona de mayor debilitamiento a causa de la humedad y presencia de fracturas y que merecen ser observados con mayor detalle. No se ha determinado falla alguna, pero si fracturamientos en los puntos 121 m, 151 m y 243 m.

Línea L23- Canal - Saqsayhuaman-Cusco

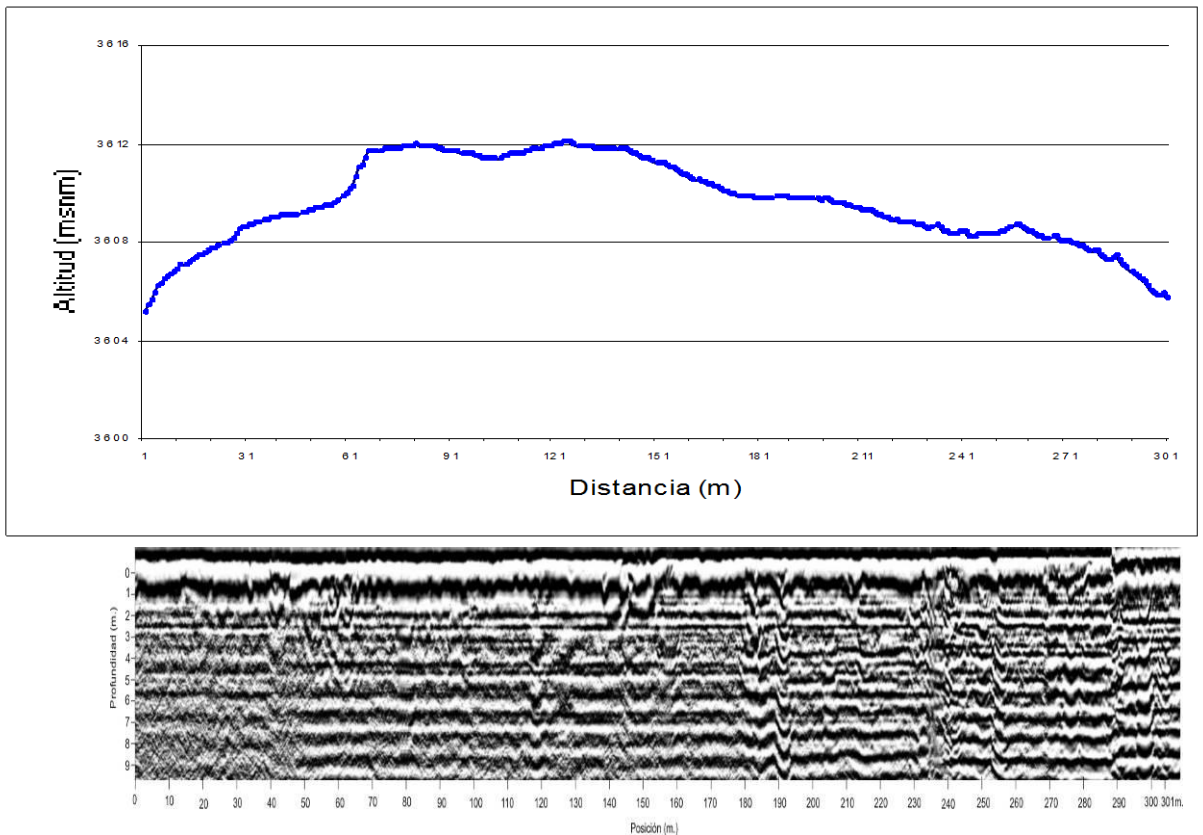


Figura N°26

3.23 LINEA LR-23 – CANAL O DREN PROPUESTO (Figura N° 26)

Línea longitudinal a los Baluartes, se ubica en la parte superior de los Baluartes específicamente en el trazo del canal propuesto para el drenaje de las aguas de lluvia y tiene una longitud de 301.7 m y con un rumbo W-E. Se ha determinado 2 capas principales; la primera capa conformada de material de relleno antrópico y/o depósitos coluviales con espesores de entre 2.1 a 3.5 m : la segunda capa inferior conformado por el material compactado en la que se han identificado anomalías puntuales en los puntos 6, 32, 42, 75, 100, 118, 122, 152, y 188 m y estarían relacionados a la presencia de muros enterrados transversales a los Baluartes. Se han determinado anomalías con disturbaciones moderadas entre los puntos 140 a 160 m, entre 180 a 200 m y entre 220 a 260 m, que estarían relacionados a sectores con fisuras e infiltraciones de agua pluvial (zona de mayor grado de debilidad o de deformación). Se han determinado anomalías relacionadas a dos fisuras principales de 3 a 5 m de profundidad en los puntos 158 m y 253 m.

