



POLITECNICO DI TORINO



INDAGINI E CONTROLLI GEOTECNICI PER IL PROGETTO E LA COSTRUZIONE DI GALLERIE IN AMBIENTE URBANO

Prof. Gianfranco Perri
Universidad Central di Caracas

a.a. 1999 -2000

INTRODUZIONE

Assestamenti indotti dalle gallerie

INDAGINI PROGETTUALI PER GALLERIE URBANE

Indagini geotecniche

Site exploration and quantification of significant properties of rock mass

Indagini speciali

Tunneling through gasoline contamination. The Caracas Metro experience

Presencia de hidrocarburos en las lineas del Metro de Caracas

Indagini geoidrologiche

Misure piezometriche e Misure di permeabilità

Fluctuación del nivel freatico a consecuencia de la construcción de la línea 1 de Metro de C...

Indagini geomorfologiche

Limites y posibilidades de la exploración geotecnica en el caso de la falla del muro colado

Problemas constructivos en los anclajes de la estación Maternidad de la línea 2 del Metro

Aspectos geomorfologicos del trazado de la línea 2 del Metro de Caracas

MISURE E CONTROLLI PER GALLERIE URBANE

(in sotterraneo, dalla superficie, sulle strutture adiacenti, durante l'esercizio, ...)

Misure ottiche, meccaniche, elettroniche, ...

Cataloghi di strumenti e schemi

Dati per acquisiti i concetti, le problematiche, le motivazioni e le attività generali in materia di indagini, misure e controlli geotecnici, da eseguire prima, durante e dopo la realizzazione di un'opera eventualmente sotterranea, ci si chiede in questa sede quali siano per questi temi le peculiarità relative al caso in cui l'opera in oggetto sia una galleria che si sviluppi in un ambiente tipicamente urbano.

... Le gallerie urbane sono tipicamente "poco profonde", con coperture che vanno da 0 metri fino a poche (1,2, o 3) decine di metri... I territori urbani sono tipicamente "congestionati" dalle strutture e dalle infrastrutture che sono non solo adagate appoggiate od attaccate alla superficie, ma anche e molto spesso alloggiate sotto la superficie: edificazioni, strade, ponti, acquedotti, serbatoi, drenaggi, fognature, linee elettriche ed elettroniche, etc.

... Si deve pertanto con assoluta enfasi indagare, misurare e controllare tutto ciò che abbia qualcosa a che vedere con le deformazioni del terreno intorno allo scavo, con quelle che si propagano nel sottosuolo e con quelle che raggiungono la superficie fino a quelle che possono interessare anche le soprastrutture presenti sulla superficie.

GALLERIE URBANE: INDAGINI E CONTROLLI GEOTECNICI



PRINCIPALI FATTORI CHE CONTROLLANO GLI ASSESTAMENTI:

- Caratteristiche meccaniche di deformazione del terreno
- Condizioni idrologiche ed idrauliche del terreno
- Caratteristiche reologiche del terreno
- Sollecitazioni indotte nel terreno
- Dimensioni e forma della galleria
- Profondità della galleria
- Metodo costruttivo

PRINCIPALI ELEMENTI OGGETTO DELL'INDAGINE GEOTECNICA:

* Deformabilità * Permeabilità * Resistenza

PRINCIPALI ELEMENTI OGGETTO DEI CONTROLLI GEOTECNICI:

*Movimenti *Carichi *Pressioni *Sollecitazioni

INDAGINI PROGETTUALI PER GALLERIE URBANE

- **Indagini geomorfologiche**
 - **Indagini geoidrologiche**
 - **Indagini geotecniche**
 - **Indagini geofisiche**
 - **Indagini speciali**

MISURE E CONTROLLI PER GALLERIE URBANE

- **Misure e controlli dal sotterraneo**
- **Misure e controlli dalla superficie**
- **Misure e controlli strutture adiacenti**
- **Misure e controlli durante l'esercizio**

INDAGINI PROGETTUALI PER GALLERIE URBANE

Indagini geotecniche

Gli obiettivi primari di un'indagine geotecnica sono: 1) Determinare la stratigrafia e la variabilità spaziale dei depositi, cioè disegnare i profili geologico-geotecnico-stratigrafici del sottosuolo. 2) Determinare, con il complemento delle prove di laboratorio, le principali caratteristiche fisiche e meccaniche di ciascuno degli strati o settori già identificati.

L'approccio moderno delle indagini in sito per il primo dei succitati obiettivi, è quello che utilizza sempre più le prove penetrometriche statiche, piuttosto che i sondaggi con frequenti ma non continue prove penetrometriche dinamiche. In effetti le prove statiche, oltre a fornire una continuità verticale delle informazioni, hanno il vantaggio di essere economiche, di permettere una rapida esecuzione e di consentire una valutazione preliminare dei parametri del terreno; però le prove dinamiche prevedono spesso anche il recupero fisico del campione da analizzare, poi eventualmente anche in laboratorio.

Per raggiungere il secondo obiettivo di una più approfondita definizione delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni con le indagini in sito, si ricorre a prove puntuali più sofisticate, più lente e quindi più costose.

TERRENI: PRINCIPALI PROVE IN SITO E LORO APPLICABILITA'

Note:

A = elevata applicabilità

C = limitata applicabilità

B_r = moderata applicabilità

— = nessuna applicabilità

		INFORMAZIONI GEOTECNICHE											CONDIZIONI DI TERRENO							
		Tipo di terreno	Stratigrafia	Pressione litostatica (U_0)	Angolo di attrito (ϕ)	Resist. al taglio non drenata (S_u)	Densità relativa (D_R)	Compressibilità (m_v, C_c)	Consolidazione (C_v, C_h)	Permeabilità (k)	Modulo: taglio e di Young (G; E)	Storzo orizzontale in sito (K_0)	Storia dello stato tensionale (OCR)	Curva storzo-deformazione	Roccia dura	Roccia tenera, morene, ecc.	Ghiala	Sabbia	Limo	Argilla
SCISSOMETRICA	(FV)	C	C	—	—	A	—	—	—	—	C	B	—	—	—	—	—	B	A	B
DILATOMETRICA	(DMT)	B	A	B	B	B	C	B	B	B	B	B	C	—	C	—	A	A	A	A
PENETROMETRICA STATICA MECCANICA		B	A	—	B	C	B	C	—	—	C	C	C	—	—	C	—	A	A	A
ELETTRICA	(CPT)	B	A	—	B	C	B	C	—	—	B	C	C	—	—	C	—	A	A	A
PIEZOCONO (PIEZOCONO-SISMICO)	(CPTU) (SCPTU)	A	A	A	B	B	B	C	A	B	B	C	B	C	—	C	—	A	A	A
PRESSIOMETRICA CON PREFORO (MENARD)	(MPM)	B	B	—	C	B	C	C	C	—	A	C	C	C	A	A	B	B	B	A
CON AUTOPERFORANTE	(SBP)	B	B	B	B	B	B	C	A	B	A	A	A	—	C	—	B	A	A	
STANDARD PENETR. TEST	(SPT)	A	B	—	B	C	B	—	—	—	B	—	C	—	—	C	B	A	B	C
PENETROMETRICA DINAMICA	(DP)	C	B	—	C	C	B	—	—	—	C	—	C	—	C	B	A	B	B	B
DI CARICO SU PIASTRA TRADIZIONALE	(PLT)	C	C	—	C	B	B	B	C	C	A	C	B	B	B	A	B	B	A	A
AD ELICA	(SPLT)	C	C	—	C	B	C	B	C	C	A	C	B	C	—	—	—	A	A	A
PERMEABILITÀ	(K)	C	—	A	—	—	—	—	B	A	—	—	—	A	A	A	A	A	A	B
CELLA DI PRESSIONE TOTALE		—	—	—	—	—	—	—	—	—	B	B	—	—	—	—	—	C	A	A
FRATTURAZIONE IDRAULICA		—	—	A	—	—	—	—	C	C	—	B	B	—	B	B	C	C	B	C
SISMICA: CROSS-HOLE; DOWN-HOLE;		C	B	—	—	—	C	—	—	—	A	C	C	C	A	A	A	A	A	A

Le prove geotecniche in sito:

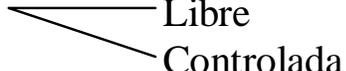
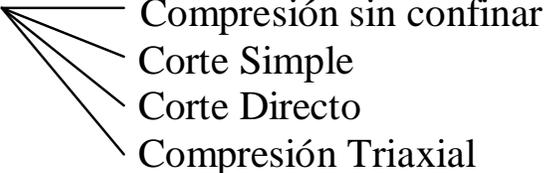
- Permettono di “*campionare*” il sottosuolo
- Aiutano a “*diagnosticare*” il sottosuolo
- Aiutano a “*caratterizzare*” il terreno
- Aiutano a “*modellare*” il terreno

SUELOS: ENSAYOS DE LABORATORIO

Identificación y Clasificación:

Descripción
Contenido de Humedad
Peso Específico de partículas sólidas
Peso Unitario
Granulometría 
Limites de Consistencia 
Contenido de Materia Orgánica
Contenido de Cementantes

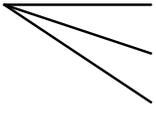
Caracterización Mecánica:

* Deformabilidad:
Consolidación y colapso
Expansión 
* Resistencia: 

Caracterización Hidráulica:

Permeabilidad 
Consolidación

Estabilización:


Compactación y CBR
Estabilización Química
Estabilización Física

Caracterización Físico – Química:

Agresividad Química: pH, Cloruros y Sulfatos
Agresividad Bacteriológica
Microscopía Electrónica
Térmica Diferencial
Difracción de Rayos X

ROCKS: MEASURING TECHNIQUES FOR IN SITU AND LAB. TESTS

Field Index Tests for Characterization

Discontinuity orientation
Discontinuity spacing
Discontinuity persistence
Discontinuity roughness
Discontinuity wall strength
Discontinuity aperture
Discontinuity filling
Discontinuity seepage
Discontinuity number of sets
Discontinuity block size
Discontinuity drill core recovery/RQD
Geophysical logging of boreholes
Seismic refraction (2 methods)
Acoustic logging
Seismic measurements between boreholes
Sonic log
Caliper log
Temperature log
SR log
Resistivity logs (2 methods)
Focused current logs
Induction log
Gamma ray log
Neutron log
Gamma-gamma log

Field « Quality Control Tests »

Rockbolt anchor strength
Rockbolt tension (torque wrench)
Rockbolt tension (load cells)
Cable anchor tests
Shotcrete - visual assessment
Shotcrete - pull tests
Shotcrete - box mould tests
Shotcrete - core tests
Gas level measurements

Field « Design Tests »

Deformability using a plate test
Deformability plate test down a borehole
Deformability radial jacking test
Deformability flexible borehole jack
Deformability rigid borehole jack
Deformability flat jack
Deformability *in situ* uniaxial/triaxial test
Shear strength-direct shear
Shear strength-torsional shear
Piezometric head (3 methods)
Permeability/transmissivity (5 methods)
Flow velocity logs
Flow velocity - tracer dilution
Flow paths using tracers (4 methods)
Stress determination - flat jack
Stress determination - surface coring
Stress determination - « doorstopper »
Stress determination - strain-gauge cell
Stress determination - USBM-type gauge
Stress determination - hydraulic fracturing

Field Monitoring

Movements - probe inclinometer
Movements - fixed-in-place inclinometer
Movements - tiltmeter
Movements - borehole extensometers
Movements - convergence meter
Movements - joints and faults
Movements - survey triangulation
Movements - survey leveling
Movements - survey offset
Movements - survey EDM
Vibration and blast monitoring
Pressure - hydraulic cells
Rock stress variations
Pendulum and inverted pendulum
Strains in linings and steel ribs

Laboratory Index Tests for Characterization

Water content
Porosity/density (4 methods)
Void index (quick absorption)
Swelling pressure
Swelling strain (2 methods)
Slake-durability
Uniaxial compressive strength
Uniaxial deformability (E , ν)
Point load strength index
Resistance to abrasion (Los Angeles test)
Hardness (Schmidt rebound)
Hardness (Shore scleroscope)
Sound velocity
Petrographic description

Laboratory « Design Tests »

Triaxial strength
Direct tensile strength
Indirect (Brazil) tensile strength
Direct shear test (+ field method)
Permeability
Time-dependent and plastic properties

INDAGINI PROGETTUALI PER GALLERIE URBANE

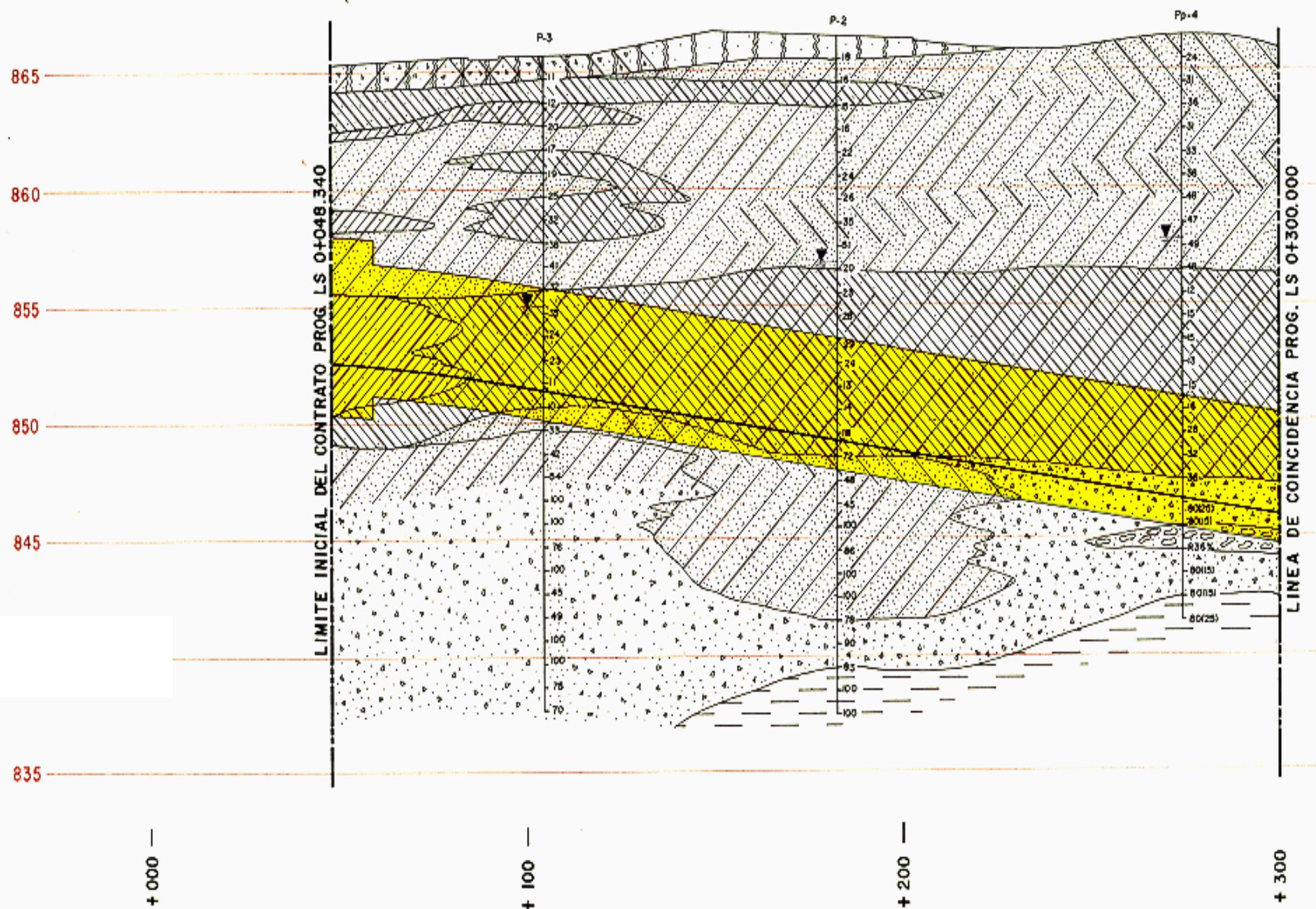
Indagini geofisiche

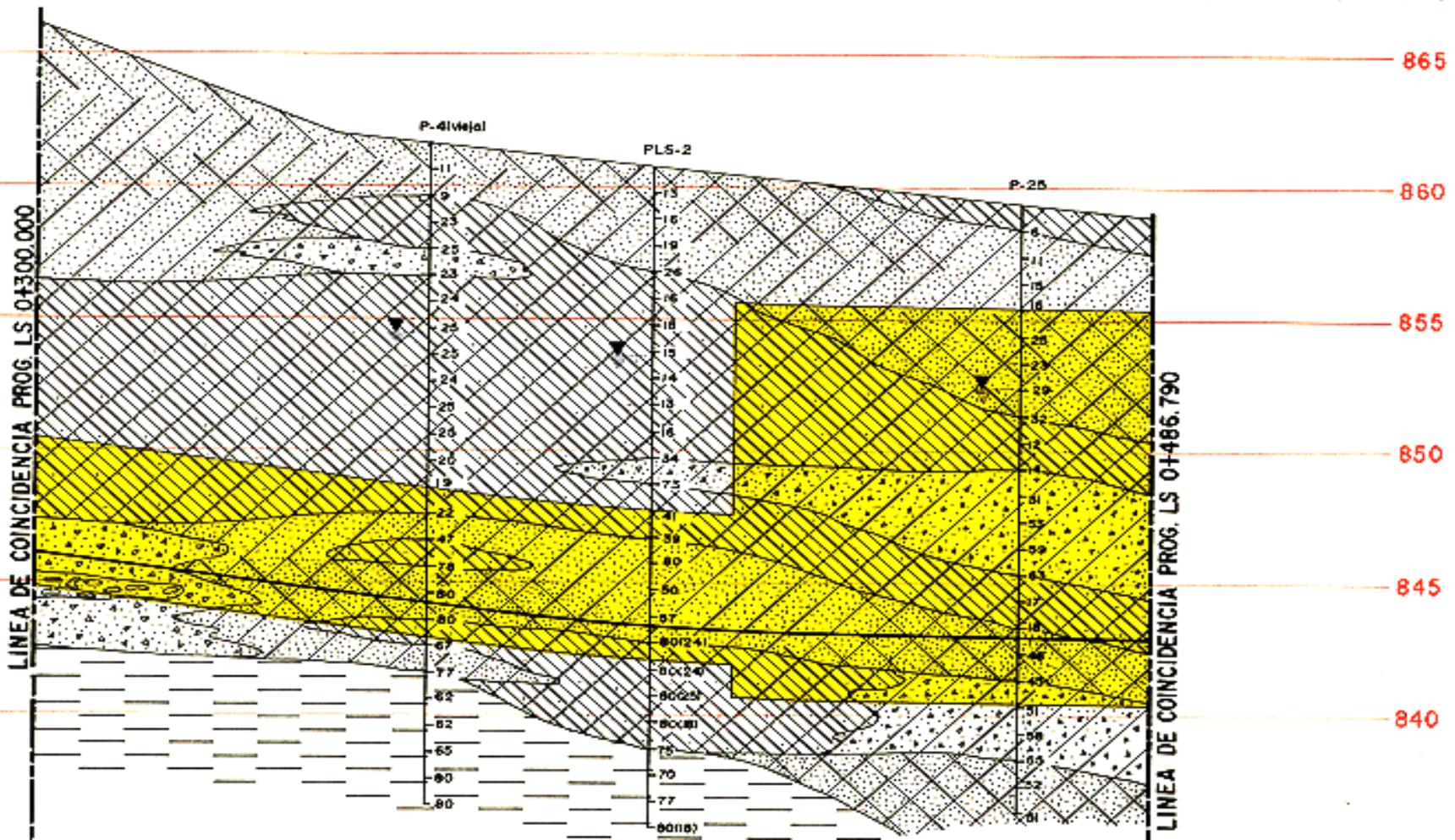
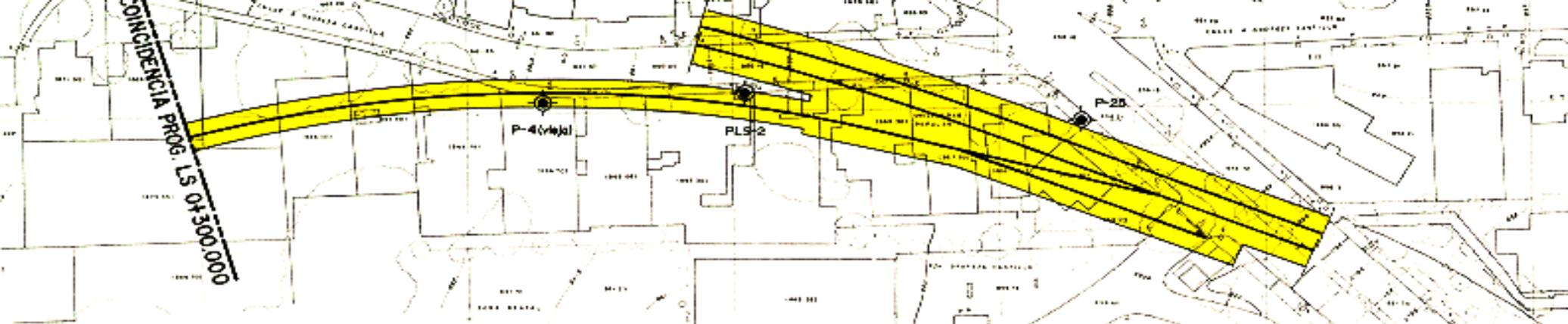
I rilievi geologici e geognostici di dettaglio forniscono i dati per definire la caratterizzazione geologica e geomeccanica del sottosuolo, mentre le **prospezioni geofisiche** consentono: le interpolazioni tra i valori puntuali rilevati, la delimitazione di volumi di terreno ben definiti e quindi, la stima dei parametri geomeccanici caratterizzanti tali volumi.

Con l'applicazione delle metodologie d'indagine geofisica si possono ricavare due blocchi di informazioni: i dati sulla geometria delle strutture del sottosuolo ed i dati per la caratterizzazione del comportamento meccanico dello stesso.

Dal primo blocco di informazioni si ricava la forma e la consistenza dei vari litotipi evidenziandone eventuali stratificazioni, discontinuità, cavità e comunque tutto quanto permetta la elaborazione di una sezione geologica.

Dal secondo blocco di informazioni possono ricavarsi alcuni parametri fisici che sono poi correlabili con le caratteristiche litologiche e geomeccaniche del terreno.





N U E S T R A	SIMBOLO	AGUA	DESCRIPCION	DENSIDAD RELATIVA	PROFUNDIDAD	GRAFICO DE PERFORACION		HUMEDADES Y PLASTICIDAD		GRANULOMETRIA		PROPIEDADES FISICAS				
						INDICE DE PENETRACION "N" RECUPERACION R.Q.D. %	N ó R.Q.D.	L. PLASTICO L. LIQUIDO Humedad Natural %	IP	FINOS ARENA GRAYA	Yw Kg/m3	Yd Kg/m3	qu Kg/cm2	H. N. %		
M1			Arcilla muy arenosa de alta plasticidad, con abundante grava fina, calcárea, dura, marón oscuro. (CH).		1	34	27,4								8,2	
M2			Arena media a fina, muy arcillosa, con abundante grava fina, calcárea, densa, amarilla moteada de verde y blanco. (SC).		2	38	22,8								6,2	
M3				3	40						2073	1929				7,5
M4				4	44											
M5				5	44											
M6			Grava fina subangular de cuarzo, muy arcillosa, muy densa, calcárea, amarilla moteada de verde y blanco. (GC).		6	52	22,2				2260	2162			4,6	
M7			Arena media a gruesa, arcillosa, con abundante grava fina, muy densa, calcárea, amarilla moteada de verde y blanco. (SC).		7	52	20,1									
M8				8	54											
M9				9	56						2257	2167				4,2
M10				10	60											
M11				11	63								2124	2052		3,5
M12				12	70											3,6
M13				13	73											
M14				14	75											
M15				15	78											
M16				16	82				18,3							
M17			17	84												
M18			18	93												
M19			19	96			10,6				2126	2041			4,2	
M20			20	100												

OBSERVACIONES:
PROGRESIVA:

PERFORACION No. PT6-72

CONSORCIO CONTUY MEDIO

ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO
FERROCARRIL CHARALLAVE -CUA

L E Y E N D A	SISTEMA DE S: Cuchara R: Rotación L: Por Lavado E: Imperturbada N: No Recuperada	AGUA ▽ Nivel ▲ Pérdida Total △ Pérdida Parcial	DENSIDAD RELATIVA ▨ Muy Suelta ▩ Suelta ▧ Media, Densa ▦ Densa ▤ Muy Densa	CONSISTENCIA ▨ Muy Blanda ▩ Blanda ▧ Media, Compacta ▦ Compacta ▤ Muy Compacta ▣ Dura	COTA : NIVEL FREATICO : CAIDA MARTILLO: PESO MARTILO :	LABORATORIO qu = Compresión sin confinamiento Yw = Peso unitario húmedo Yd = Peso unitario seco Gs = Peso específico O = Angulo fricción interna C = Cohesión	Rev: 03-98	Total Hojas: 2 Ref:	Perforación PERF PT6-72	Hoja N° HOJA 1 de 2
---------------------------------	---	---	---	---	---	---	------------	------------------------	-------------------------------	------------------------

MUESTRA	SIMBOLO	AGUA	DESCRIPCION	CONSISTENCIA	DENSIDAD RELATIVA	PROFUNDIDAD	GRAFICO DE PERFORACION		HUMEDADES Y PLASTICIDAD		GRANULOMETRIA			PROPIEDADES FISICAS									
							INDICE DE PENETRACION "N" RECUPERACION R.Q.D. %	N	L. PLASTICO L. LIQUIDO Humedad Natural %	IP	FINOS ARENA GRAVA	Yw Kg/m3	qu Kg/cm2	qu escler. Kg/cm2	H. N. %								
S1			Arcilla limosa muy arenosa de baja plasticidad, marrón, altamente calcárea, con grava fina lajosa, (coluvio-aluvio) (CL-ML).			1			17,4		1967	38	73	15,7									
S2		2		38	17,3	2100									17,3								
S3		3	41	17,3	2100	17,3																	
S4		4	44	16,9	2100	16,9																	
S5		5	38	16,9	2100	16,9																	
S6		6	48	16,9	2100	16,9																	
S7		7			2301										8,2								
R1		8																					
R2		9	Filita sericítica, calcárea, meteorizada muy fracturada, grietas verticales, vetas finas de calcita, muy plegada, entre 11 y 13 m. exfoliación a 46°.			10														2439			3,83
R3		11																					
R4		12	Filita grafitosa calcárea, meteorizada, fracturada, zonas manchadas de óxido vetas finas de cuarzo hasta 15 m., exfoliación de 13 a 15 m. a 50° y de 15 a 17 m. a 18° a muy plegada.			13														2331	178	41	3,98
R5		14																					
R6		15	Filita grafitosa silicea, meteorizada, lg. fracturada, manchas de óxido color óxido, numerosas vetas finas de calcita, exfoliación de 20 a 16°.			16														2393	23	73	3,39
R7		17																					
R7		18	Filita grafitosa silicea fresca, dura, con numerosas vetas de calcita. Exfoliación a 32°.			18														2712		48 83	5,28
		19																					
		20				20														2530	49	64 69	1,80

OBSERVACIONES:
PROGRESIVA: 24+270

VIADUCTO 5-1

PERFORACION No. PT5-11

CONSORCIO CONTUY MEDIO

ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO
FERROCARRIL CHARALLAVE -CUA

LEYENDA	SISTEMA DE	AGUA	DENSIDAD RELATIVA	CONSISTENCIA	COTA	LABORATORIO

Rev:	Total Hojas: 1	Perforación	Hoja N°
Fecha: 02-97	Ref:	PERF PT5-11	HOJA 1 de 1

PROF. (m.)	TIPO DE AVANCE	HUMECAD NATURAL	NIVEL FREATICO	GRAFICO HUMEDADES		VALOR No.p.t.	GRAFICO VALORES DE N		GRANULOMETRIA			LIMITES DE CONSISTENCIA			LITOLOGIA	SIMBOLOS LITOLOGICOS	γ kg/m ³	ϕ (°)	c kg/cm ²	Gs
				0 5 10 15 20	0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0		0 10 20 30 40 50 60 70 80	GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)							
0,5	S	2,8				46			NO ENSAYABLE											
1,0	S	5,2				25			4,6	55,5	39,9	19,5	12,9	6,6	CAPA VEGETAL con concreciones ferricas Arena arcillo limosa (SC-SM)					
1,5	S	5,0				36									raíces					
2,0	S	4,4				26			3,1	66,2	28,7	NP	NP	NP	marrón con raíces					
2,5	S	3,9				22									marrón con concreciones ferricas					
3,0	S	1,9				13			0,4	84,2	15,4	NP	NP	NP	Arena limosa (SM) Dr.: medianamente densa a muy densa					
3,5	S	2,7				11														
4,0	S	5,4				23			10,0	60,0	30,0	NP	NP	NP	amarillenta con concreciones					
4,5	S	3,0				19			2,5	79,6	17,9	NP	NP	NP	amarilla con concreciones					
4,7	L	3,1				31														
5,0	L	9,9				31			10,0	22,9	67,1	43,1	23,3	19,8	Arcilla limosa (CL-2) Arena arcillosa (SC) Dr.: muy densa					
5,5	L	8,5				74			10,7	42,6	46,7	32,2	19,7	12,5			2143		2,70	
6,0	L	3,6				43			0,0	82,8	17,2	NP	NP	NP	amarilla con blanco y rojo y mica					
6,5	L	3,2				37									Arena fina limosa (SM) Dr.: muy densa					
7,0	L	3,7				33														
7,5	L	5,1				47			1,9	83,3	14,8	NP	NP	NP	concreciones ferricas y mica					
8,0	L	3,9				42														
8,5	L	3,1				44														
9,0	L	3,4				58			0,0	84,5	15,5	NP	NP	NP	proporción de mica					
9,5	L	5,3				45			3,0	64,5	32,5	26,4	18,4	8,0	Arena arcillosa (SC) Dr.: muy densa					
9,8	L	9,6				56			7,8	45,3	46,9	25,6	NP	NP	Arena limosa (SM)					
10,0	L	9,1				56			2,1	26,3	61,6	33,7	20,4	13,3	Arcilla limosa (CL-2)					

PERFORACION N°: PTP-19

OBRA: AREA DE PATIOS Y TALLERES DE LA LINEA 1
METRO DE MARACAIBO

SITUACION: ZONA SUR DE LA URBANIZACION ALTOS DE LA VANEGA
MARACAIBO, ESTADO ZULIA

FECHA: 04-12-97

PESO DEL MARTILLO: 63 kgs.

CAIDA DEL MARTILLO: 750 mm.

LONGITUD DEL SONDEO: 20,00 m.

NIVEL FREATICO: no apareció



**laboratorios y diseños
de Ingeniería, S. C.**

ESTUDIO GEOTECNICO

OBRA: AREA DE PATIOS Y TALLERES LINEA I
ESTUDIO EXPLORATORIO DE SUELO

CONF. <i>[Signature]</i>	FECHA: 04-12-97	SERIE: TOTAL:	HOJA N°
APROB. <i>[Signature]</i>	ESCALA(S) S/E	TOTAL HOJAS:	
		REF.	



METRO DE CARACAS

Metro de Caracas

- *Lunghezza in operazione:* 44.5 Km
- *Quantitá di linee:* 3
- *Quantitá di stazioni:* 39
- *Lunghezza di linea in galleria:* 17.9 Km
- *Lunghezza di linea in artificiale:* 10.8 Km
- *Lunghezza di linea in viadotti:* 3.1 Km
- *Lunghezza di linea a livello:* 5.9 Km
- *Media passeggeri al giorno:* piú di 1.000.000



N



M

RED FUTURA DEL METRO DE CARACAS Y SISTEMAS SUBURBANOS



SISTEMA AL LITORAL

SISTEMA A GUARENAS-GUATIRE

LINE 2

LINE 1

LINE 3

FERROCARRIL A VALLES DEL TUY

LÍNEA LAS ADJUNTAS-LOS TEQUES



THE CARACAS VALLEY AND ITS GEOLOGY

Caracas is located in the homonymous valley, constituted by a long and narrow depression crossed from West to East by the Guaire River: the extremes, Petare at the East and Catia at the West, are about 25 Km far from each other, its maximum width reaches scarcely 4 Km from North to South, and the average height of the valley is about 900 m above the sea level.

The sea is at the North and it is separated from the valley by the imposing but narrow mountain chain “Sierra del Avila”, which elevates at 2640m above s.l.

The valley was probably originated as an indirect consequence of an important fault system located, from East to West, in all the South side of the Avila.

From it, a great number of seasonal torrents descend and many alluvial furrows come down towards the South. Besides, there are many alluvial cones at the bottom of the mountain; some of them reach the valley mixing up gradually with the alluvial deposits of the Guaire.

At the South, the valley’s delimitation is less clear. There is a minor relief, from which sides affluents that cut their own alluvial sediments, drop towards the Guaire.

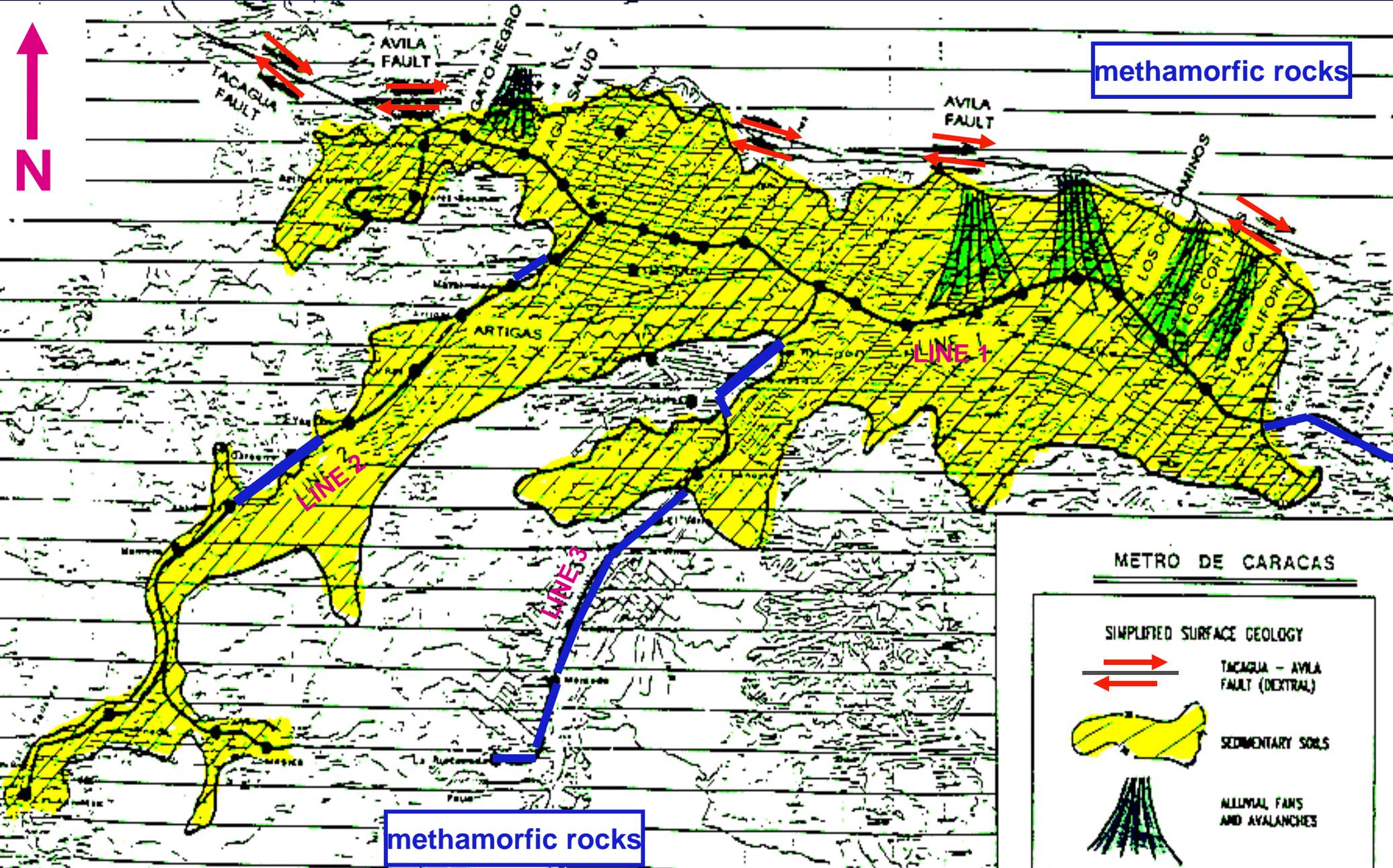
THE CARACAS VALLEY AND ITS GEOLOGY

The rocks that constitute the reliefs of the region are pretertiary. They are exposed to an intensive thermodynamic metamorphism and transformed into micaceous, calcareous and graphitic schists and sometimes they are changed into gneiss and amphibolites. All the superficial and subsuperficial horizons show an intense influence of atmospheric phenomena, which frequently causes the transformation of the original rock into a residual soil.

The mantle of soils that cover the valley is mainly originates from adjacent reliefs and in less degree from the alluvial sedimentation that comes from the Guaire and its affluents. They are lenticular dimension of the components which can reach, in isolation, the decimeter dimensions. This is a direct consequence of the differences that exist in the transportation characteristics: length, load and pendent of the affluents.

In relation to the underground water, the general gradient follows the valley's pendent: West to East. But locally, it is capriciously modified by many circumstantial factors that go from the reliefs, to the existence of natural underground and impermeable soils. Generally, there are underground waters rarely more than 10m deep, and always variables with the season's water.

CARACAS METRO: ALIGNMENT AND ALLUVIAL SOIL LIMITS



methamorphic rocks

methamorphic rocks

METRO DE CARACAS

SIMPLIFIED SURFACE GEOLOGY

-  TACAGUA - AVILA FAULT (DEXTRAL)
-  SEDIMENTARY SOILS
-  ALLUVIAL FANS AND AVALANCHES

INDAGINI PROGETTUALI PER GALLERIE URBANE

Indagini speciali

XII Seminario Venezolano de Geotecnia. Caracas, 1992

**PRESENCIA DE HIDROCARBUROS EN LAS LINEAS
DEL METRO DE CARACAS**

Gladis Achurra

**TUNELING THROUGH GASOLINE CONTAMINATION:
THE CARACAS METRO EXPERIENCE**

Roberto Centeno - Francisco Centeno

Indagini speciali:

Inquinamento da idrocarburi

Concentrazioni di gas e rischi collegati

- **500 ppm:** (*párti per milione*) rischi trascurabili
- **1000 ppm:** irritazione occhi dopo un'ora di esposizione
- **2000 ppm:** irritazione occhi gola e naso dopo mezz'ora
- **7000 ppm:** produzione di nausea e capogiri
- **10000 ppm:** produzione di svenimenti ed eventuali paralisi
- **20000 ppm:** produzione della morte in pochi minuti

Indagini speciali: Inquinamento da idrocarburi

Riscontro della presenza di idrocarburi

LINEA 1

Fase delle indagini
Fossa staz. California
(emanazioni e incendi)

Fase esecutiva
(max. 28000 ppm)

Fase operativa
(staz. Parque Este
staz. Gato Negro)

LINEA 2

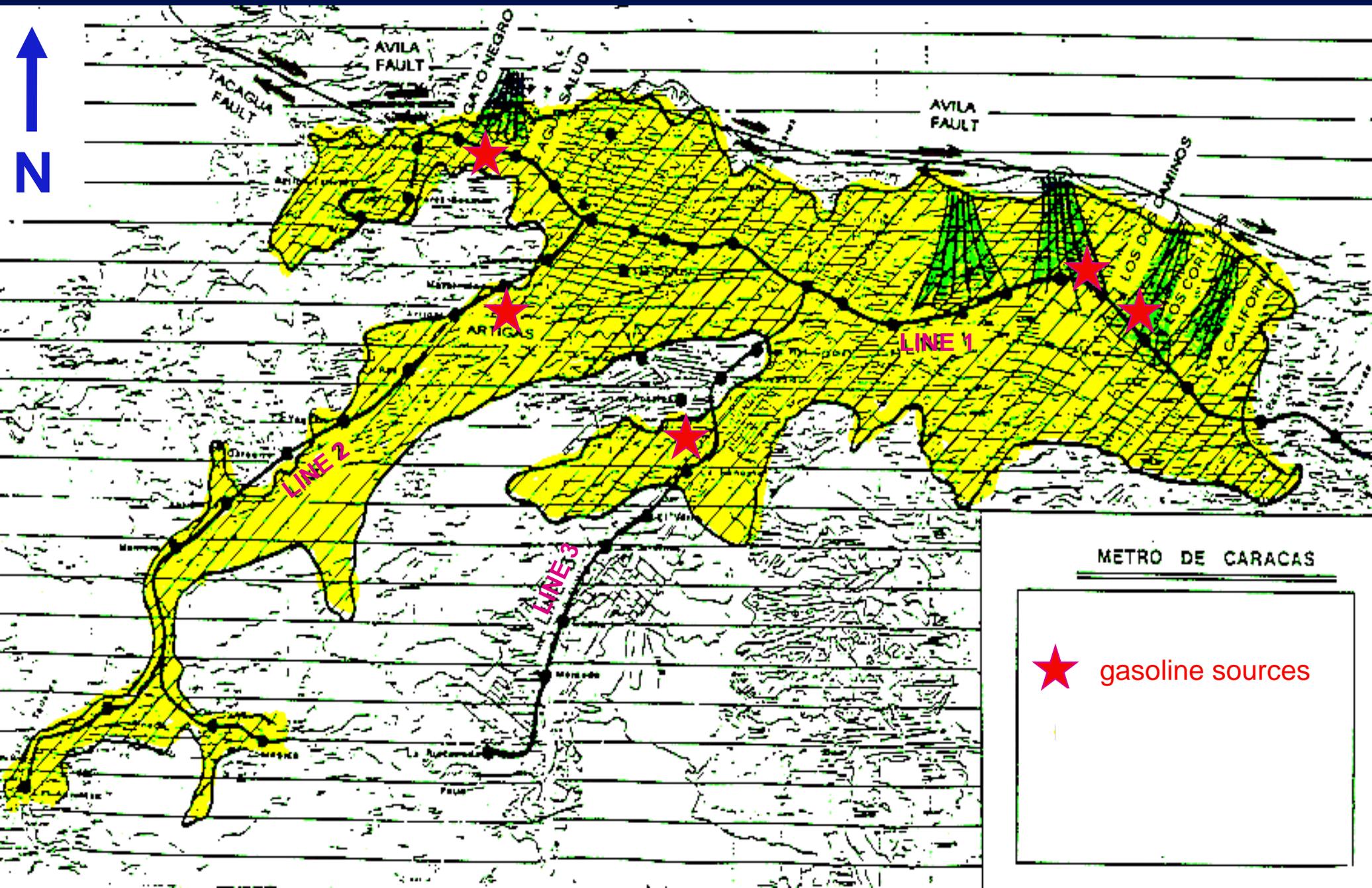
Fase delle indagini
Perforaz. Piezometri
(44 – 110 ppm)

LINEA 3

Fase delle indagini
Piezometri
(fino a 6000 ppm)

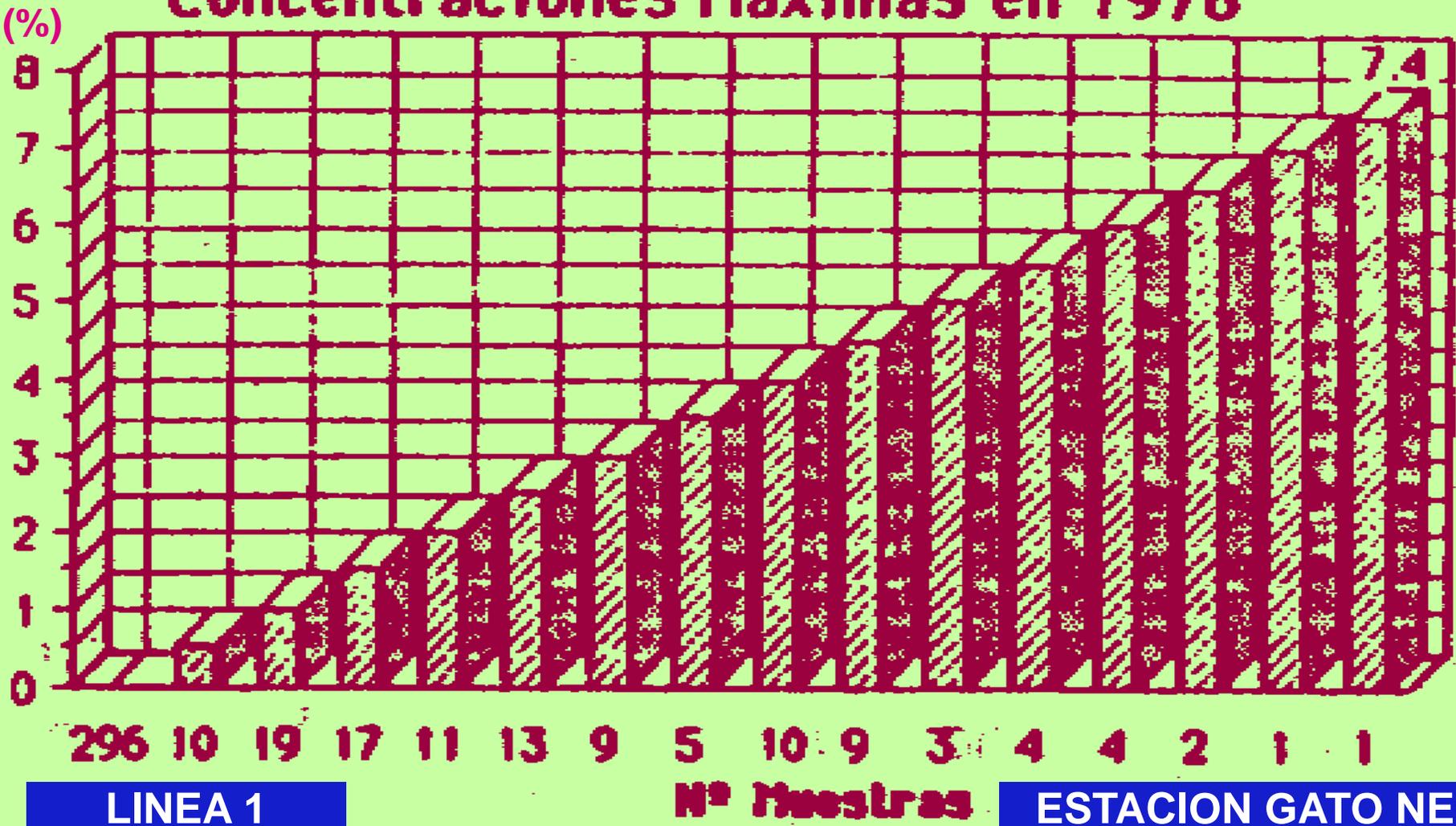
Fase esecutiva
(non completata)

CARACAS METRO TUNNELS : Locations of gasoline contamination sources



Porcentaje (max 7.4%) de hidrocarburos presente en muestras de suelo

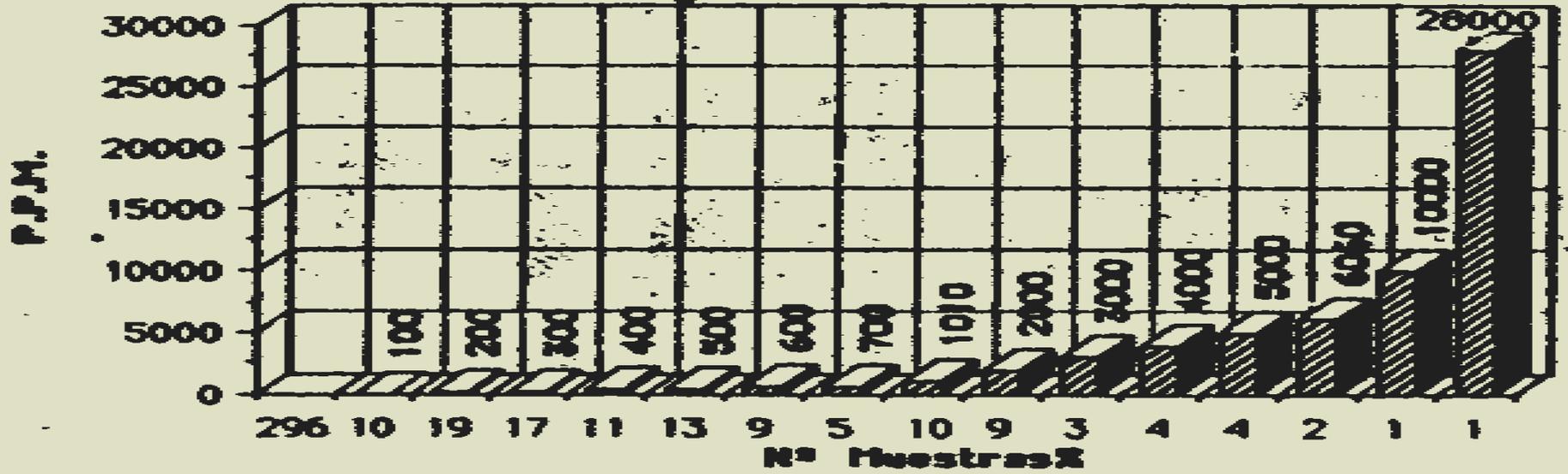
ESTACION DE SERVICIO ATLAS-LAGOVEN Concentraciones Máximas en 1978