4 Conclusiones y Recomendaciones

1.- Las líneas de Georadar – GPR ejecutadas en los Baluartes y sector de Muyuqmarka del parque arqueológico de Saqsaywaman en el Cusco, muestran reflectores electromagnéticos que corresponden a patrones de reflexión bien definidas que indican claramente cambios litológicos y de anomalías del suelo causados por la constante dieléctrica, permitividad y conductividad eléctrica del medio.

2 - De acuerdo a las anomalías encontradas en la parte superior de los Baluartes específicamente en la Línea L6 se ha determinado una oquedad que parece estar relacionado a la continuidad de una caverna existente en el afloramiento rocoso, esta línea se ubica transversal diagonal al rumbo de dicha caverna. Mientras que en las líneas L1 y L3 y L5 no hay una clara anomalía que defina los límites de esta caverna, pero si se ha determinado reflexiones electromagnéticas discontinuas que estarían relacionadas a fisuras y fracturas de la roca.

3.- Del análisis de los radargramas registrados en la zona de Muyuqmarka se ha determinado anomalías puntuales relacionadas a la presencia de muros enterrados y a fracturas hasta una profundidad de 4 m. y en el sector superior de los Baluartes zona 3 , específicamente en la Línea L9 se ha determinado anomalías relacionadas a la presencia de muros enterrados de hasta 6.5 m y se ha determinado fracturas y/o fisuras.

4.- Del análisis de las 11 líneas transversales a los Baluartes (L10, L11, L12, L13, L14, L15, L16, L17, L18, L19 y L20) presentan un sector bien definido de anomalías muy disturbadas y/o reflectores electromagnéticos discontinuos y que se localizan en los tres niveles de los Baluartes como se observa en las figuras correspondientes a estas líneas, y que parecen estar relacionados a la presencia de material húmedo donde ha existido filtraciones de agua pluvial por lo tanto esta zona conforma la zona de deformación que hay que tomar muy en cuenta, no existe falla activa alguna , pero si zonas de fracturamientos, fisuras, asimismo se ha determinado anomalías puntuales que caracterizan a la presencia de muros enterrados.

5.- Del análisis de la Línea L22 ubicado en el primer nivel de los Baluartes se han determinado anomalías puntuales relacionadas a muros enterrados como bases y se ha definido una zona de disturbación de los reflectores electromagnéticos entre los puntos 152 m a 243 m y que estaría relacionado a la zona de mayor debilitamiento a causa de la humedad y presencia de fracturas y que merecen ser observados con mayor detalle. No se ha determinado falla alguna, pero si fracturamientos y/o fisuras en los puntos 121 m, 151 m y 243 m.