LINEA 1

ESTACION PLAZA SUCRE
Investigación de Gasolina

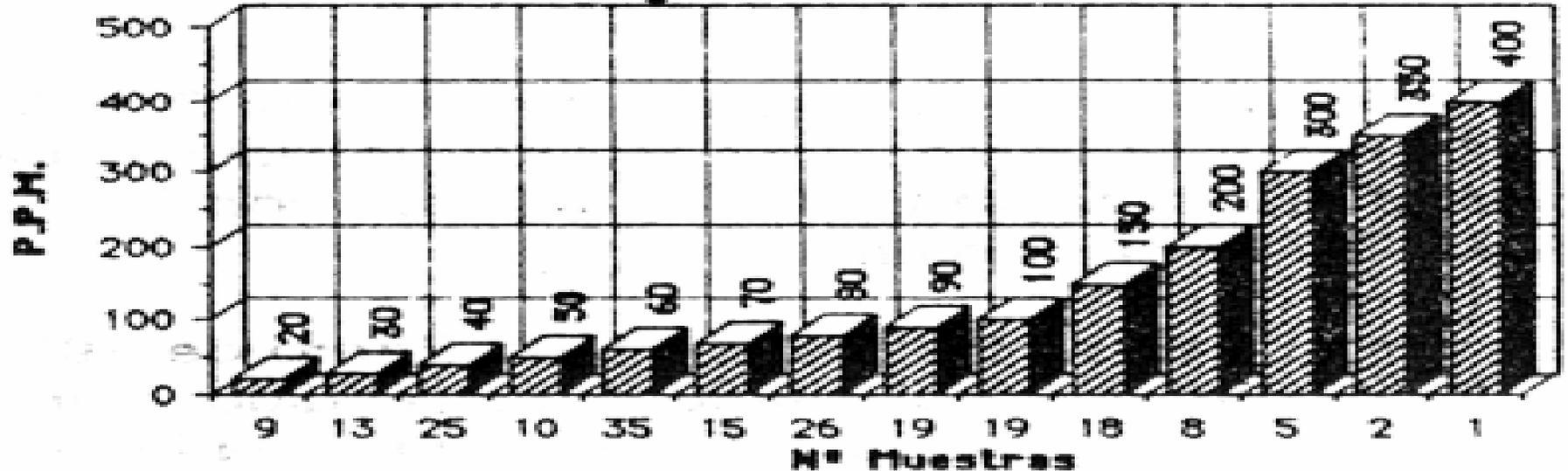
NORTE



LINEA 1

ESTACION PLAZA SUCRE
Investigación de Gasolina

SUR

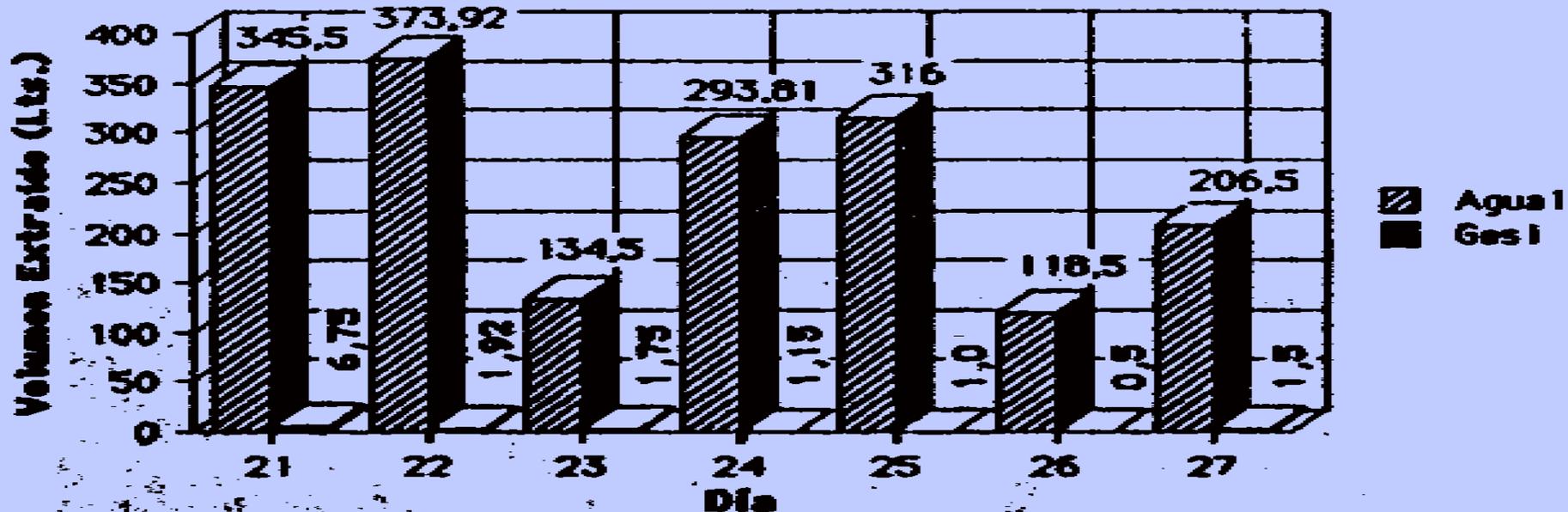


Fase de Operación

LINEA 1

Túnel entre Gato Negro y Agua Salud

Pozo de Bombeo 1

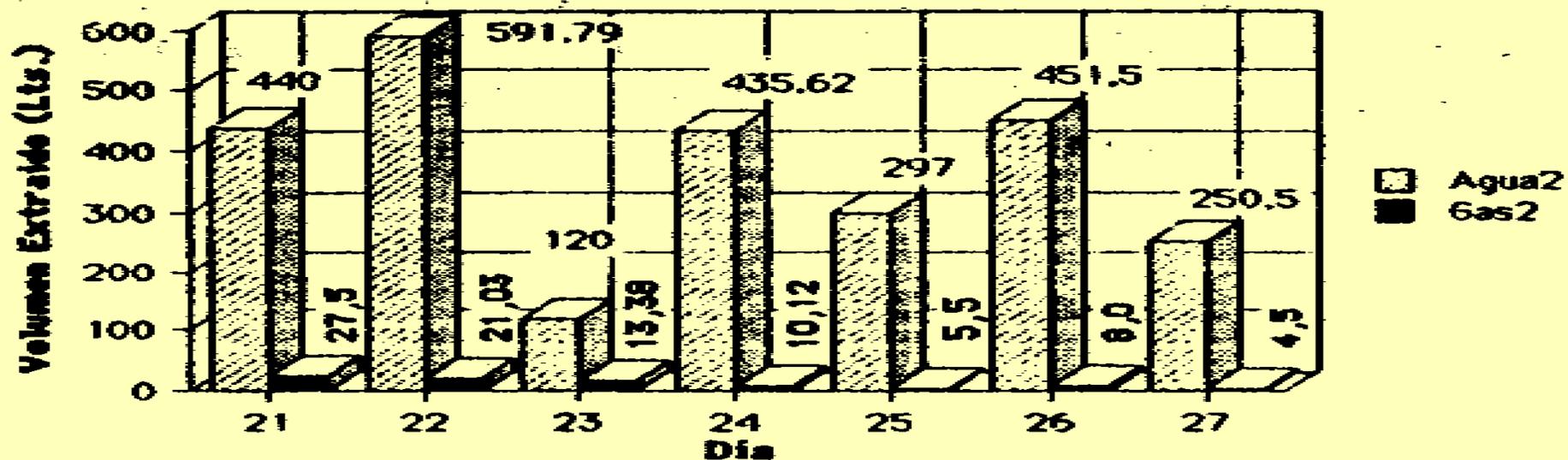


Fase de Operación

LINEA 1

Túnel entre Gato Negro y Agua Salud

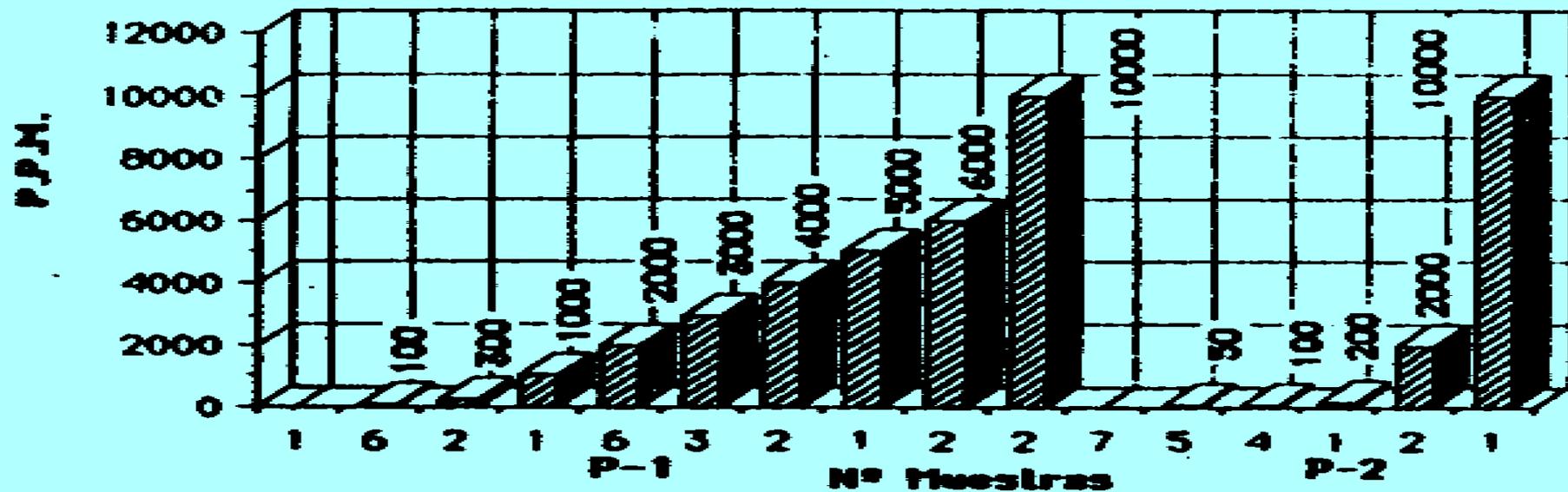
Pozo de Bombeo 2



LINEA 1

PERFORACIONES 1 Y 2 Concentraciones de Gases

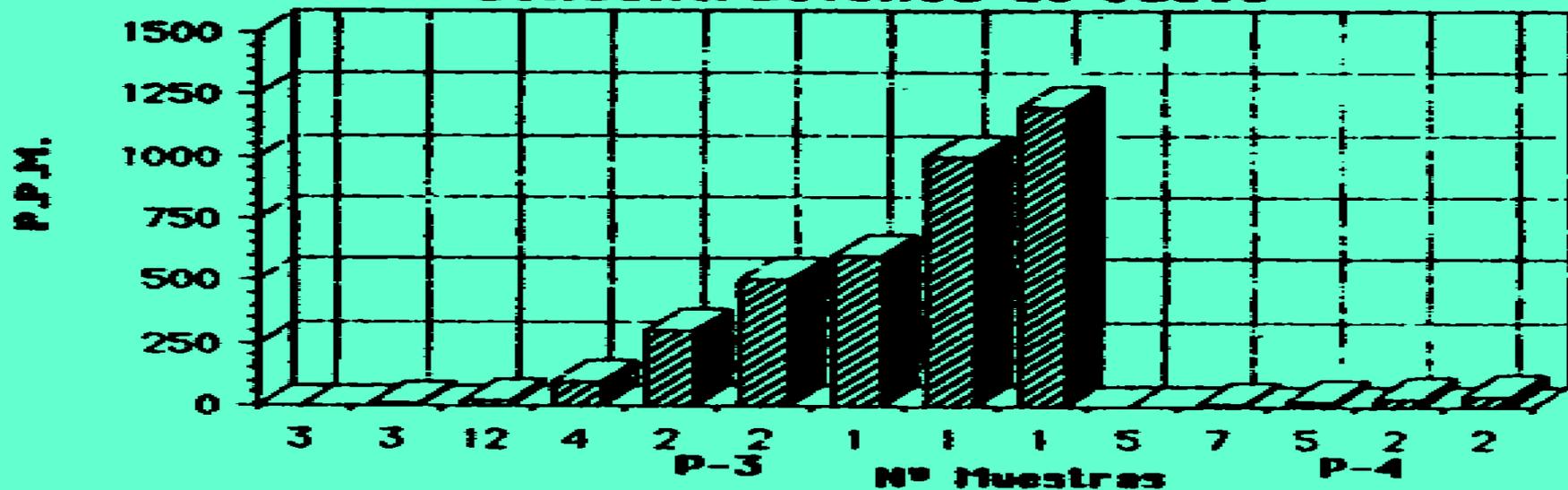
Fase de Operación



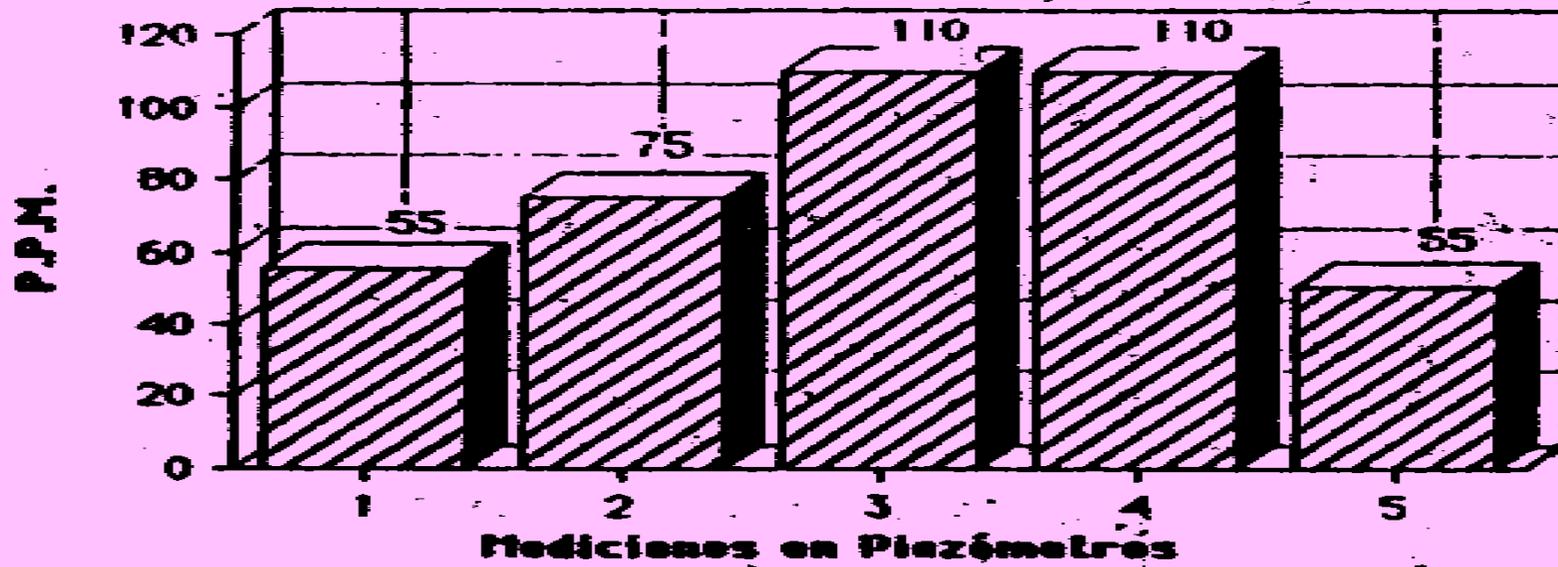
LINEA 1

PERFORACIONES 3 Y 4 Concentraciones de Gases

Fase de Operación



LINEA 2 Concentraciones de Gases



LINEA 3 Concentraciones de Gases



INDAGINI PROGETTUALI PER GALLERIE URBANE

Indagini geohidrologiche

Il comportamento geotecnico di un terreno è indissolubilmente controllato dall'elemento acqua: uno dei tre che, assieme all'aeriforme ed al solido, lo costituiscono.

Dall'acqua dipendono tra l'altro, la resistenza, la deformabilità e la reologia, quindi la stabilità e la lavorabilità del terreno. Dall'acqua dipendono i carichi sui sostegni delle gallerie e la loro evoluzione, così come gli assestamenti del terreno intorno allo scavo e la loro evoluzione.

Alla presenza dell'acqua ed alla necessità di mantenerla al di fuori dei vuoti utili creati dalle gallerie durante il loro esercizio, si devono tutti gli importanti e svariati aspetti tecnologici della impermeabilizzazione delle strutture sotterranee. Ed a tale presenza ed ai deterioramenti che può eventualmente indurre sulle strutture sotterranee, si devono gli ugualmente importanti e svariati aspetti tecnologici contro la corrosione e gli altri effetti negativi della potenziale aggressività delle acque sotterranee.

INDAGINI PROGETTUALI PER GALLERIE URBANE

Indagini geohidrologiche: **Misure di permeabilità**

La permeabilità in sito si misura in foro (10-50cm) od in pozzo (50-100cm)

Le prove in foro permettono misurare la permeabilità del terreno intorno al foro generalmente per livelli o strati di terreno con spessori compresi tra qualche cm ed 1 o 2 m, creando all'interno del foro un gradiente idraulico mediante immissione od estrazione d'acqua tale per cui si possa misurare la tendenza al ristabilirsi dell'equilibrio idraulico (prove a carico variabile), oppure misurare la portata del flusso mantenendo costante il gradiente ossia mantenendo costante un livello dell'acqua nel foro, superiore a quello stabilizzato corrispondente alla falda esterna immettendo acqua, od inferiore emungendo acqua (prove a carico costante).

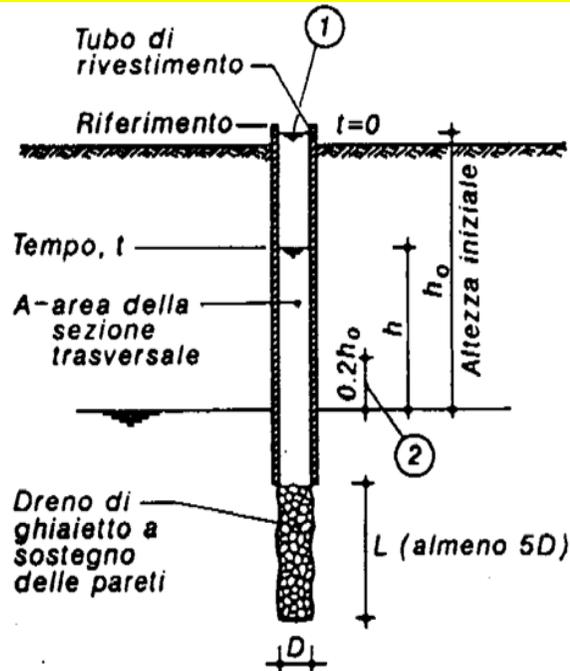
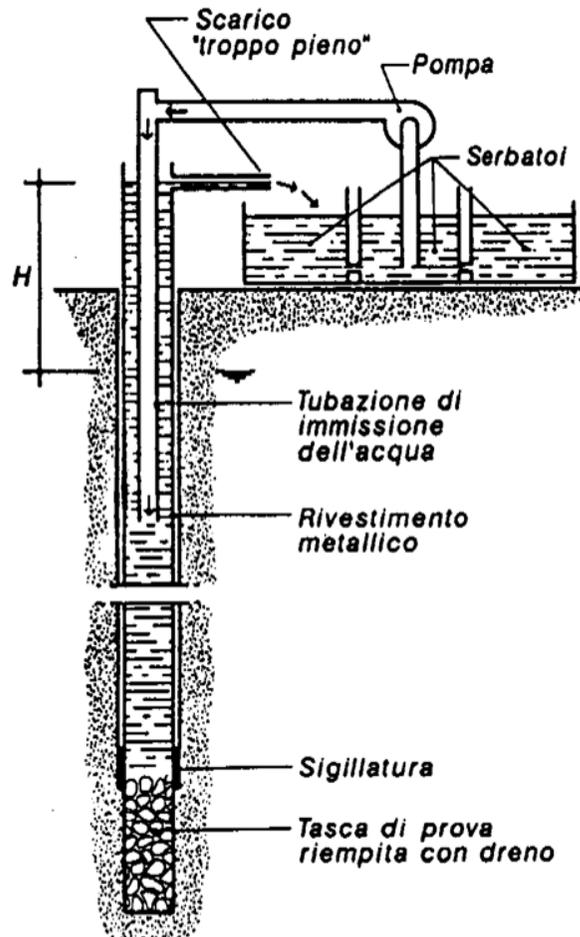
Le prove in pozzo vengono eseguite emungendo una portata d'acqua costante da un pozzo e misurando gli abbassamenti del livello della stessa nel medesimo ed in vari fori verticali (da 3 a 9) perforati lungo uno o più allineamenti radiali rispetto ad esso. Se la falda non è alimentata il livello continua a diminuire sempre più lentamente fino al valore prossimo alla stabilizzazione con un raggio d'influenza teoricamente infinito, se invece la falda è alimentata il regime si stabilizza con un raggio d'influenza del pozzo definito. In linea di massima il raggio d'azione sensibile di un terreno molto permeabile è dell'ordine dei 2 o 3 volte il diametro del pozzo, mentre scende all'ordine di uno o mezzo diametro per i terreni poco permeabili.

Misure di permeabilità in foro

a carico costante

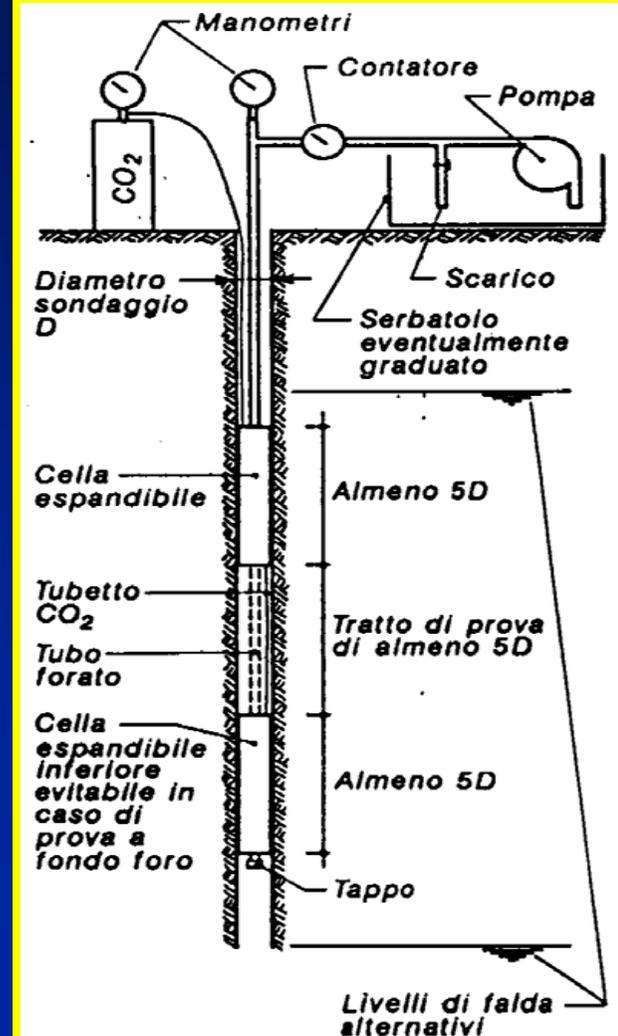
Metodo Lefrank

a carico variabile

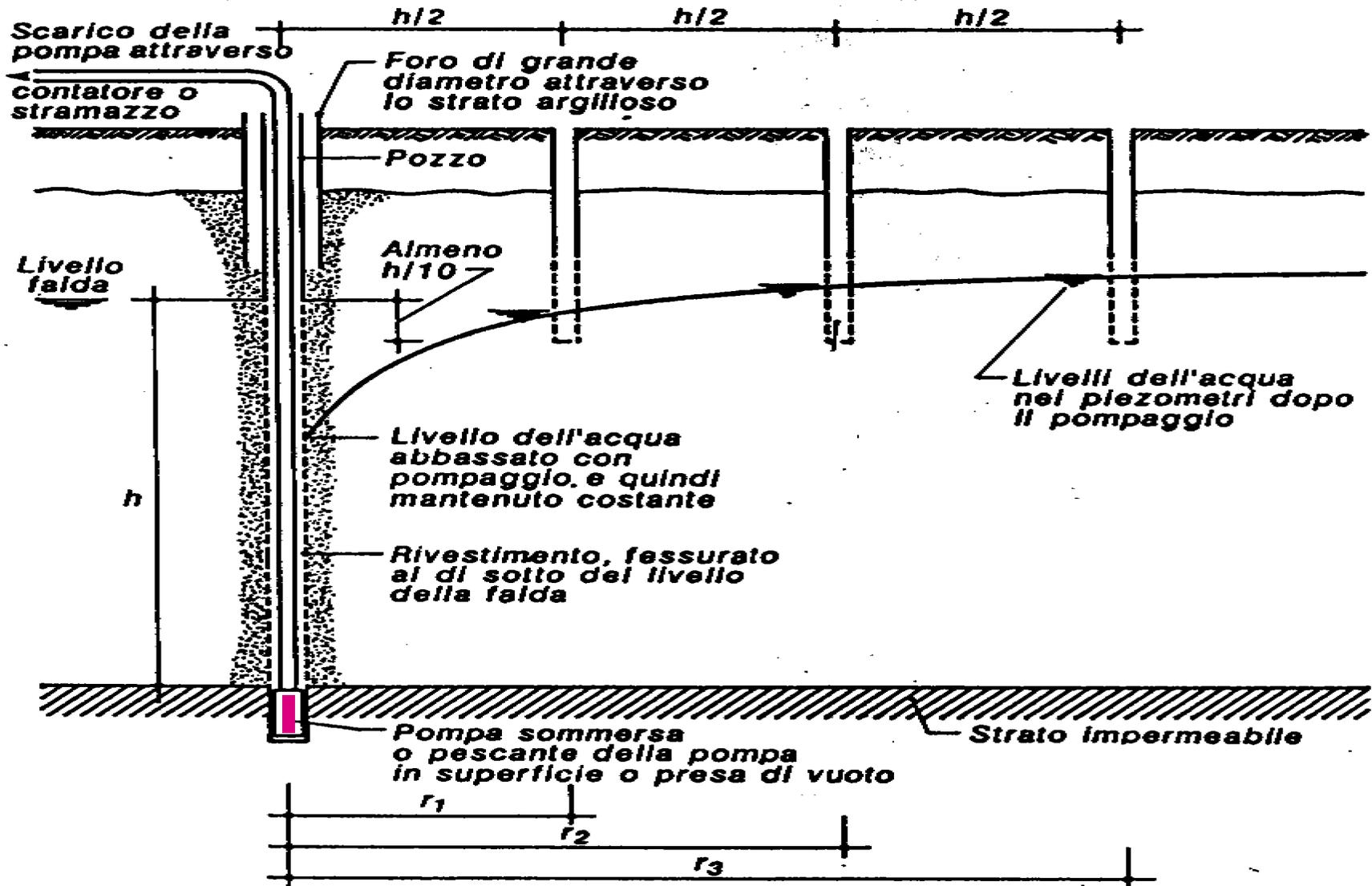


1. Si aggiunge acqua per innalzarne il livello nel foro, quindi si sospende consentendo al livello di abbassarsi secondo il flusso naturale
2. Le letture vengono proseguite fino a che il livello dell'acqua nel foro non scende al di sotto di questo valore

Metodo Lugeón



Misure di permeabilità in pozzo



XII Seminario Venezolano de Geotecnia. Caracas, 1992

***FLUCTUACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO POR LA
CONSTRUCCIÓN DE LA LINEA 1 DEL
METRO DE CARACAS***

Gladys Achurra

***ASPECTOS GEO-MORFO-HIDROLOGICOS
DEL TRAZADO DE LA LINEA 2 DEL
METRO DE CARACAS***

Roberto Centeno

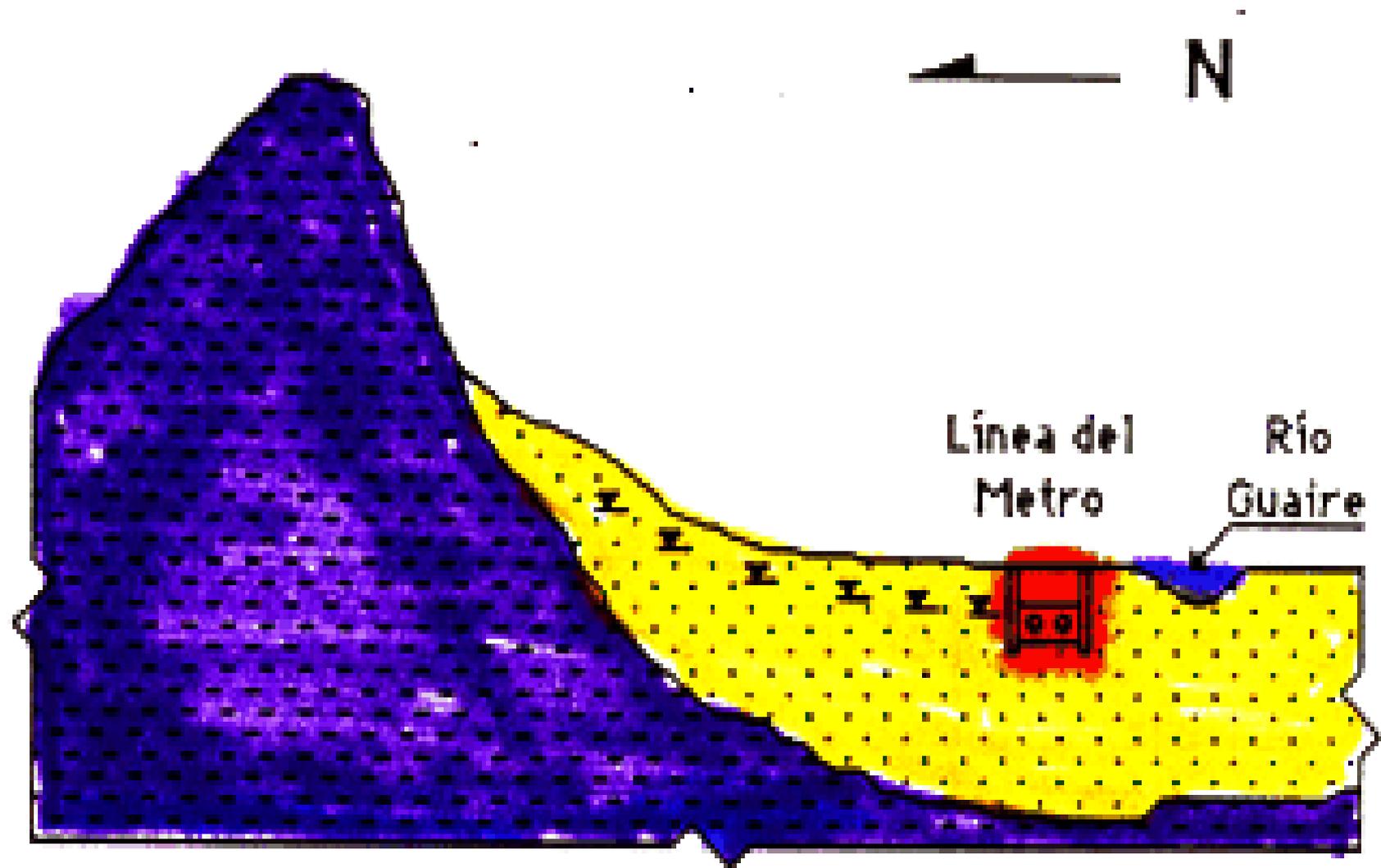
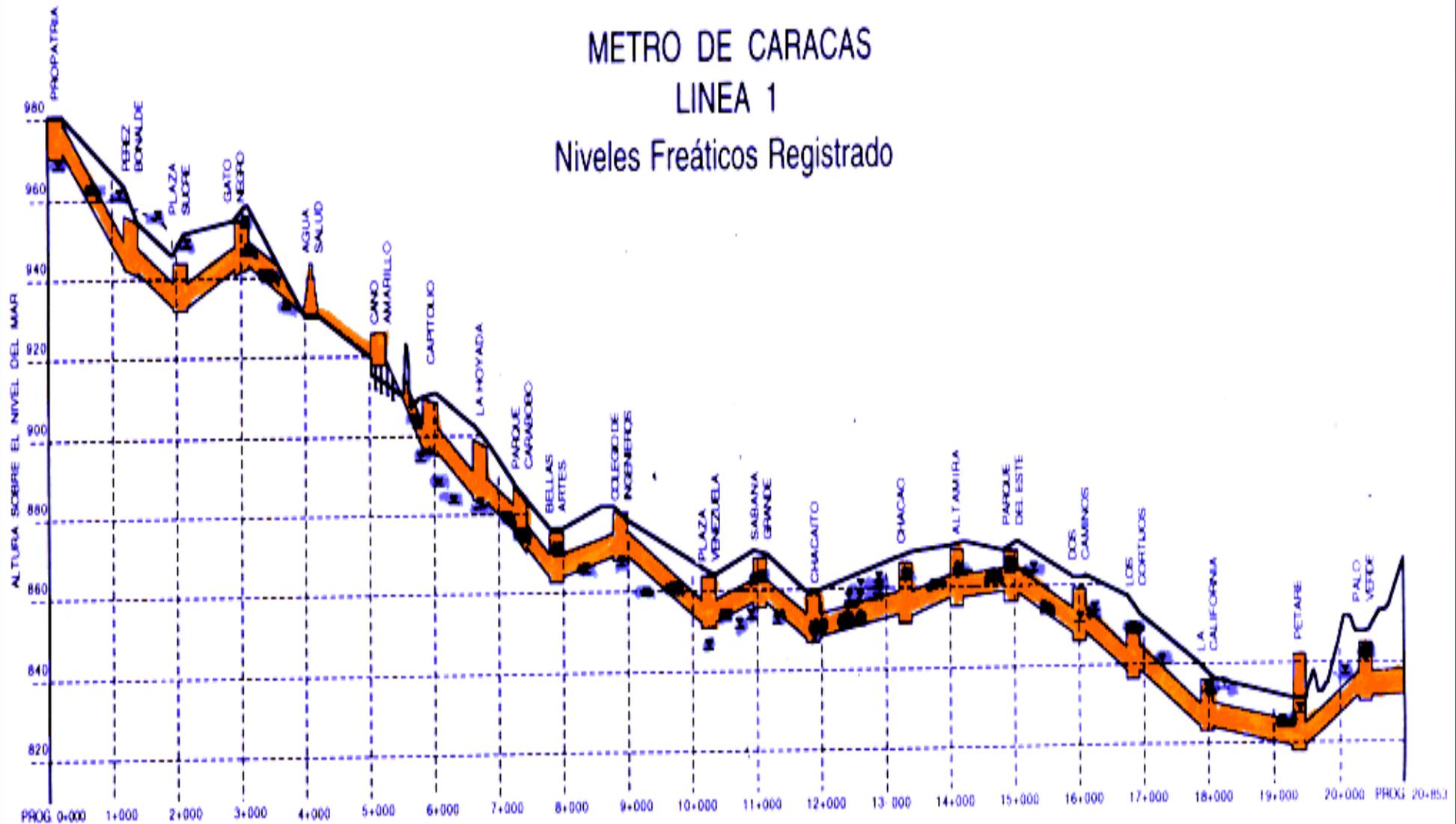


Fig - Sección Transversal Tipo del Valle de Caracas Atravesado por el Metro.

Fluctuación del nivel freático a lo largo de la LINEA 1

METRO DE CARACAS
LINEA 1
Niveles Freáticos Registrado



Instalación de 176 piezómetros a lo largo de la LINEA 1

PIEZOMETROS	EN ESTACIONES			EN EL TRAMO		
	ORIG.	CONST.	MANT.	ORIG.	CONST.	MANT.
Patio-Propatria						
Propatria	1	-	-	1	-	-
Pérez Bonalde	5	-	5	6	-	3
Plaza Sucre	2	-	4	7	-	3
Gato Negro	1	-	5	3	-	2
Agua Salud	-	-	-	11	-	-
Cafío Amarillo	2	-	-	-	-	-
Capitolio	1	-	-	3	-	-
La Hoyada	1	-	5	2	-	-
Parque Carabobo	-	-	-	1	-	-
Bellas Artes	1	-	5	-	-	-
Colegio de Ings.	1	-	-	1	-	-
Plaza Venezuela	2	-	-	-	-	-
Sabana Grande	2	-	4	5	-	-
Chacaito	1	-	3	2	-	3
Chacao	-	5	-	12	-	-
Altamira	4	-	-	-	-	-
Parque del Este	2	-	-	-	-	-
Dos Caminos	5	5	-	1	-	-
Los Cortijos	1	-	-	-	-	-
La California	5	-	-	-	13	-
Petare	-	-	-	-	18	-
Palo Verde	-	-	-	1	-	-
	37	10	31	56	31	11
Totales:	Orig.=	93	Const.=	41	Mant.=	42

Instalación de 176 piezómetros a lo largo de la LINEA 1

ESTACION	INICIALES			FINALES		DIF. (m)
	UBICAC.	Fecha	Nivel (m)	Fecha	Nivel (m)	
Pérez Bonalde	Sur	11-68	2,25	05-91	2,00	0,25
Pérez Bonalde	Sur	11-68	2,60	05-91	2,00	0,60
Plaza Sucre	Norte	07-68	3,30	05-91	1,10	2,20
Plaza Sucre	Norte	07-68	3,60	05-91	1,20	2,40
Plaza Sucre	Sur	07-68	5,20	05-90	4,30	0,90
La Hoyada	Norte	09-68	21,50	05-91	14,90	6,60
Bellas Artes	Norte	01-69	7,50	05-91	7,40	0,10
Bellas Artes	Norte	01-69	7,50	05-91	6,30	1,20
Bellas Artes	Norte	01-69	7,50	05-91	5,90	1,60
Sabana Grande	Norte	08-74	12,65	05-91	8,65	4,00
Sabana Grande	Norte	08-74	12,65	05-91	9,00	3,65
Sabana Grande	Sur	08-74	8,40	05-91	7,50	0,90
Sabana Grande	Sur	01-74	8,50	05-91	7,50	1,00
Chacaito	Norte	09-74	9,45	05-90	5,90	3,55
Chacaito	Norte	09-74	9,90	05-90	5,90	4,00
Chacaito	Sur	09-74	9,80	05-90	6,75	3,05
Chacaito	Sur	09-74	10,42	05-90	6,75	3,67
Chacao	Norte	01-86	11,32	05-90	10,00	1,32
Chacao	Norte	01-86	7,90	03-86	4,95	2,95
Chacao	Norte	01-86	7,90	03-86	0,66	7,24
Dos Caminos	Norte	01-86	13,92	03-86	9,78	4,14
Dos Caminos	Norte	01-86	13,92	05-86	2,91	11,01
Dos Caminos	Norte	01-86	12,94	05-86	10,50	2,44
Dos Caminos	Sur	01-86	14,30	05-86	12,16	2,14

TRAMO	N/ S	INICIALES		FINALES		DIF. (m)
		Fecha	Nivel (m)	Fecha	Nivel (m)	
Propatria-Pérez Bonalde	N	09-68	10,70	05-91	6,45	4,25
Propatria-Pérez Bonalde	N	09-68	10,00	05-91	6,45	3,55
Propatria-Pérez Bonalde	N	09-68	10,50	05-91	6,45	4,05
Propatria-Pérez Bonalde	N	09-68	9,98	05-91	6,45	3,53
Propatria-Pérez Bonalde	S	09-68	10,70	05-91	8,50	2,20
Propatria-Pérez Bonalde	S	09-68	10,00	05-91	8,50	1,50
Propatria-Pérez Bonalde	S	09-68	10,50	05-91	8,50	2,00
Propatria-Pérez Bonalde	S	09-68	9,98	05-91	8,50	1,48
Pérez Bonalde-Pza. Sucre						
Plaza Sucre-Gato Negro	N	11-67	5,30	05-91	4,15	1,15
Plaza Sucre-Gato Negro	S	05-78	9,10	05-91	9,10	0,00
La Hoyada-Pque Carabobo	S	05-78	7,90	05-91	6,65	1,25
Sab. Grande-Chacaito	S	09-74	12,15	05-90	9,55	2,60
Sab. Grande-Chacaito	S	09-74	13,21	05-90	9,55	3,66
Los Cortijos-La Calif.	S	10-88	5,45	01-92	3,78	1,67
Los Cortijos-La Calif.	S	02-90	7,95	01-92	7,78	0,17
La California-Petare	N	01-77	3,50	09-91	5,00	-1,50
La California-Petare	N	02-77	1,60	01-92	4,15	-2,55
La California-Petare	N	02-77	1,60	01-92	4,70	-3,10
La California-Petare	N	03-77	2,30	01-92	3,94	-1,64
La California-Petare	S	02-90	6,80	01-92	4,49	2,31
La California-Petare	S	02-90	6,80	01-92	5,17	1,63

INDAGINI PROGETTUALI PER GALLERIE URBANE

Indagini geomorfologiche

Gli studi geomorfologici analizzano la configurazione, l'origine e l'evoluzione della superficie terrestre, con il compito principale di spiegare le forme del suolo e di capire i fenomeni da cui esse sono derivate, per poi utilizzare tali conoscenze a vari fini applicativi, quali per esempio quelli geotecnici o quelli idrologici in generale od altri in particolare, come ad esempio quelli relativi a specifici aspetti progettuali e costruttivi delle gallerie subsuperficiali.

Elementi fisiografici quali i terrazzi fluviali e marini, le conoidi, le pianure alluvionali e le valli glaciali, i detriti, le morene, i solchi, gli alvei ed i paleoalvei, le pendenze e gli strapiombi, le fratture e gli scollamenti, le doline e le cavità, etc., hanno tutti un significato preciso e si possono collegare sempre a specifici aspetti applicativi di notevole importanza.

XII Seminario Venezolano de Geotecnia. Caracas, 1992

**LIMITES Y POSIBILIDADES DE LA EXPLORACIÓN
GEOTECNICA EN EL CASO DE LA FALLA DEL MURO
COLADO ANCLADO EN LA TRINCHERA PETARE DE
LA LINEA 1 DEL **METRO DE CARACAS****

Gianfranco Perri - Piero Feliziani

**PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS EN LOS ANCLAJES
DE LA ESTACIÓN MATERNIDAD DE LA LINEA 2 DEL
METRO DE CARACAS: ANALISIS GEOMORFOLOGICO
Y DIAGNOSTICO GEOTECNICO**

Gianfranco Perri

TRINCHERA PETARE DEL METRO DE CARACAS

Durante la excavación de la Trincherá Petare, de la Línea 1 del Metro de Caracas, se produjo una importante falla de carácter global y que interesó un total de 6 paneles de muro colado en concreto armado y anclados, que se habían construido con el objeto de sostener temporalmente las paredes verticales de la excavación.

La falla se produjo cuando la excavación había alcanzado algo más que 12 m de profundidad y había descubierto el pie de los paneles, que en cota -11.80 se habían apoyado sobre un esquisto duro impenetrable con la almeja utilizada para la excavación. Los paneles, de 5.86 m de largo y 0.63 m de espesor, habían sido anclados en 2 hileras con 2 anclajes por panel de 75 t y 58 t, según el proyecto elaborado en base al estudio geotécnico convencional ejecutado para la estación, trincherá y línea del metro.

TRINCHERA PETARE DEL METRO DE CARACAS

Fases constructivas de una trinchera cubierta:

- 1.Excavación y vaciado de los muros colados**
- 2.Excavación y colocación de anclajes (por etapas)**
- 3.Construcción de la estructura de concreto armado**
- 4.Relleno hasta la restitución topografica inicial**

FASE 1



FASE 2a



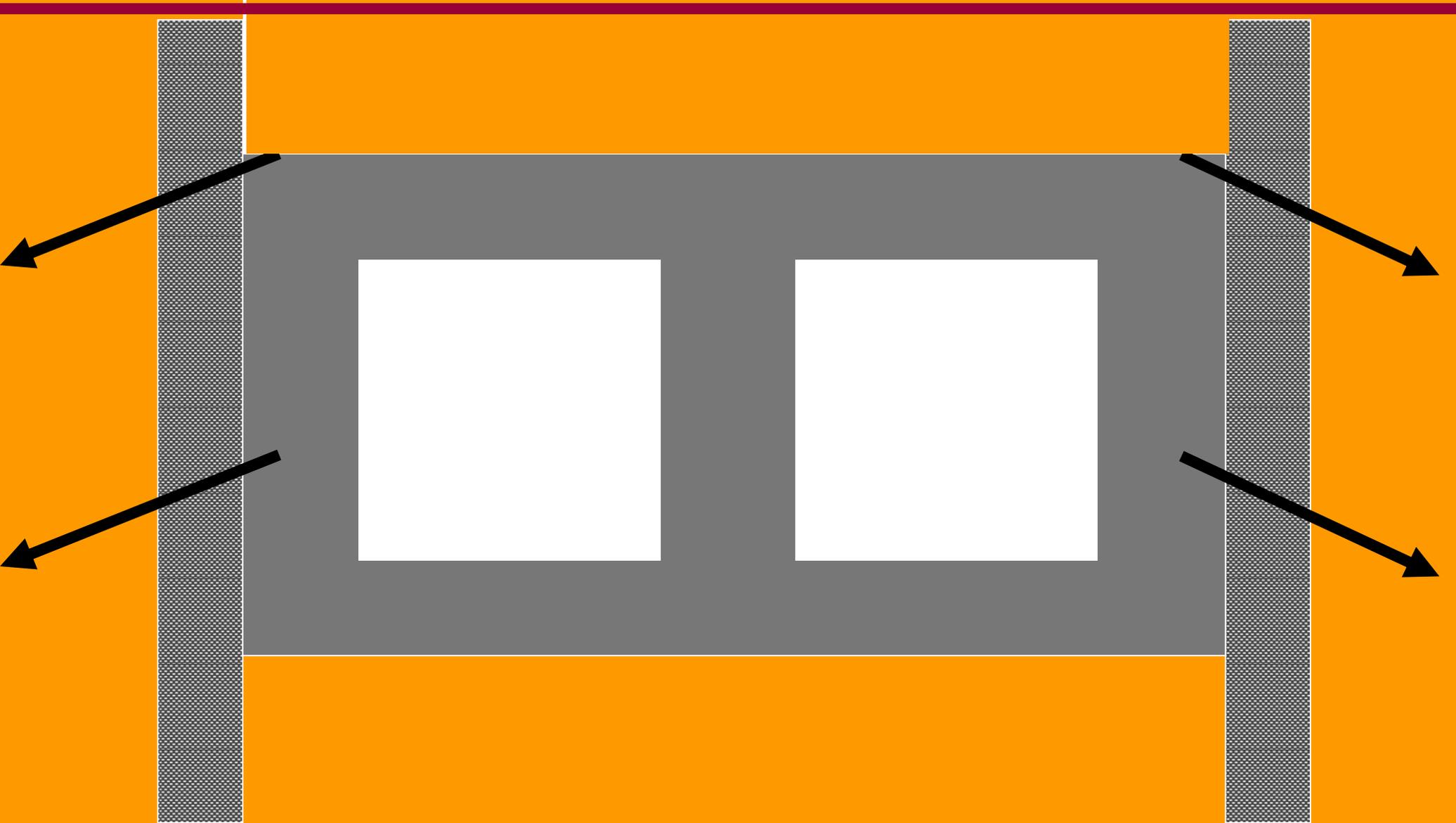
FASE 2b

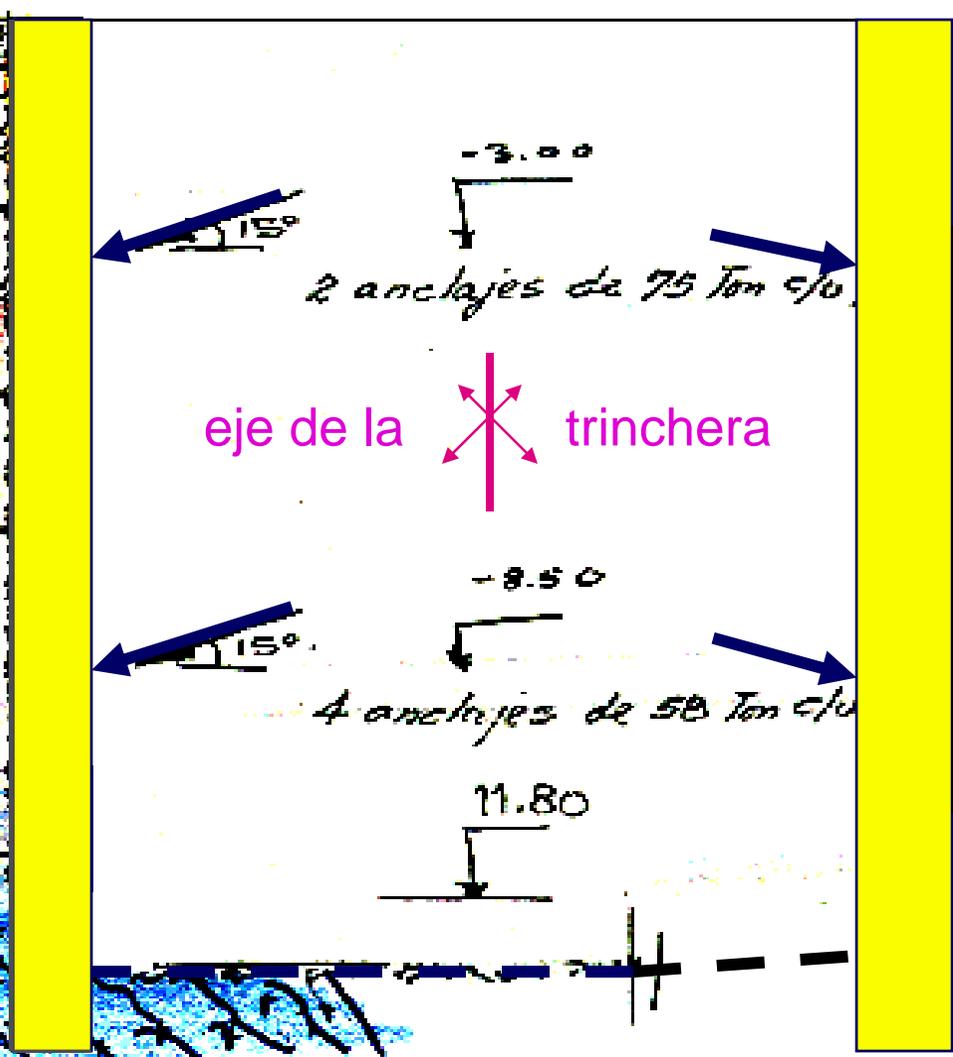
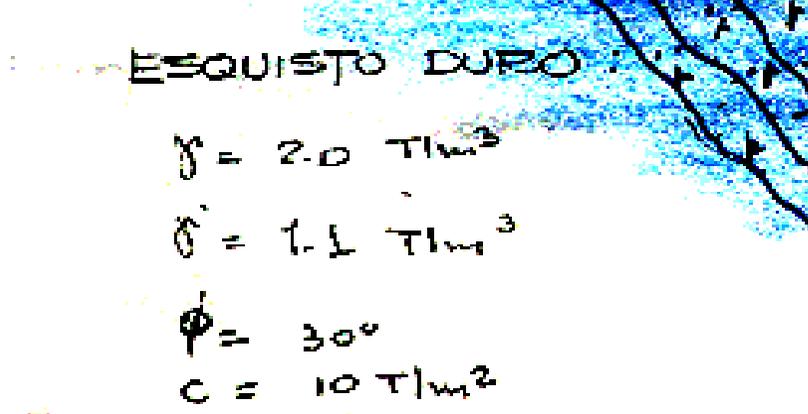
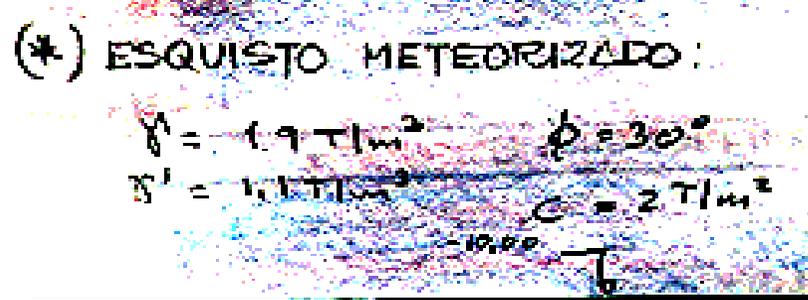
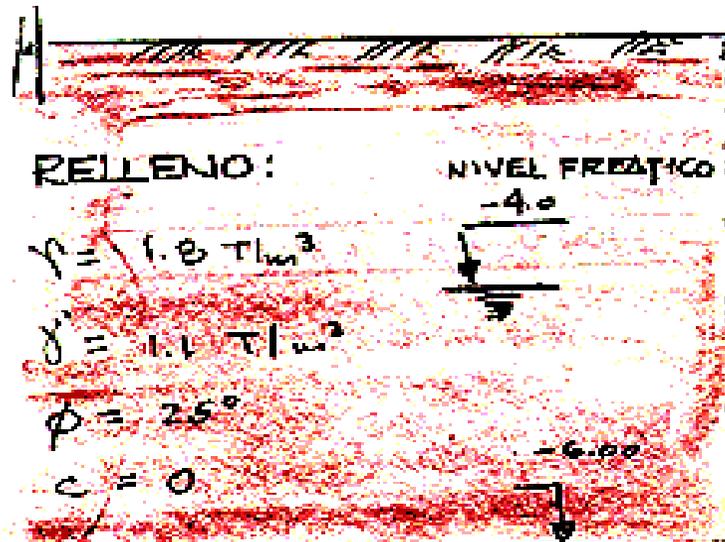