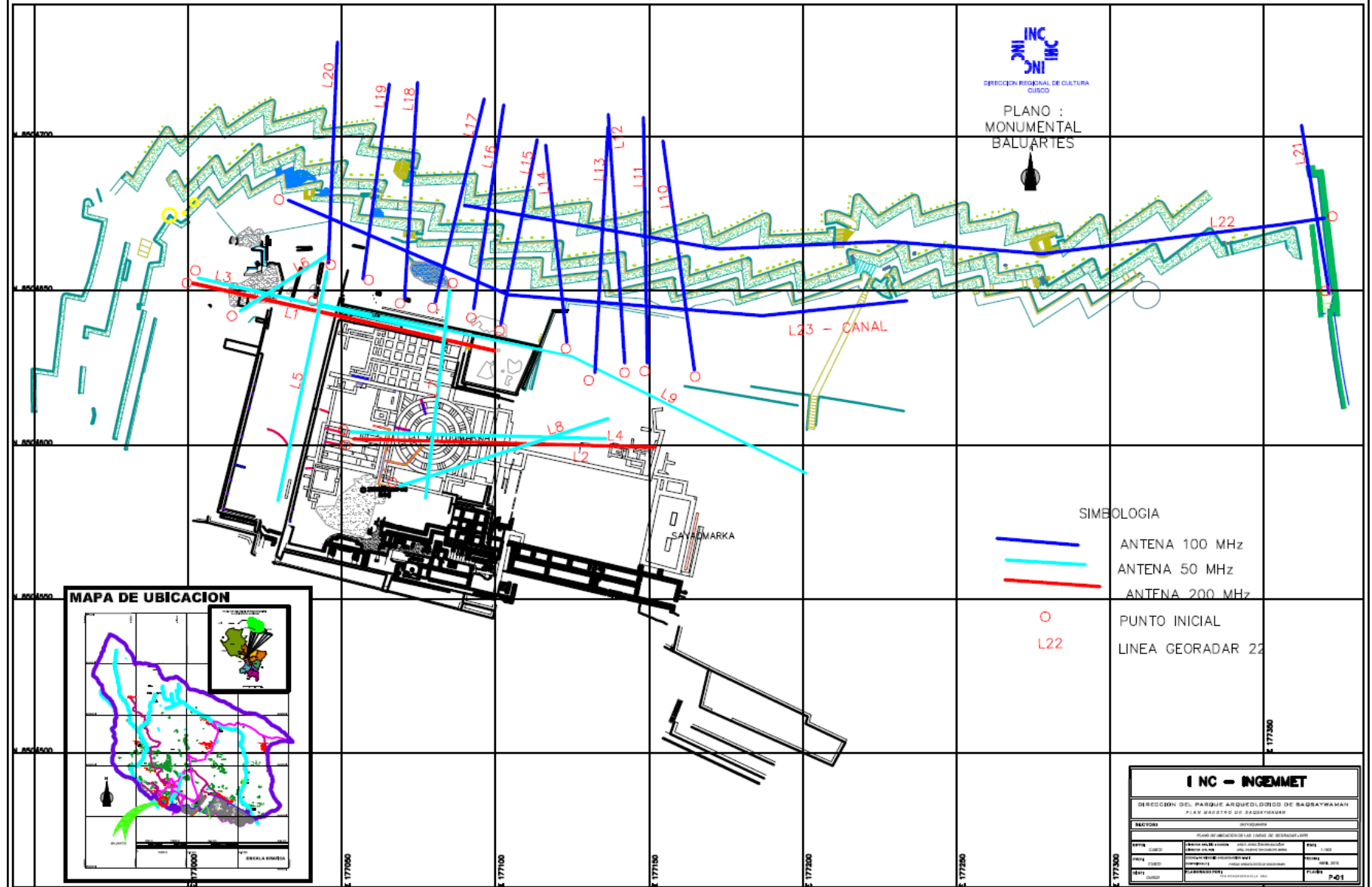
6.- Del análisis de la línea de Georadar ejecutada en el trazo de Canal de drenaje línea L23, ubicado en la parte superior de los Baluartes se ha determinado anomalías puntuales en los puntos 6, 32, 42, 75, 100, 118, 122,

152, y 188 metros y estarían relacionados a la presencia de muros enterrados transversales a los Baluartes. Asimismo se han determinado anomalías relacionadas a fisuras de 3 a 5 m de profundidad en los puntos 158 m y 253 m.

7.- Se sugiere la ampliación de la ejecución de líneas de Georadar-GPR en la zona del segundo y tercer nivel de los Baluartes a fin de verificar la continuidad de las principales fracturas y/o fisuras y zonas de reflexiones hiperbólicas agudas encontradas en el primer nivel.