FASE 3



FASE 4





perfil de proyecto

(*) Inexistente en la realidad

RELLENO:

$$\gamma = 1.8 \text{ T/m}^3$$

$$\gamma' = 1.1 \text{ T/m}^3$$

$$\phi = 25^\circ$$

$$c = 0$$

NIVEL FREÁTICO



2 anclajes de 75 Ton c/m por panel



4 anclajes de 58 Ton c/m por panel



perfil encontrado

ESQUISTO DURO

$$\gamma = 2.0 \text{ T/m}^3$$

$$\gamma' = 1.1 \text{ T/m}^3$$

$$\phi = 30$$

$$c = 10 \text{ T/m}^2$$

BUZAMIENTO DE
LA FOLIACION

Trinchera Petare

comienzo de la falla

RELLENO:

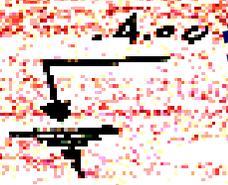
$$\gamma = 1.8 \text{ T/m}^3$$

$$\gamma' = 1.1 \text{ T/m}^3$$

$$\phi = 25^\circ$$

$$c = 0$$

NIVEL FREÁTICO



2 anclajes de 75 Ton c/m por panel



4 anclajes de 58 Ton c/m por panel



ESQUISTO DURO

$$\gamma = 2.0 \text{ T/m}^3$$

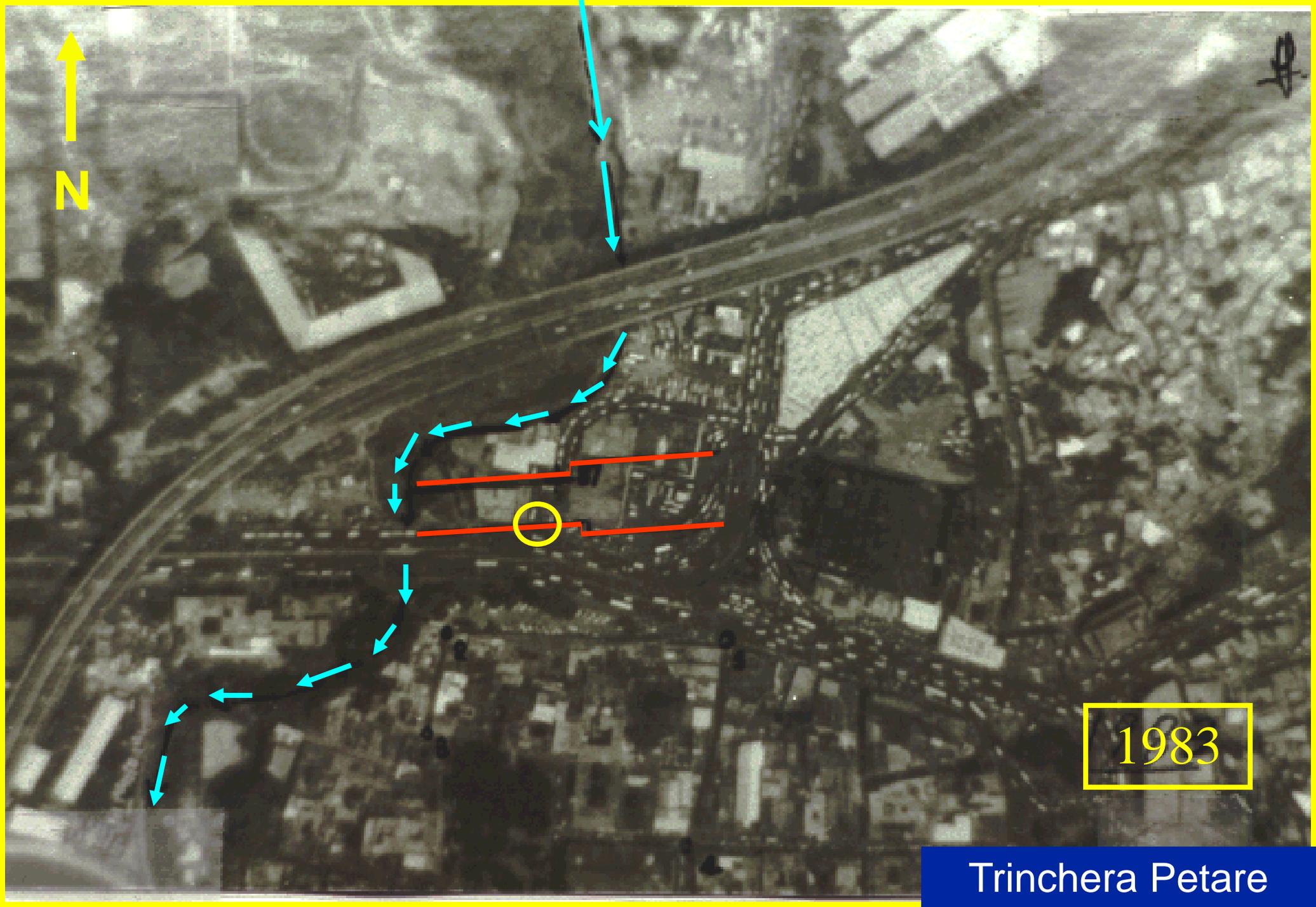
$$\gamma' = 1.1 \text{ T/m}^3$$

$$\phi = 30$$

$$c = 10 \text{ T/m}^2$$

BUZAMIENTO DE LA FOLIACION

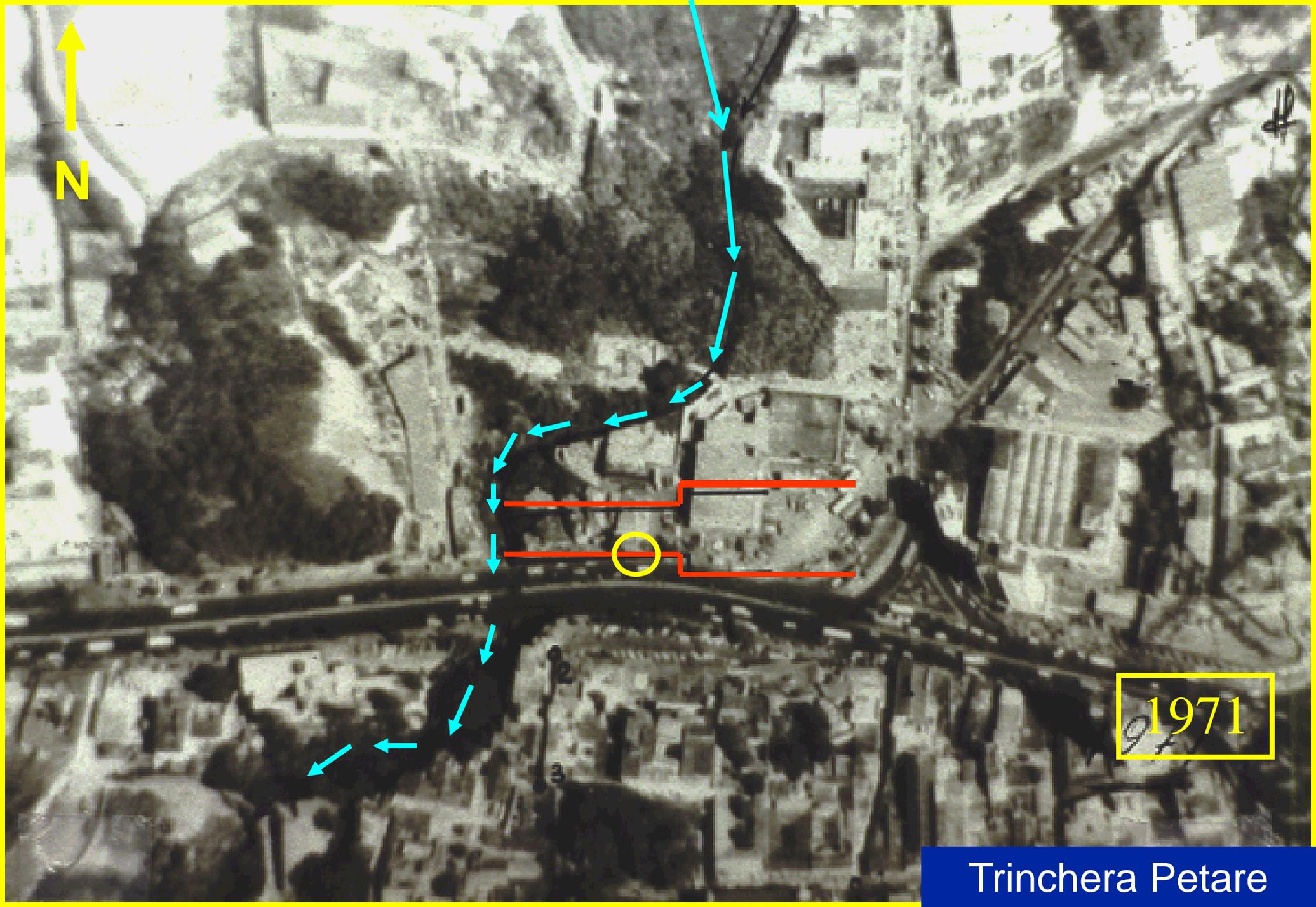
FONDO DE EXCAVACION EN EL MOMENTO DE LA FALLA



N

1983

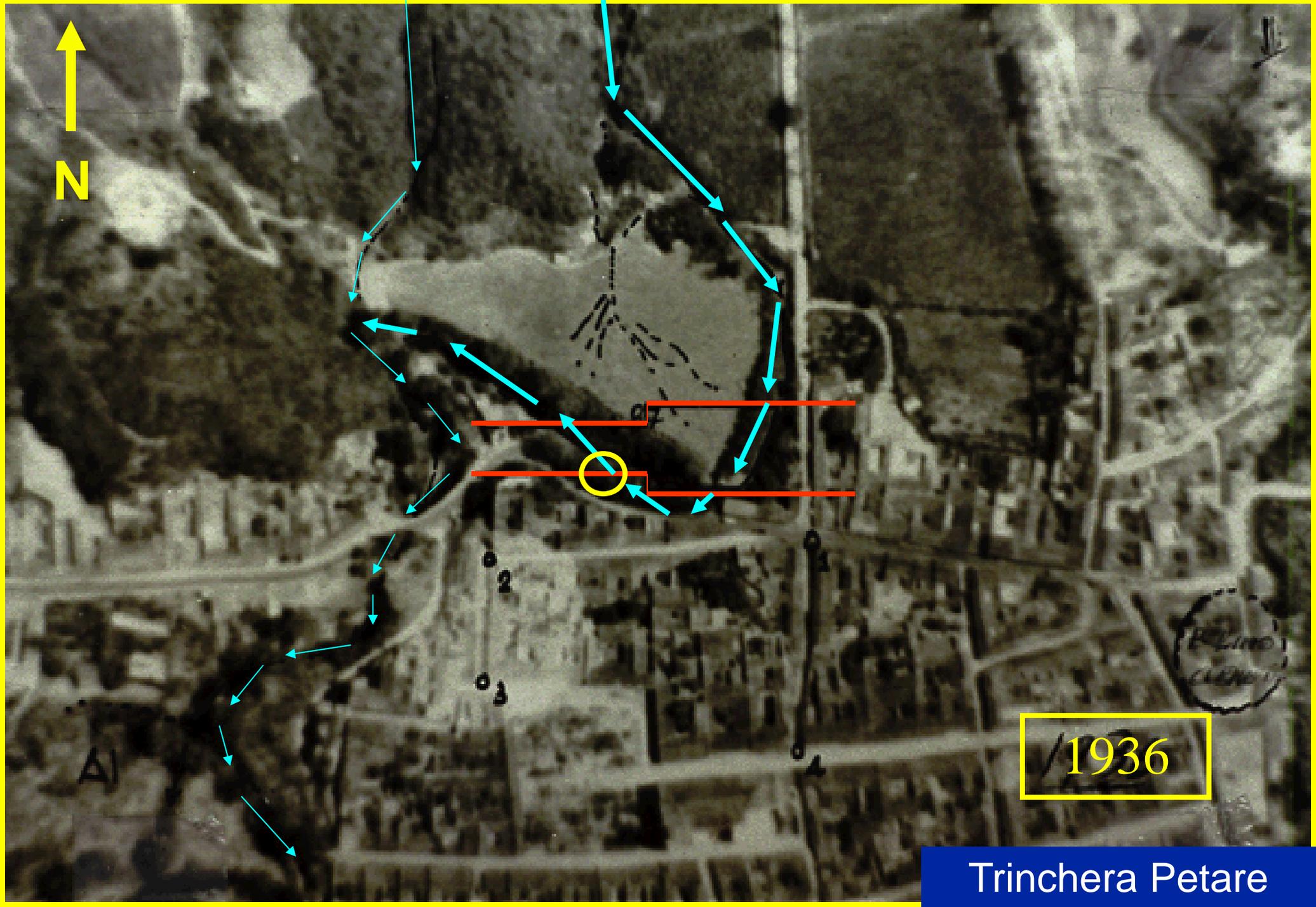
Trinchera Petare



N

1971

Trinchera Petare



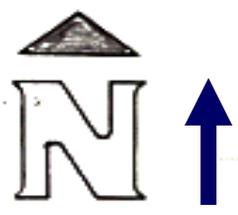
N

1936

Trinchera Petare

NUEVO CAUCE
(COMO APARECE EN 1971 y 1983)

VIEJO CAUCE
(ANTES DEL 1936)



N-2600

AUTOPISTA

N-2650

AUTOPISTA

N-2700

PC-87

TRINCHERA

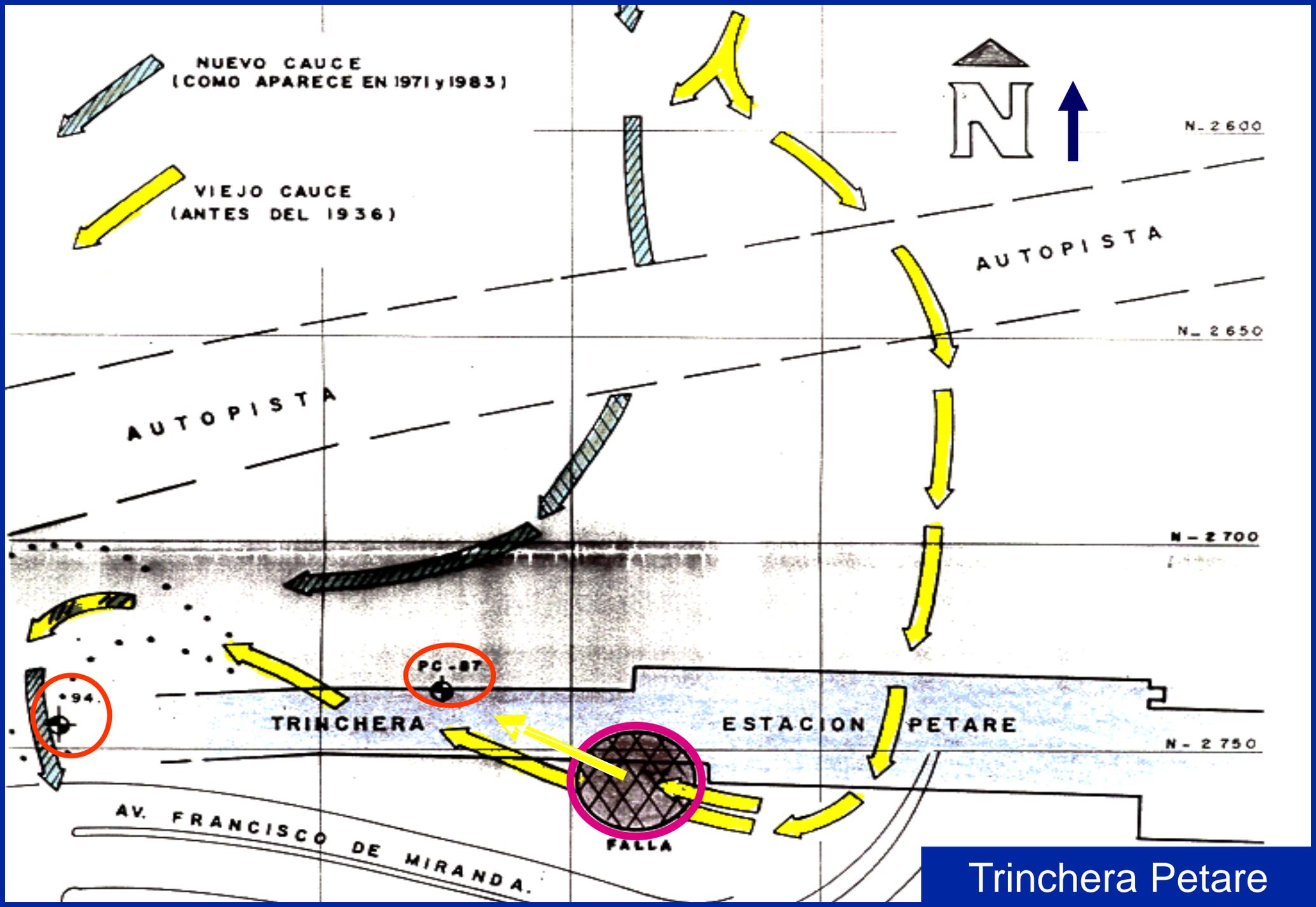
ESTACION PETARE

N-2750

FALLA

AV. FRANCISCO DE MIRANDA.

Trincheras Petare

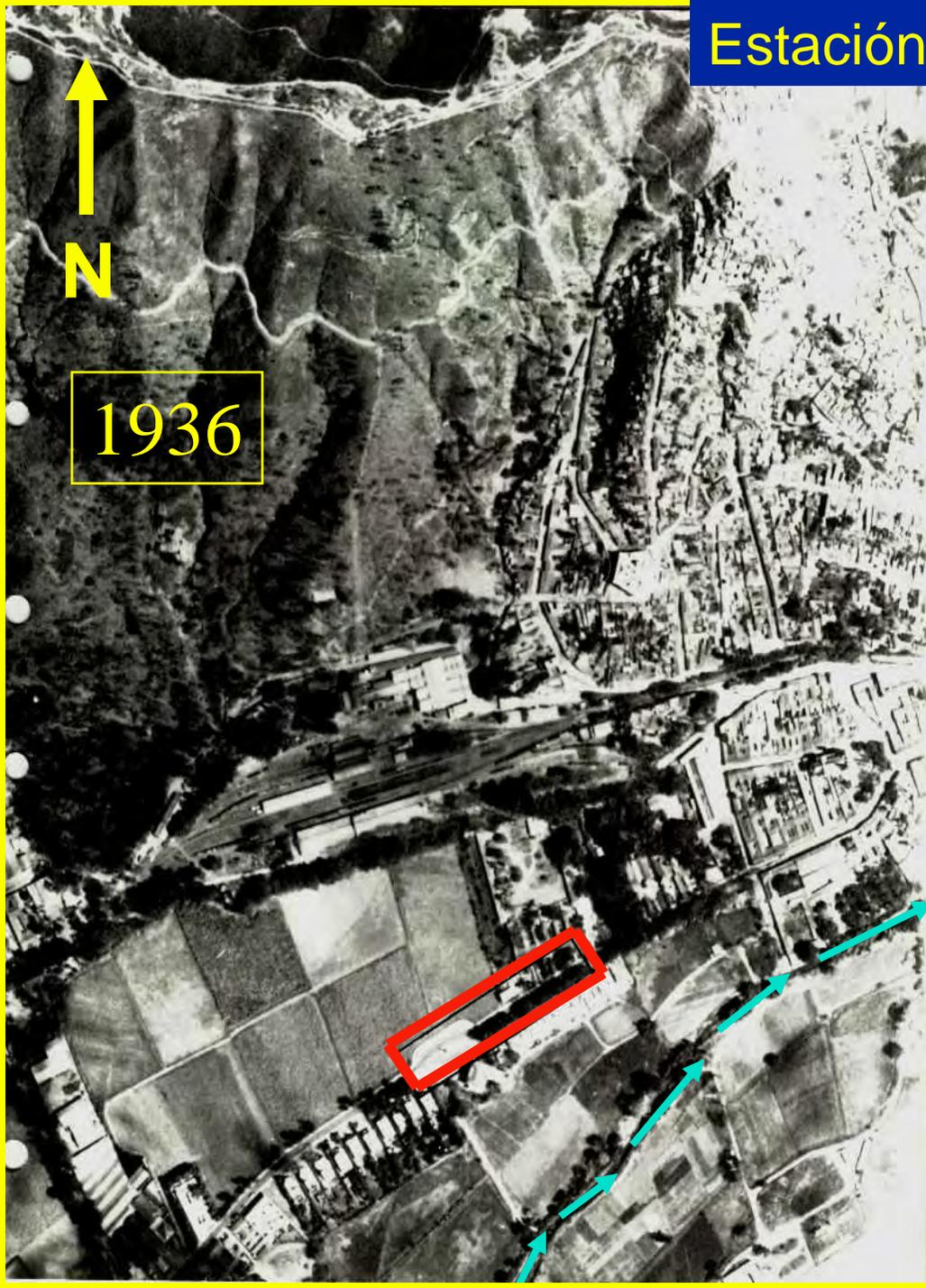


ESTACIÓN MATERNIDAD DEL METRO DE CARACAS

Durante la construcción de los anclajes para el soporte temporal de los muros colados en concreto armado previstos en la Estación Maternidad de la Línea 2 del Metro de Caracas, se encontraron dificultades extremas, sea en las etapas de perforación sea en las etapas de inyección, con la consecuente imposibilidad de emplear los procedimientos tecnológicos rutinarios previstos, debido al manifestarse de voluminosos flujos de agua en presión con importantes arrastres de sedimentos arenosos abrasivos, produciéndose el constante atascamiento de las barras de perforación y el lavado del mortero inyectado.

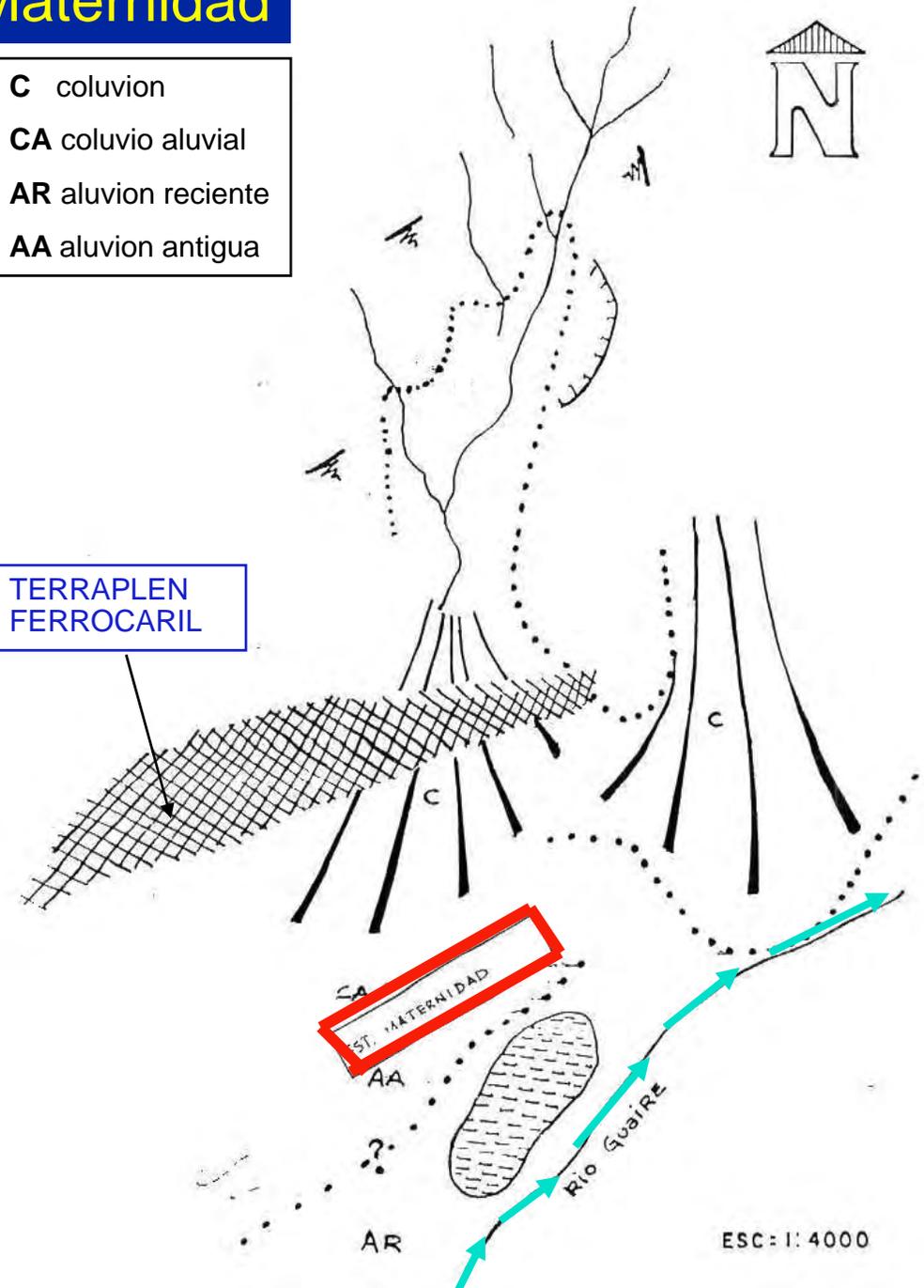
Tales circunstancias fue imposible poderlas predecir en base al **estudio geotécnico convencional** ejecutado, el cual reportaba la presencia de un subsuelo caracterizado por errática alternancia de sedimentos no plásticos de compacidad media alta y por existencia de un nivel freático a una profundidad intermedia.

Estación Maternidad



- C coluvion
- CA coluvio aluvial
- AR aluvion reciente
- AA aluvion antigua

TERRAPLEN FERROCARIL



↑
N

1936

T

C

C

CA

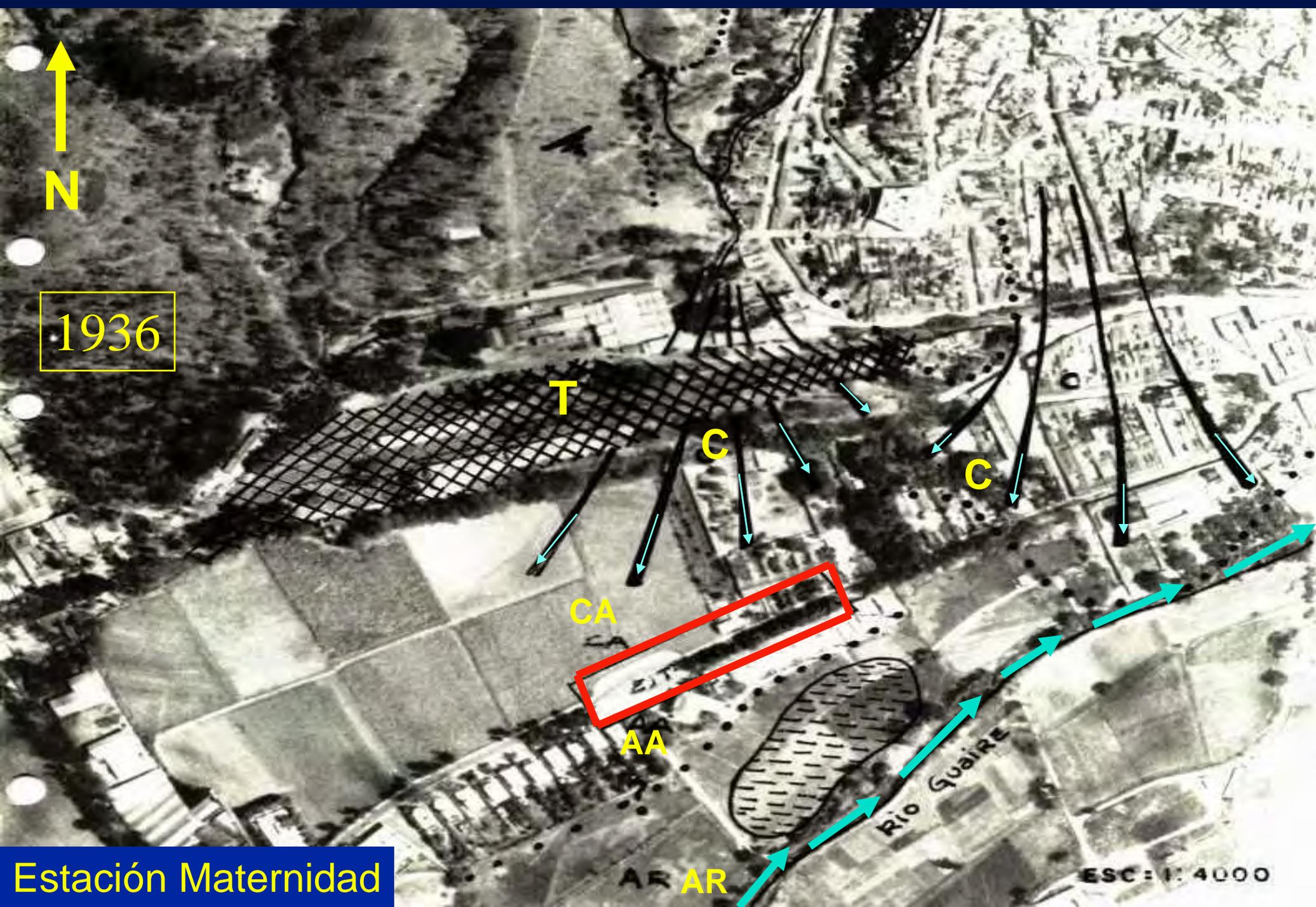
AA

AR AR

Rio Quaire

ESC: 1: 4000

Estación Maternidad



STRUMENTAZIONE GEOTECNICA

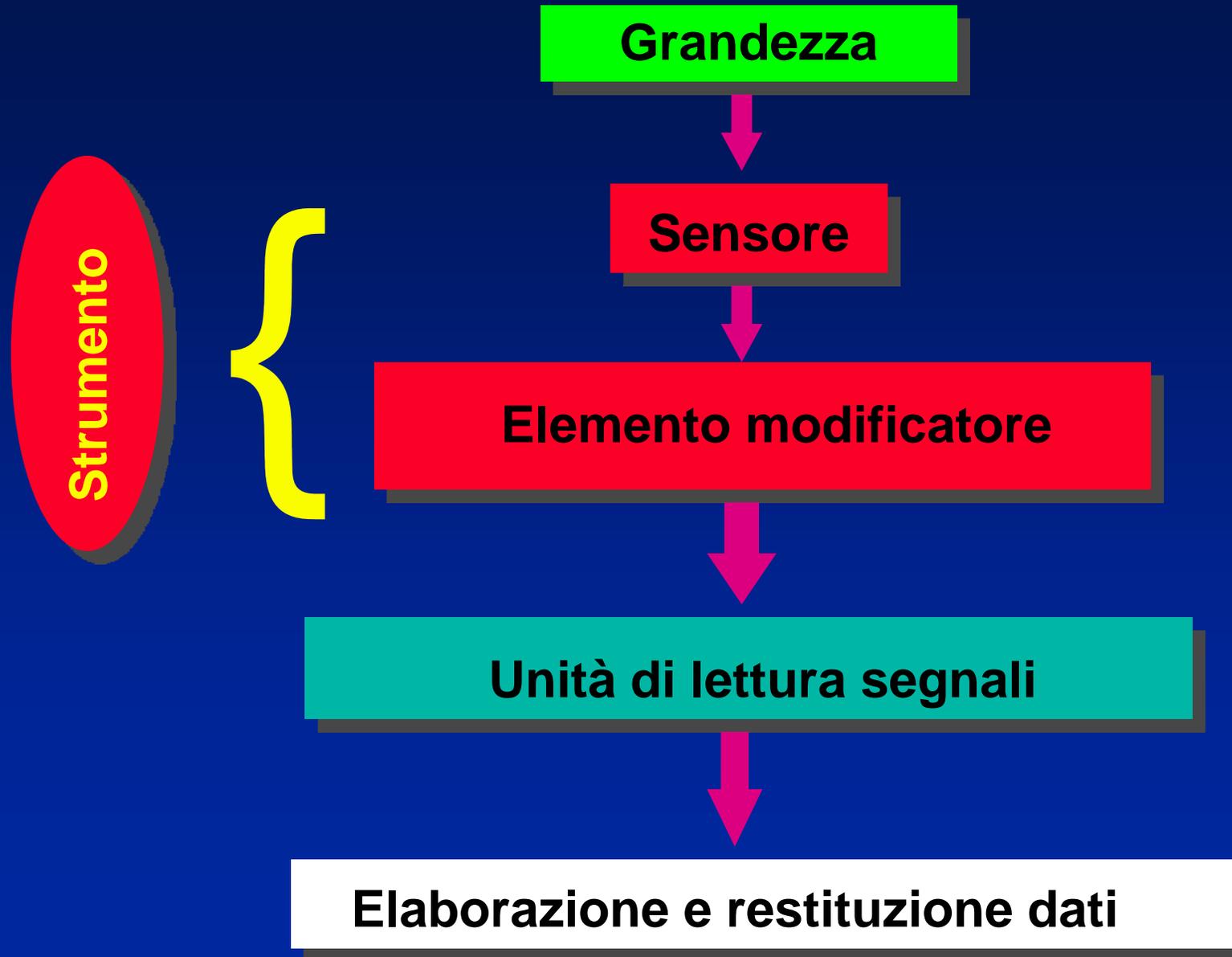
- **Per le INDAGINI (*Prove in Sito*):**

Strumenti che rilevano le reazioni dei terreni ad azioni imposte. Permettono di determinare in modo diretto o indiretto parametri geotecnici (strumenti attivi). Le misure hanno durata limitata nel tempo. Si utilizza un solo strumento per volta (es.: penetrometri).

- **Per i CONTROLLI (*Monitoraggio*):**

Strumenti che rilevano azioni naturali o indotte e le trasformano in grandezze fisiche utilizzabili per definire il comportamento dei terreni o delle opere (strumenti passivi). Le misure si protraggono nel tempo. Si utilizzano in genere più strumenti contemporaneamente correlando i risultati (es.: piezometri).

Catena di una misura strumentale per prove in sito e monitoraggio



Strumentazione per i Controlli:

Monitoraggio

Il *monitoraggio* è l'insieme delle azioni finalizzate alla *determinazione ed allo studio del comportamento* di un'opera o di un fenomeno naturale o artificiale.

Il *monitoraggio* fornisce i *dati sperimentali* necessari alla comprensione dei fenomeni che interessano la costruzione ed il funzionamento di un'opera.

Per raggiungere gli obiettivi del monitoraggio è fondamentale:

- ➔ Sapere PERCHE' misurare
- ➔ Sapere COSA misurare
- ➔ Sapere COME misurare

PERCHE' MISURARE:

Perchè la teoria ha bisogno di essere supportata dalla pratica

Perchè vi sono situazioni molto complesse in cui è necessario fare ricorso a rilievi diretti

Perchè è necessario disporre di informazioni continue sull'evoluzione dei fenomeni

Perchè è necessario disporre di opportuni ed adeguati *“campanelli di allarme”*

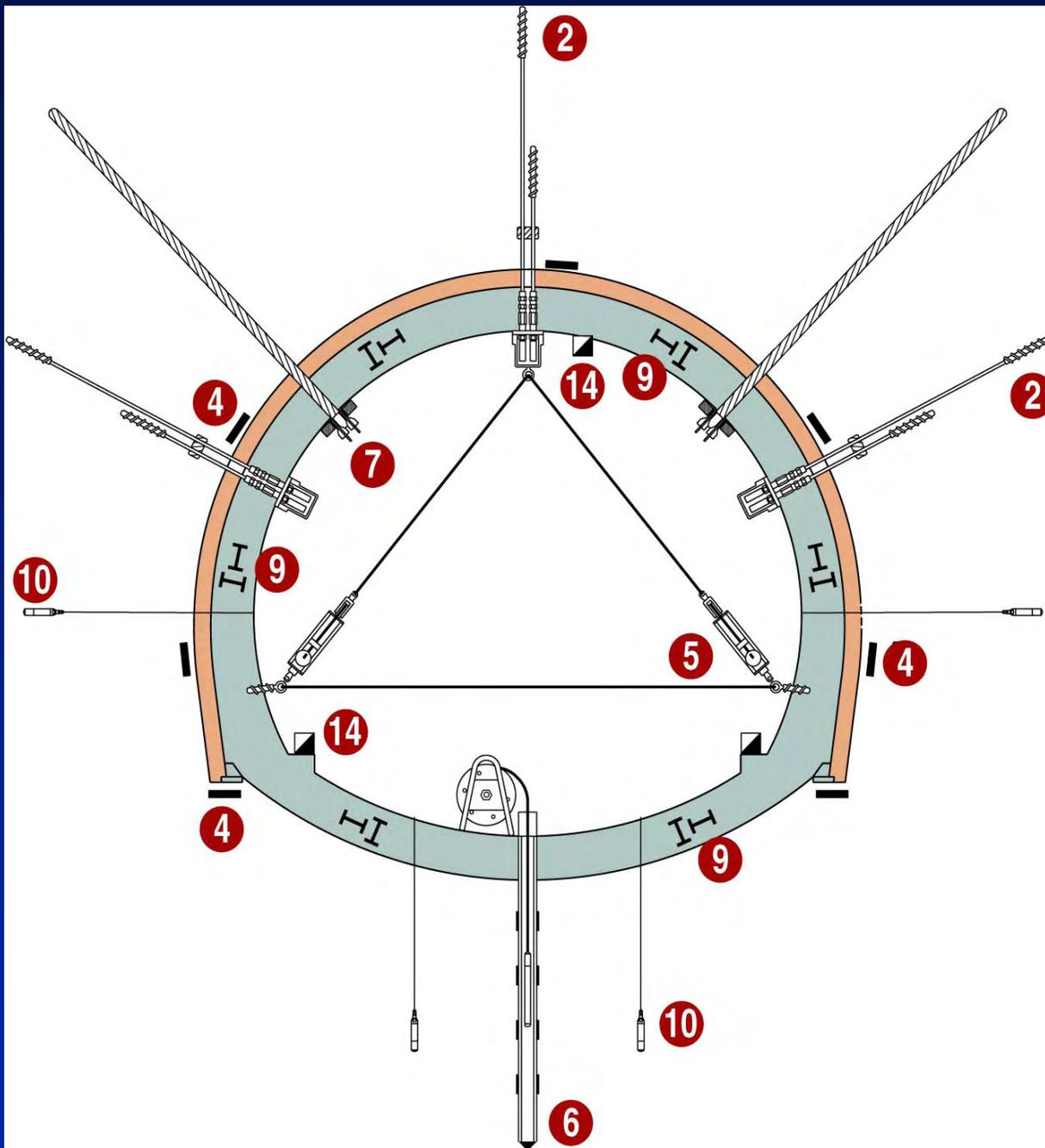
Perchè è necessario dimostrare per via sperimentale la correttezza delle ipotesi progettuali

COSA MISURARE:

- Livelli piezometrici
- Pressioni interstiziali
- Spostamenti
- Convergenze
- Carichi
- Pressioni
- Sollecitazioni

COME O “CON CHE” MISURARE:

- **Celle di carico**
- **Distometri**
- **Estensimetri**
- **Fessurometri**
- **Deformimetri**
- **Piezometri**
- **Inclinometri**
- **Livellometri**
- **Clinometri**
- **Assestimetri**



2 Estensimetro multibase

Deformazioni della roccia nell'intorno dello scavo

4 Celle di pressione

Misura delle pressioni al contatto roccia-rivestimento

5 Misuratore di convergenza

Deformazioni sagoma galleria

6 Estensimetro incrementale

Deformazioni a rilascio tensionale roccia, estrusione

7 Celle di carico per tiranti

Misura del carico esercizio dei tiranti

9 Strain gauges

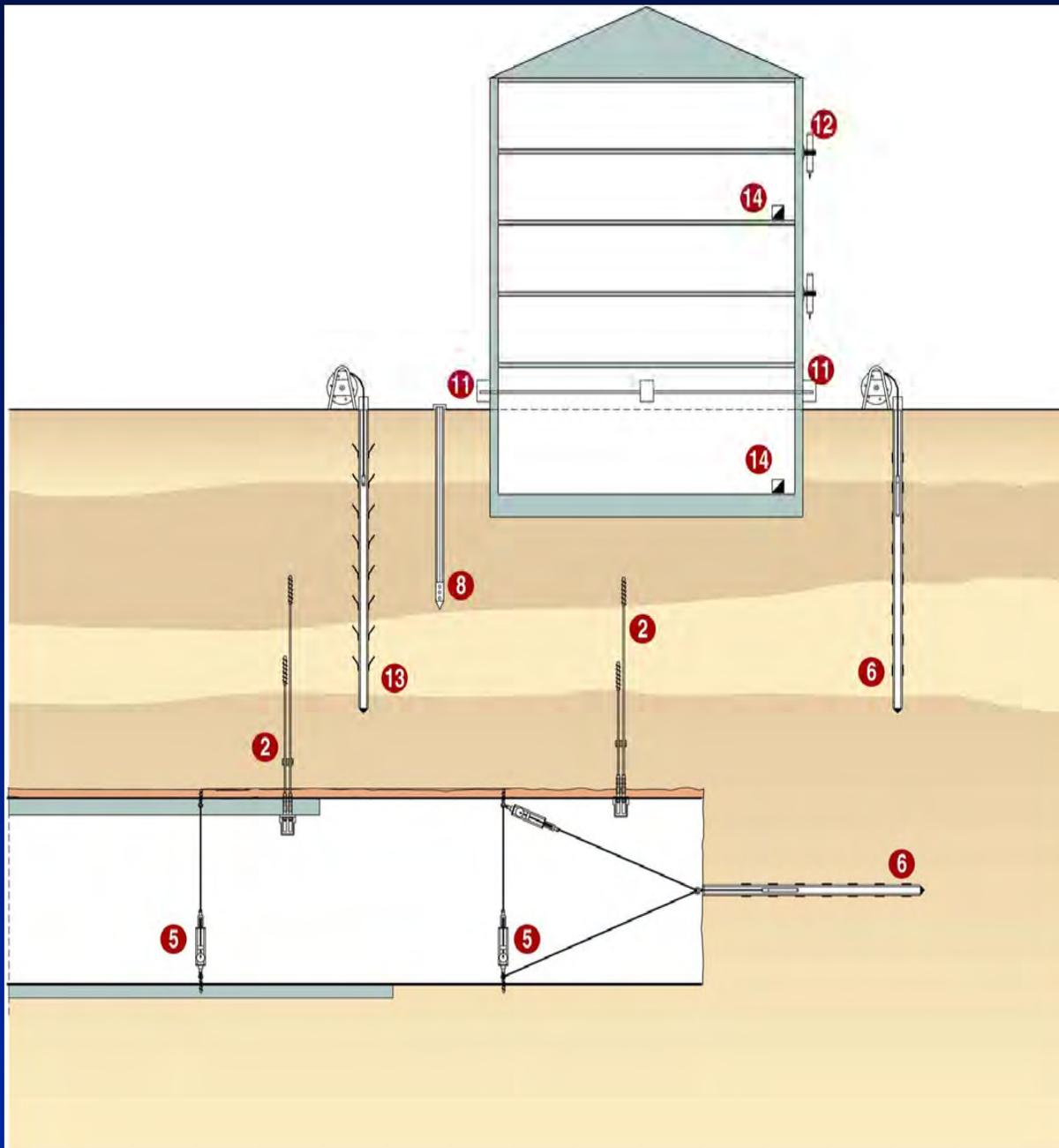
Misura delle deformazioni di centine e nel calcestruzzo

10 Piezometri elettrici

Controllo delle pressioni neutre

14 Accelerografo Smach

Monitoraggio delle vibrazioni durante gli scavi



2 Estensimetri multibase

Movimenti della roccia/terreno nell'intorno dello scavo

5 Misuratore di convergenza

Deformazioni sagoma galleria

6 Estensimetro incrementale

Cedimenti e assestamenti, estrusione

8 Colonna piezo-assestimentica

Controllo della piezometrica e dei cedimenti

11 Sistema livellometrico DSM

Misura dei cedimenti differenziali

12 Clinometro di superficie

Misura di verticalità su strutture

13 Assestometro magnetico

Cedimento del terreno di copertura

14 Accelerografo Smach

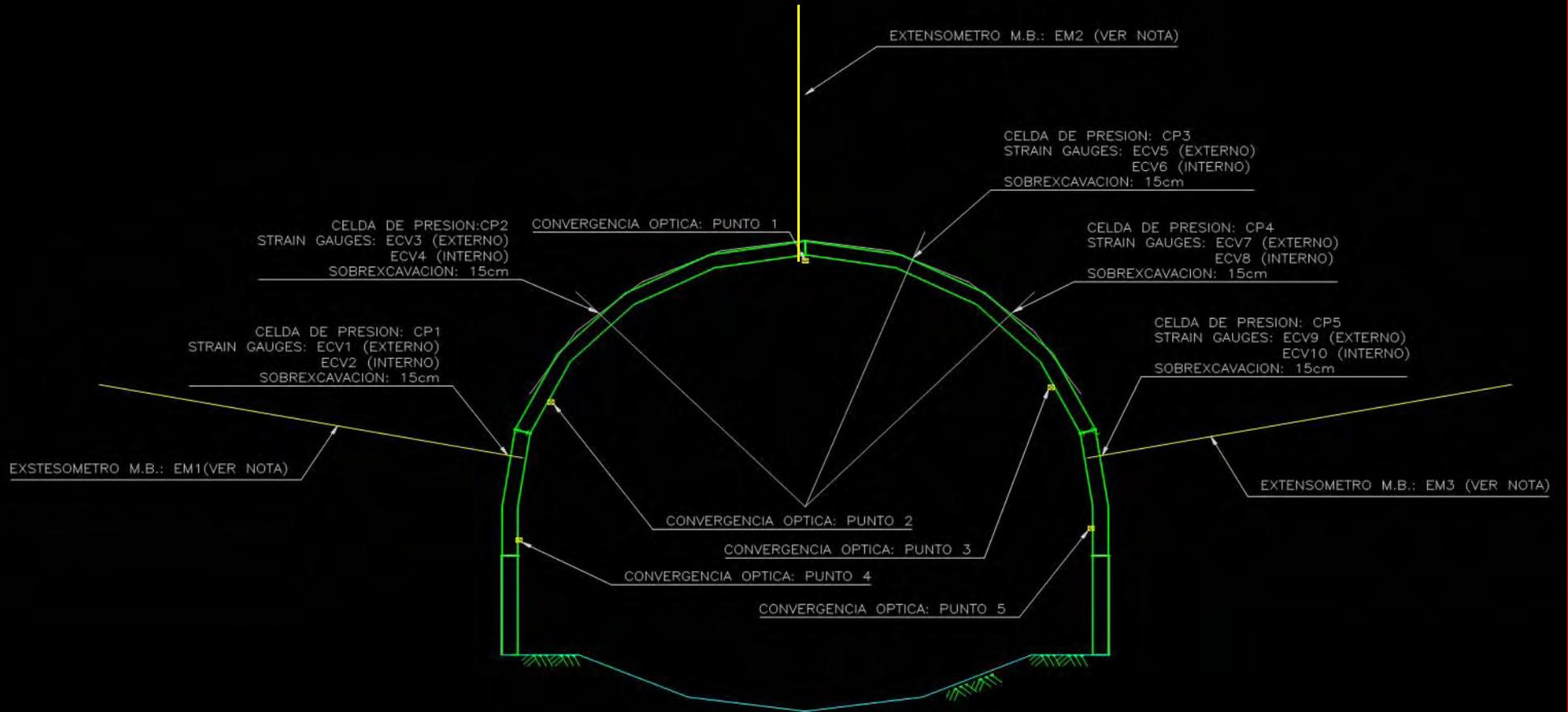
Monitoraggio delle vibrazioni durante gli scavi

Sistemi di misura

Centraline di misura manuali

E' il sistema più semplice per la lettura dei strumenti. Possono essere eseguite solo misure manuali. Attraverso il pannello l'operatore può collegare il sensore alla centralina e avere visualizzato sul display il valore del segnale in uscita.

- **Facile utilizzo**
- **Basso costo**
- **Adatte per impiego in campagna**
- **Lunga autonomia operativa**
- **Possibilità di leggere differenti tipi di trasduttori**
- **Capacità di memorizzare i dati in una memoria interna**

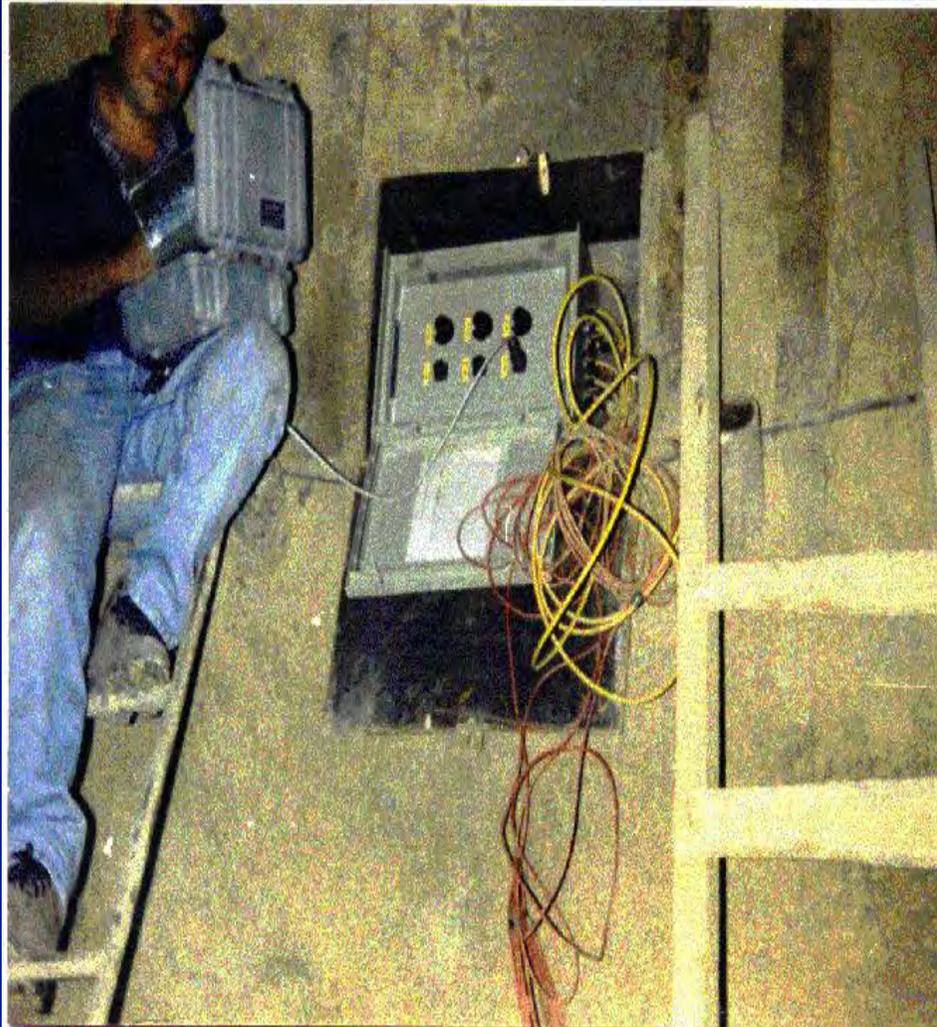


Estación de Monitoréo SABSUR1

Letture su centralina di misura manuale



Lettura su centralina di misura manuale



Sistemi di misura

Unità remota di acquisizione dati

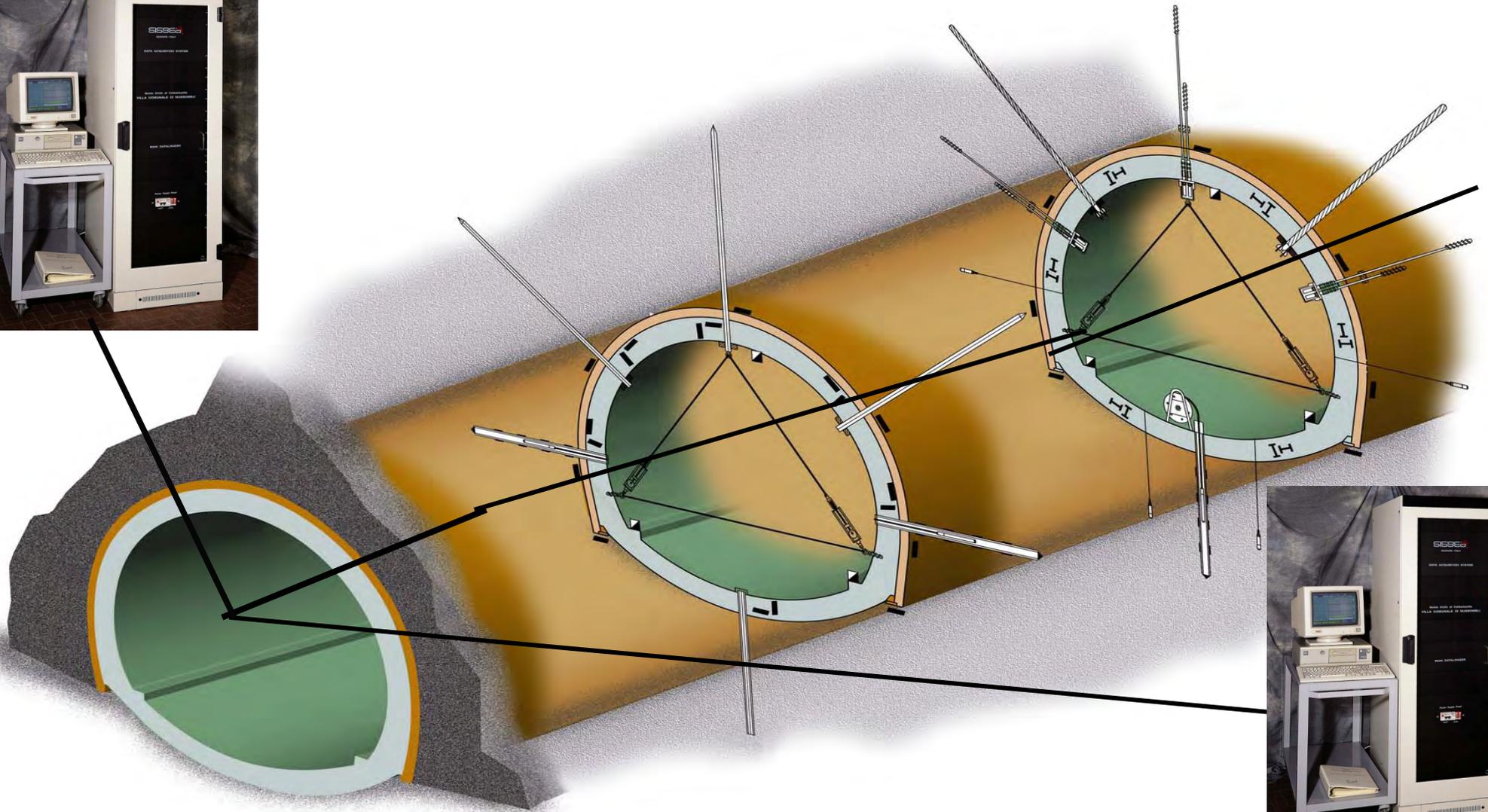
Ad intervalli prefissati si accende ed effettua un ciclo di misura degli strumenti collegati. Archivia i dati in una memoria interna ed è in grado di effettuare confronti con soglie di allarme e poi esaurito il ciclo di misure si spegne. Se richiesto invia le misure ad un centro.

- **Funzionamento Stand alone**
- **Alimentazione a batteria**
- **Capacità di memorizzazione dati (memoria interna)**
- **Comunicazione via RS232**
- **Configurazione mediante software (PC)**
- **Possibilità di connettere differenti tipi di sensori**

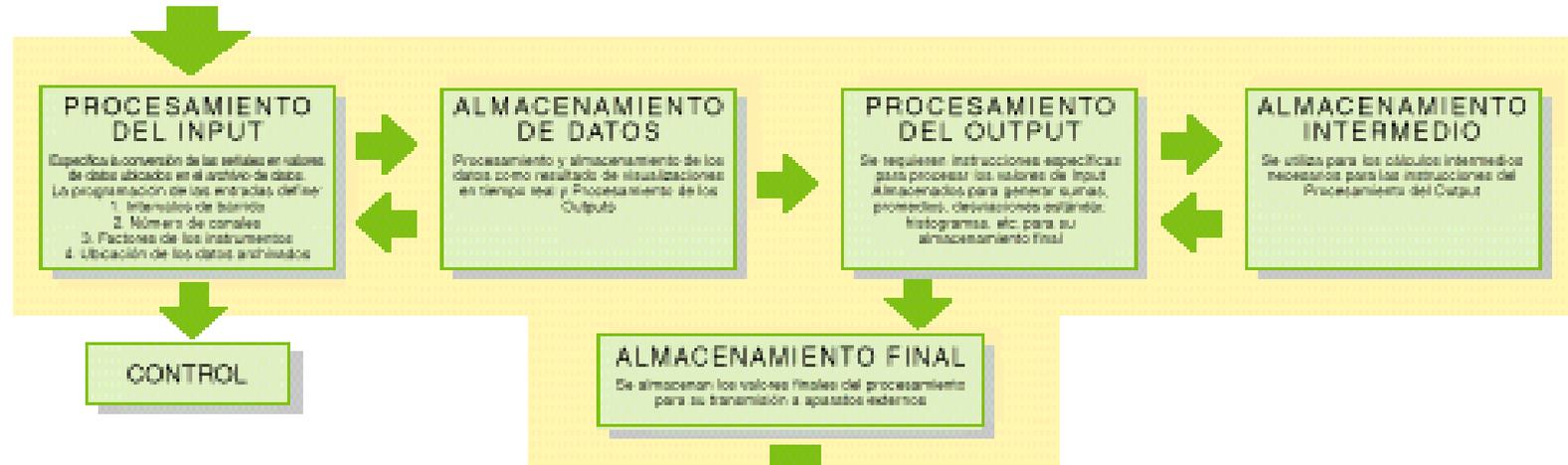


Sistemi di misura

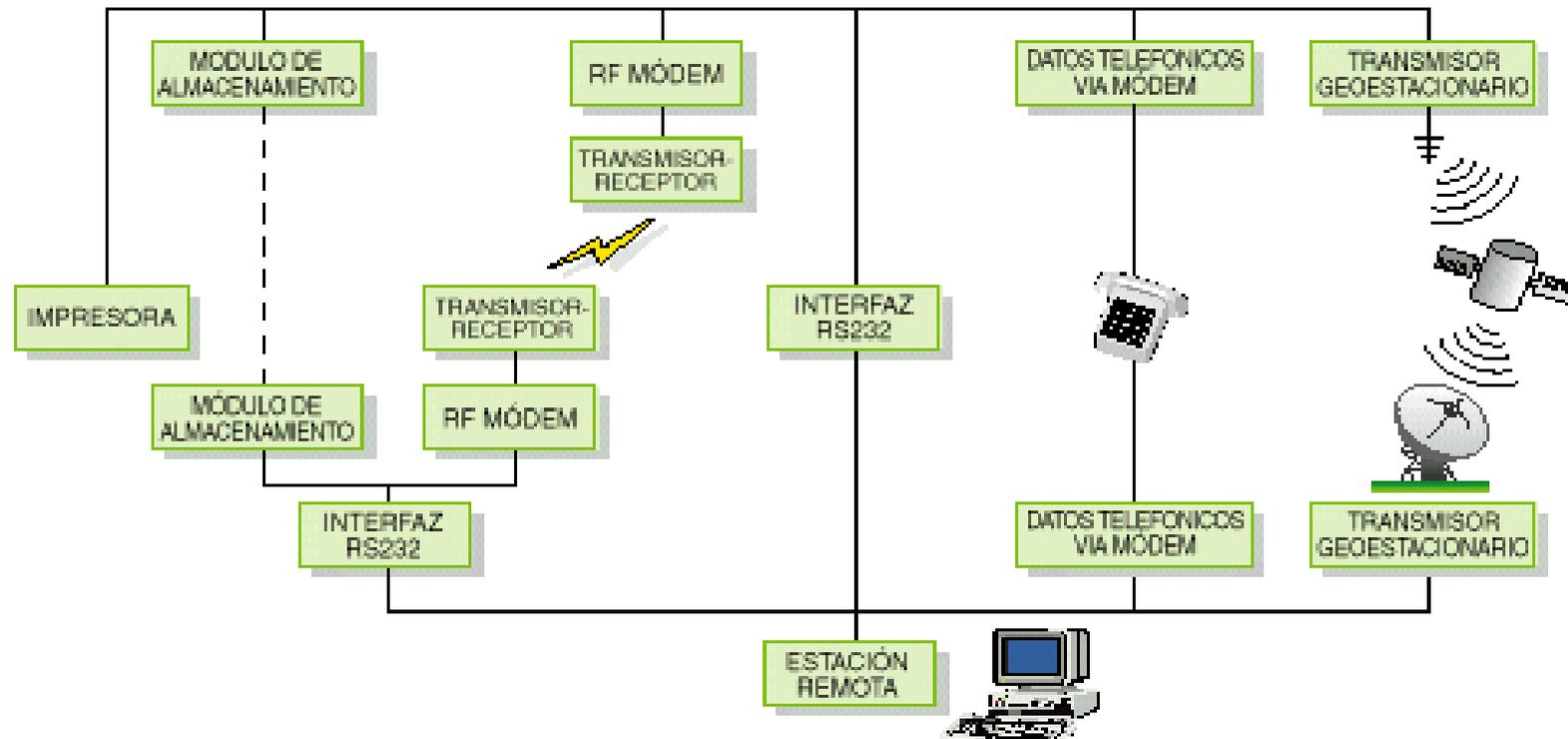
Monitoraggio automatico



MÓDULO DE MEDICIÓN Y CONTROL



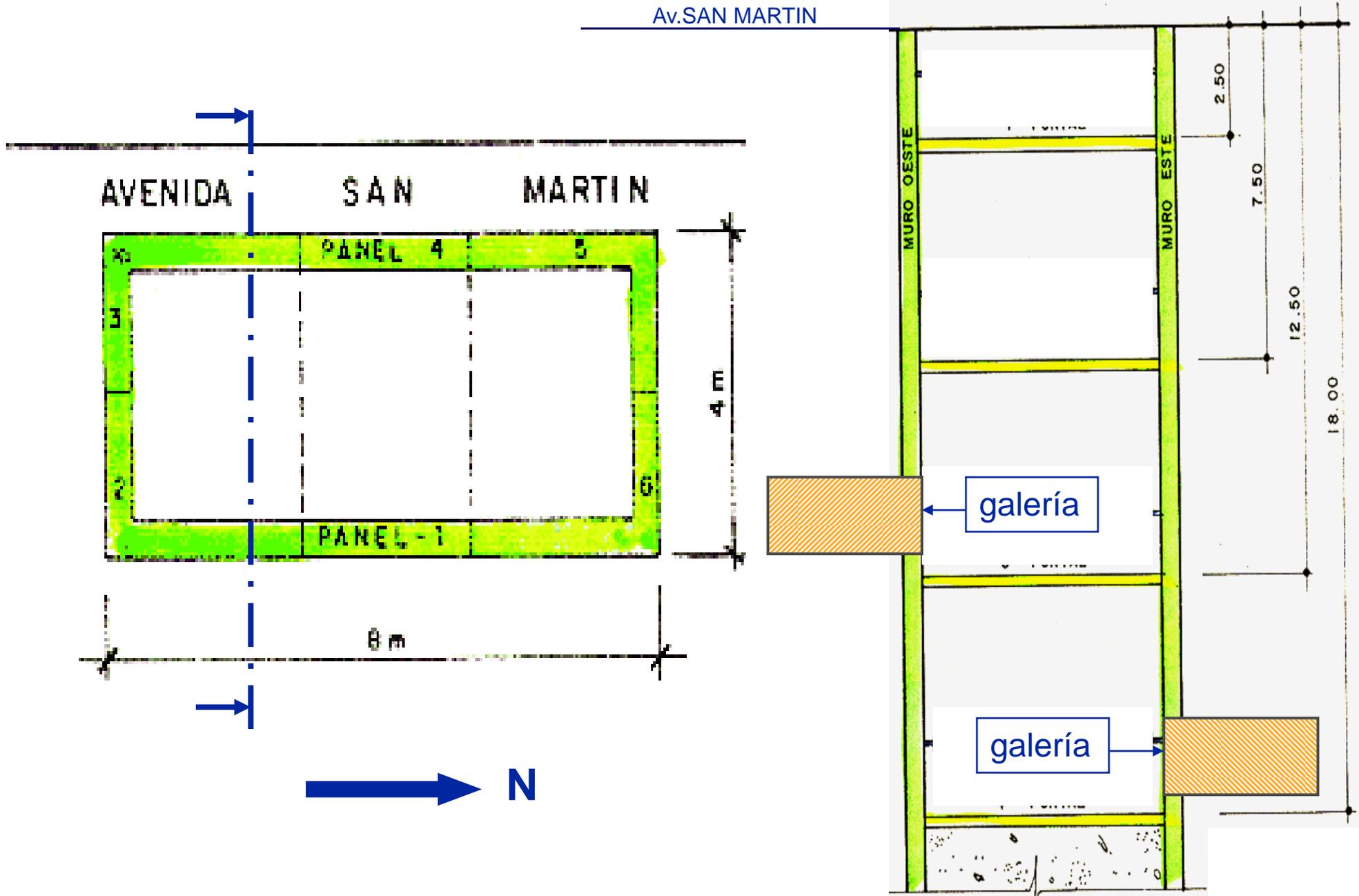
RECUPERACIÓN DE DATOS



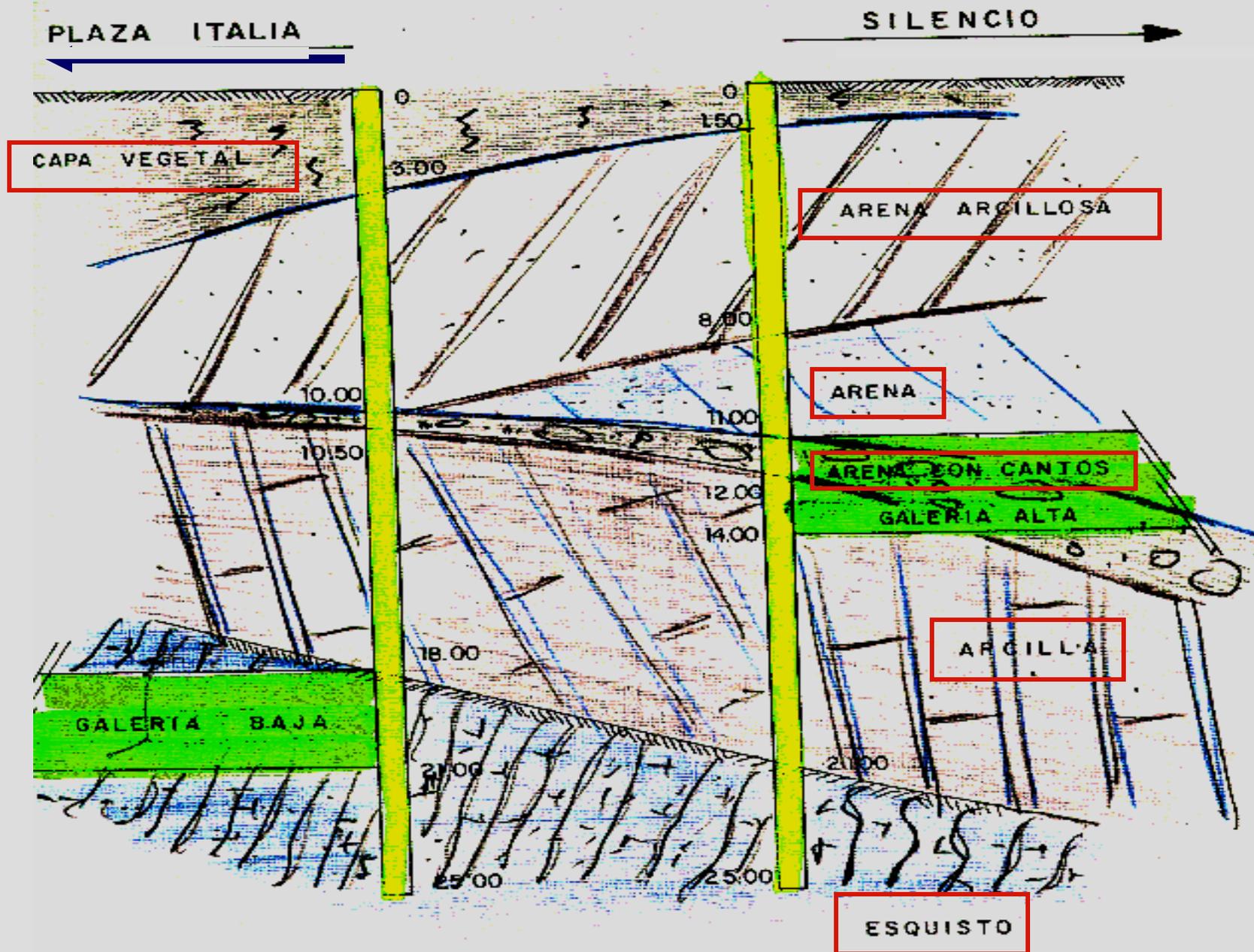
FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS: Ubicación topografica



FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS: Geometría (4x8x18m)

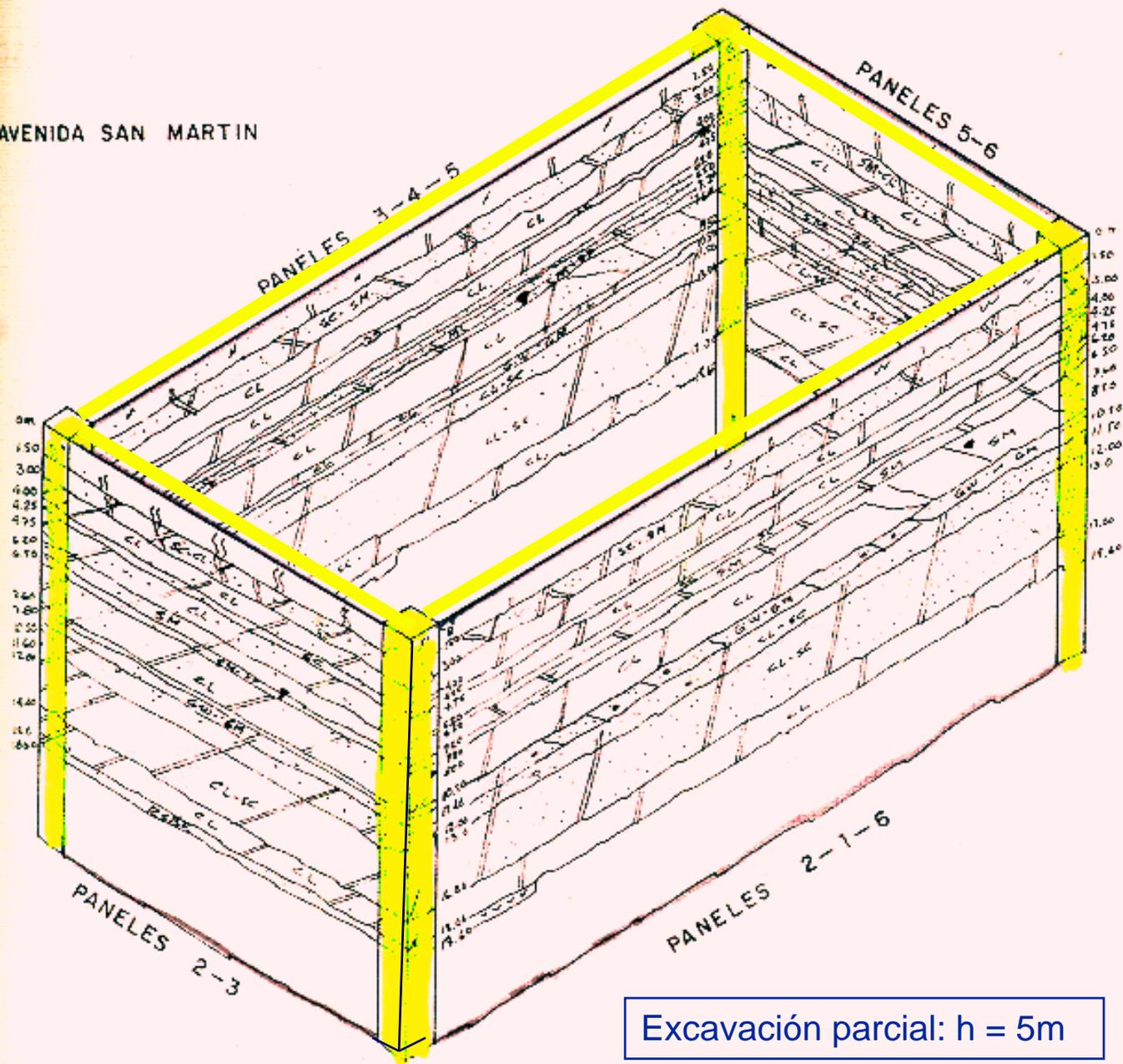


FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS: Esquema preliminar



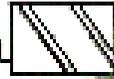
FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS: Geología del subsuelo

AVENIDA SAN MARTIN

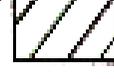


Excavación parcial: h = 5m

- 
AGUA CONFINADA
- R

RELLENO
- ML
SM-ML

ARENA MUY LIMOSA
- SM-SP
SW-SM

ARENA ALGO LIMOSA
- SC
SC-CL

ARENA MUY ARCILLOSA
- SC-SP
SW-SC

ARENA ALGO ARCILLOSA
- SP
SW

ARENA LIMPIA
- CL

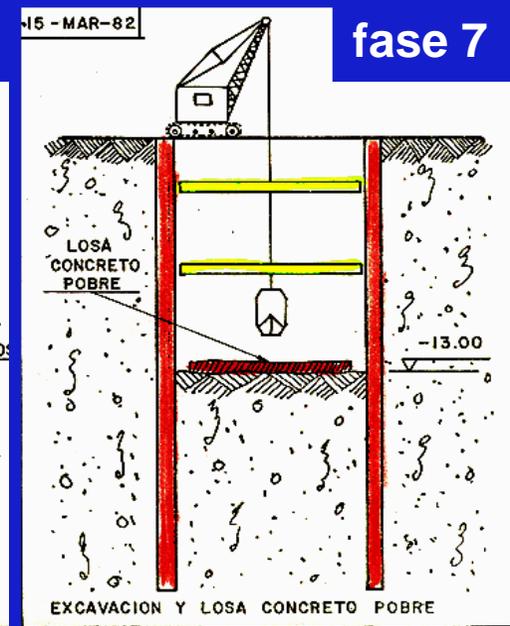
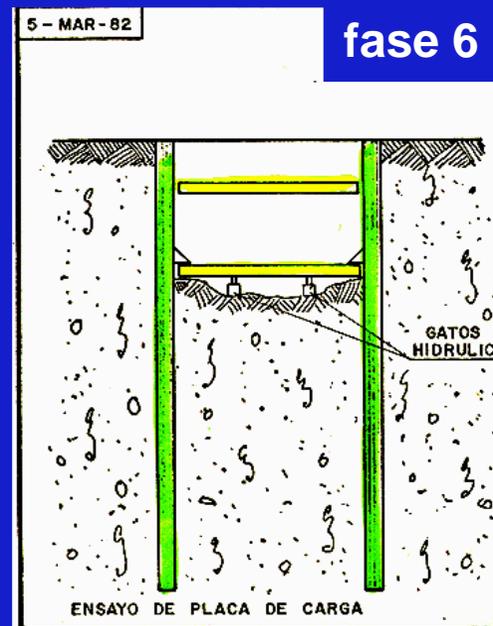
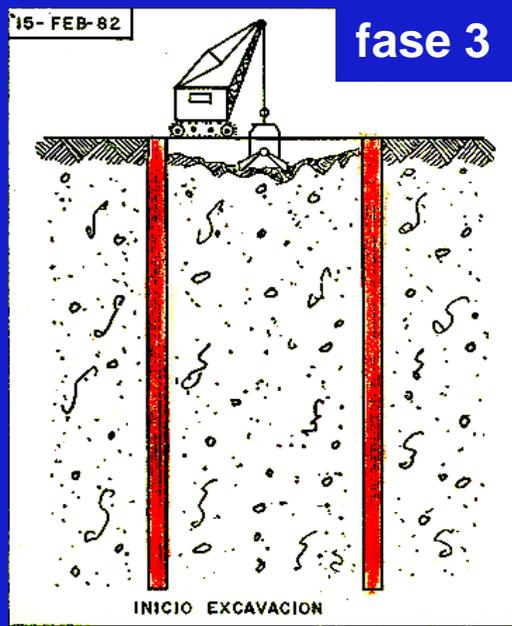
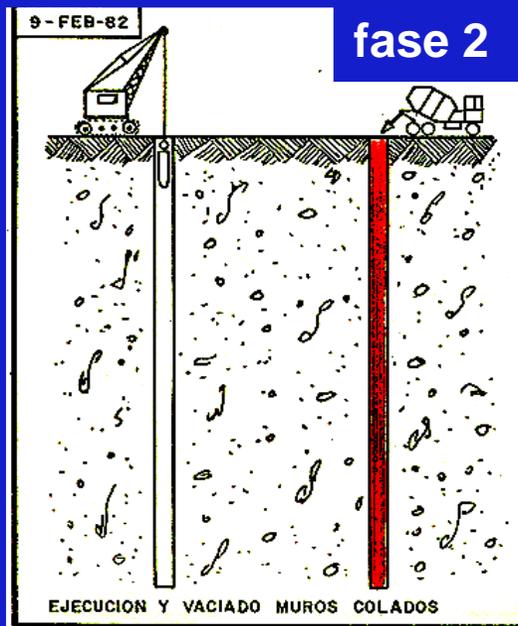
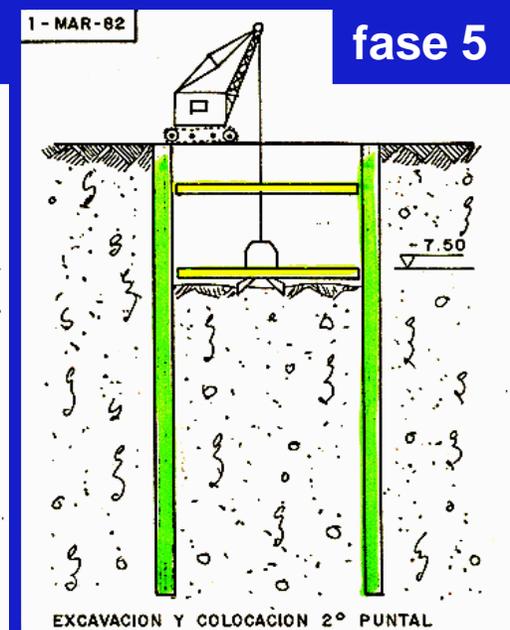
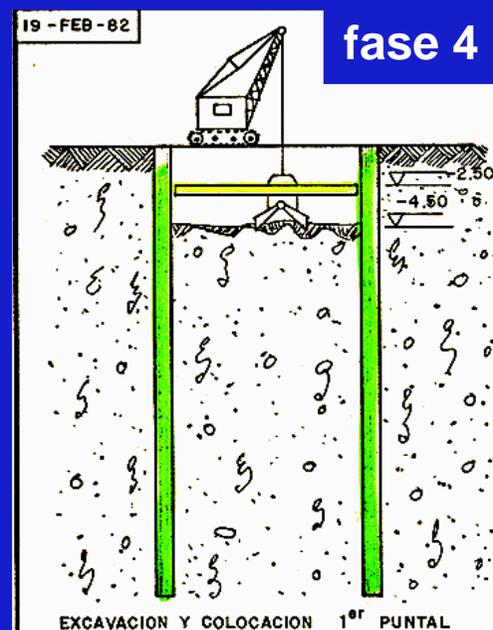
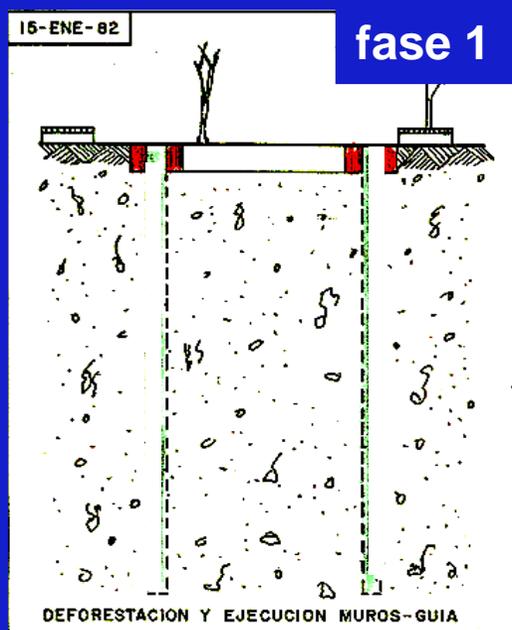
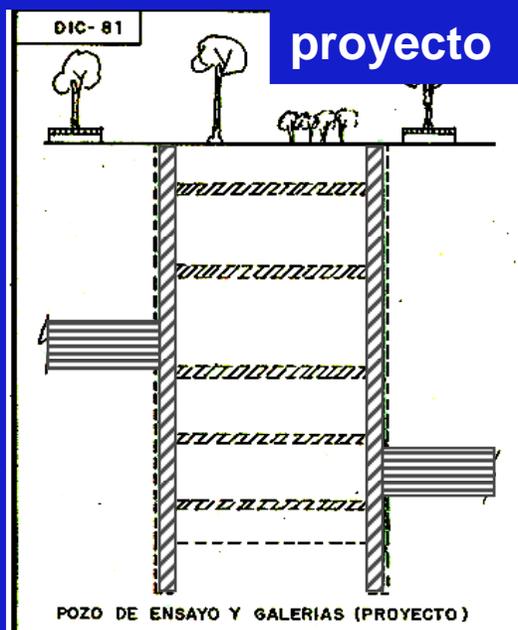
ARCILLA DE BAJA A MEDIA PLASTICIDAD
- CL

ARCILLA ARENOSA
- ML-CL

LIMO-ARCILLA
- RSBF.

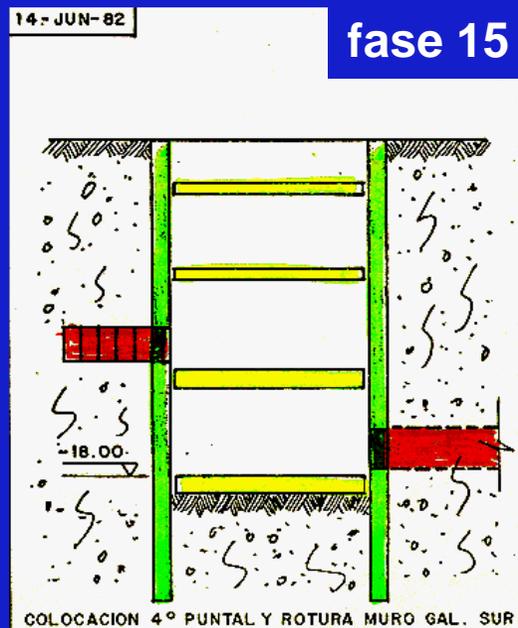
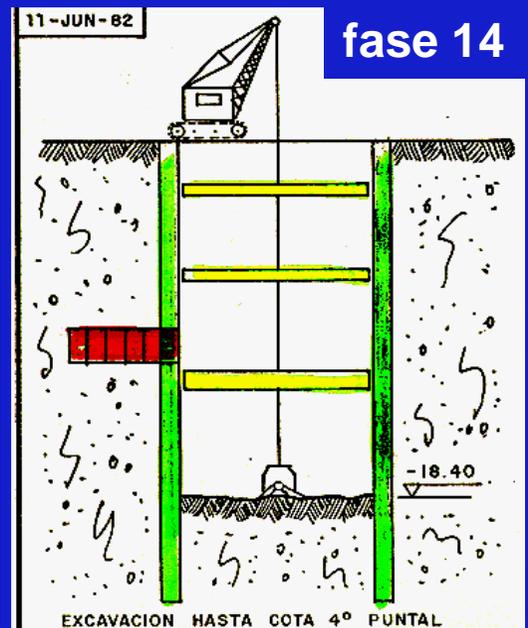
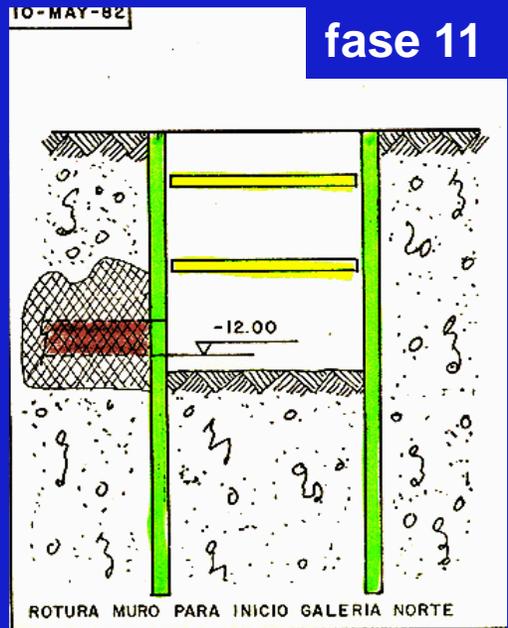
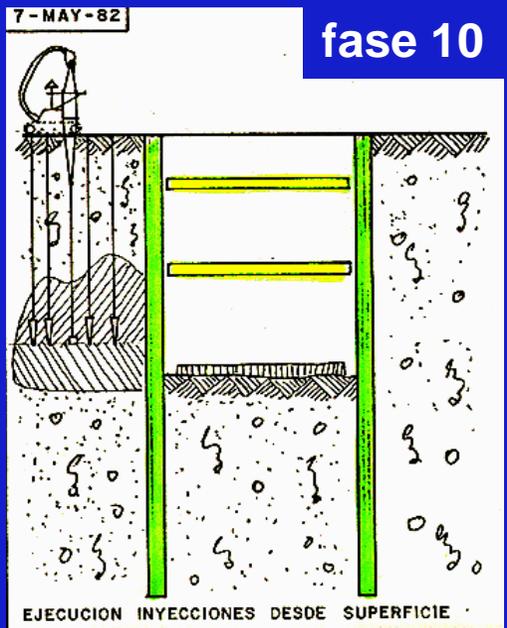
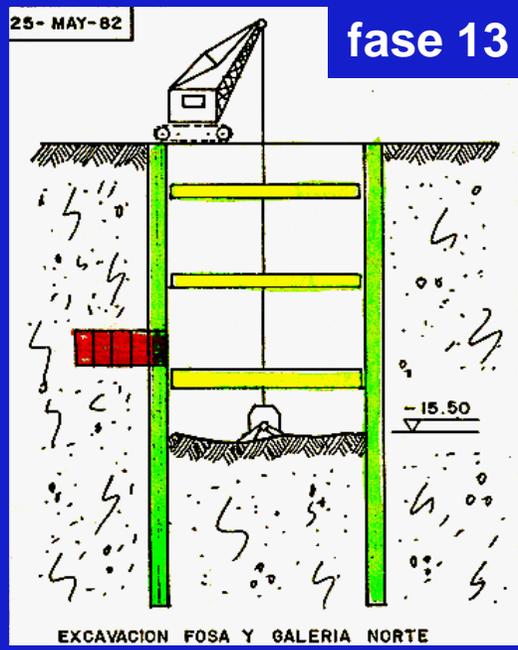
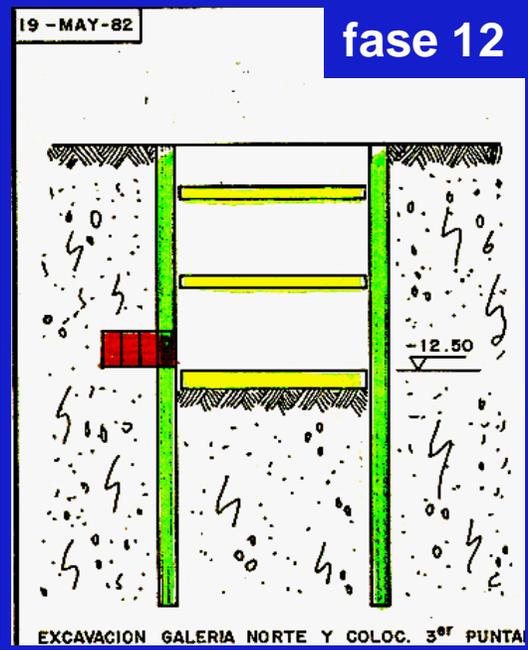
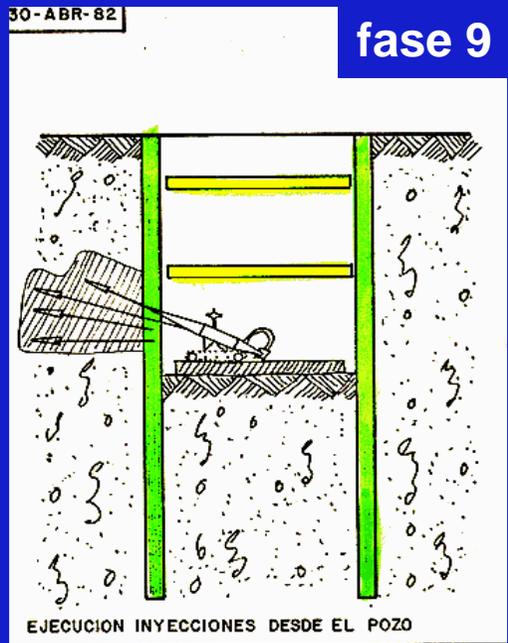
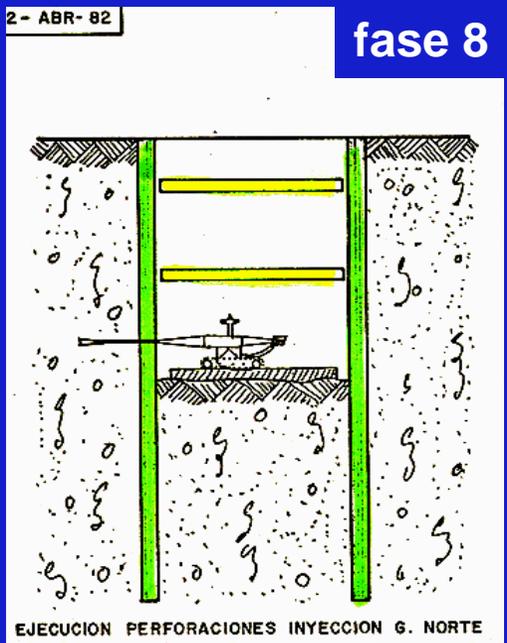
ESQUISTO MICACEO

FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS: Proyecto y fases constructivas



FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS:

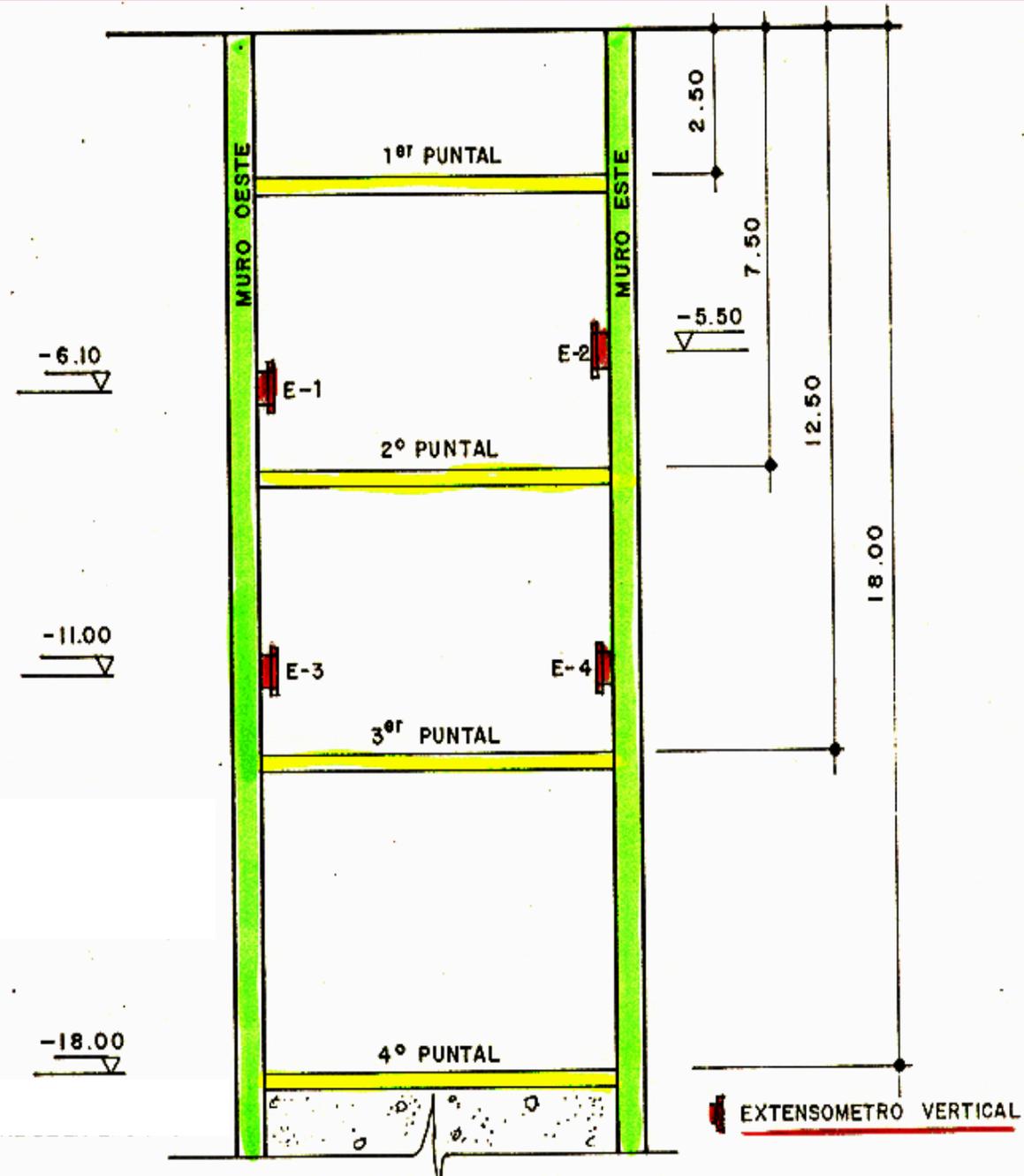
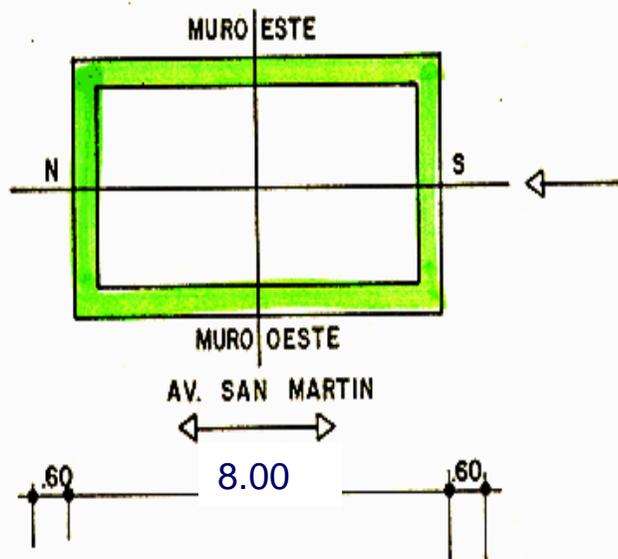
Fases constructivas



FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS: Instrumentación de los muros

Monitoréo de esfuerzos

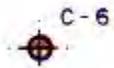
SITUACION EXTENSOMETROS EN EL MURO



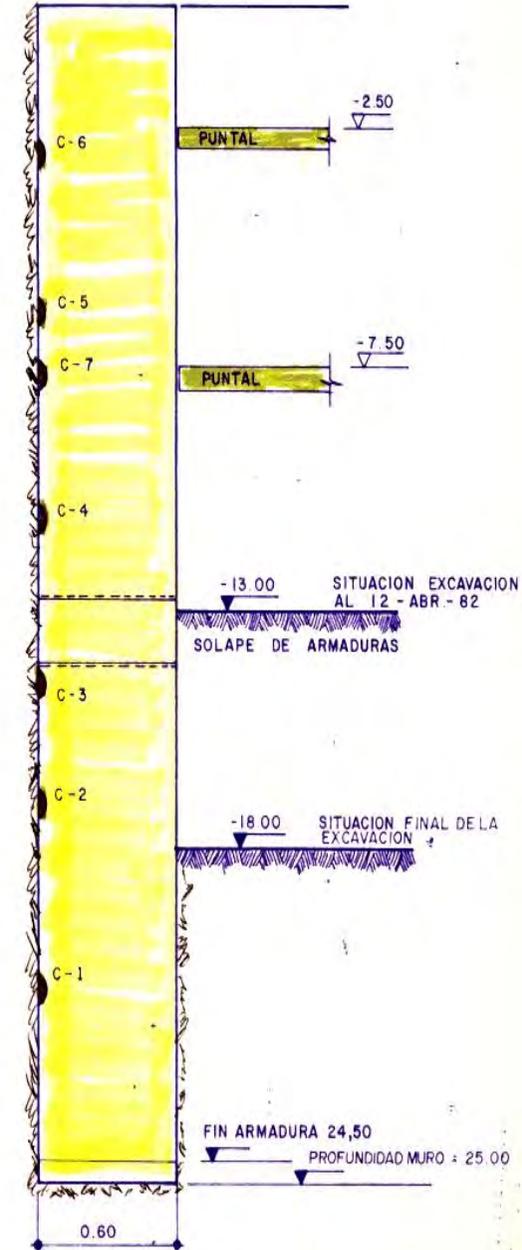
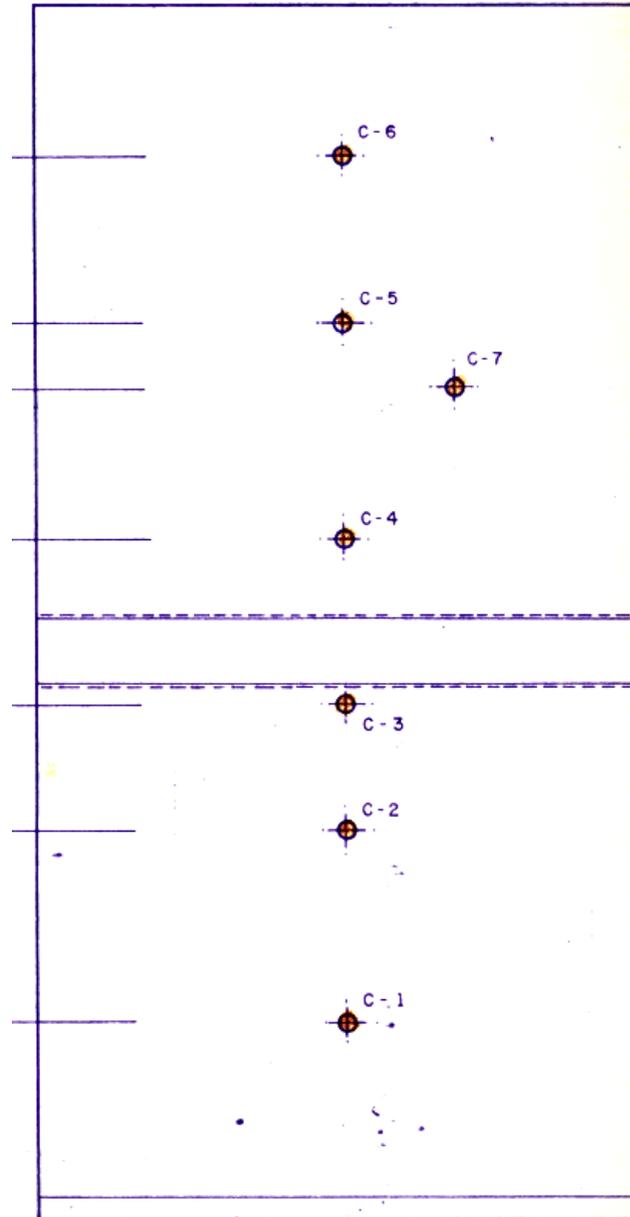
FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS: Instrumentación de los muros