Anexos

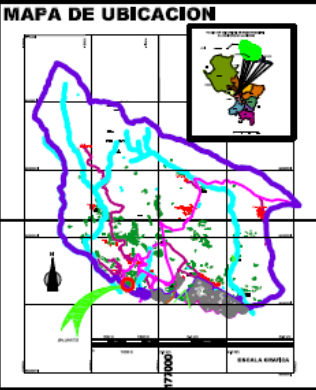
A. Plano de Ubicación de Lineas GPR



PLANO :
MONUMENTAL
BALUARTES



- SIMBOLOGIA
- ▬▬▬ ANTENA 100 MHz
 - ▬▬▬ ANTENA 50 MHz
 - ▬▬▬ ANTENA 200 MHz
 - PUNTO INICIAL
 - L22 LINEA GEORADAR 22



INC - INGENMET			
DIRECCION DEL PARQUE ARQUEOLOGICO DE SAGBAYWAMAN PLAN MAESTRO DE SAGBAYWAMAN			
SECCION:		SITIO ARQUEOLOGICO	
PROYECTO DE UBICACION DE LAS TORRES DE SAGBAYWAMAN			
FECHA:	ELABORADO POR:	REVISADO POR:	FECHA:
CARTEL:	ENCARGADO DEL PLAN:	ENCARGADO DEL PLAN:	FECHA:
PROYECTO:	COPIADO DE:	COPIADO DE:	FECHA:
SECCION:	PROYECTO:	PROYECTO:	FECHA:
FECHA:	PROYECTO:	PROYECTO:	FECHA:
			P-01

B. Panel Fotográfico

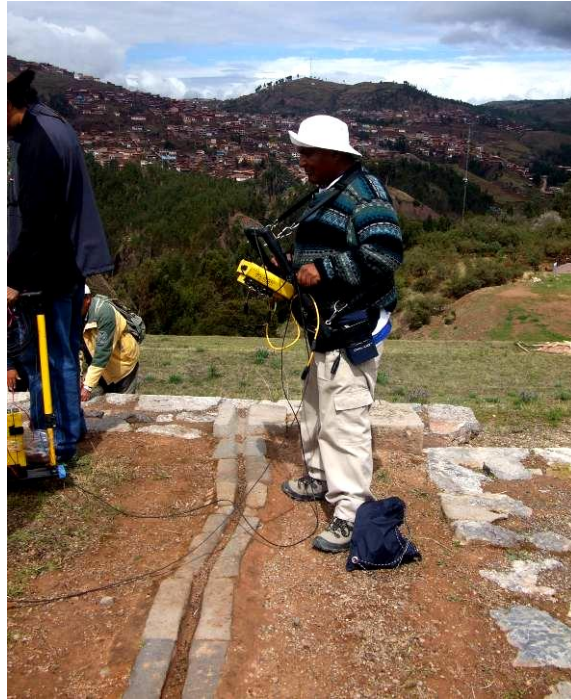


Foto N° 1: Vista deL registro de la línea de Georadar L-2 en el sector de la base del Torreón de Muyuqmarca en la parte alta del sitio arqueológico de Saqsaywaman..



Foto N° 2: Ubicación de la línea de georadar L-9 en la zona crítica 3 – parte superior de los Baluartes - Saqsaywaman..



Foto N° 3: Vista de la ubicación y registro de la línea de Georadar LR-8.



Foto N° 4: Vista de el registro de la Línea LR-4 sobre los muros en Muyuqmarca.



Foto N° 5: Vista de la línea transversal a los Baluartes LR-20.



Foto N° 6: Ubicación de la Línea L23 del Canal propuesto.



Foto N° 7: Toma hacia el sur en la Línea L9.



Foto N° 8: Ubicación del tramo final de la línea transversal L18 –Zona 3..



Foto N° 9: Vista del tramo final de la línea transversal de Georadar LR-11.



Foto N° 10: Ubicación de la línea de Georadar L14 en la Zona 2 y nótese el levantamiento topográfico de las líneas.



Foto N° 11: Vista de la ubicación de la línea de Georadar LR-23 a lo largo del canal o Dren propuesto.



Foto N° 12: Registro de la Línea Transversal de Georadar LR-12.



Foto Nº 13: Vista de la ubicación de la línea de Georadar LR-12 en la zona crítica de pandeamientos-Zona 1..



Foto Nº 14: Ubicación de la línea de Georadar LR-13 en el tramo final .



Foto N° 15: Vista de la ubicación de la línea de Georadar LR-16 en su tramo final en la explanada del sitio arqueológico.



Foto N° 16: Ubicación de la línea de Georadar LR-22 en el sector de la Portada del Sol en el primer nivel de los Baluartes-Saqsaywaman.