Monitoréo de presiones

Situación celdas en los muros



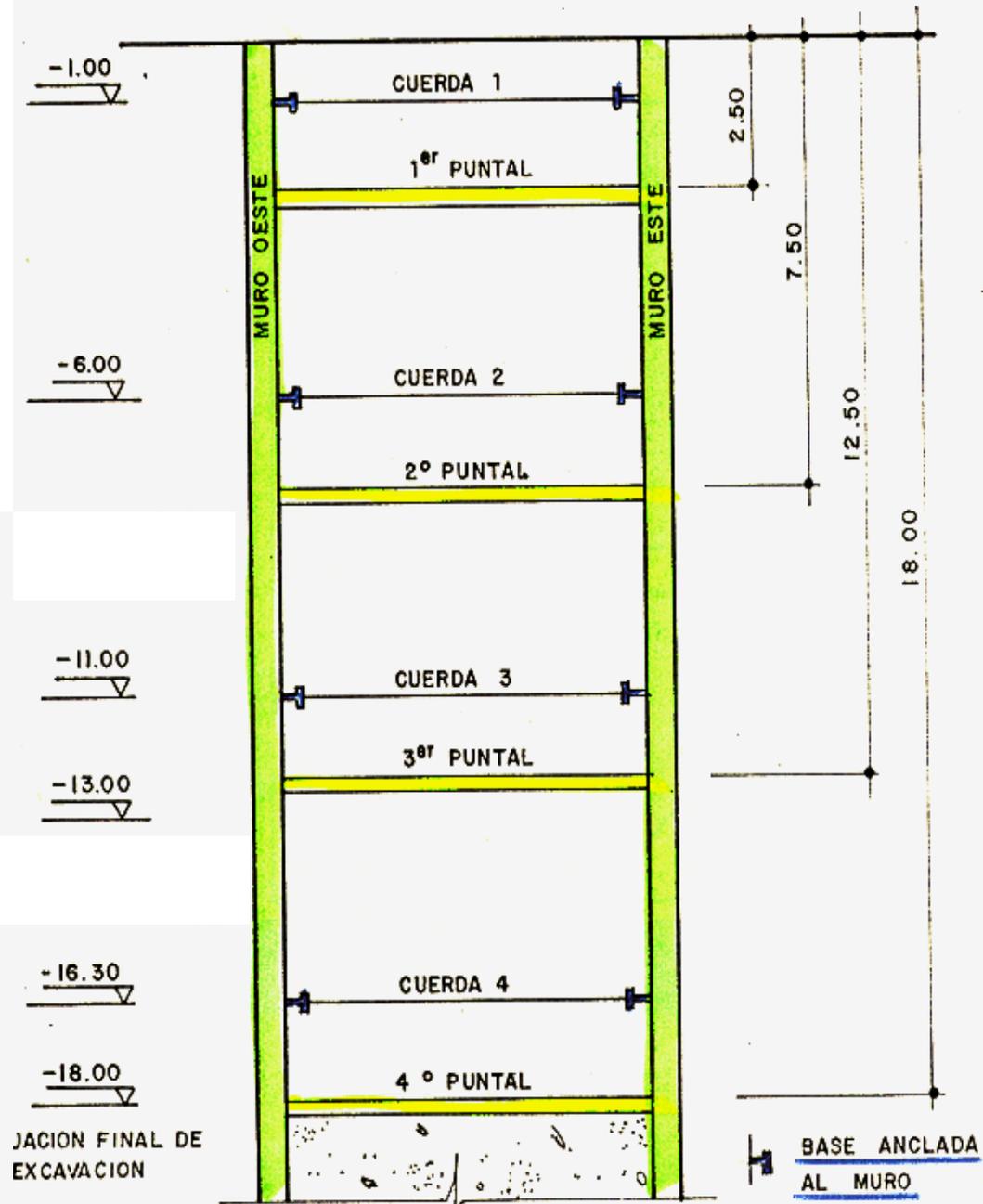
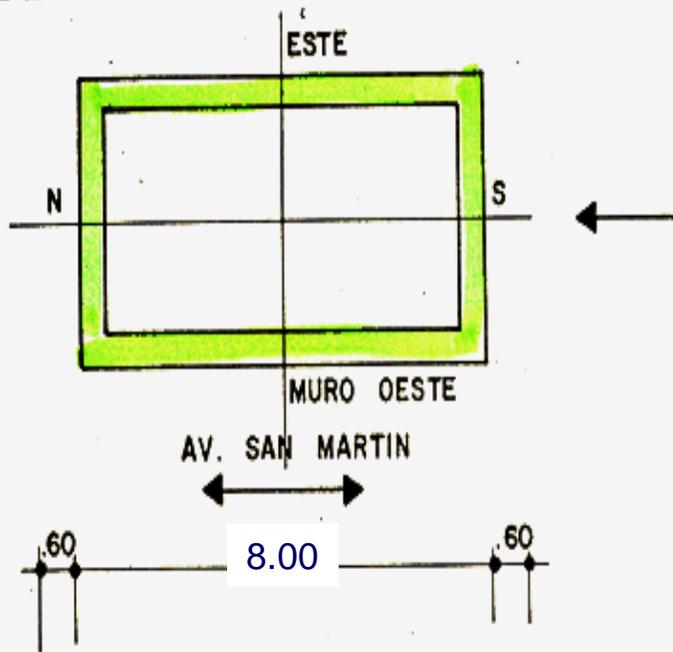
celda de presión



FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS: Instrumentación de los muros

Monitoréo de deformaciones

SITUACION DE BASES DE CONVERGENCIAS

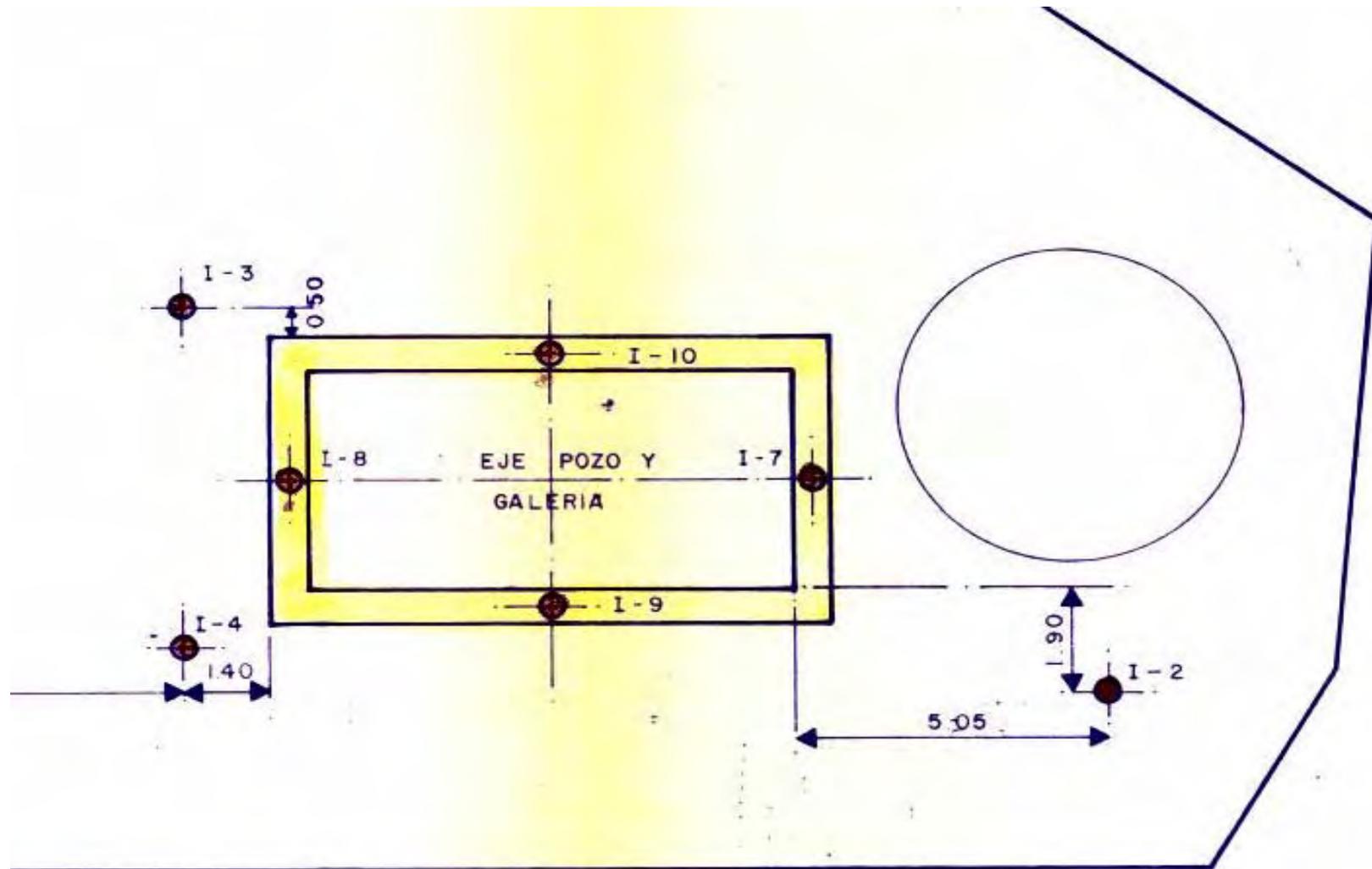


FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS: Instrumentación de los muros

Monitoréo de deformaciones



INCLINOMETROS



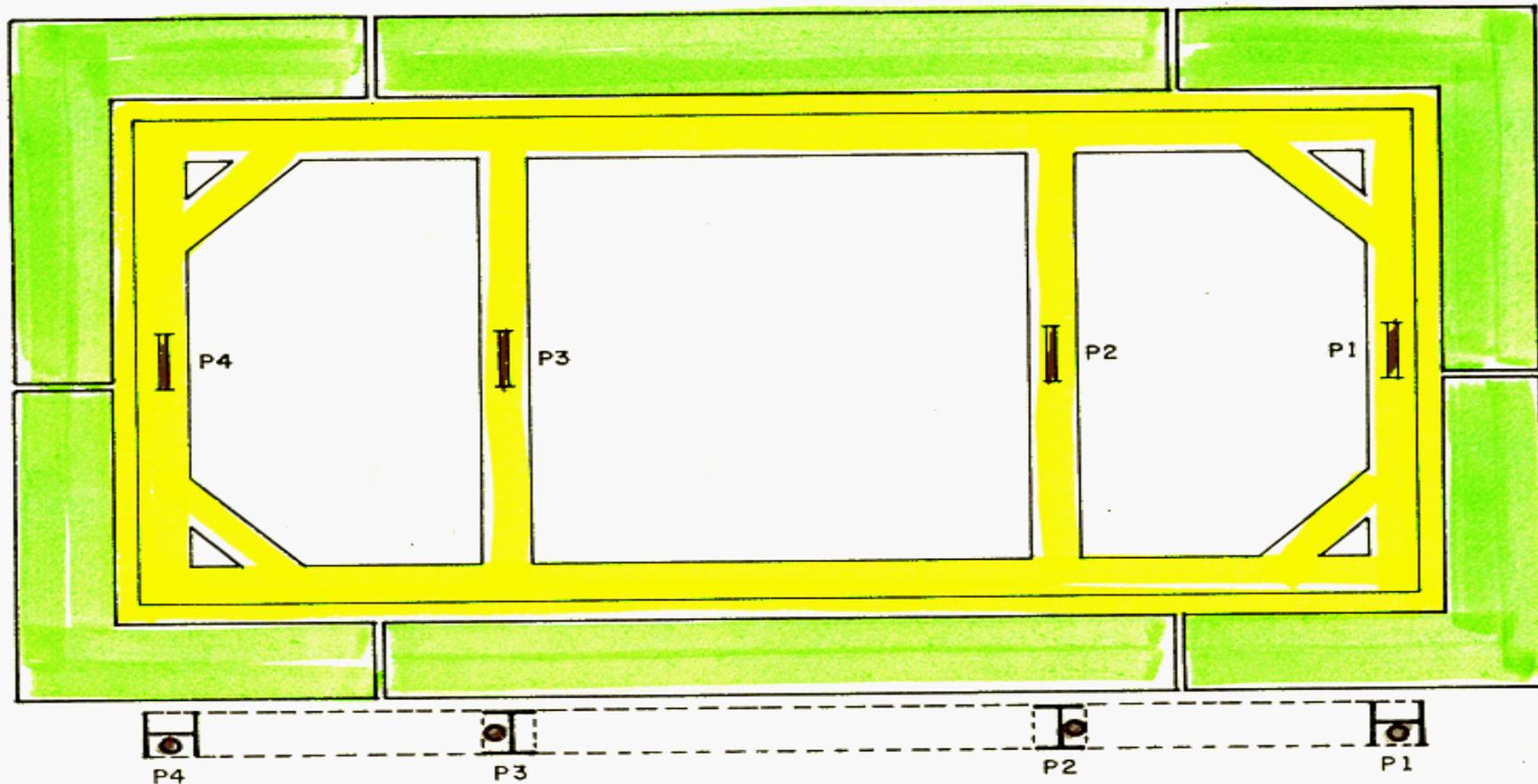
Avenida SAN MARTIN

FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS: Instrumentación de puntales

SITUACION DE LOS EXTENSOMETROS EN PUNTALES

1^{er} MARCO (-2,50)

Monitoréo de esfuerzos

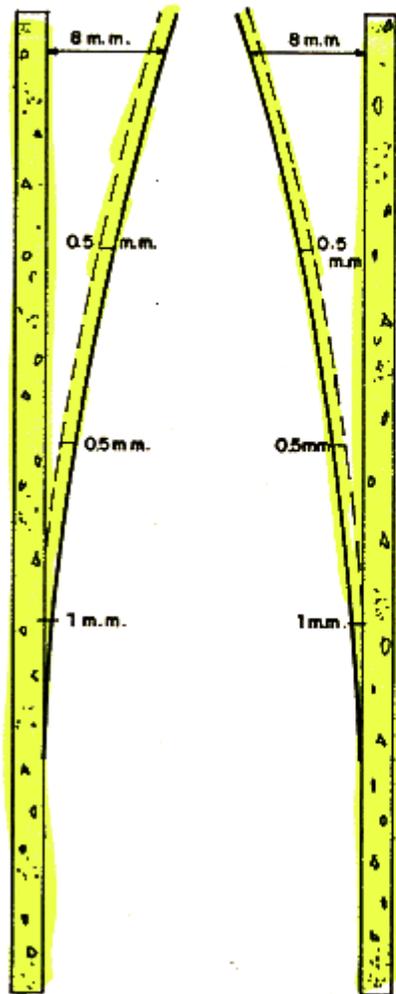


EXTENSOMETRO HORIZONTAL

AV. SAN MARTIN

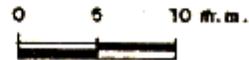
FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS: Instrumentación de los muros

DEFORMACIONES EN LOS MUROS



— DEFORMACION
A LA COLOCACION DE LAS
CUERDAS 2, 3y 4

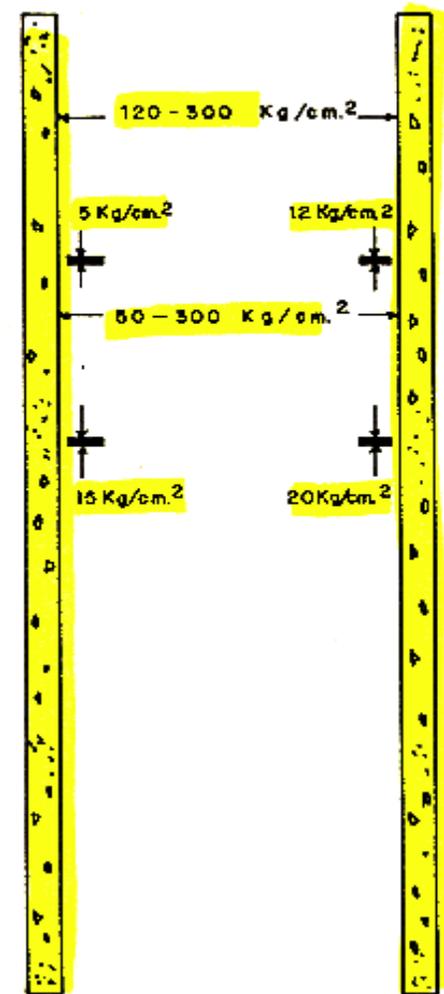
— DEFORMACION FINAL



ESFUERZOS EN LOS MUROS Y EN LOS PUNTALES

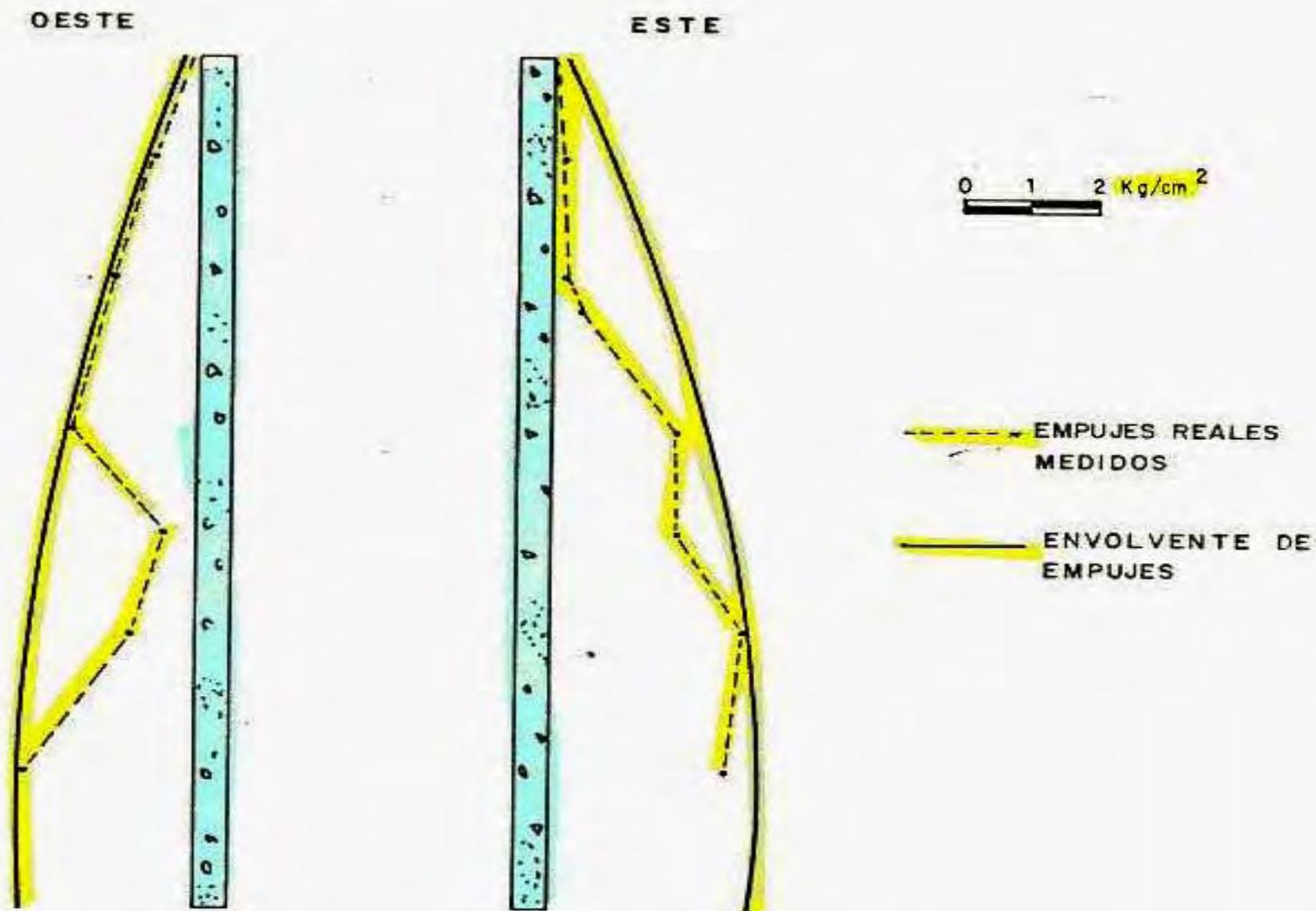
OESTE

ESTE

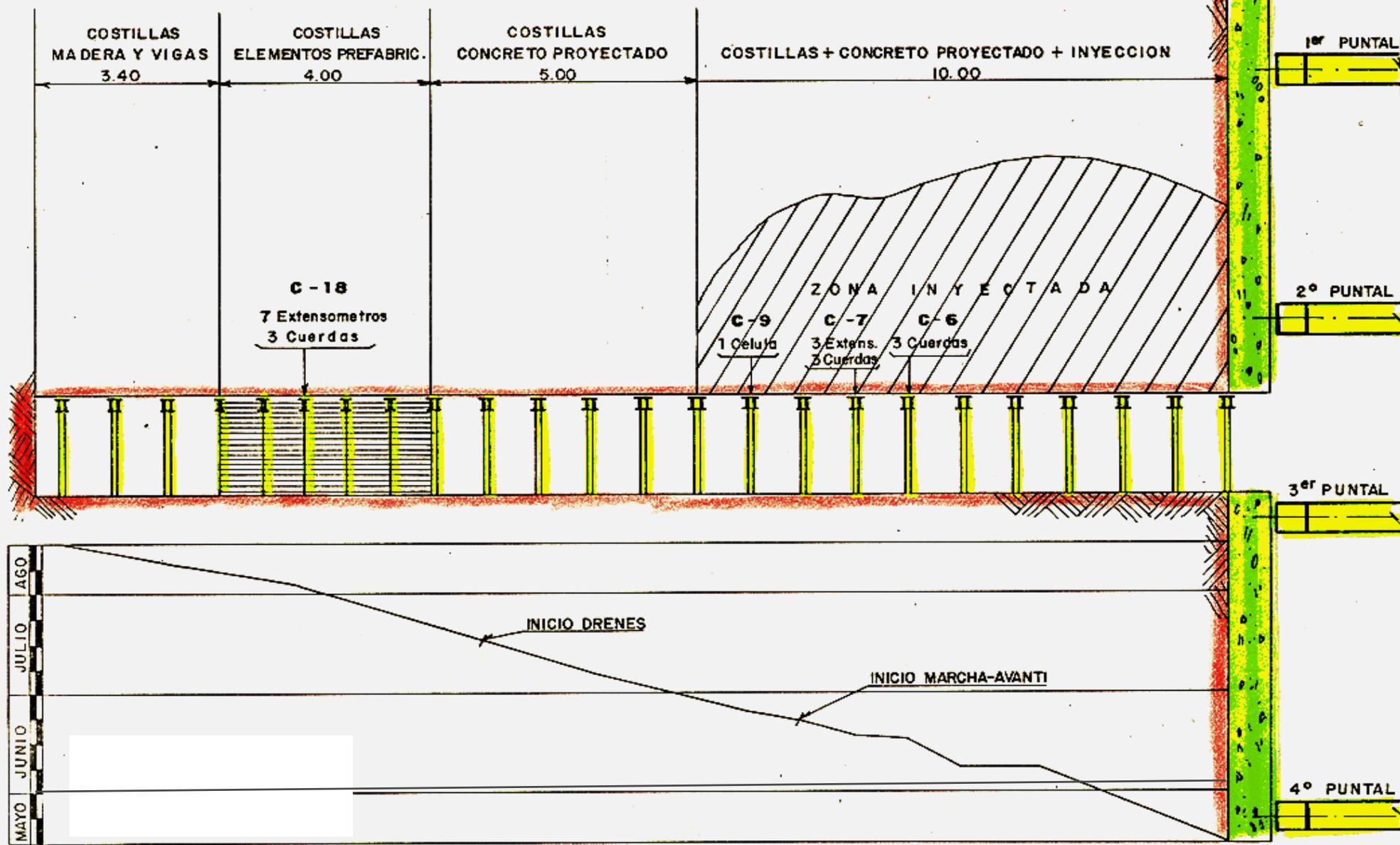


FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS: Instrumentación de los muros

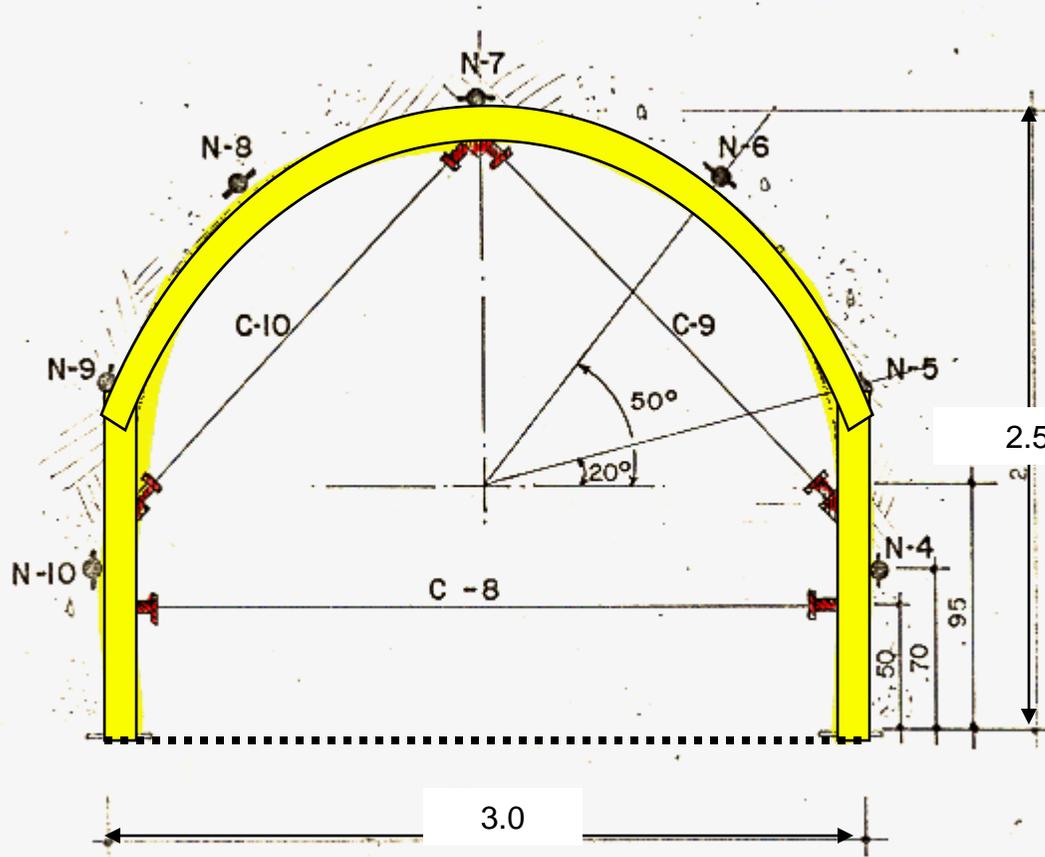
EMPUJES SOBRE LOS MUROS



CROQUIS EVOLUCION GALERIA SUPERIOR

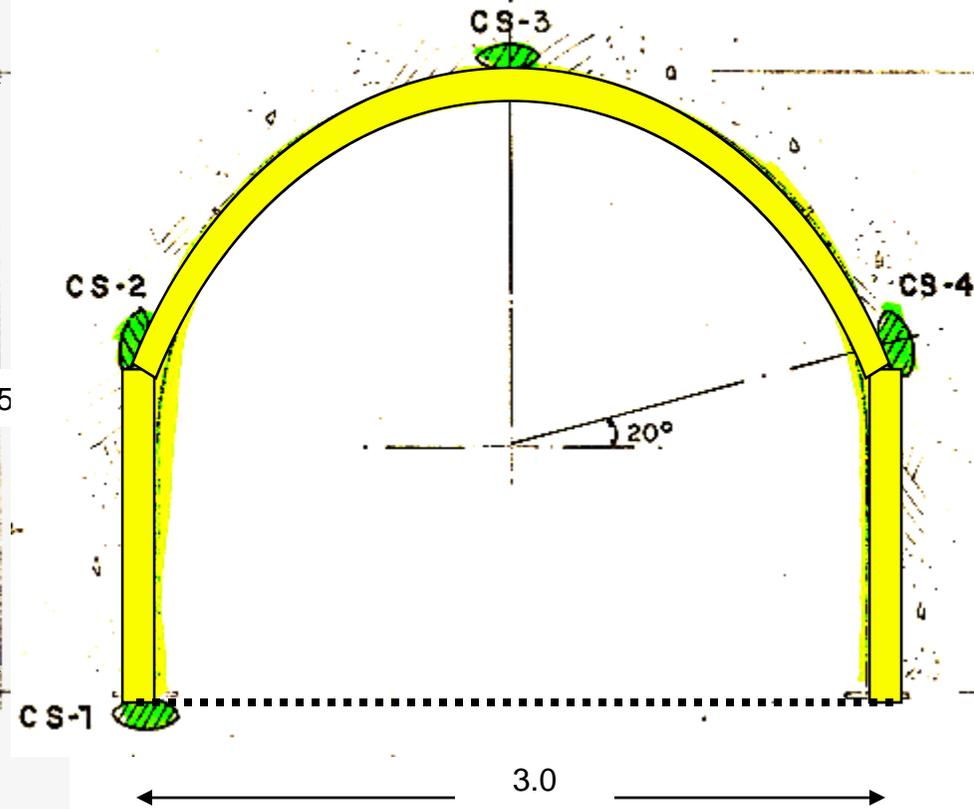


FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS: Instrumentación de galerías



LEYENDA

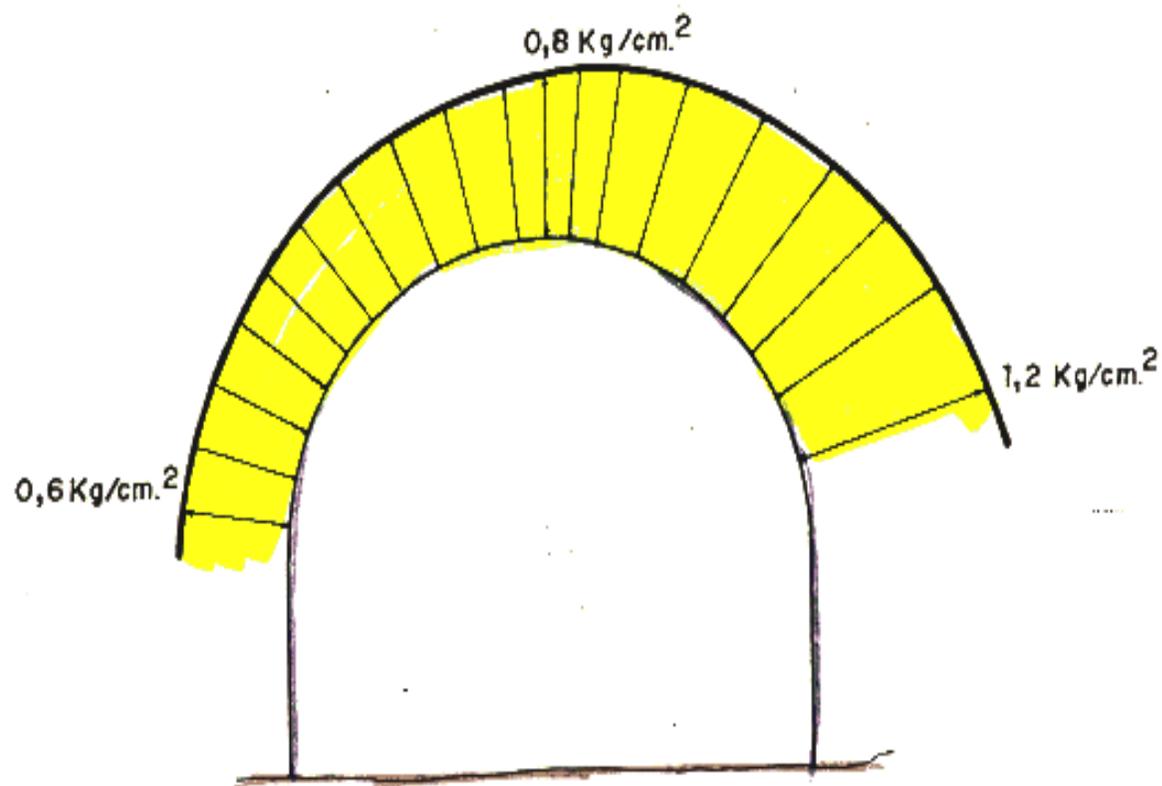
-  EXTENSOMETROS
-  BASE PARA MEDIDA DE CONVERGENCIAS



LEYENDA

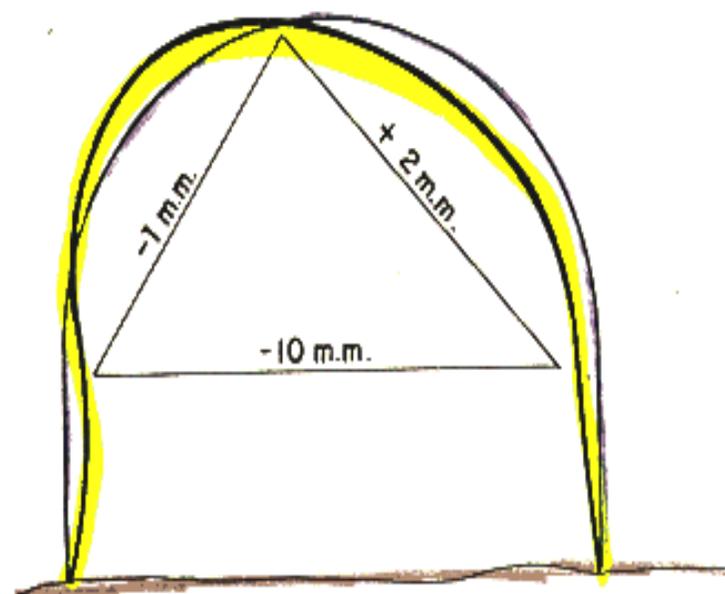
-  CELULA NEUMATICA DE PRESION TOTAL

FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS: Instrumentación de galerías



EMPUJES SOBRE EL REVESTIMIENTO

(a)



DEFORMADA DE LA COSTILLA

(b)

FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS: Instrumentación de galerías

ESCALA
ASENTAMIENTOS



0
10 m.m.



OESTE

A-19

A-9

A-8

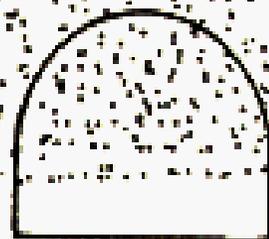
A-7

ESTE

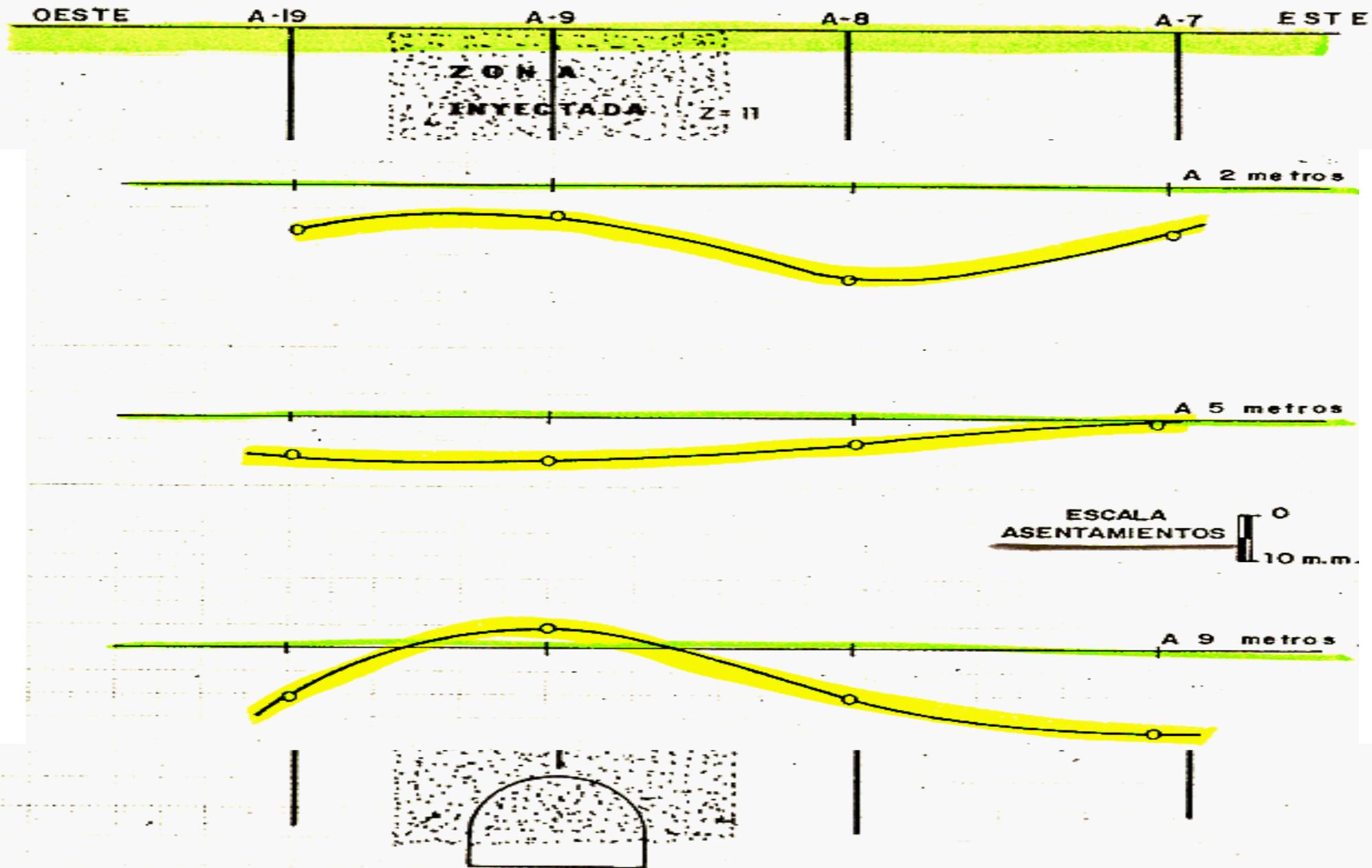
ZONA

INYECTADA

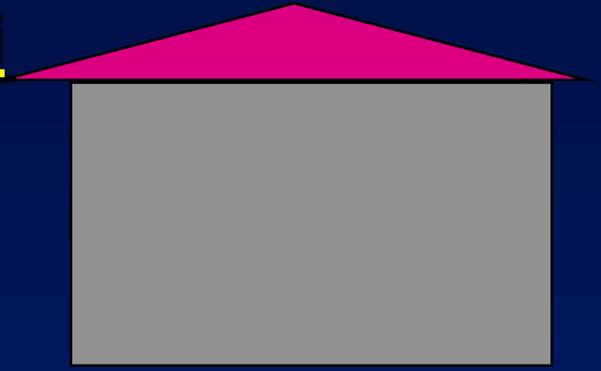
Z=11



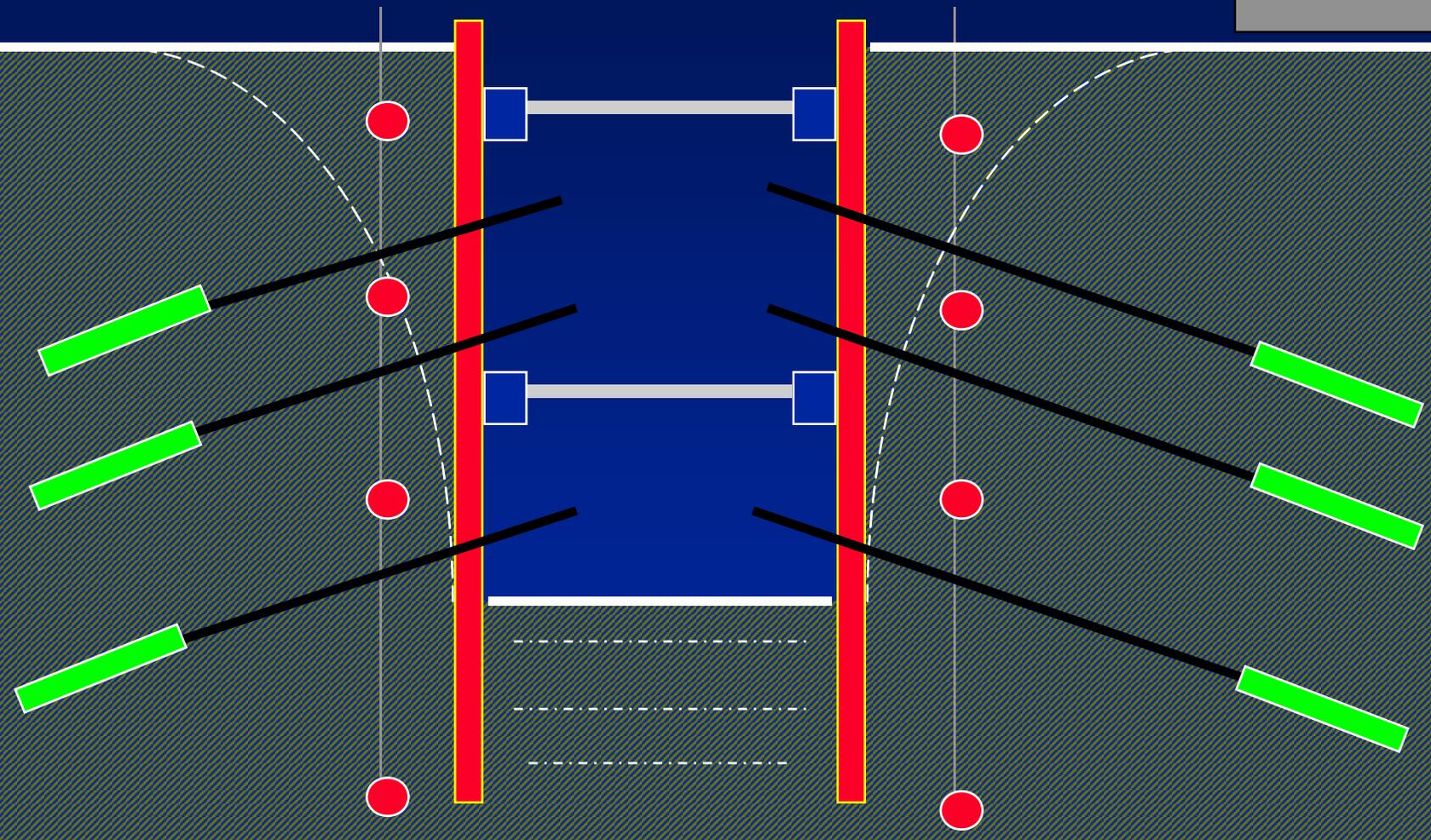
FOSA EXPERIMENTAL CAPUCHINOS: Instrumentación de galerías



Livelli piezometrici e pressioni interstiziali



● Piezometri



Livelli piezometrici e pressioni Interstiziali

- **Il Problema geotecnico:**

Misurare le pressioni neutre, le sottopressioni, i livelli di falda, le pressioni nei giunti in roccia, ect.

- **Gli Strumenti:**

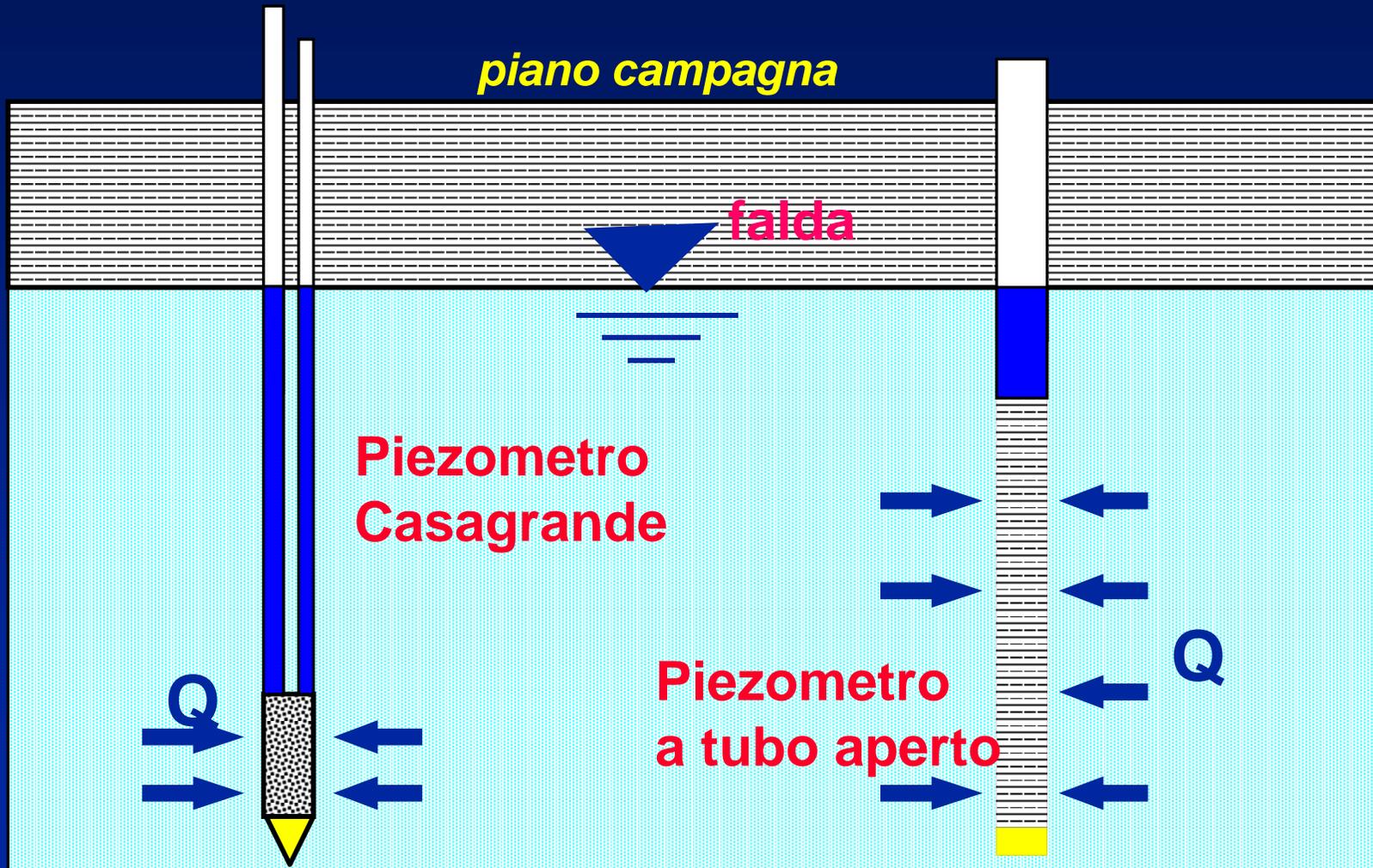
Piezometri idraulici, piezometri pneumatici, piezometri elettrici estensometrici ed a corda vibrante.

- **I Problemi strumentali:**

Installazione, derive, letture, acquisizione dati, fattori ambientali.

Piezometri Idraulici

Consistono di un **filtro** collegato ad una o due **tubazioni** che arrivano in superficie

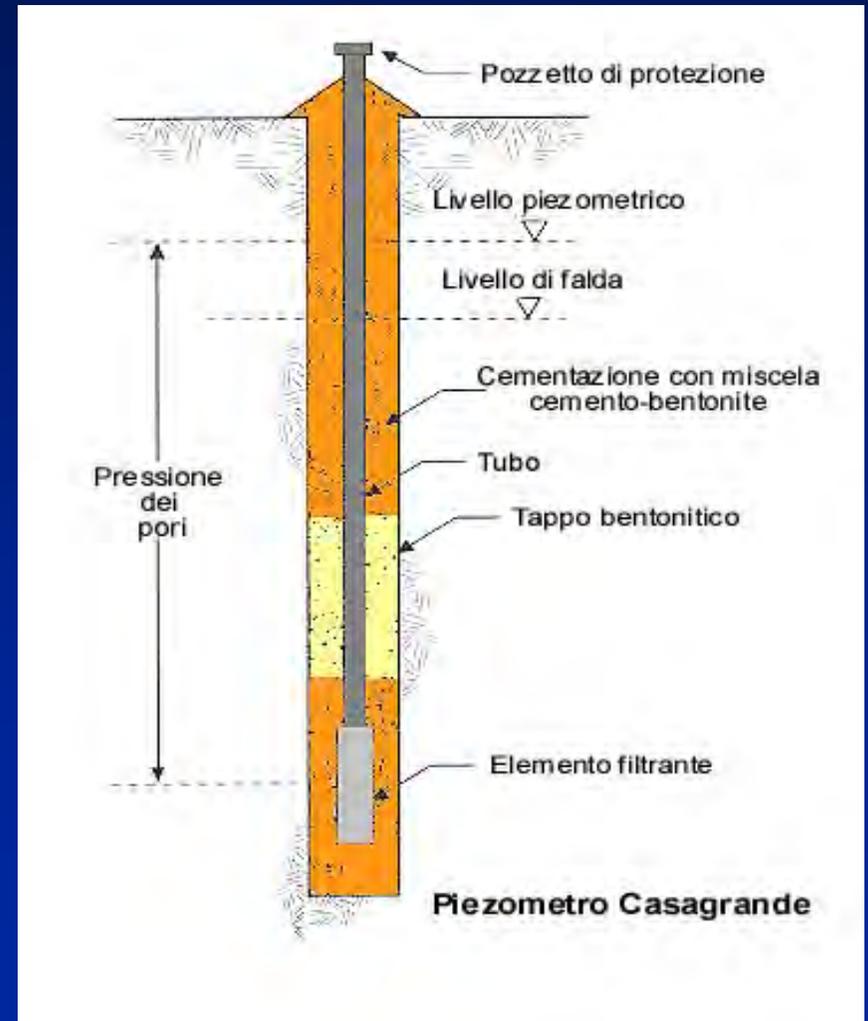


Piezometri Idraulici

Consistono di un **filtro** collegato ad una o due **tubazioni** che arrivano in superficie

▲ Piezometro Casagrande

Per realizzare un piezometro Casagrande la cella filtrante viene isolata con un tappo di palline di bentonite così che venga misurata la pressione interstiziale in un preciso strato del terreno. La presenza di uno o due tubi verso la superficie consente nel caso di due tubi lo spurgo della cella filtrante

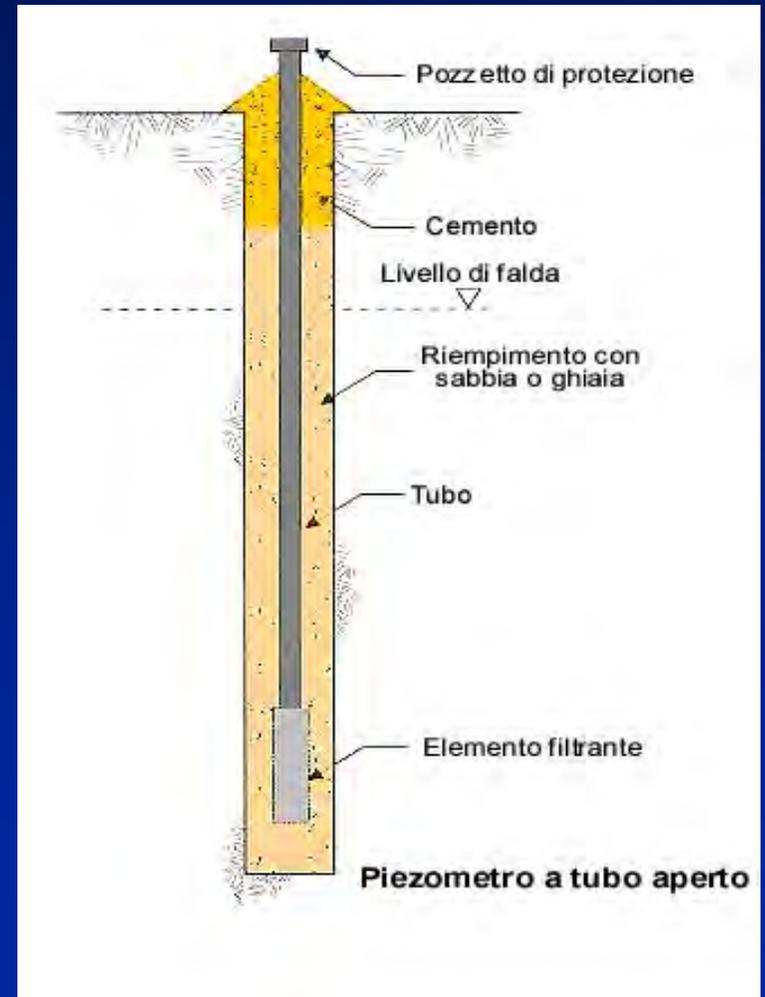


Piezometri Idraulici

Consistono di un **filtro** collegato ad una o due **tubazioni** che arrivano in superficie

▲ **Piezometro a tubo aperto**

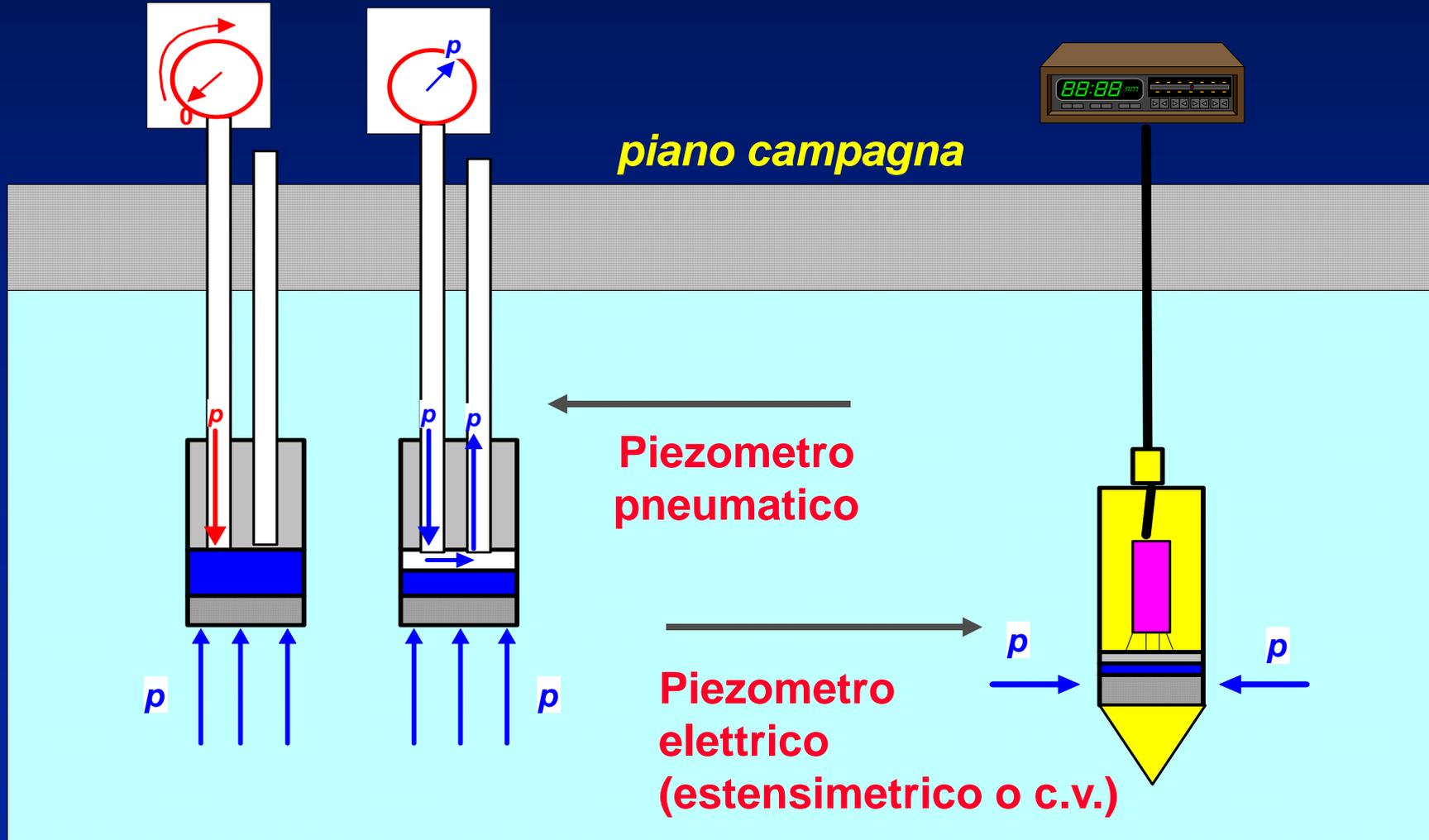
Per realizzare un piezometro a tubo aperto il foro viene semplicemente riempito con ghiaietto o sabbia così che il piezometro riceva acqua da qualsiasi strato ed il livello nel tubo rispecchi la variazione del livello freatico





Piezometri idraulici

Piezometri Pneumatici ed Elettrici



Piezometri Pneumatici

- I **piezometri pneumatici** possono essere installati in perforazioni ed devono essere opportunamente sigillati.
- Due tubetti li collegano alla superficie. Lo strumento è in pratica un interruttore a membrana, da una parte c'è la pressione dell'acqua dall'altra quella di un **gas** (azoto) inviata dalla centralina di misura. Il diaframma è la valvola che apre e chiude la mandata o lo scarico del gas fino all'equilibrio .



Piezometri pneumatici

Piezometri Elettrici

- I **piezometri elettrici** sono composti da una meccanica al cui interno è montato un sensore (trasduttore) di pressione in contatto con l'ambiente esterno.
- La deformazione del diaframma del **sensore** indotta da variazioni di pressione produce una variazione proporzionale del segnale elettrico.



Piezometri elettrici estensometrici



Piezometri elettrici a corda vibrante

Piezometri

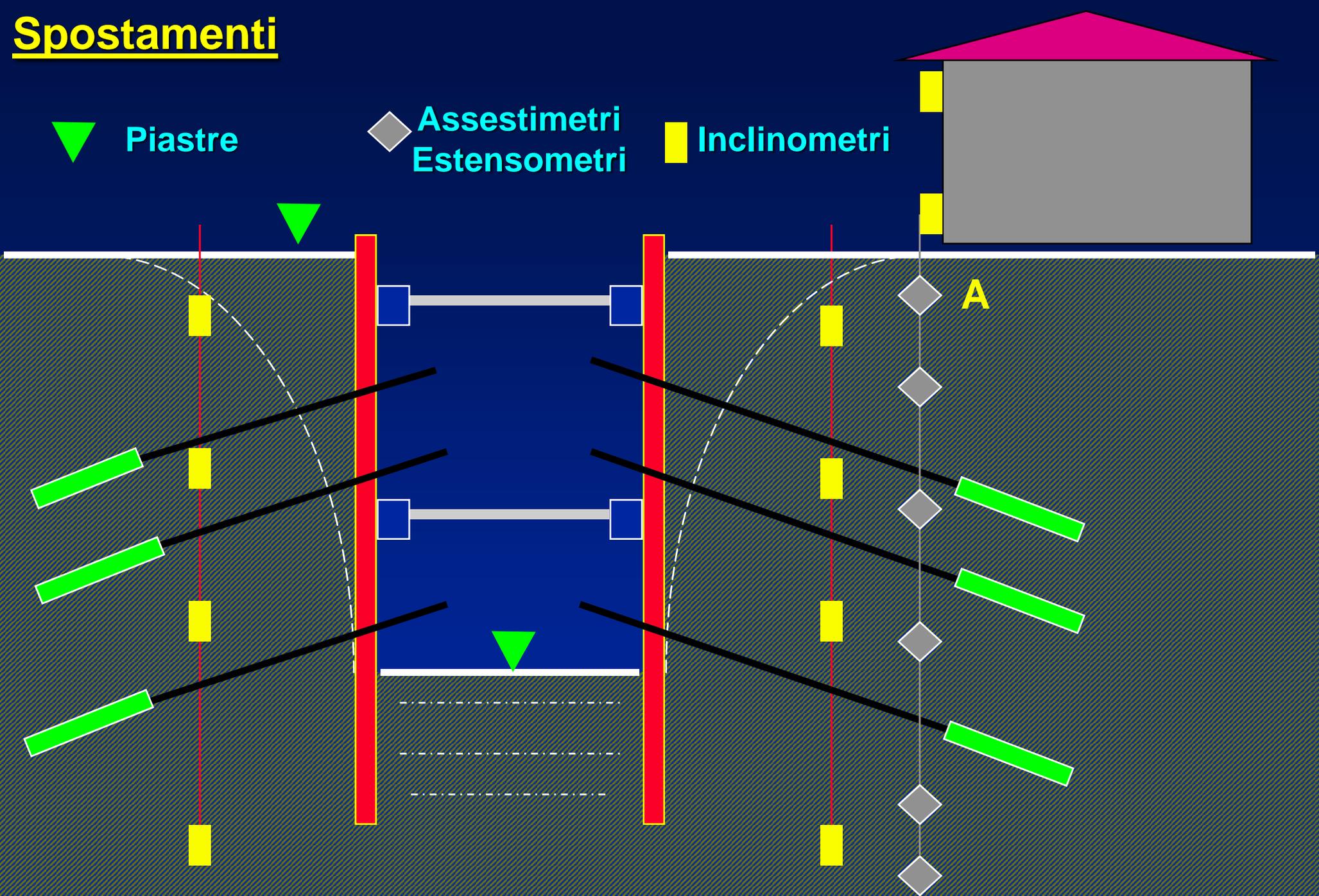
Piezometri	Vantaggi	Svantaggi
Idraulici	<ul style="list-style-type: none">☺ Semplici e affidabili;☺ Basso costo;☺ Può essere usato in terreni permeabili;☺ Può essere automatizzato per misure di livello.	<ul style="list-style-type: none">☹ Non misura pressioni negative;☹ Tempi di risposta lunghi in terreni con bassa permeabilità;☹ Per la misura è richiesta l'accessibilità alla testa del tubo;☹ Costi elevati per automazione misure.
Pneumatici	<ul style="list-style-type: none">☺ Semplici ed affidabili senza derive nel tempo;☺ Possibilità di effettuare misure remote;☺ Poco costosi;☺ Rapidi tempi di risposta.	<ul style="list-style-type: none">☹ Il tempo di misura si allunga in funzione della lunghezza del collegamento oltre 200-300 metri la misura è problematica;☹ Automatizzare le misure è costoso e complicato con risultati scadenti;☹ necessario usare bombole di azoto da ricaricare.
Elettrici	<p><u>Estensimetrici</u></p> <ul style="list-style-type: none">☺ Dimensioni ridotte;☺ Tempi di risposta brevi (misure dinamiche);☺ Rapidità d'installazione;☺ Elevata precisione;☺ Misura di pressione e interstiziale e livelli di falda;☺ Facilità automazione misure. <p><u>Corda vibrante</u></p> <ul style="list-style-type: none">☺ Stabilità a lungo termine delle misure;☺ Buona precisione;☺ Segnale in uscita trasmettibile a distanza.	<ul style="list-style-type: none">☹ Non recuperabili in caso di mal funzionamento;☹ Protezione contro sovratensioni e correnti galvaniche;☹ Stabilità misure a lungo termine. <ul style="list-style-type: none">☹ Necessità misura temperatura;

Spostamenti

▼ Piastre

◆ Assestimetri
Estensometri

■ Inclinometri



Spostamenti Orizzontali e Verticali

- Il Problema geotecnico:

Misurare gli spostamenti verticali (cedimenti/assestamenti) ed orizzontali del terreno.

- Gli Strumenti:

Inclinometri, Tiltimetri, Clinometri, Livellometri, Assestimetri, Estensometri.

- I Problemi strumentali:

Installazione, riferimenti, precisione, stabilità, derive, letture, acquisizione dati, fattori ambientali.

Inclinometri

PERMETTONO MISURARE:

- Spostamenti orizzontali del terreno
- Rotazioni di edifici e strutture

TIPOLOGIE TIPICHE:

- Tubi inclinometrici
- Inclinometri fissi
- Sonde inclinometriche mobili
- Inclinometri di superficie

Inclinometri

Tubo inclinometrico

E' l'elemento base di tutte le misure inclinometriche.

Svolge le seguenti funzioni:

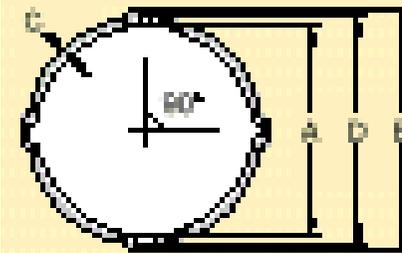
- **consente le misure in profondità a varie quote - riproduce le deformazioni della massa di terreno**
- **mantiene costante il riferimento azimutale delle misure grazie alle guide del tubo**
- **La posizione iniziale è stabilita con una serie di misure dette misure di zero.**

Inclinometri

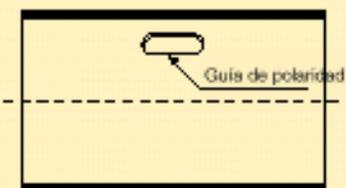
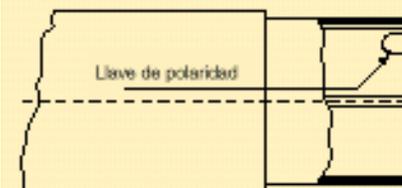
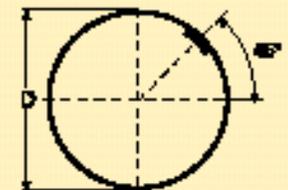
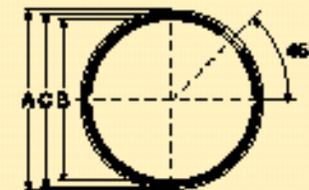
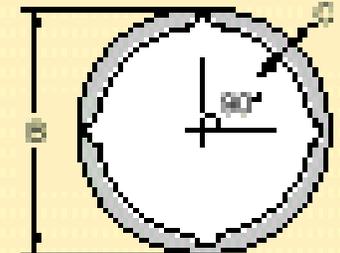
Tubi inclinometrici



Caja inclinométrica y sección de la junta



Sección de la junta en ABS



Junta de conexión para cajas inclinométricas

Inclinometri

Sistema inclinometrico

- **Sonda inclinometrica**

E' costituita da un corpo cilindrico provvisto di 2 carrelli che consentono di mantenere costante l'orientamento azimutale della sonda e quindi dei sensori contenuti. I sensori misurano la inclinazione in due piani ortogonali Le misure eseguite sono quindi puntuali cioè riferite ad una precisa quota

- **Il cavo di misura**

Serve per calare la sonda in profondità e per effettuare il collegamento elettrico. E' provvisto di tacche tattili.

- **La centralina di misura**

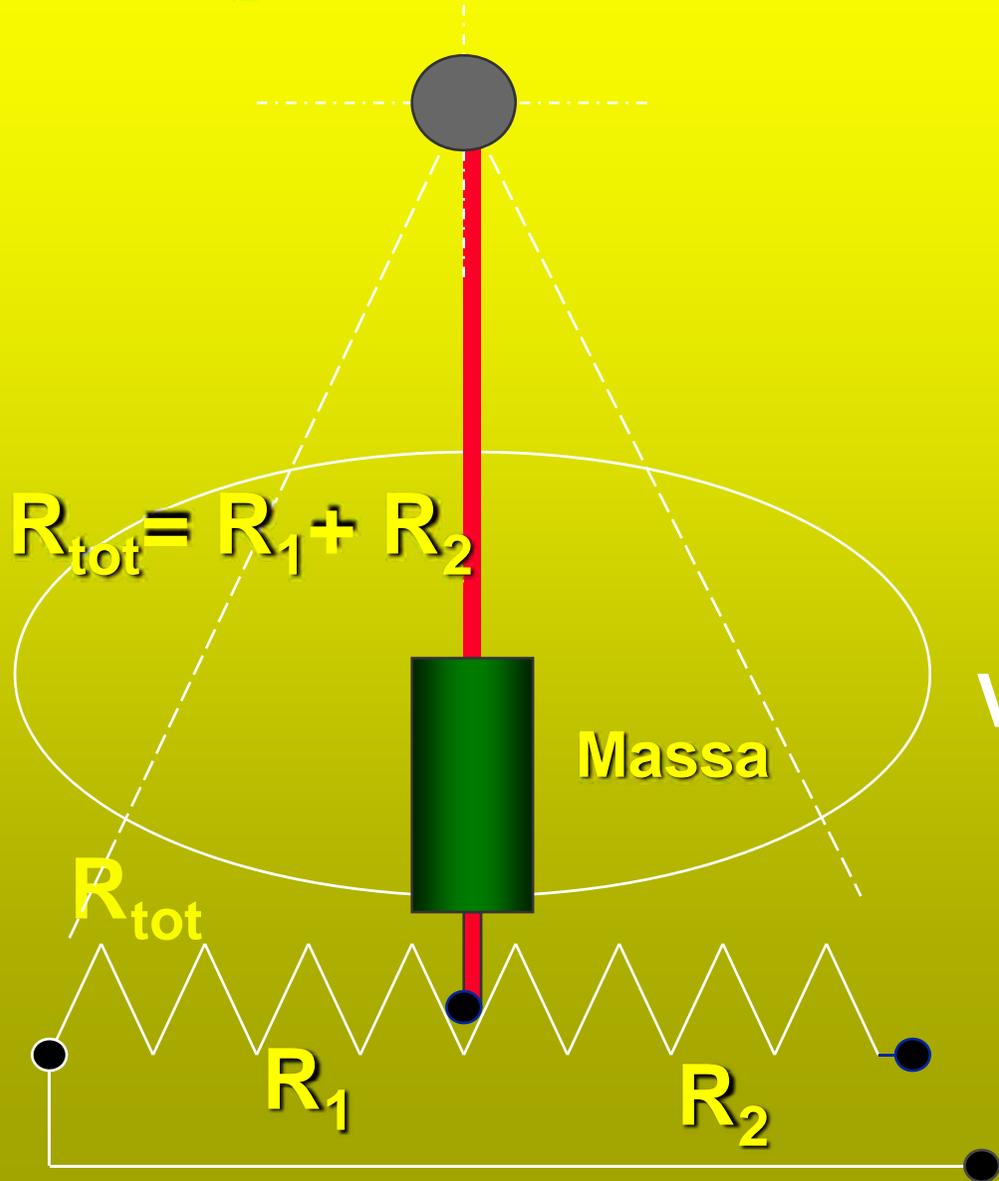
Permette di rilevare i valori inclinometrici alle varie quote nella forma più idonea per l'elaborazione.

Inclinometri

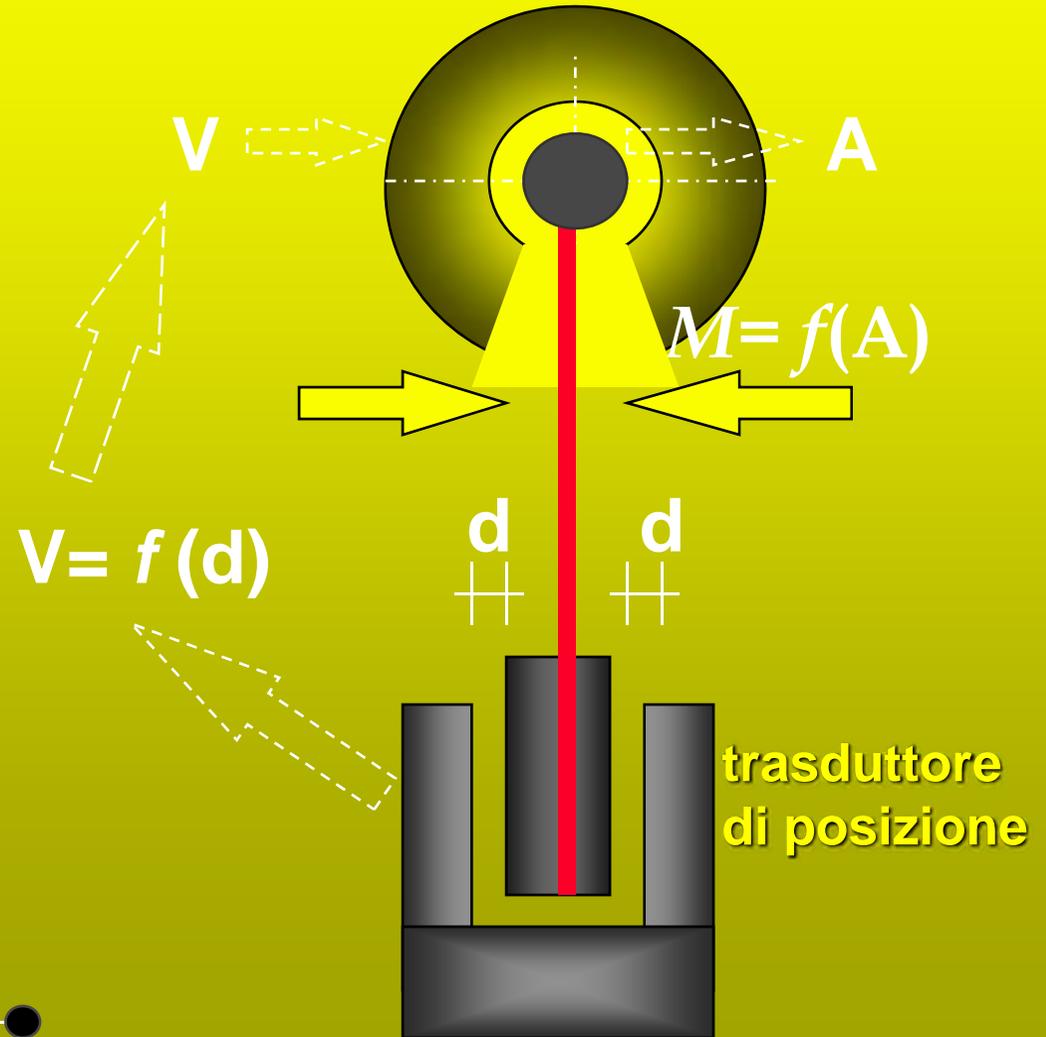
Sistema inclinometrico



Inclinometro Potenzimetrico (pendolo oscillante)



Servoinclinometro (nessuna parte in movimento)





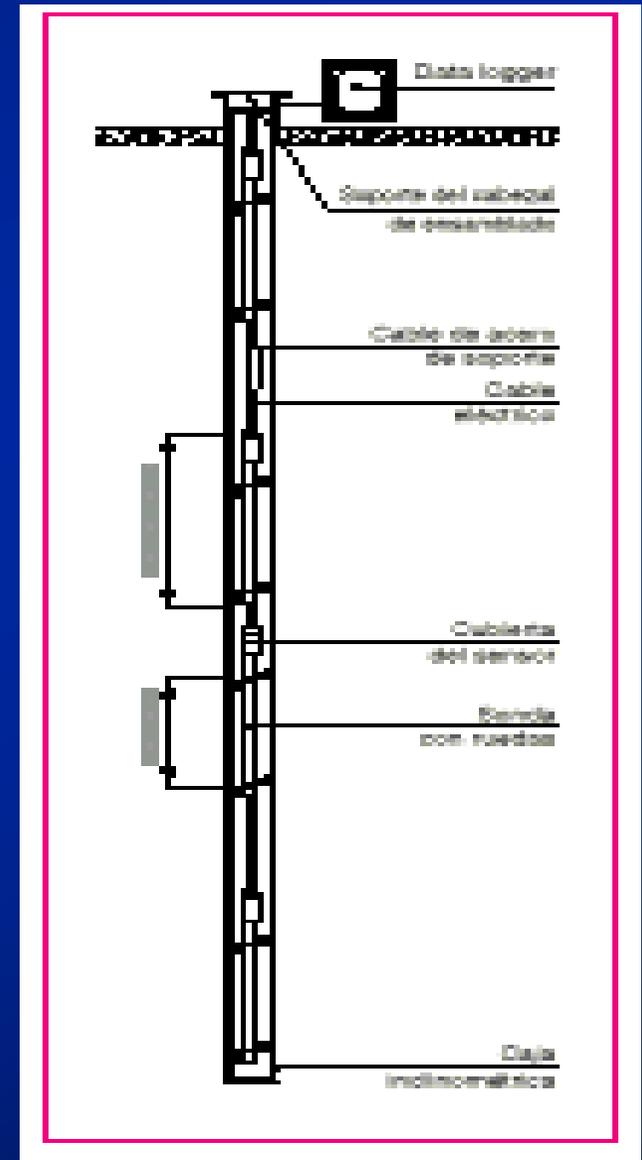
Sistema inclinometrico

Sonde inclinometriche fisse

Sono costituite da una meccanica, al cui interno sono installati i sensori, dotata di due carrelli per consentire l'orientamento e il posizionamento delle sonde all'interno dei tubi inclinometrici.

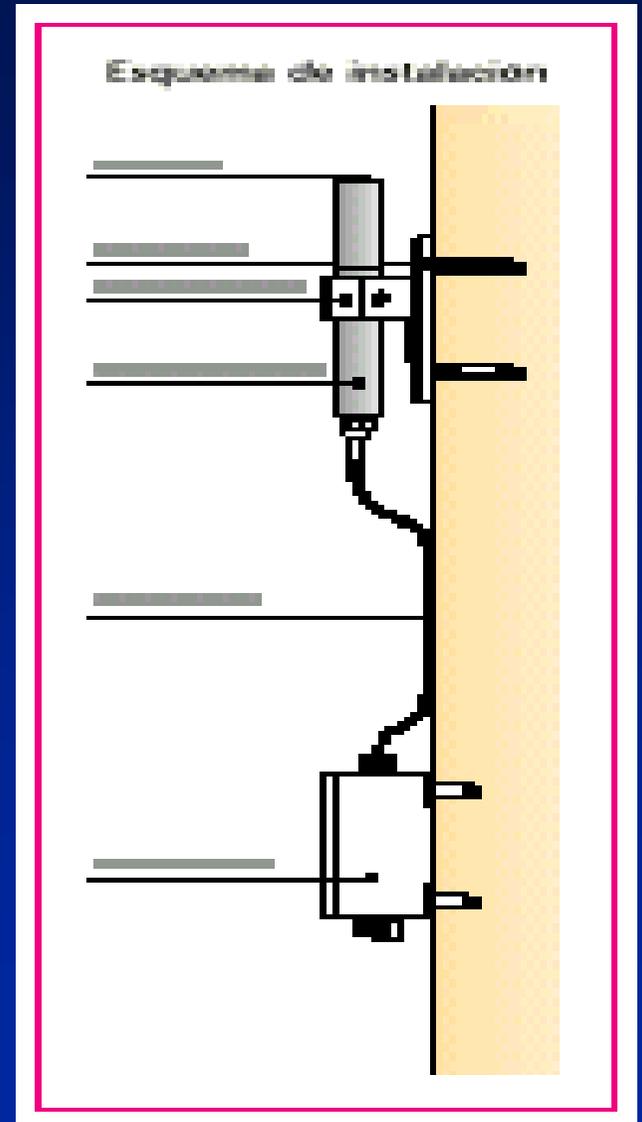
Un insieme di sonde fisse compongono una **catena inclinometrica**. La catena può essere installata in tubi verticali (movimenti di **frane**) o in tubi orizzontali (cedimenti di **dighe in terra o rilevati**).

Le sonde vengono installate all'interno di tubi inclinometrici alle quote significative per l'analisi del fenomeno in atto e permettono di controllare **l'evoluzione del movimento nel tempo**.



Inclinometri fissi

Inclinometri di superficie



Inclinometri

Elaborazione dei dati

L'inclinometro misura l'inclinazione del tubo su una lunghezza pari a quella dell'interasse delle ruote della sonda.

La misura d'inclinazione rilevata sui due assi consente di calcolare lo spostamento nel piano ortogonale al tubo lungo i due assi (componenti) e quindi di ottenere **il vettore risultante**.

Per migliorare la qualità del risultato si effettuano per ogni coppia di guide le **misure coniugate**.

Inclinometri

Elaborazione dei dati

Le deviazioni laterali sono calcolate con le formule seguenti:

$$S_{ix} = \rho \sin [\alpha A]$$

$$S_{iy} = \rho \sin [\alpha B]$$

dove ρ è il **passo** delle misure.

La precisione complessiva nella misura degli spostamenti laterali è dell'ordine dei millimetri su 30 metri di profondità.

Collegando con una linea immaginaria la serie di punti nello spazio così calcolati si ottiene la **deformata inclinometrica**.

Inclinometri

<i>Inclinometri</i>	<i>Vantaggi</i>	<i>Svantaggi</i>
<i>Servoaccelerometrici</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Buona precisione e ripetibilità;😊 Automazione delle misure;😊 Elevata stabilità nel tempo.	<ul style="list-style-type: none">☹ La precisione è funzione della profondità;☹ Costo elevato;☹ Elaborazione delle misure complesse;
<i>Potenziometrici</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Buona precisione;😊 Automazione delle misure;😊 Basso costo.	<ul style="list-style-type: none">☹ La precisione è funzione della profondità;☹ Stabilità nel tempo;☹ Elaborazione delle misure complesse;☹ Interventi di manutenzione più frequenti.

Tiltmetri e Clinometri

→ Clinometri (Misure automatiche)

Sono inclinometri fissi installati sulla struttura in punti significativi per fornire anche in modo continuo i valore di inclinazione.

→ Tiltmetri (Misure manuali)

Per esecuzione di misure manuali. Alla struttura vengono fissate piastre di riscontro a cui viene appoggiato lo strumento con sensori servoaccelerometrici per effettuare la misura.

Tiltmetri e Clinometri

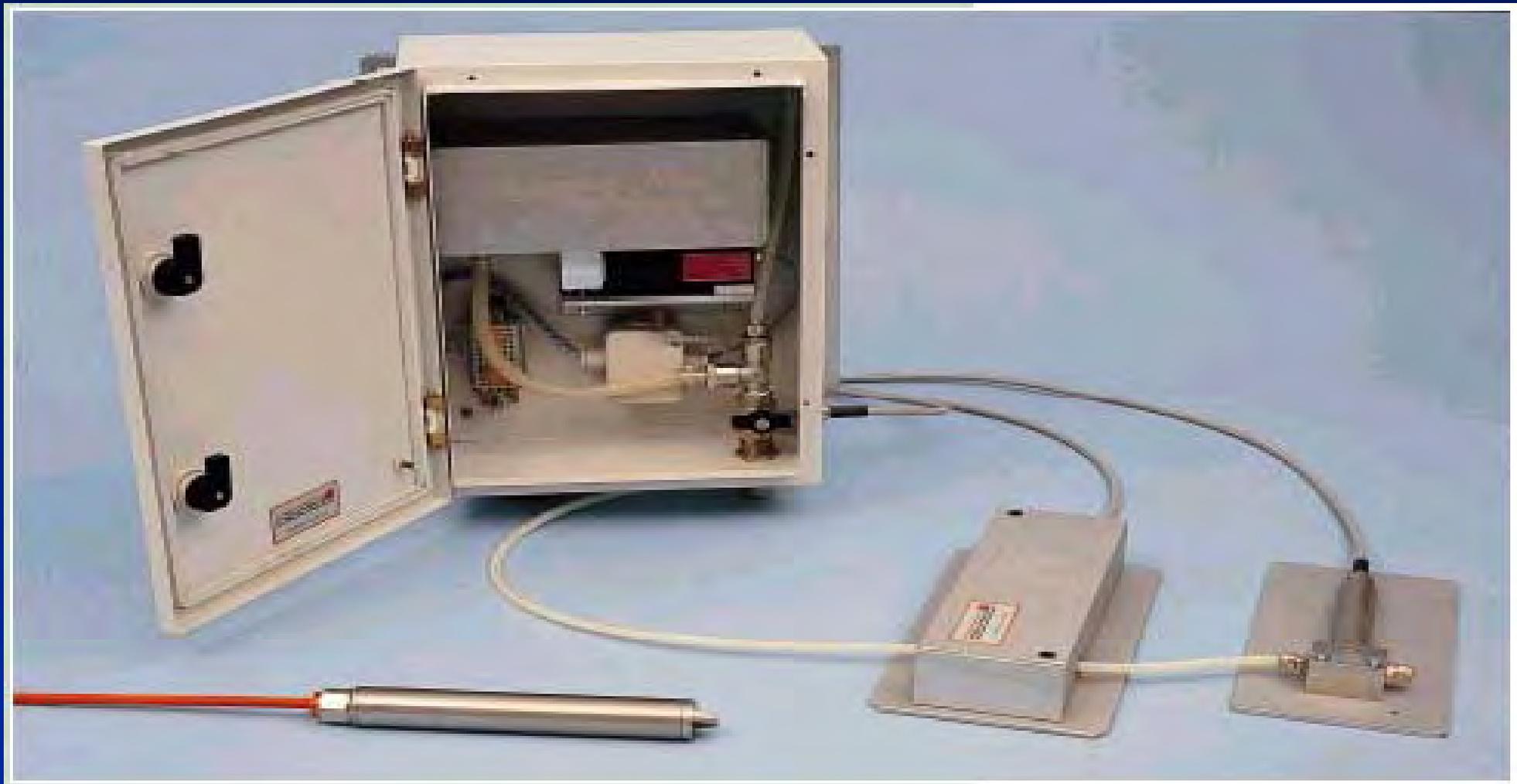
	<i>Vantaggi</i>	<i>Svantaggi</i>
<i>Tiltmetri</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Buona precisione e ripetibilità;😊 Un solo strumento permette la lettura in diversi punti;😊 Elevata stabilità nel tempo.	<ul style="list-style-type: none">☹ Misure manuali;☹ Costo elevato;☹ Necessario proteggere piastre di riscontro.
<i>Clinometr</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Buona precisione;😊 Automazione delle misure;😊 Basso costo.	<ul style="list-style-type: none">☹ Stabilità nel tempo;☹ Sensibilità alla temperatura;☹ Interventi di manutenzione più frequenti.

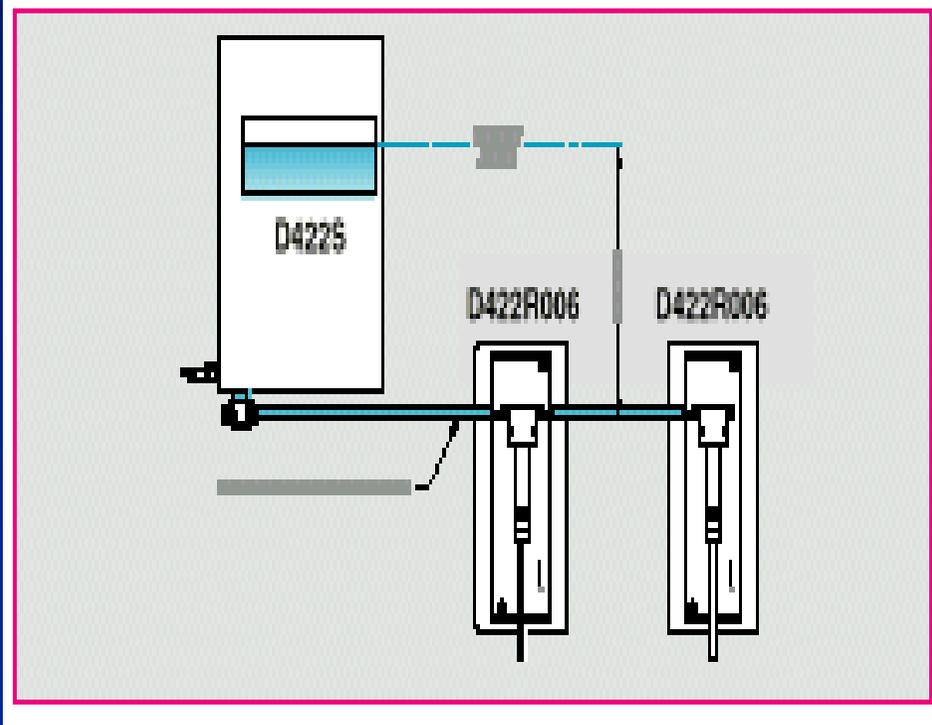
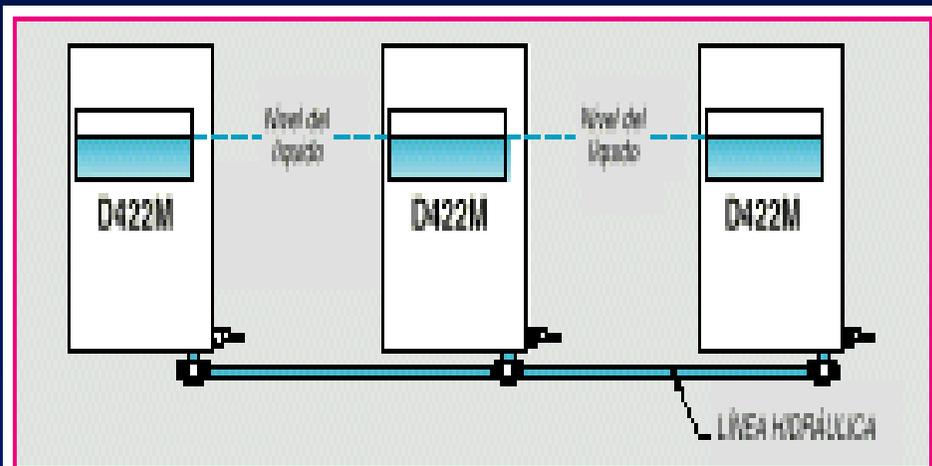
Livellometri

I livellometri permettono di misurare cedimenti differenziali o rotazioni di strutture. Sono strumenti che sfruttano il principio dei vasi comunicanti.

I sistemi di misura sono composti da un certo numero di tazze livellometriche collegate tra loro da una tubazione che consente al livello del liquido nelle tazze di equalizzarsi, consentendo precisioni molto spinte anche di alcuni centesimi di millimetro. Le misure sono fatte prendendo una tazza come riferimento e calcolando i cedimenti differenziali rispetto ad essa. Le precisioni sono molto spinte anche di alcuni centesimi di millimetro.

Livellometri DSM





Sistema livellometrico DSM

Livellometri

<i>Livellometri</i>	<i>Vantaggi</i>	<i>Svantaggi</i>
	<ul style="list-style-type: none">😊 Grande sensibilità;😊 Misura automatica;😊 Installazione remote non accessibili.	<ul style="list-style-type: none">😞 Sensibilità alla temperatura;😞 Installazione tubazione di collegamento delicata;😞 Costo elevato.

Assestimetri

Permettono di misurare:

- Cedimenti sia in superficie che in profondità a quote differenti;
- Cedimenti sia in un punto che lungo una linea;
- Cedimenti differenziali di fondazioni

Assestimetri

TIPOLOGIE:

- **Assestimetri di superficie a chiodo ed piastra**
- **Assestimetri a punto singolo e multipunto**
- **Assestimetri magnetici**
- **Assestimetri idraulici**

Assestimetri

Assestimetri a piastra e chiodo

Vengono usati per il controllo dei cedimenti in superficie. Sono composti da una **piastra** quadrata che viene posizionata sul sottofondo e da una tubazione in acciaio. Quelli a **chiodo** sono direttamente infissi sulla struttura da controllare.

Le misure vengono eseguite con livellazione topografica verificando i movimenti della testa dello strumento.



Assestimetro a piastra



Assestimetri

Assestimetri a punto singolo e multipunto

Sono composti da una **asta, o batteria di aste**, in acciaio svincolate dall'attrito del terreno grazie ad una guaina esterna che avvolge ogni singola asta.

Vengono installati all'interno di perforazioni e la parte finale di ogni asta è fissata cementandola al terreno.

Le misure consistono nel rilievo periodico a boccaforo della posizione della testa delle aste mediante livellazione.

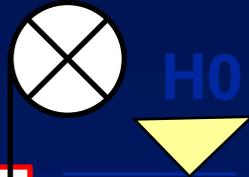
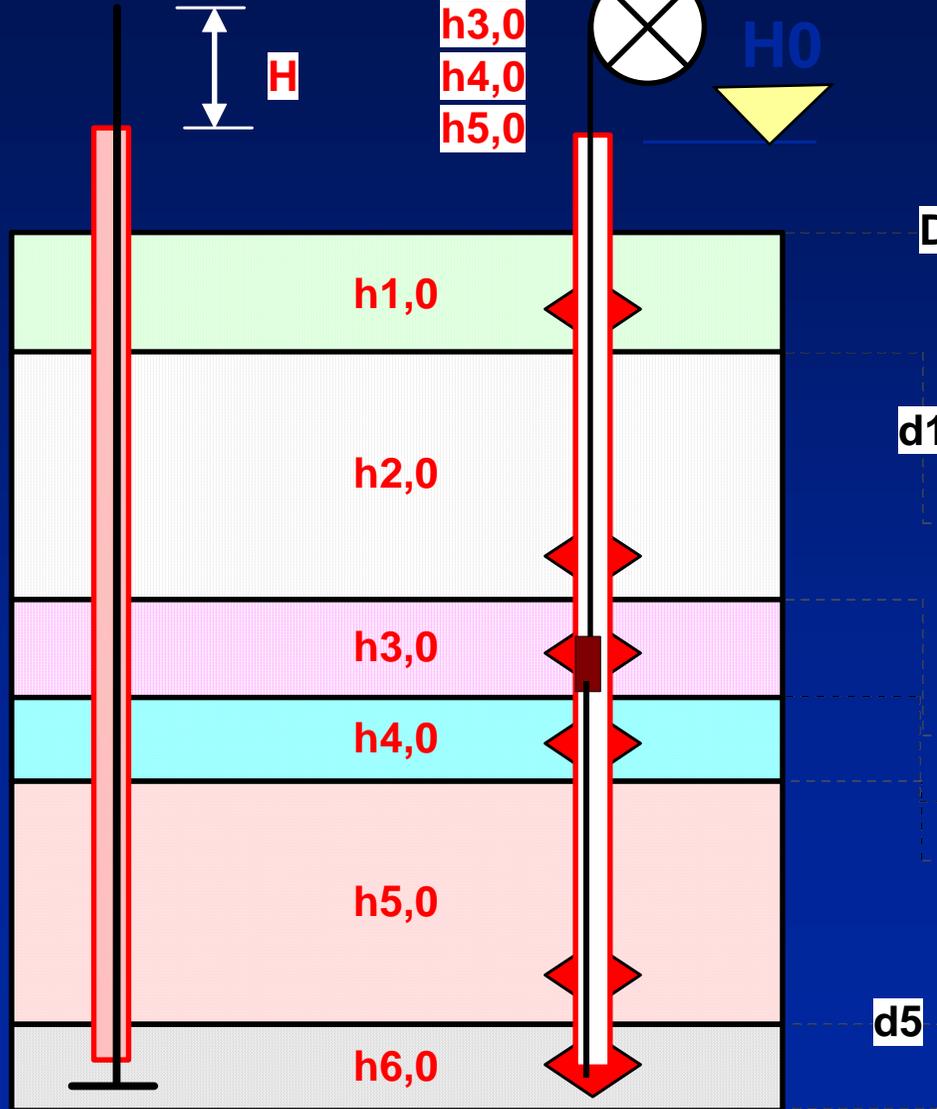
Usando un **trasduttore di spostamento elettrico** è possibile misurare la posizione relativa della testa delle aste e quella dello strumento ricavando così il cedimento.

Assestimetri

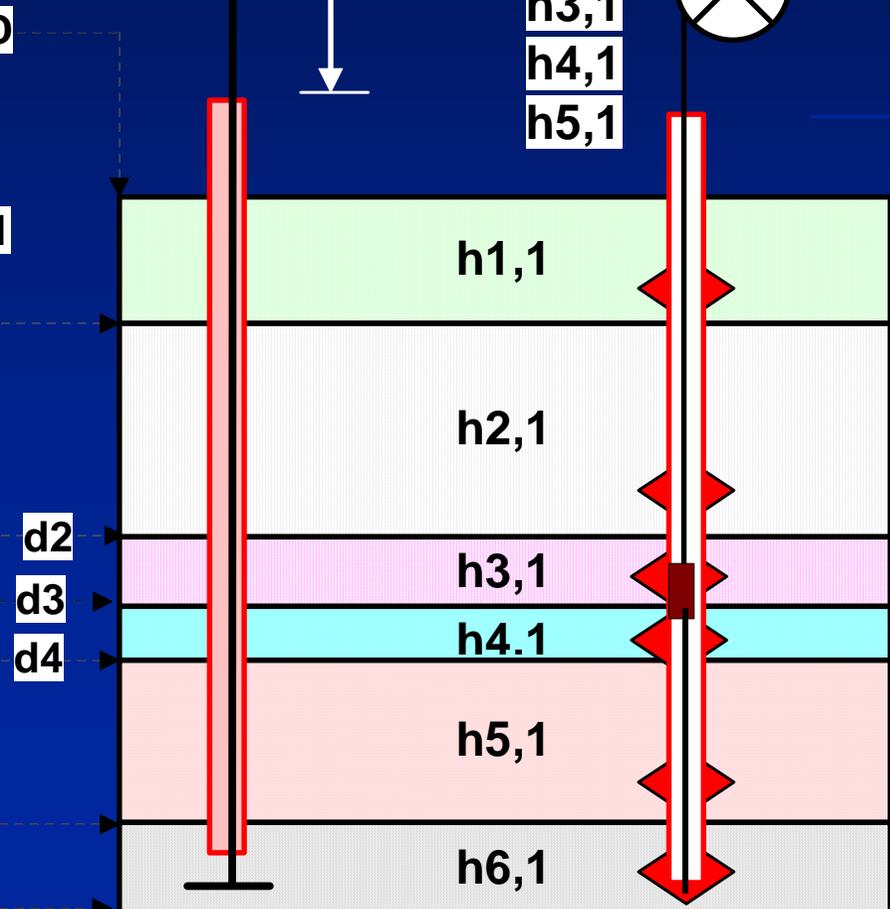
Assest. Punto Singolo

Assest. Multipunto

$h_{1,0}$
 $h_{2,0}$
 $h_{3,0}$
 $h_{4,0}$
 $h_{5,0}$



$H + D$
 $h_{1,1}$
 $h_{2,1}$
 $h_{3,1}$
 $h_{4,1}$
 $h_{5,1}$



D
 d_1
 d_2
 d_3
 d_4
 d_5

Assestimetri

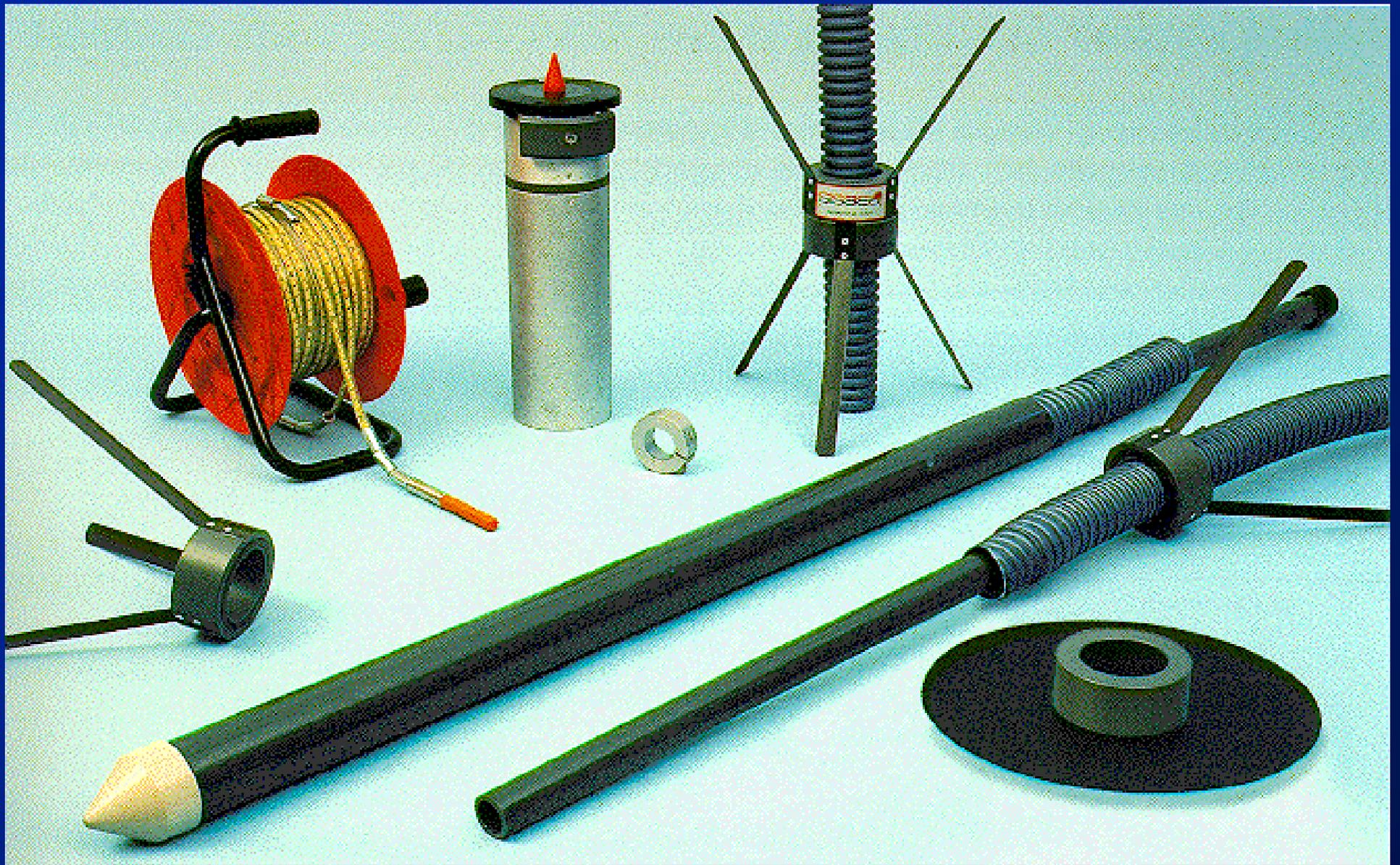
Assestimetri magnetici

Si compongono di una **guaina corrugata** antiattrito al cui interno è inserito il tubo guida in cui inserire e fare scorrere la sonda di misura.

Esternamente alla guaina corrugata vengono posizionati **anelli magnetici** che resi solidali con il terreno ne seguono il movimento allungando od accorciando la guaina.

L'**unità di lettura** è costituita da un cavo millimetrato con un **puntale** dotato di un interruttore azionato dagli anelli.

I cedimenti vengono misurati come **misura differenziale** della posizione degli anelli rispetto alla misura di zero.



Assestimetro magnetico tipo BRS

Assestimetri

Assestimetri idraulici

Gli assestimetri idraulici si basano sul principio della variazione della pressione di una colonna di liquido in funzione dell'altezza.

Le differenze di quota che si verificheranno nel tempo tra il punto di riferimento assestimetrico e il punto di misura determineranno delle proporzionali variazioni di pressione idraulica, rilevate dai trasduttori elettrici posti nei punti di misura, pari al cedimento.



Assestimetro idraulico

Assestimetri

<i>Assestimetri</i>	<i>Vantaggi</i>	<i>Svantaggi</i>
<i>A piastra</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Semplici e affidabili;😊 Basso costo.	<ul style="list-style-type: none">☹ Misure manuali (livellazioni);
<i>A punto singolo</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Semplici e affidabili;😊 Elevata precisione;😊 Facilità automazione misure.	<ul style="list-style-type: none">☹ Costo installazione (un singolo strumento per perforazione);
<i>Magnetici</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Possibilità ricostruire profilo cedimento;😊 Basso costo;	<ul style="list-style-type: none">☹ Esecuzione misure;☹ Accessibilità alla testa del tubo;☹ Non è possibile misure automatiche.
<i>Idraulici</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Misura automatica;	<ul style="list-style-type: none">☹ Sensibilità alla temperatura;☹ Manutenzione difficoltosa;☹ Costo elevato.
<i>Profiler</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Semplici ed affidabili;😊 Poco costoso😊 Misura immediata.	<ul style="list-style-type: none">☹ Esecuzione misure manuale;☹ Necessità installare tubo guida prima esecuzione struttura;☹ Precisione limitata;

Estensimetri

Permettono di misurare:

- Distribuzione delle deformazioni di ammassi rocciosi e di terreni lungo una linea;
- Misura dei movimenti a profondità differenti nel sottosuolo;
- Misura dei movimenti orizzontali lungo tratti stabiliti di terrapieni e rilevati;
- Misura dei corrimenti superficiali in pendii franosi e versanti in roccia;

Estensimetri

TIPOLOGIE:

- Estensimetri multibase da foro
- Estensimetri orizzontali
- Estensimetri incrementali
- Estensimetri superficiali

Estensimetri

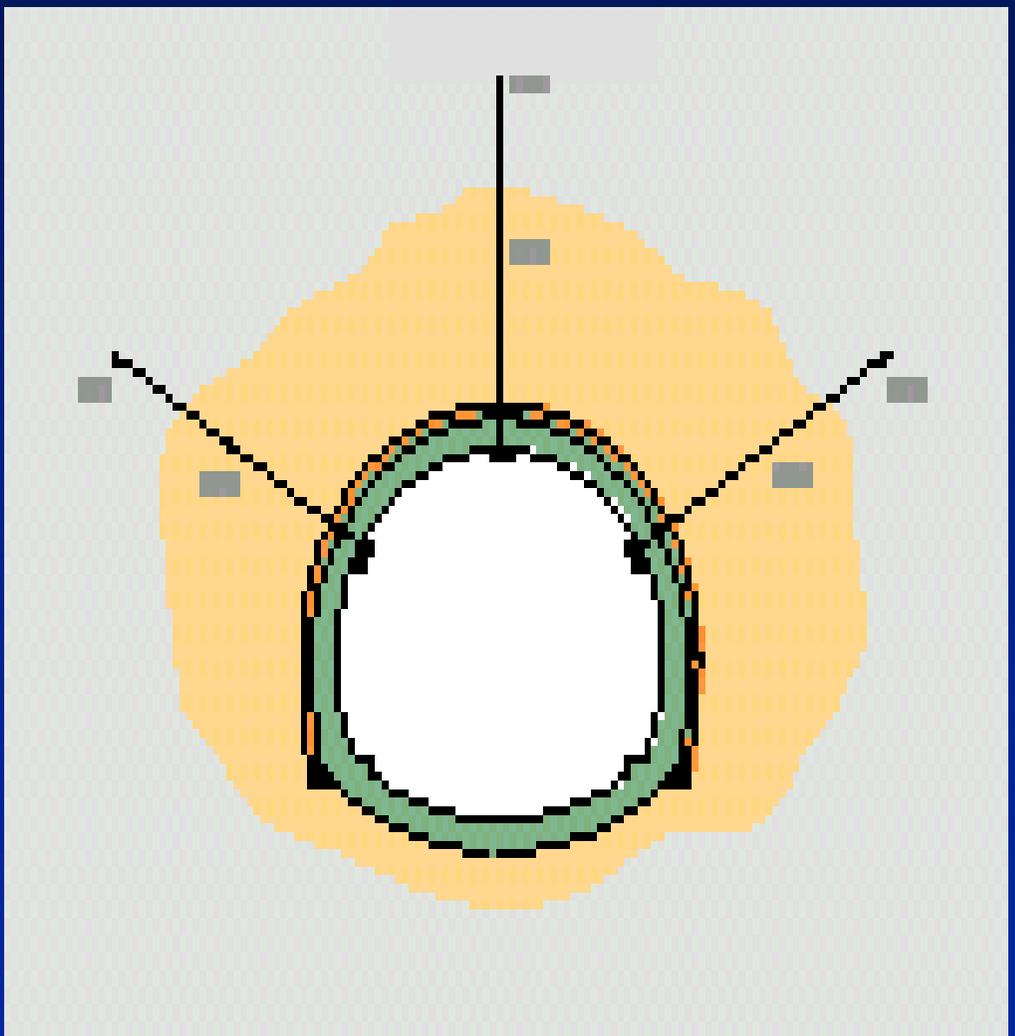
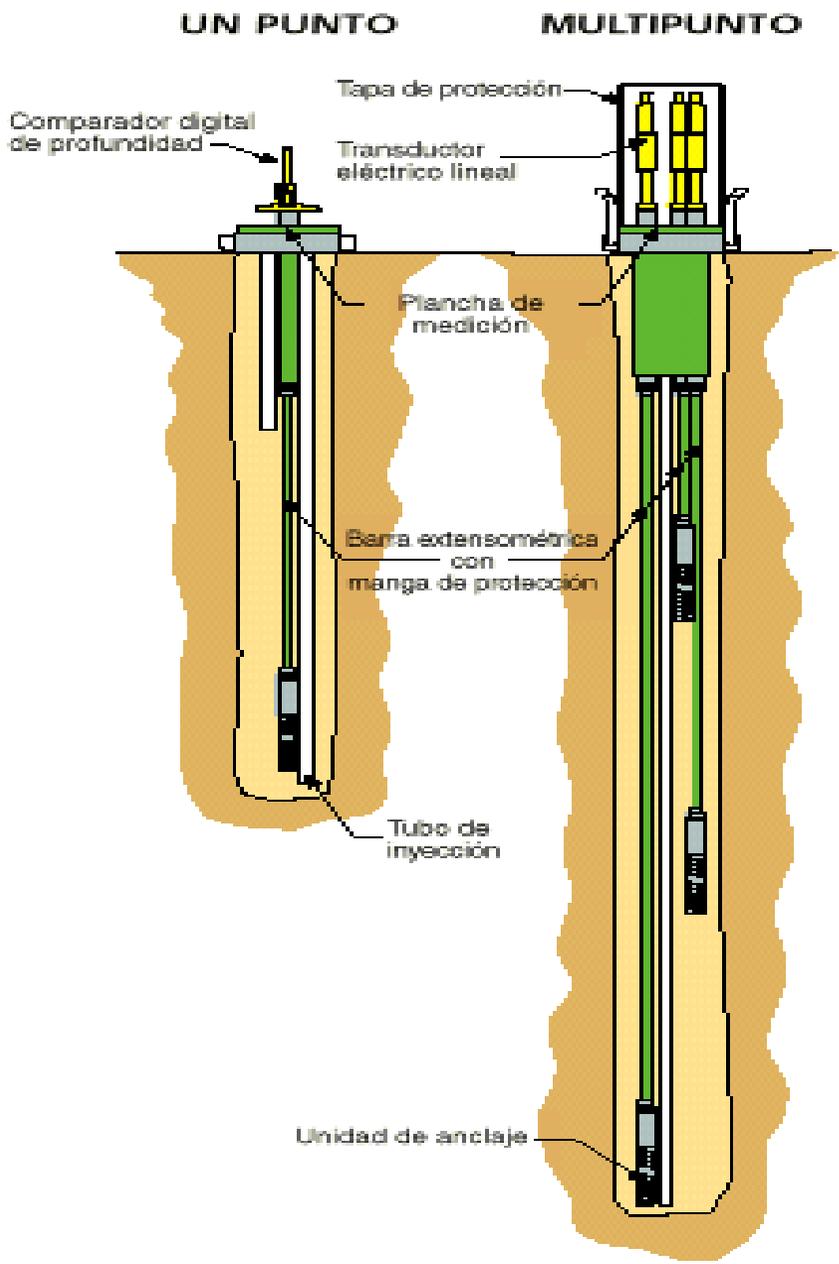
Multibase da foro

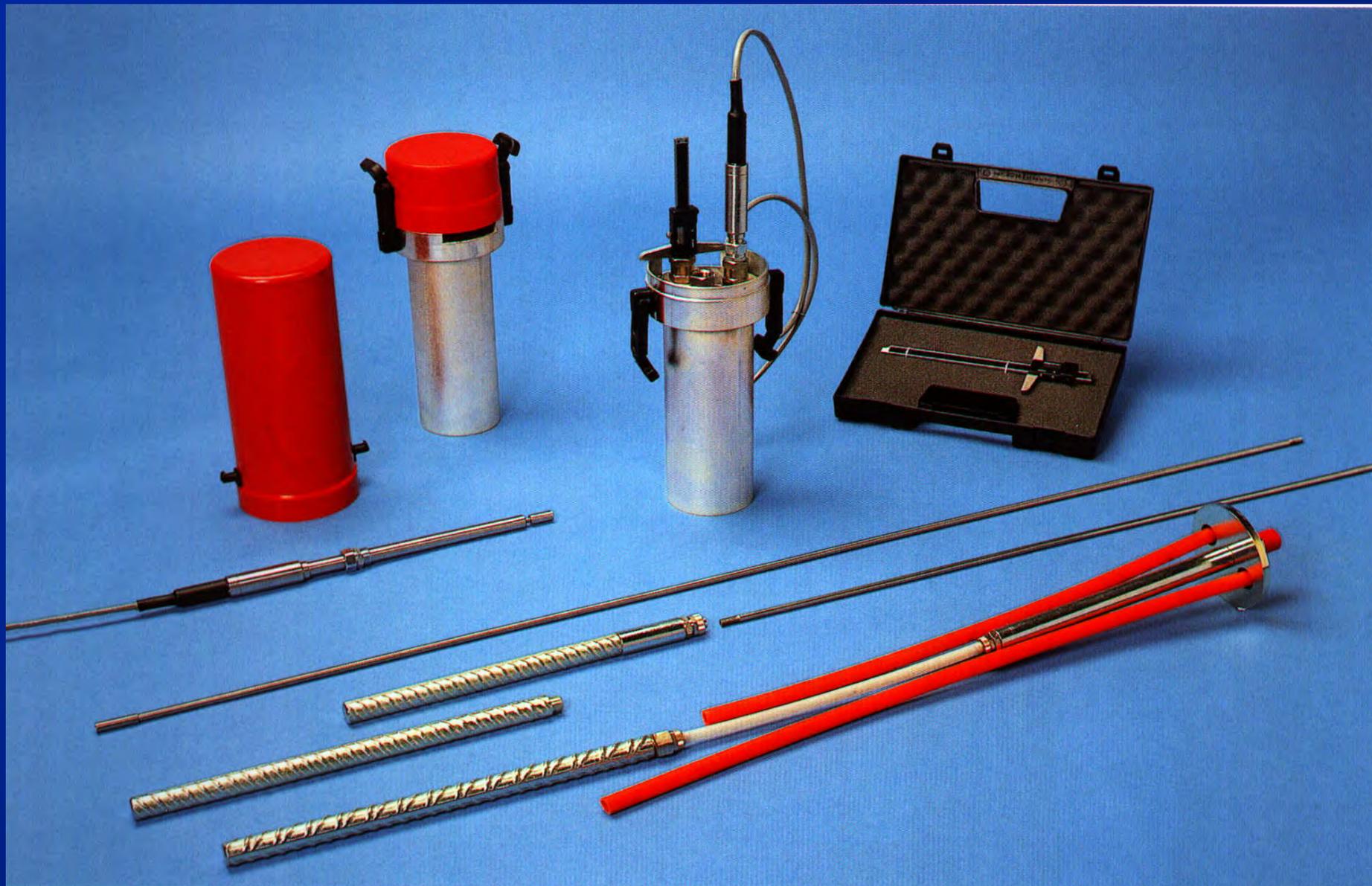
Sono costituiti da una o più basi di misura (aste in acciaio, invar o fibra di vetro) ancorate a diverse profondità entro un foro di perforazione, che riportano in superficie gli spostamenti dei relativi punti di ancoraggio.

Le misure vengono effettuate per mezzo di comparatori o da trasduttori elettrici di spostamento.

Estensimetri

Multibase da foro





Estensimetro multibase da foro

Estensimetro multibase da foro

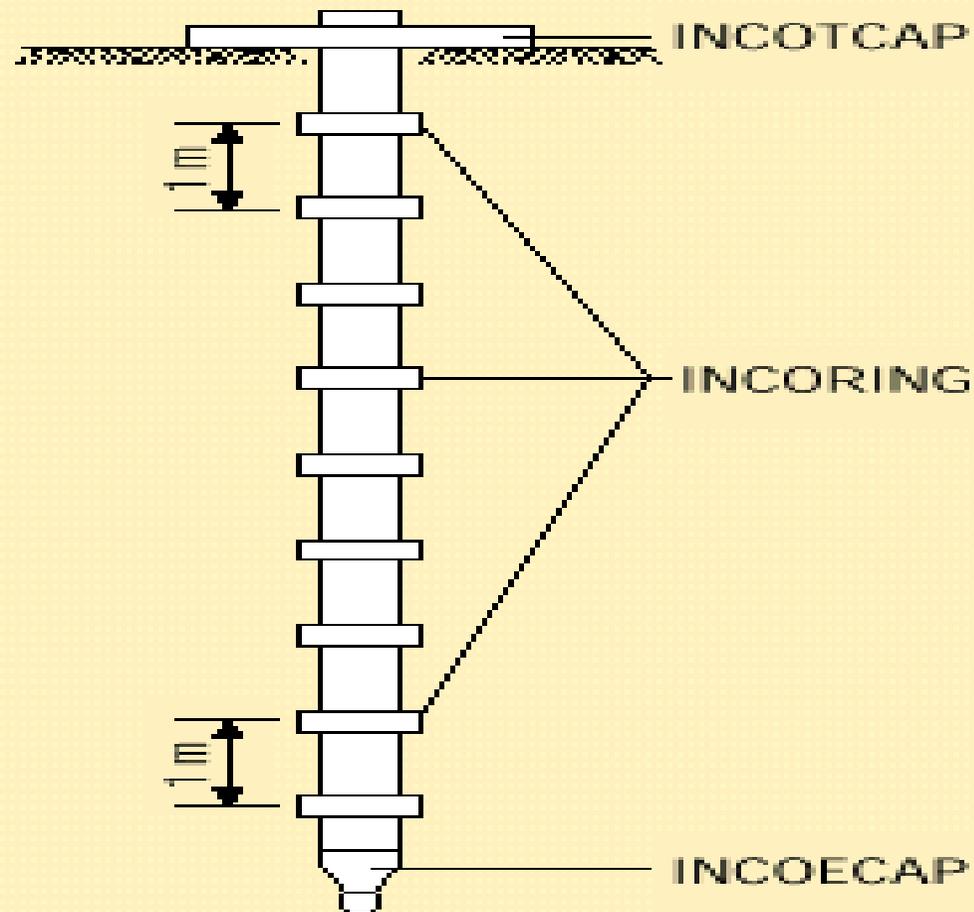


Estensimetri

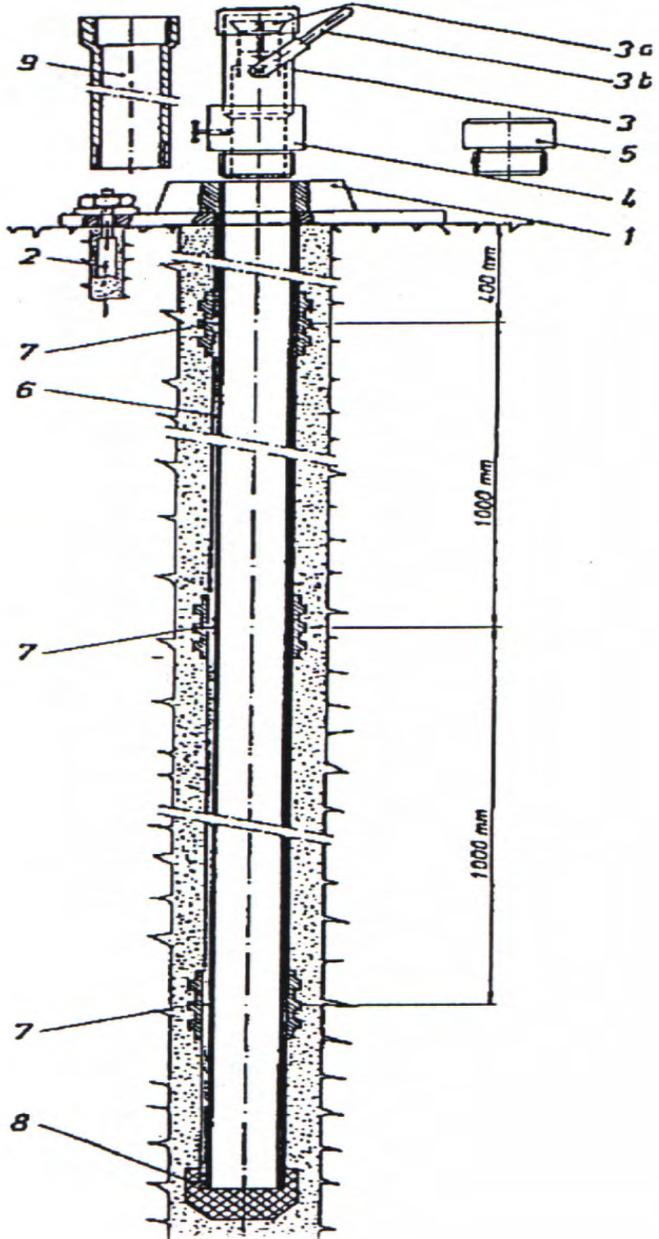
Incrementali

L'estensimetro si compone di una tubazione in materiale plastico che viene installata all'interno di perforazioni sia verticali che orizzontali. Esternamente alla tubazione vengono fissati anelli in metallo. Il tubo presenta guide per consentire l'inserimento del sistema di misura composto da una sonda in grado di rilevare la posizione degli anelli. Le misure di tipo differenziali vengono confrontate a quella iniziale.

Estensimetri Incrementali



Extensímetros INCREX



LEYENDA

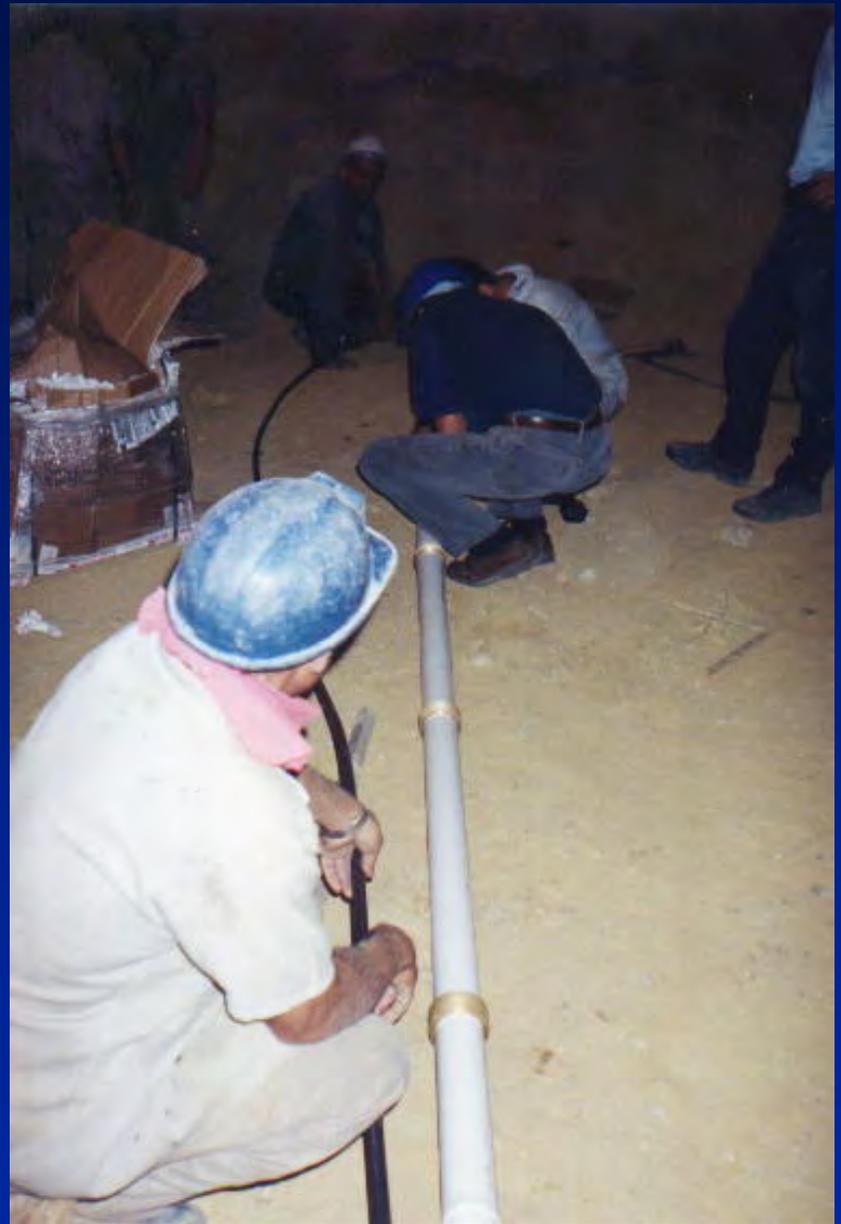
- 1.- Plancha base.
- 2.- Perno de anclaje
- 3.- Sistema de bloqueo
- 3a.- Porta broca de bloqueo
- 3b.- Palanca de bloqueo
- 4.- Tubo de conexión
- 5.- Tapa
- 6.- Entubado inclinométrico
- 7.- Anillo de medición
- 8.- Tapón de fondo
- 9.- Tubo de empalme superior (1 m)

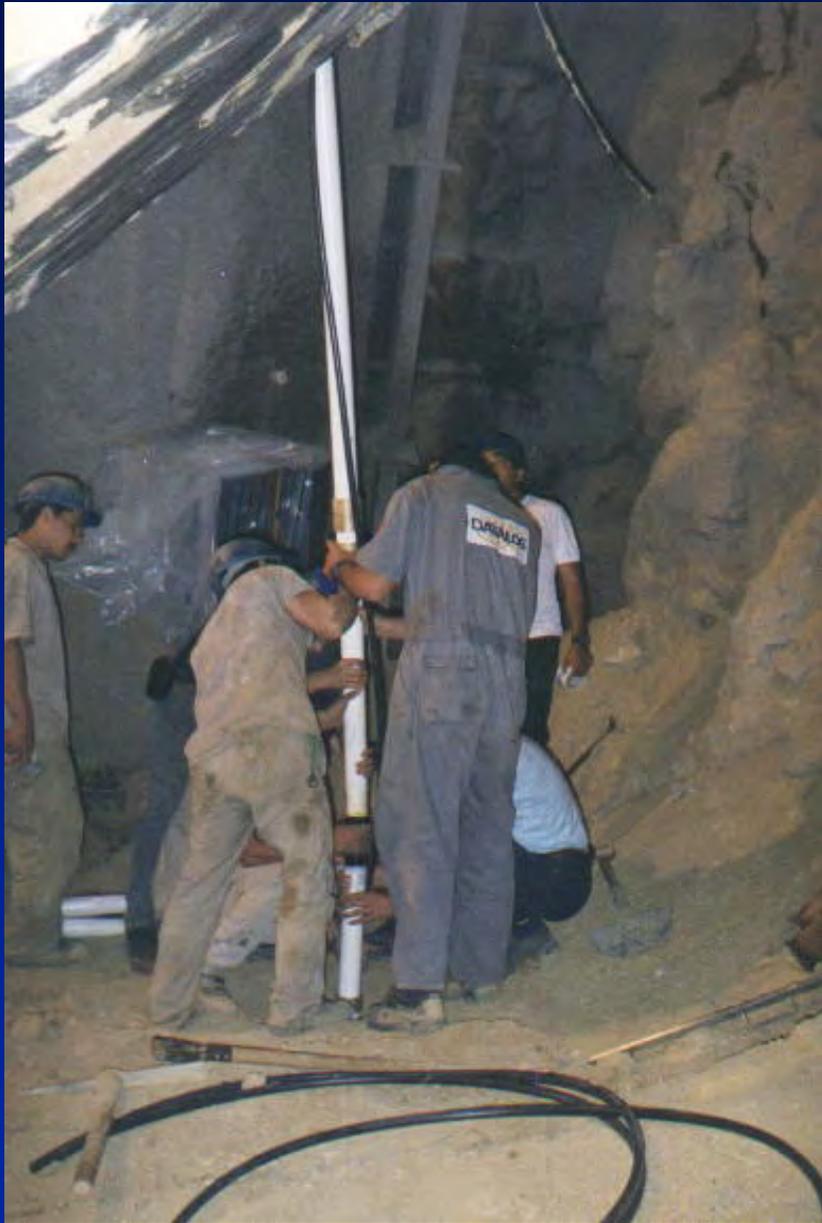


Sensibilidad = ± 0.001 mm

Rango de Medición = ± 10 mm









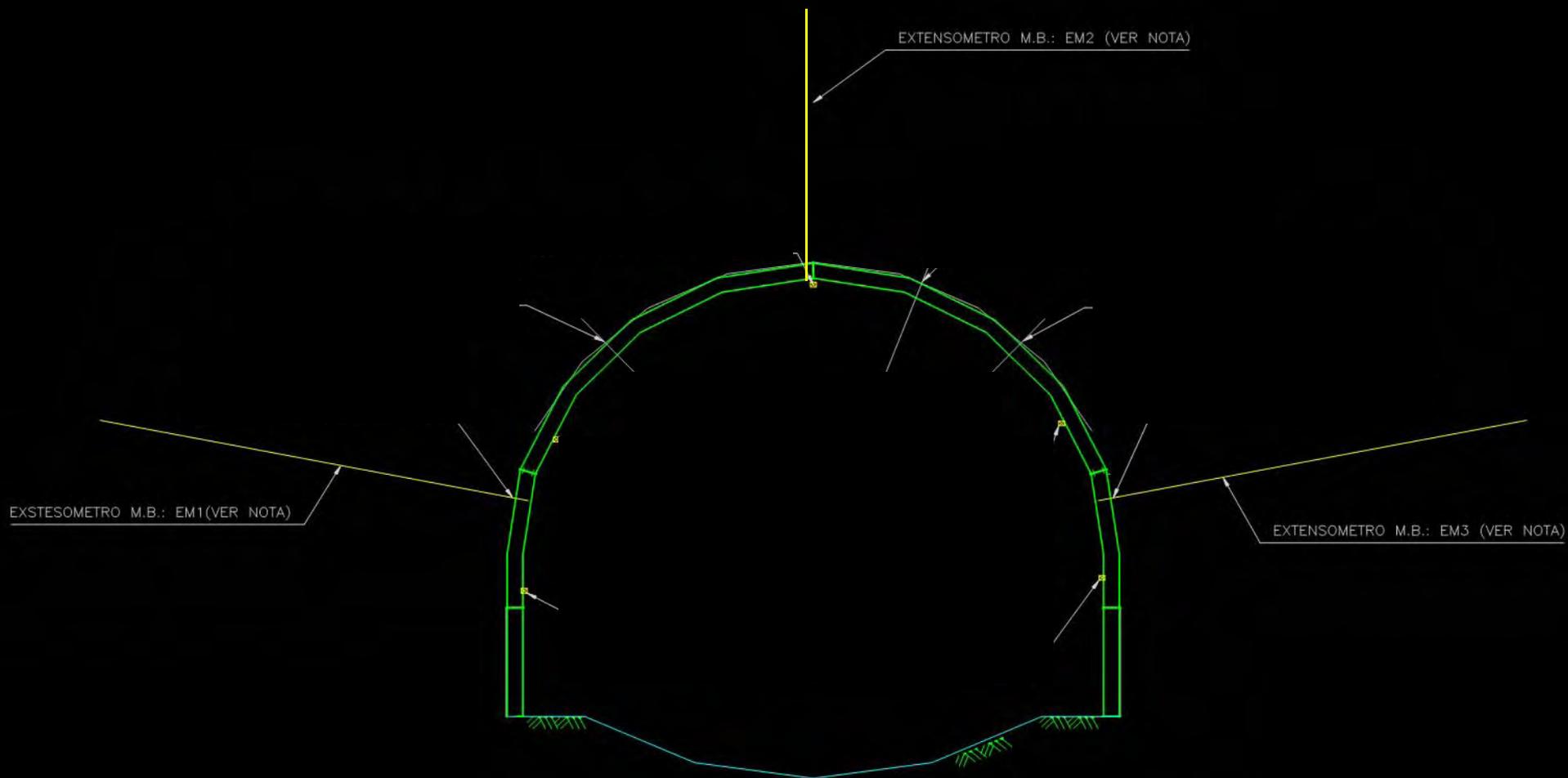






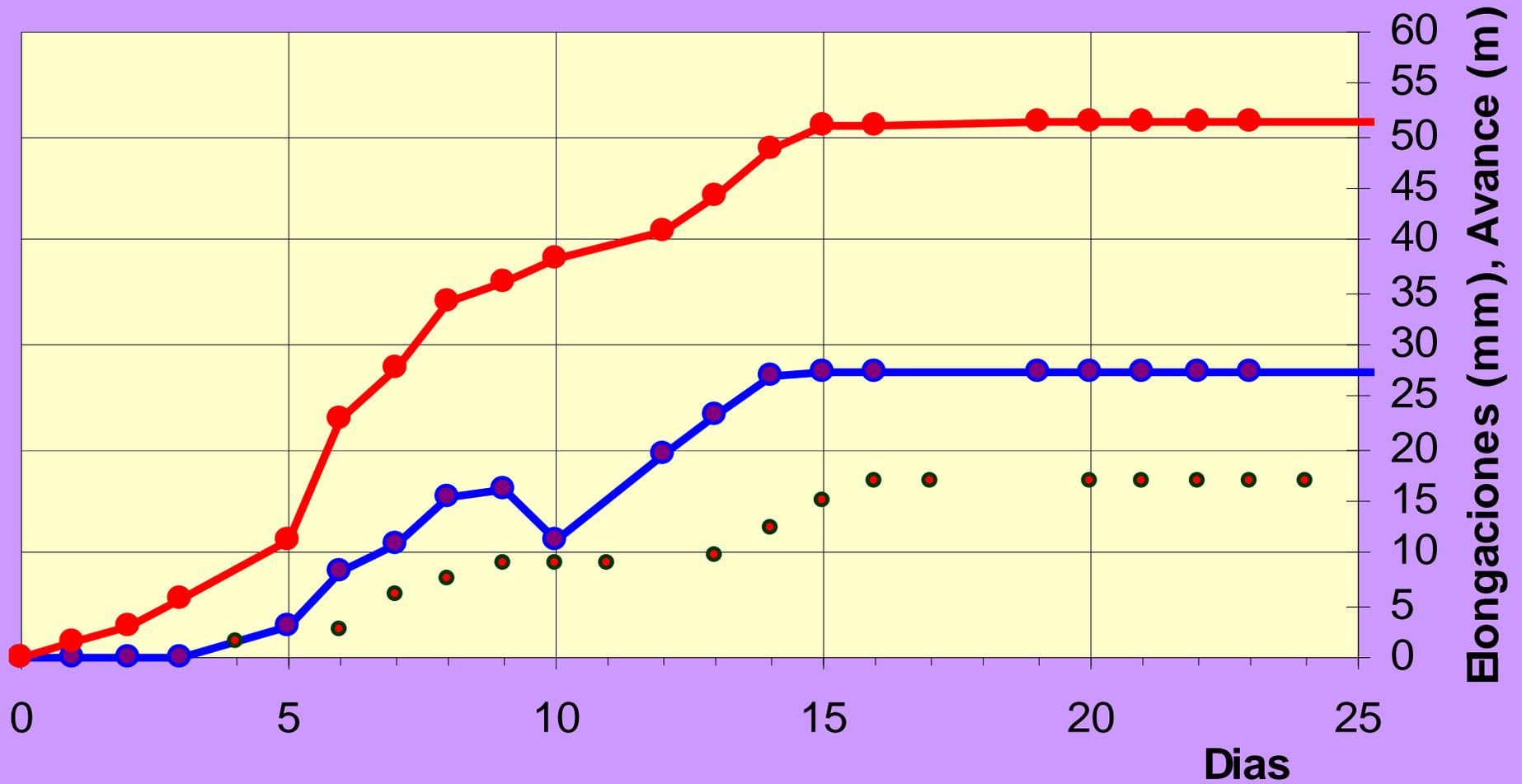


DATALOG



Estación de Monitoréo SABSUR1

Extensómetros monobase

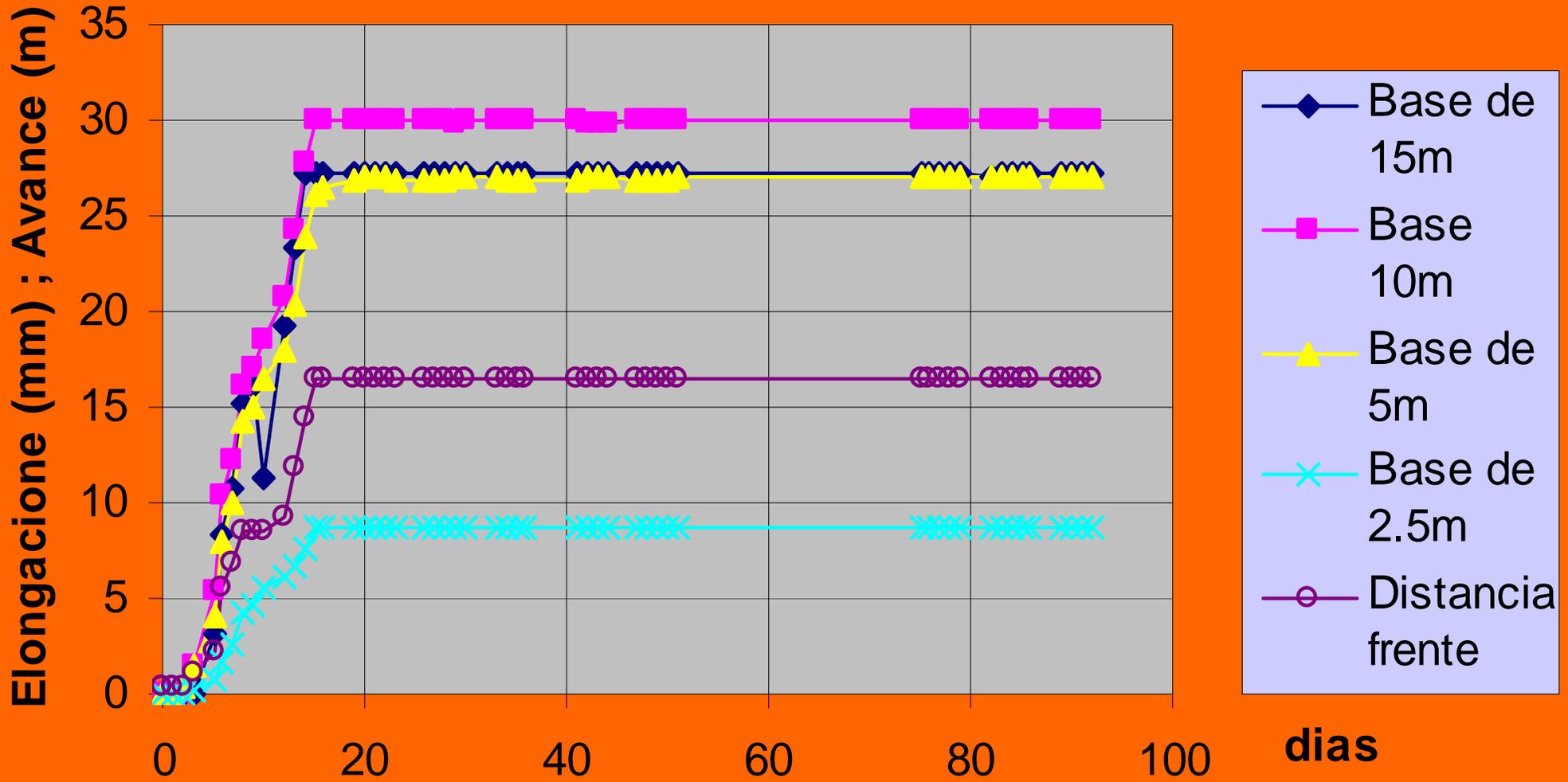


.....
● Extensometro Izquierdo

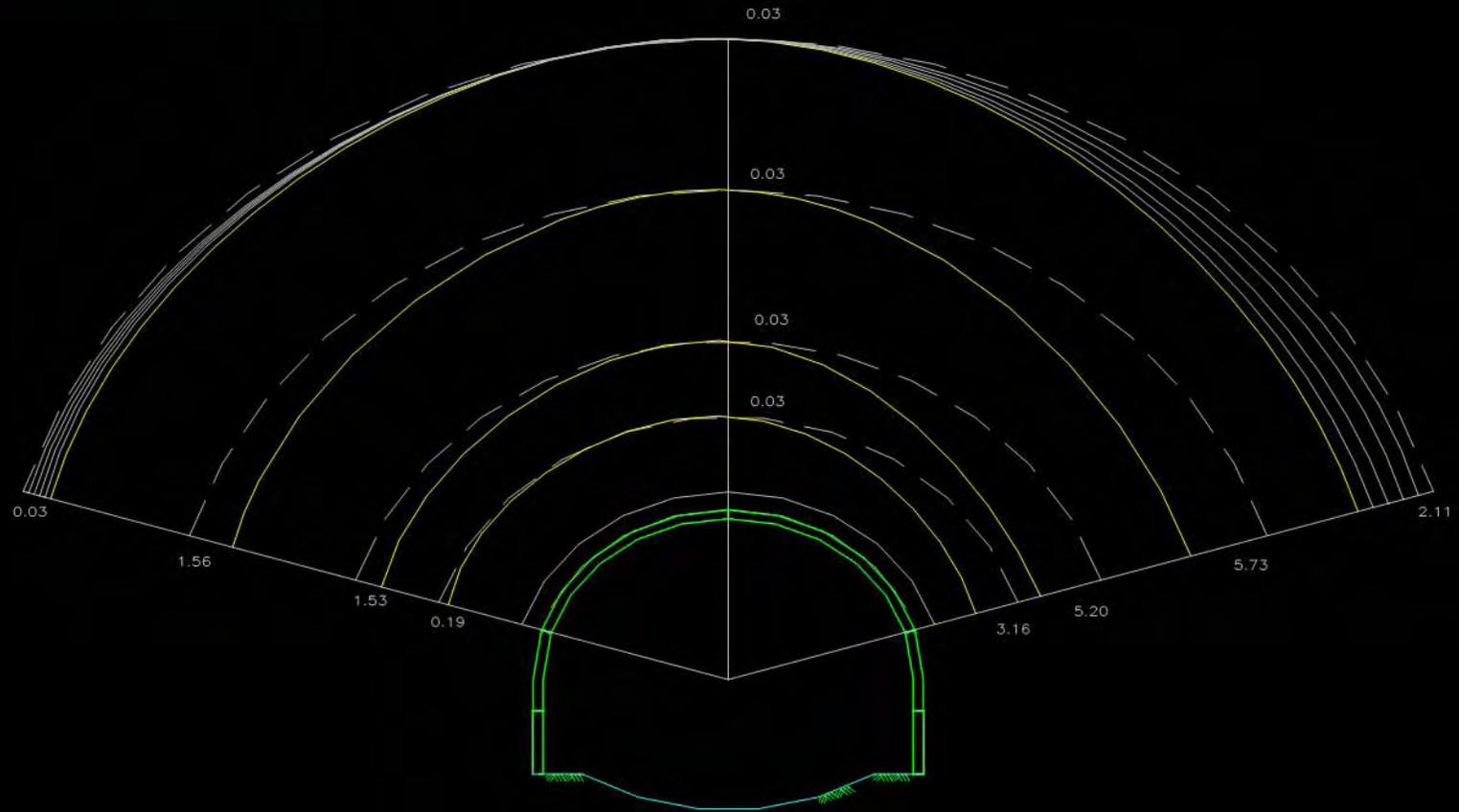
● Distancia frente

● Extensometro Derecho

Extensometro multibase



ESTACION DE MONITOREO
SABSUR1
RESUMEN GRAFICO DE
DEFORMACIONES MAXIMAS



Estación de Monitoreo SABSUR1

Estensimetri

<i>Estensimetrii</i>	<i>Vantaggi</i>	<i>Svantaggi</i>
<i>Multibase</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Semplici e affidabili;😊 Automazione misure;😊 Basso costo.	<ul style="list-style-type: none">☹ Numero di punti (massimo 7 basi);☹ Installazione (cementazione).
<i>Orizzontali</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Formazione stringa di misura;😊 Buona precisione misure;😊 Robusti e affidabili.	<ul style="list-style-type: none">☹ Costo installazione.
<i>Incrementali</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Elevata precisione;😊 Rilievo continuo;😊 Dati disponibili a fine misura.	<ul style="list-style-type: none">☹ Misure manuali;☹ Accessibilità alla testa del tubo;☹ Costo sistema di misura elevato.
<i>Superficiali a filo</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Misura automatica;😊 Basso costo😊 Semplicità di installazione;😊 Buona precisione.	<ul style="list-style-type: none">☹ Sensibilità alla temperatura;☹ Protezione filo.

Convergenze

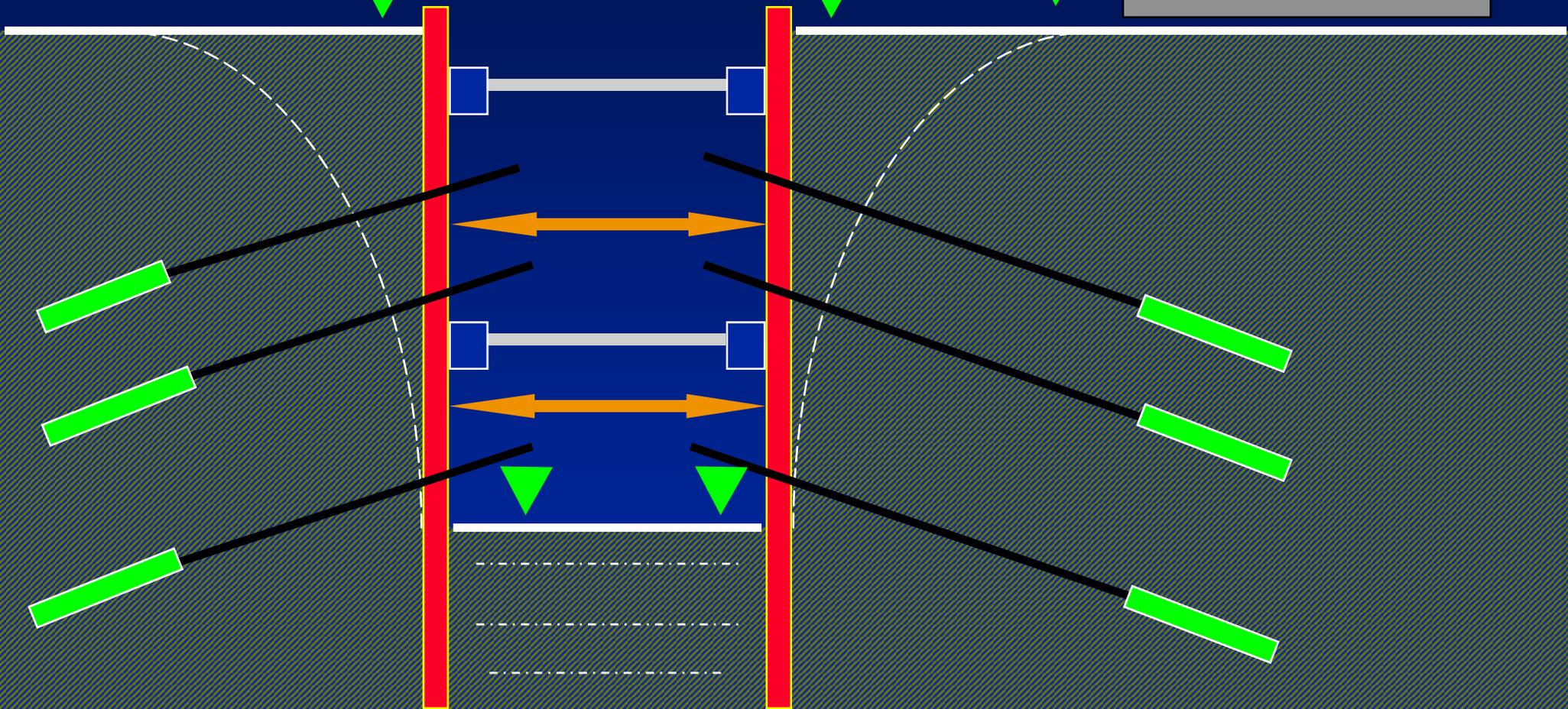
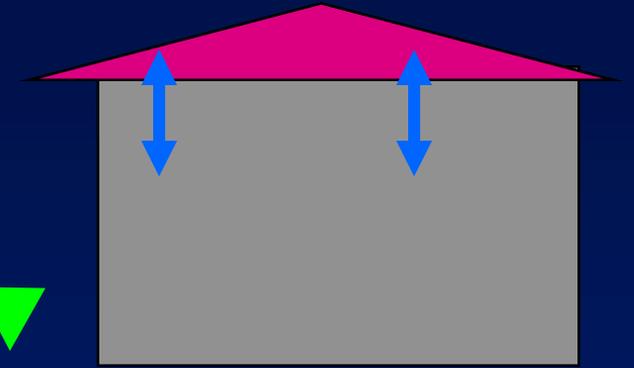
← Distometri



Fessurometri



Mire topografiche



Convergenze

- Il Problema geotecnico:

Gli scavi in generale, subsuperficiali (pozzi e trincee) e profondi (gallerie), tendono a chiudersi o quanto meno a deformarsi a conseguenza degli sforzi indotti nei terreni.

- Gli Strumenti:

Distometri meccanici, elettrici, ottici, Fessurimetri

- I Problemi strumentali:

Installazione, riferimenti, precisione, stabilità, derive, letture, acquisizione dati, fattori ambientali.

Misuratori di convergenza

Meccanici Elettrici ed Ottici

Servono a misurare la distanza tra vari punti durante lo scavo di gallerie per controllare la sagoma o per controllare i movimenti delle pareti.

- * **Distometri a meccanici a nastro**
- * **Distometri elettrici a filo**
- * **Distometri topografici**
- * **Distometri laser**

Misuratori di convergenza

Distometro a nastro

Si compone di una meccanica dotata di meccanismo in grado di tensionare e bloccare la bindella in acciaio che viene fissata ai punti di misura (**chiodi di misura**). La misura viene effettuata mediante **comparatore centesimale** solidale con l'unità di tensionamento.

Misuratori di convergenza

Distometro a nastro





Misuratore meccanico di convergenza

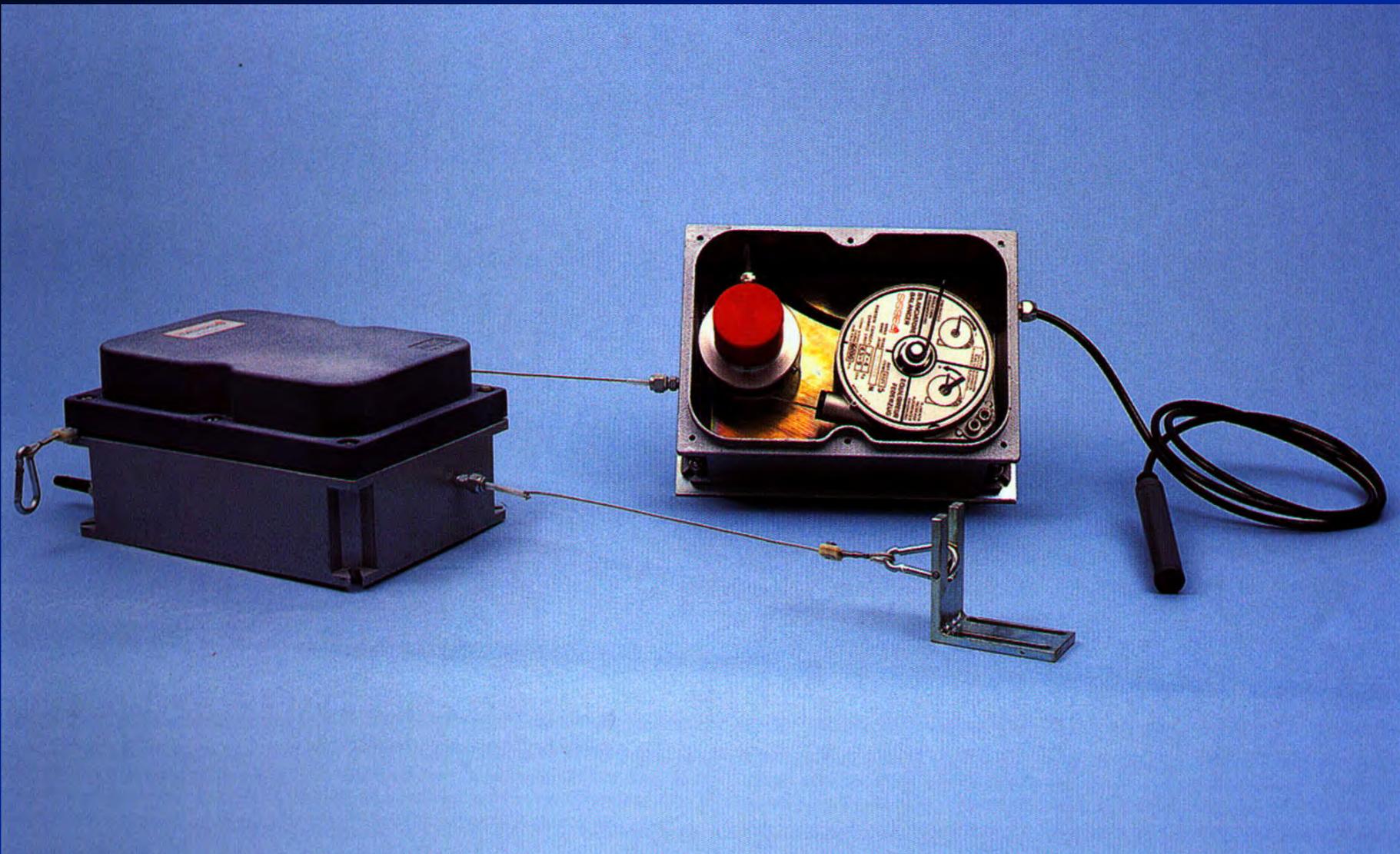
Lettura su distometro a nastro



Misuratori di convergenza

Distometro elettrico

Si compone di un corpo in acciaio inossidabile, fissato ad una parete, ed al cui interno è installato un trasduttore di spostamento lineare di tipo **potenziometrico**, reso solidale con un cavetto che attraverso una carrucola di rinvio viene ancorato all'altra parete della struttura. I movimenti rispetto all'altra parete, rilevati mediante il cavetto, sono trasmessi al trasduttore che fornisce un segnale elettrico proporzionale.



Misuratore elettrico di convergenza

Misuratori di convergenza

Strumentazione ottica

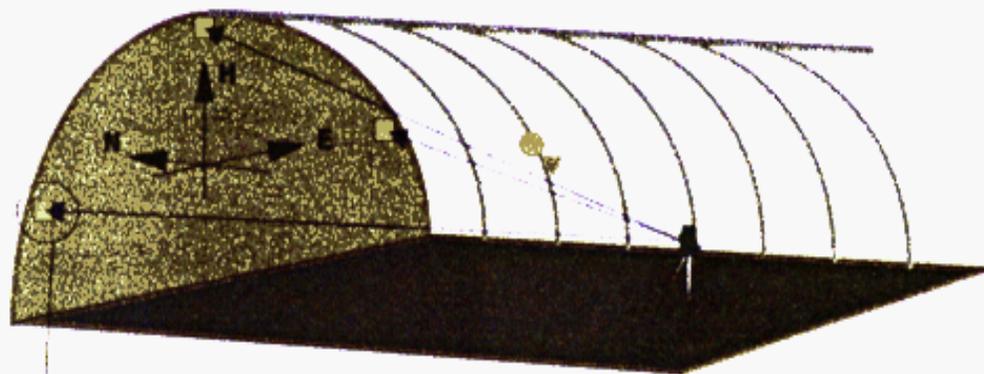
La strumentazione si compone essenzialmente di un distanziometro posto su un tripode e di vertici di riferimento:

- prismi circolari removibili.
- target riflettenti adesivi che si fissano ai vari punti dei quali si vogliono rilevare posizione e spostamenti.

Vantaggi:

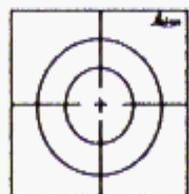
- misurazione tridimensionale degli spostamenti.
- possibilità di misura fino a 10 punti per sezione.
- esecuzione delle misure senza necessità di accesso diretto ai punti.
- assenza di interferenze tra attività di misura e normali cicli produttivi.

SISTEMA OTTICO DI MISURA 3D DELLE CONVERGENZE



- VERTICE DI RIFERIMENTO (PRISMA)
- VERTICE AUSILIARIO (PRISMA)
- PUNTO DI MISURA (TARGET TAPE)
- STAZIONE DI MISURA

- Stumentazione :
- STAZIONE TOPOGRAFICA TOTALE (distanziometro integrato) LEICA TCM 1800
 - PRISMI LEICA CIRCOLARI REMOVIBILI CON SUPPORTO
 - TARGET TAPE ADESIVI (40X40mm)



target tape

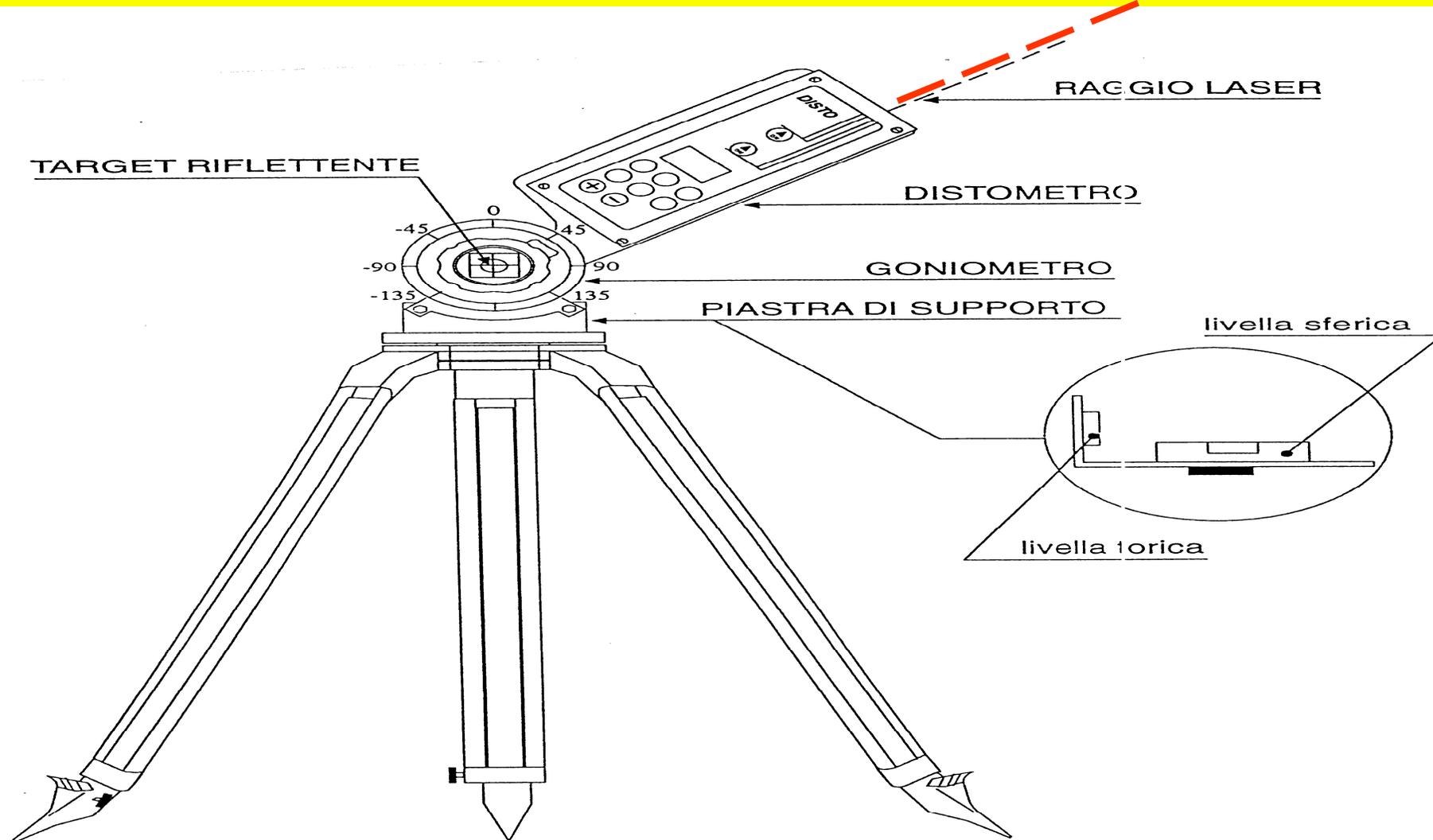
Misuratori di convergenza

Distometro laser o Profilometro

Si compone essenzialmente di una stazione topografica dotata di distometro laser manuale o eventualmente servoassistito

Vantaggi:

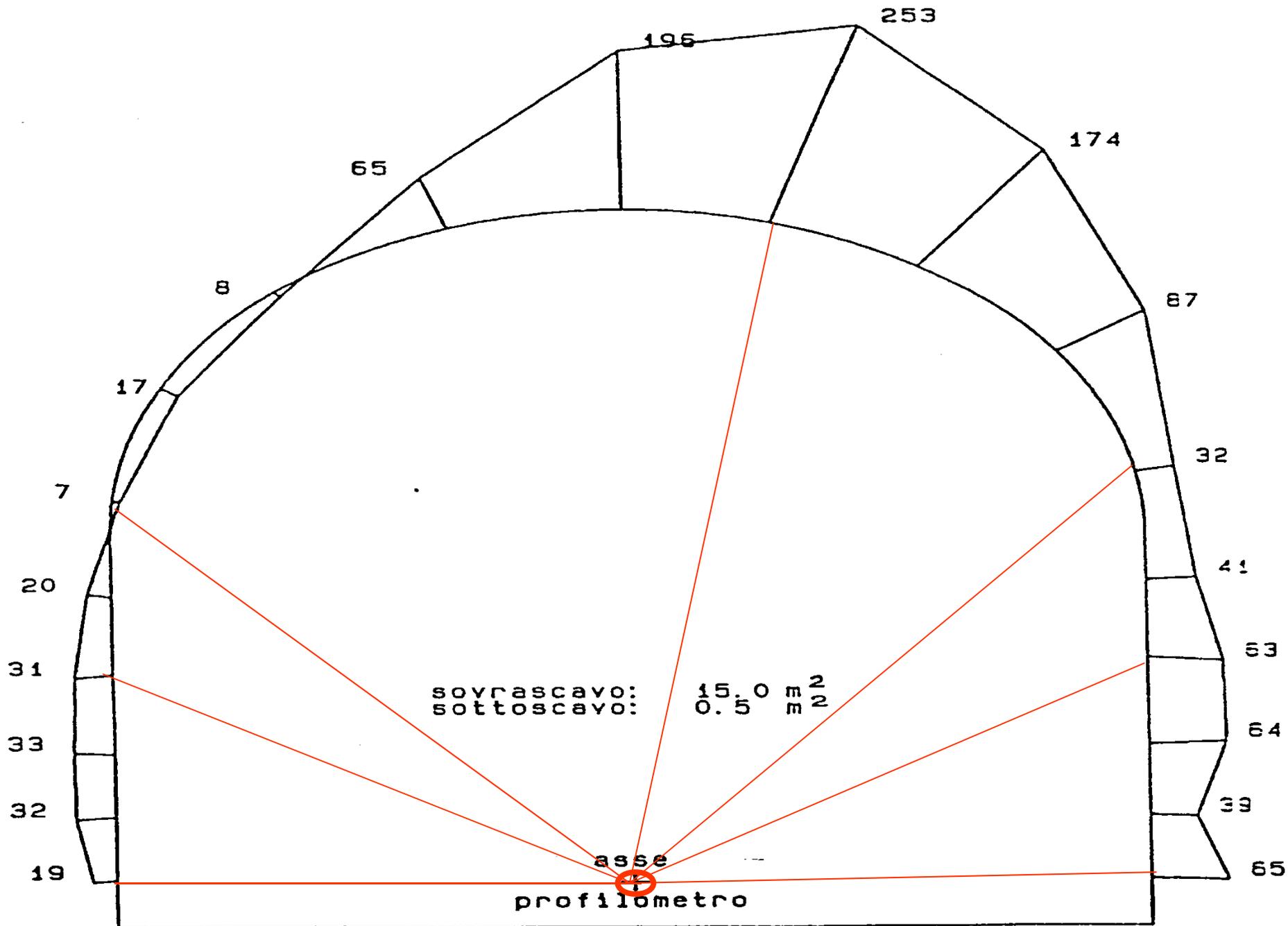
- misure senza accesso diretto
- velocità di esecuzione misure
- numerosi punti di misura
- possibile automatizzazione



CARATTERISTICHE TECNICHE

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Precisione
Laser $\pm 3\text{mm}$
Sistema $\pm 10\text{mm}$ • Escursione angolare
$\pm 135^\circ$ rispetto alla verticale | <ul style="list-style-type: none"> • Portata superficie naturale: 0.2-30m
prisma riflettente: 0.2-100m • Alimentazione a batteria 12V
(fino 400 misure) • Peso complessivo 5kg |
|---|---|

PROFILOMETRO PORTATILE A RAGGIO LASER

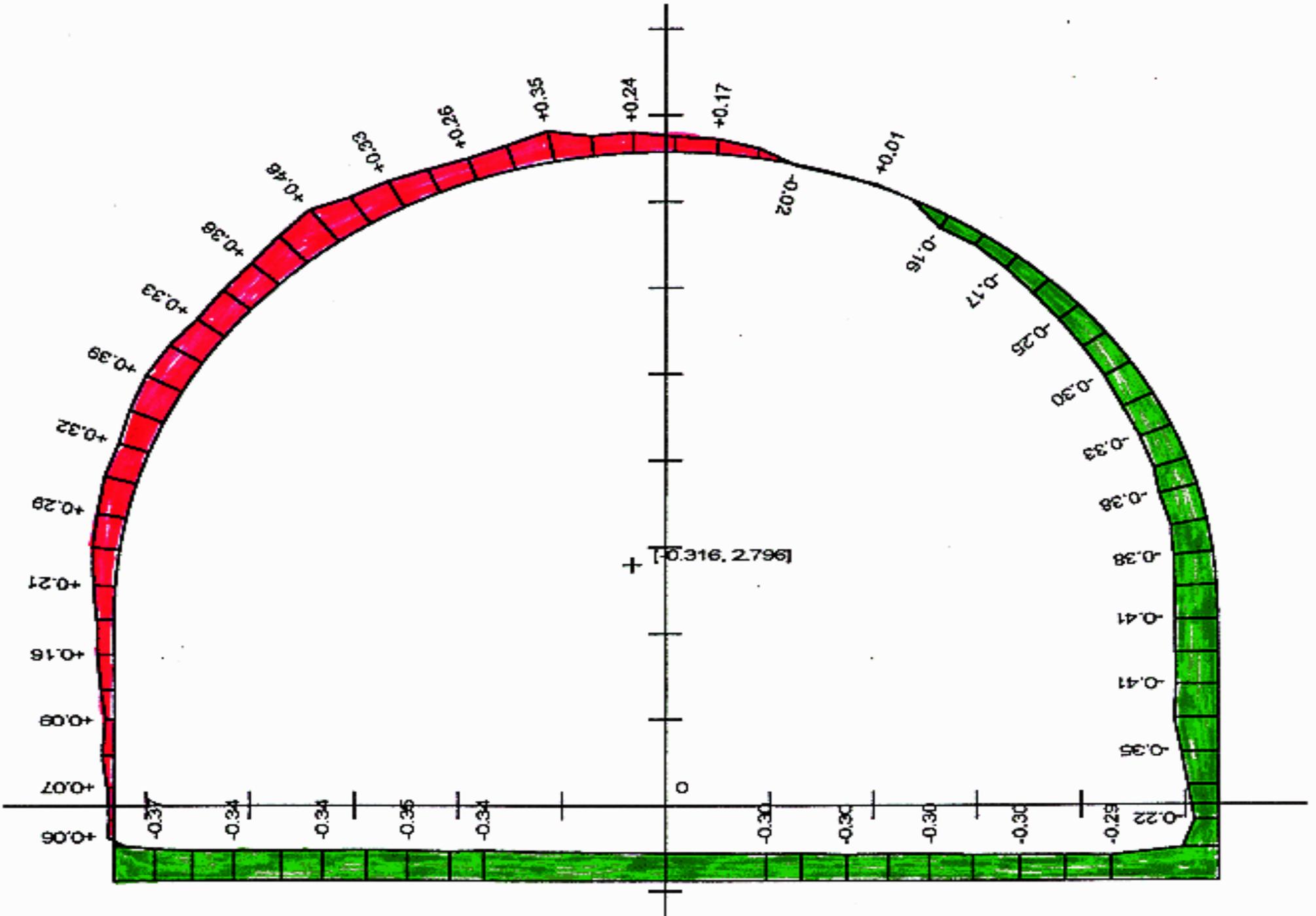


PROFILOMETRO AUTOMATICO RAGGIO LASER

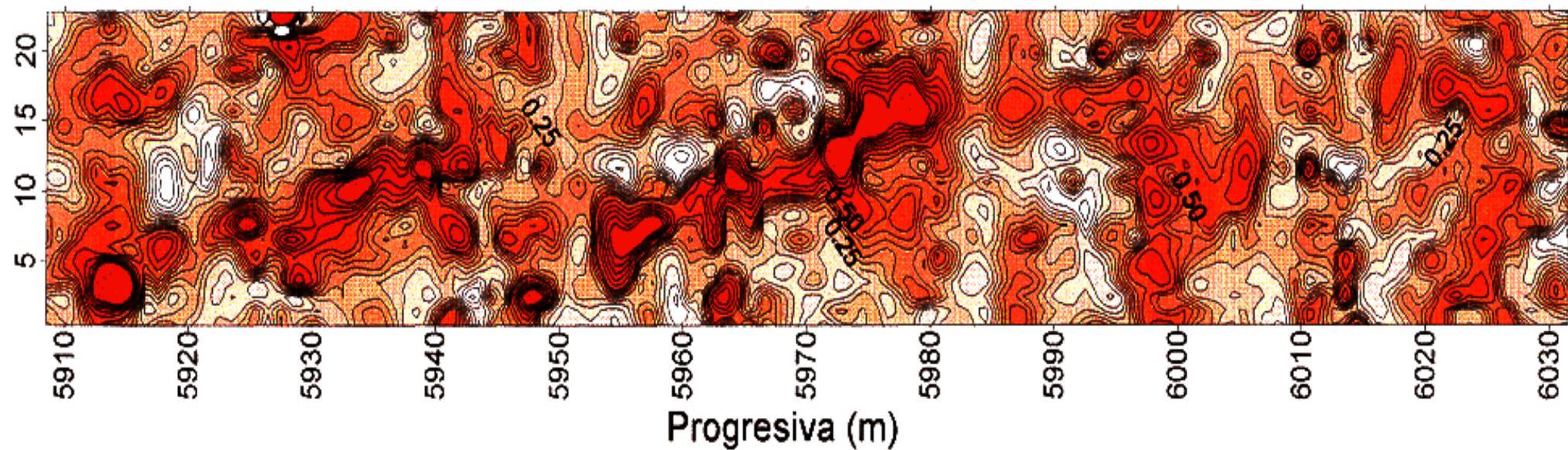


- 14 misure al sec.
- 3mm di precisione
- 500m distanza max.

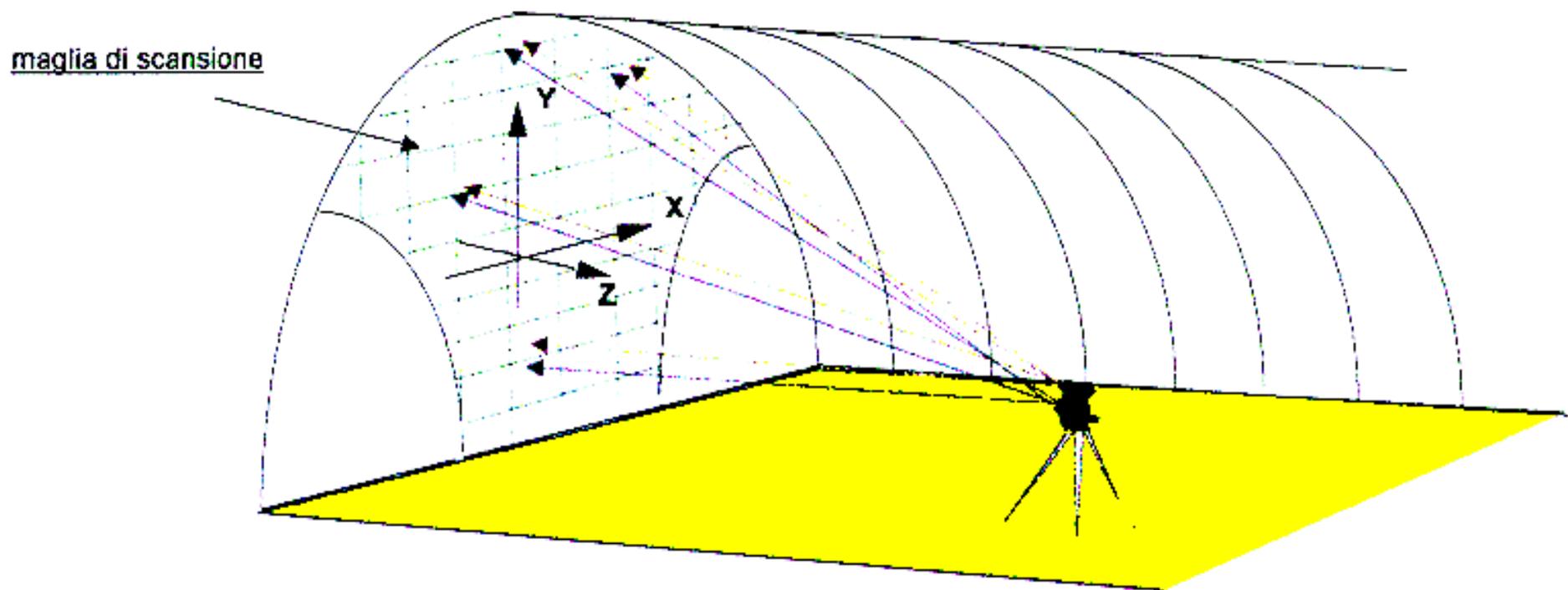
PROFILER 4000



MISURE PROFILOMETRICHE: LINEE ISO-SOVRASCAVO



MONITORAGGIO OTTICO A SCANSIONE PER IL CONTROLLO DELLA DEFORMAZIONE DEI FRONTI DI SCAVO



Strumentazione :

- STAZIONE TOPOGRAFICA SERVOASSISTITA LEICA TM1100 (1 mgon)
- DISTOMETRO LASER LEICA DATA DISTO - GSI (+/- 3mm)
- ASSENZA DI TARGET O PRISMI

Posizionamento :

- PILASTRINO O MENSOLA FISSA
- UBICAZIONE MEDIANTE METODO STAZIONE LIBERA

Monitoraggio :

- CONTINUO
- RILIEVO SINGOLO PUNTO RIPETUTO

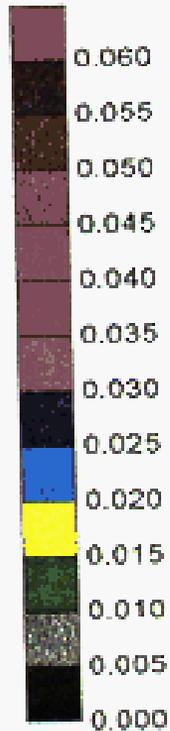
Esempio da :

Committente : FERROVIE DELLO STATO

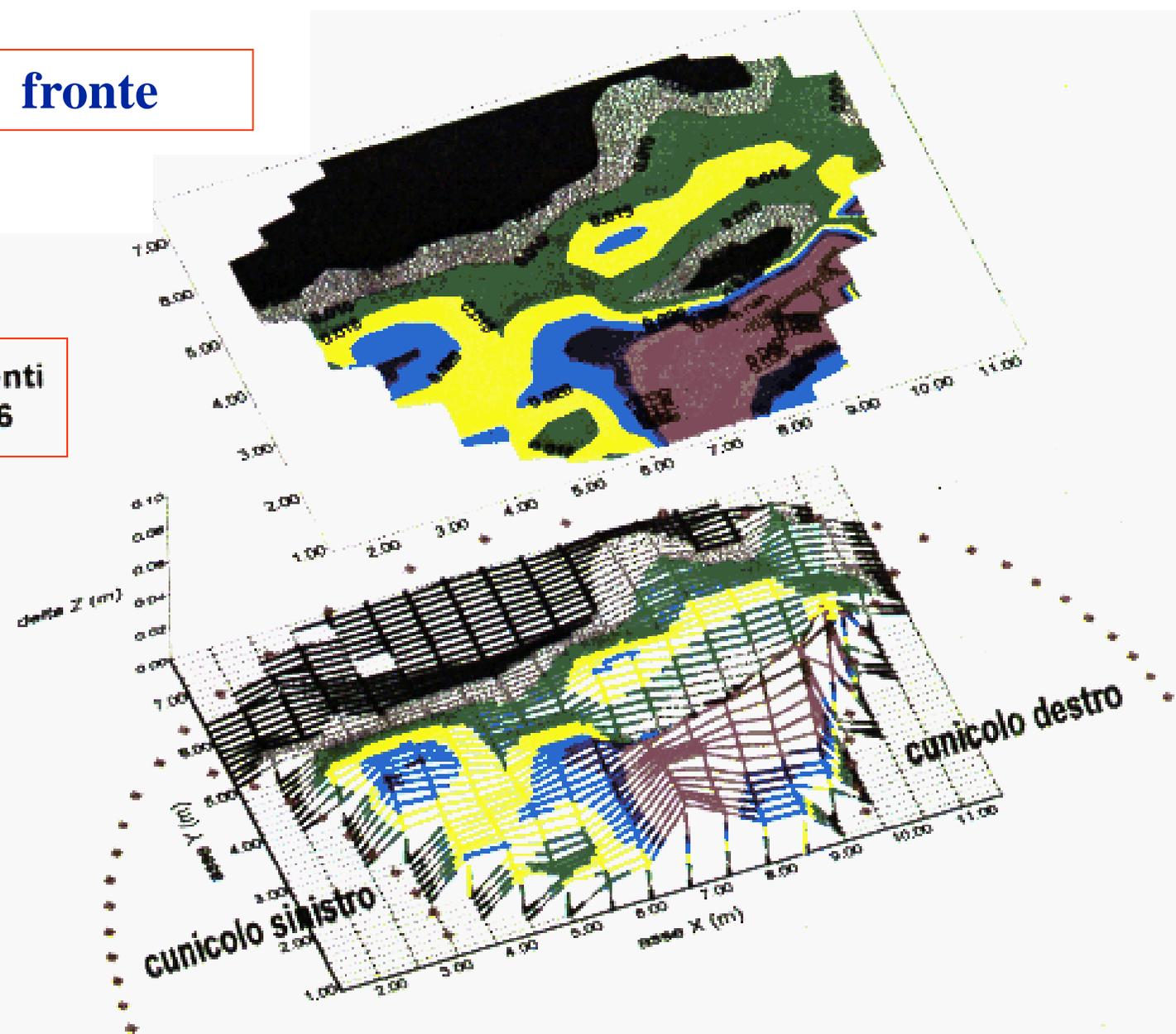
MONITORAGGIO OTTICO A SCANSIONE PER IL CONTROLLO DELLA DEFORMAZIONE DEI FRONTI DI SCAVO

Estrusione del fronte

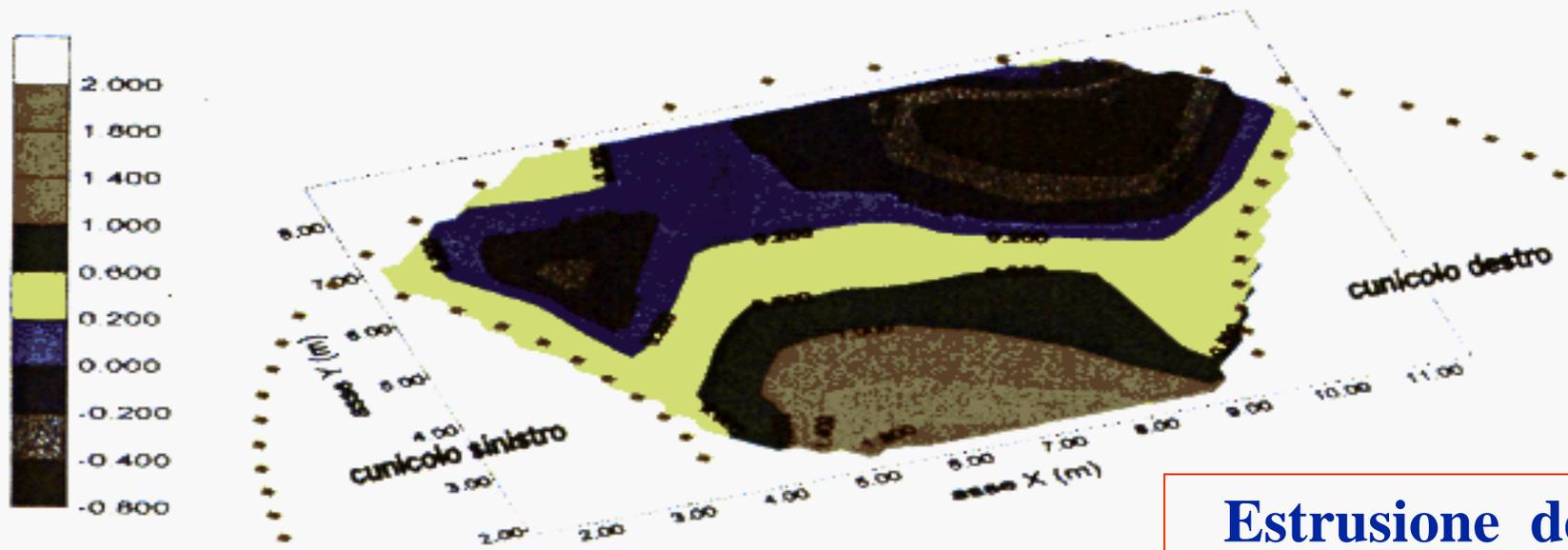
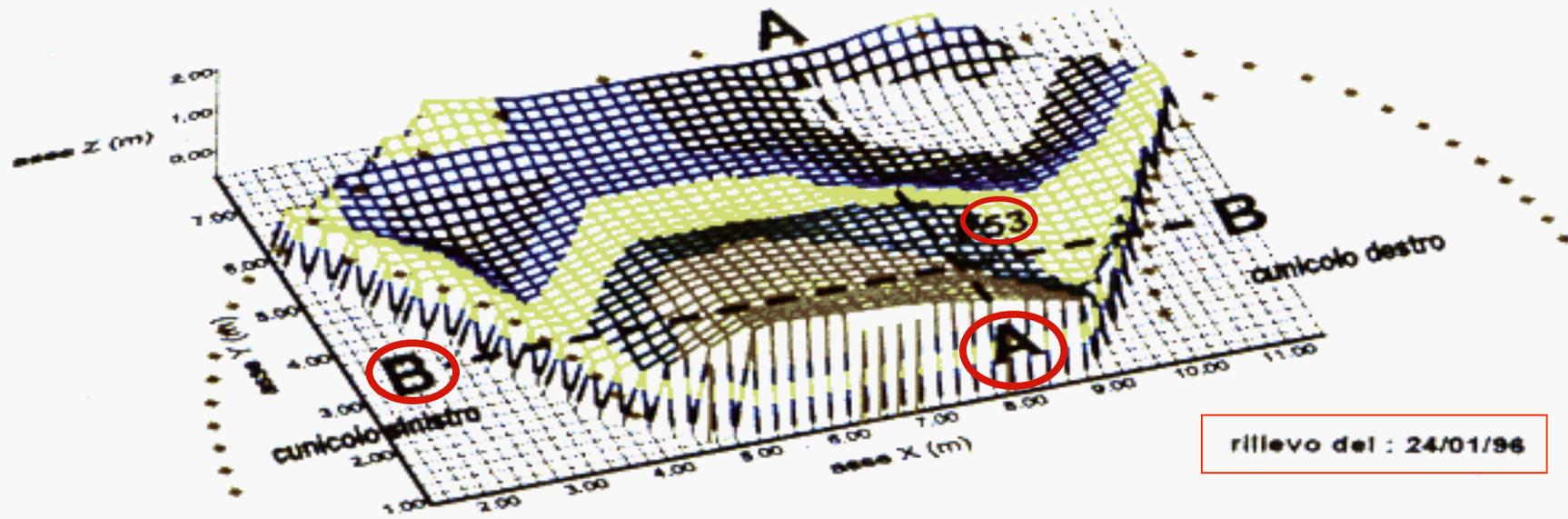
spostamenti
al 21/02/96



scala cromatica :
spostamenti asse Z (m)



MONITORAGGIO OTTICO A SCANSIONE PER IL CONTROLLO DELLA DEFORMAZIONE DEI FRONTI DI SCAVO

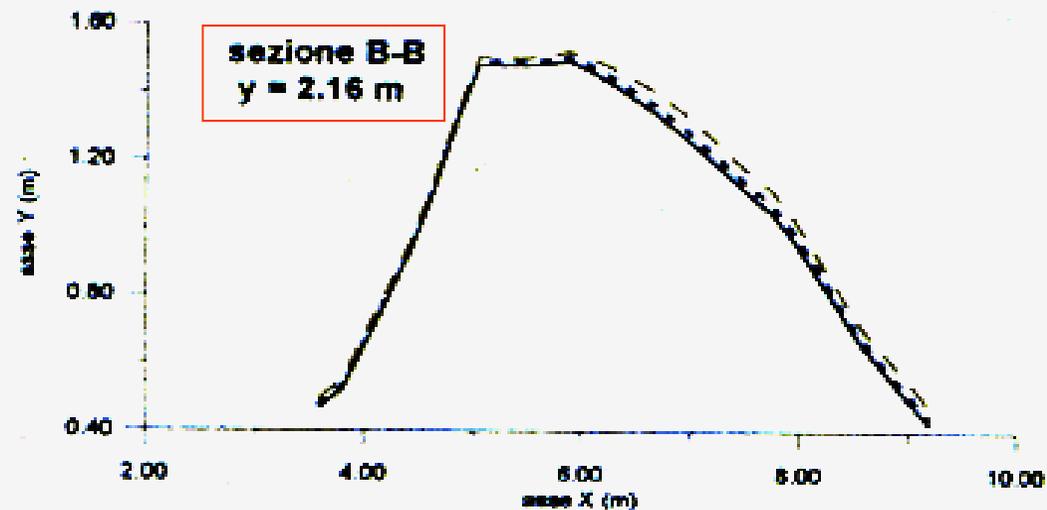
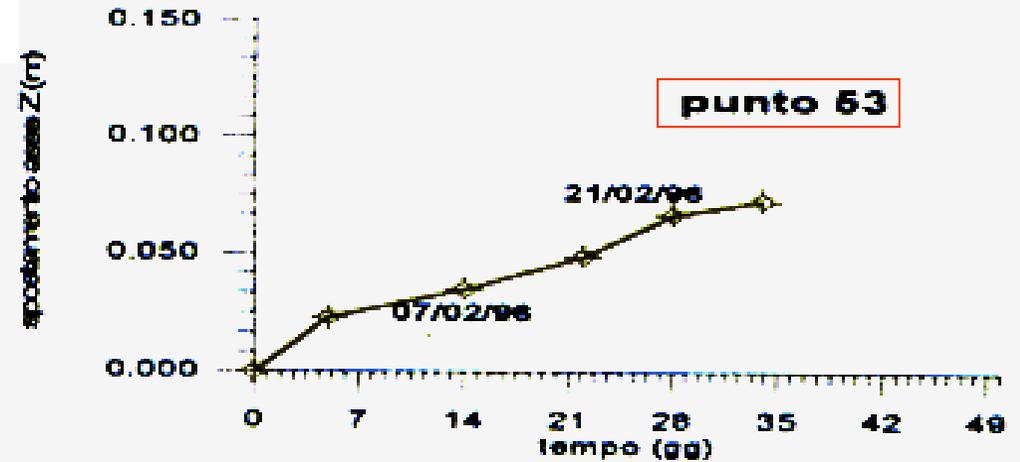
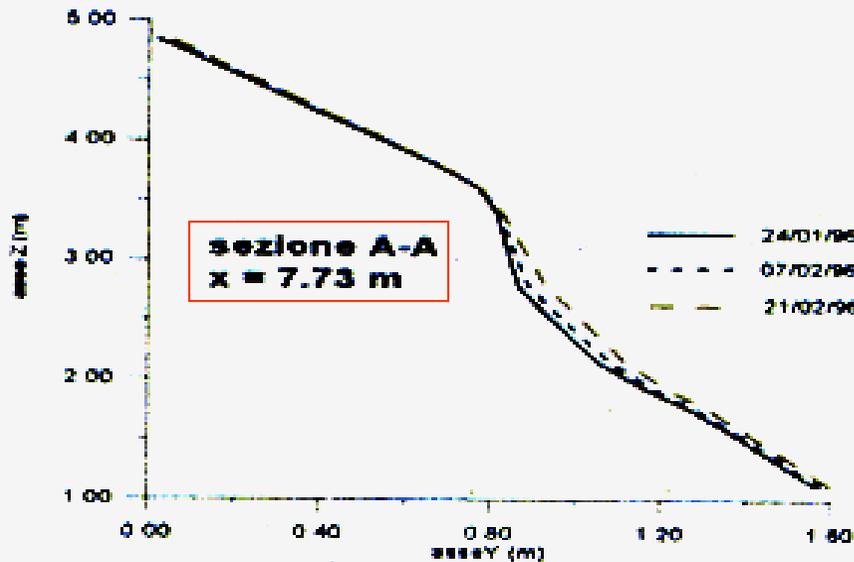


scala cromatica :
asse Z (m)

Estrusione del fronte

MONITORAGGIO OTTICO A SCANSIONE PER IL CONTROLLO DELLA DEFORMAZIONE DEI FRONTI DI SCAVO

Modellazione geometrica del fronte di scavo



Misuratori di convergenza

<i>Misuratori di convergenza</i>	<i>Vantaggi</i>	<i>Svantaggi</i>
Meccanici	<ul style="list-style-type: none">😊 Elevata precisione;😊 Robusto;😊 Facile da utilizzare.	<ul style="list-style-type: none">☹ Misure manuali;☹ Interferenza attività di cantiere☹ Necessario proteggere chiodi di misura.
Elettrici	<ul style="list-style-type: none">😊 Buona precisione;😊 Automazione delle misure;😊 Basso costo.	<ul style="list-style-type: none">☹ Stabilità nel tempo;☹ Sensibilità alla temperatura;.

Misuratori di giunti e di fessure (Fessurimetri)

→ giunti tra blocchi di strutture

- a seguito di fenomeni di degrado
- a causa di interazioni terreno struttura

→ pareti rocciose fratturate

- ad esempio conci di un anello di rivestimento o tra un anello ed il contiguo

Lo strumento è vincolato alla parete a cavallo delle fessure o dei giunti da misurare per mezzo di ancoraggi.

Misuratori di giunti e di fessure

TIPOLOGIE:

- Misuratori di giunti e fessure monoassiali e triassiali **meccanici**
- Misuratori di giunti e fessure monoassiali e triassiali **elettrici**

Misuratori di giunti e di fessure

Meccanici

Fessurimetro lineare

Il fessurimetro si compone di due elementi realizzati in materiale plastico dotati di asole per il fissaggio. Un reticolo centrale millimetrato con indicatore permette la misura diretta degli spostamenti in due direzioni tra loro perpendicolari.

Fessurimetro monoassiale

Il fessurimetro meccanico si compone di un'asta di misura in acciaio fissata su un lato della fessura libera di scorrere rispetto ad un riscontro fissato sull'altro lato della fessura. La misura viene effettuata per mezzo di un comparatore meccanico che rileva la posizione dell'asta rispetto ad un riscontro.

Fessurimetro triassiale

Il fessurimetro triassiale si compone di due corpi distinti: un telaio esterno ed un prisma di sezione quadra. Il telaio esterno presenta tre riscontri nelle tre direzioni perpendicolari di misura. La posizione del prisma rispetto ai riscontri del telaio esterno è equivalente al movimento del giunto.

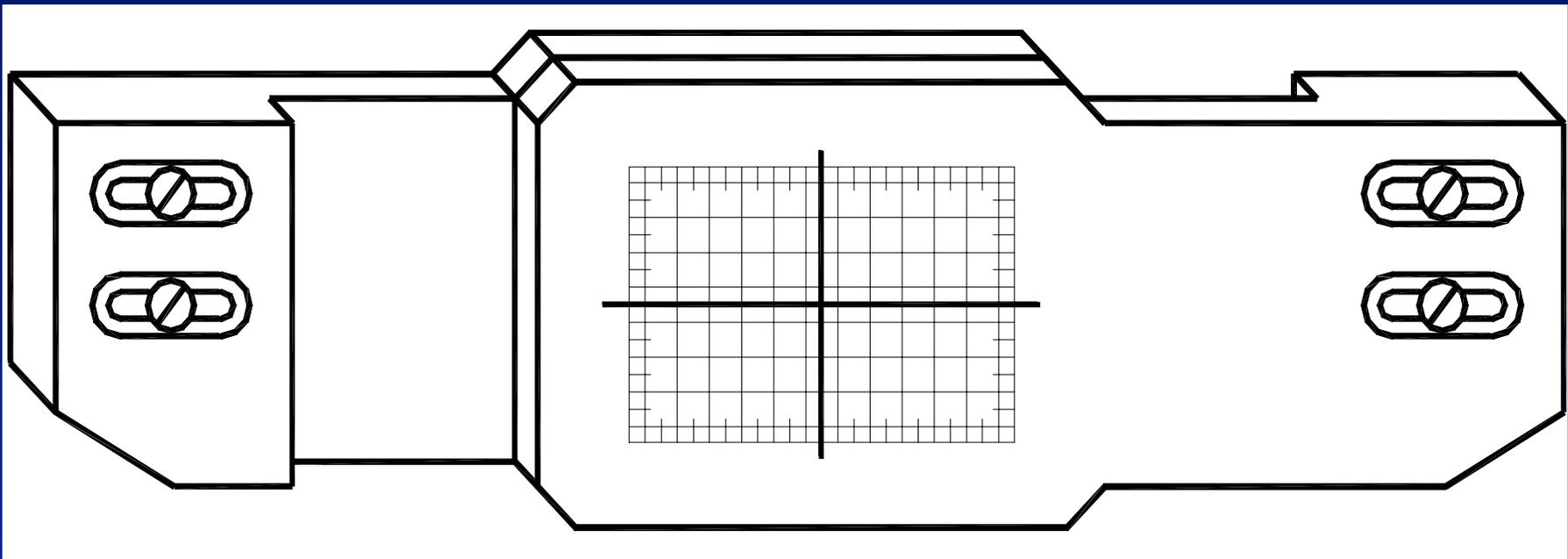
Misuratori di giunti e di fessure Elettrici

Fessurimetri elettrici monoassiali

e' un trasduttore di spostamento lineare (di tipo potenziometrico) fissato mediante due attacchi dotati di giunti snodati a cavallo della fessura.

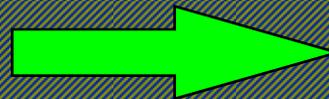
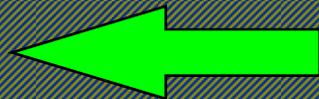
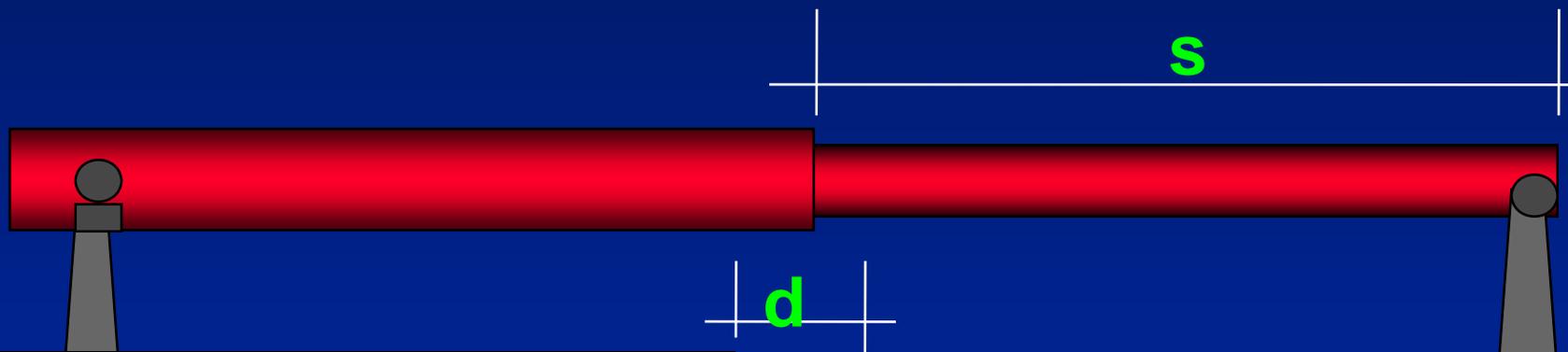
Fessurimetri elettrici a filo (già trattati a proposito dei misuratori di convergenza elettrici).

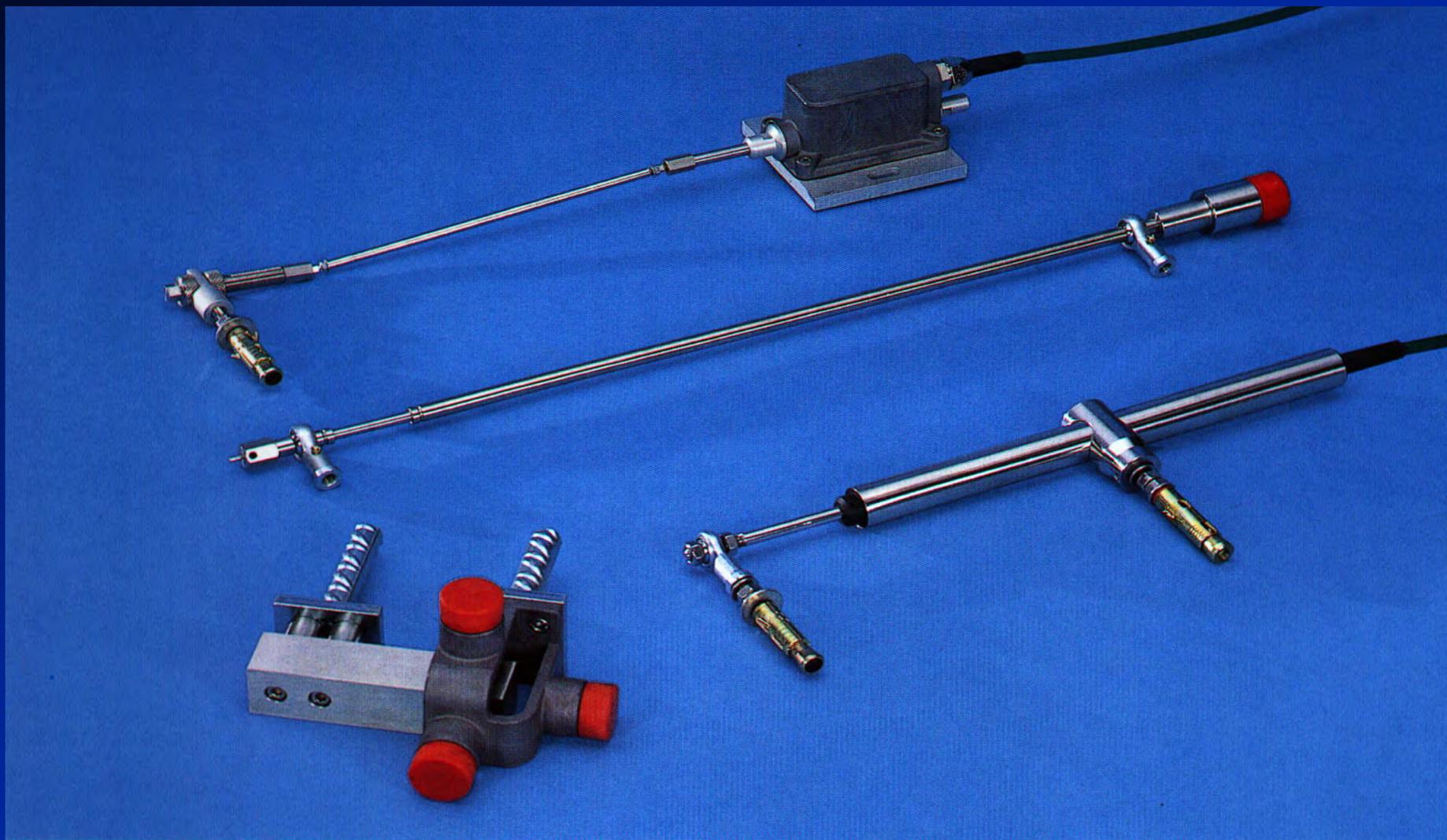
Fessurimetro lineare



Fessurimetro monoassiale ad asta

$$d = K * s$$





Fessurimetri da parete

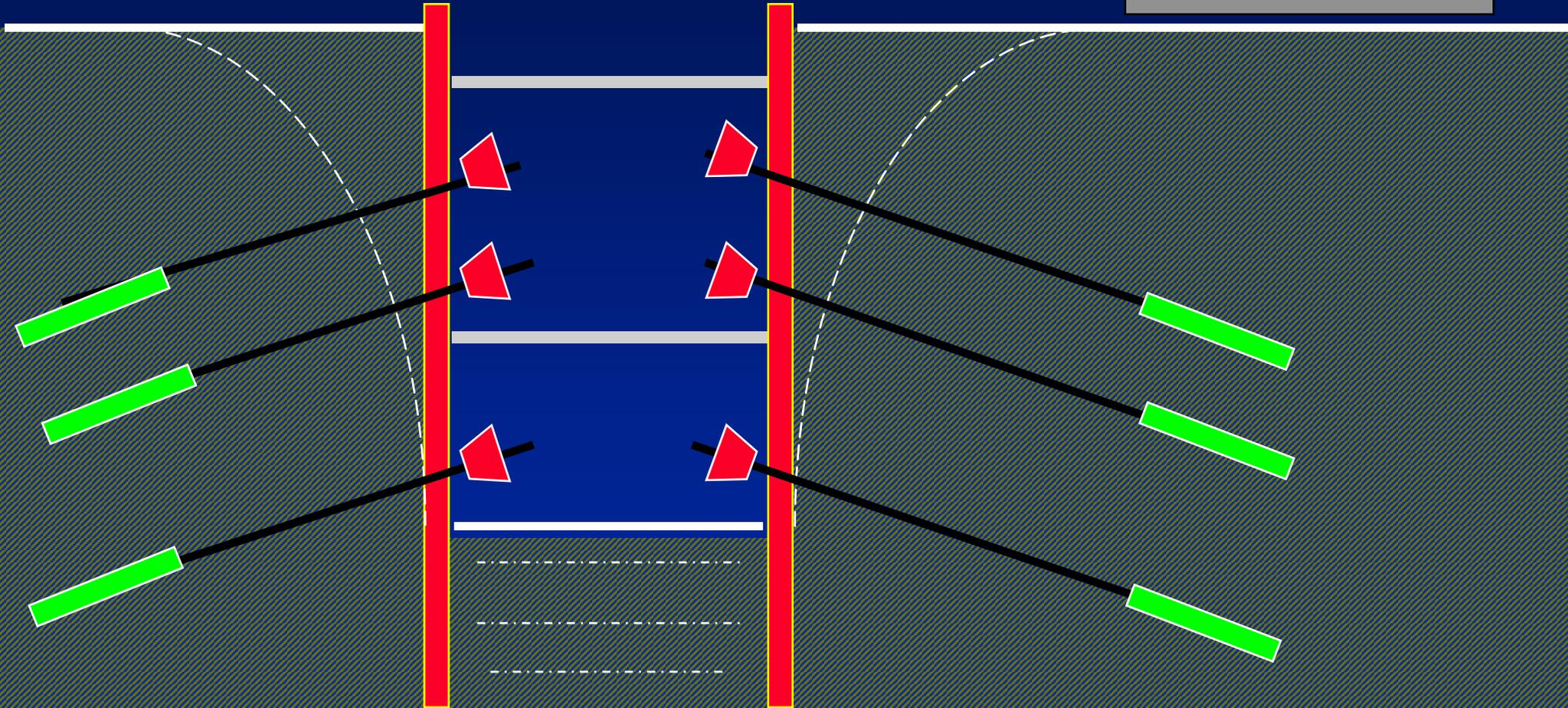
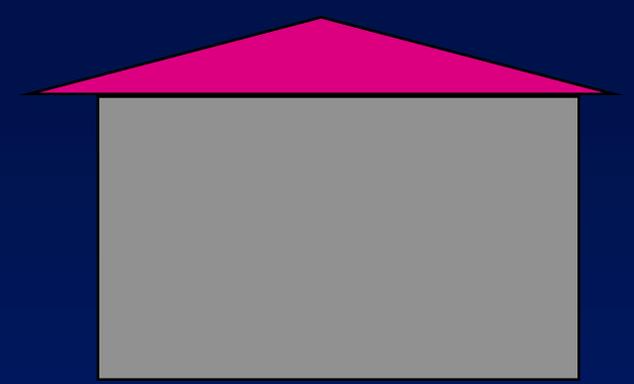
Misuratori di giunti e di fessure

<i>Misuratori di giunti</i>	<i>Vantaggi</i>	<i>Svantaggi</i>
<i>Meccanici</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Buona precisione;😊 Un solo strumento permette la lettura in tre direzioni;😊 Reinstallabile.	<ul style="list-style-type: none">☹ Misure manuali;☹ Difficile da automatizzare.
<i>Elettrici</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Buona precisione;😊 Automazione delle misure;😊 Basso costo.	<ul style="list-style-type: none">☹ Stabilità nel tempo;☹ Sensibilità alla temperatura;☹ Interventi di manutenzione più frequenti.

Carichi



Celle di carico



Carichi

- **Il Problema geotecnico:**

Misurare i carichi agenti su strutture in contatto con il terreno od i carichi tra elementi strutturali

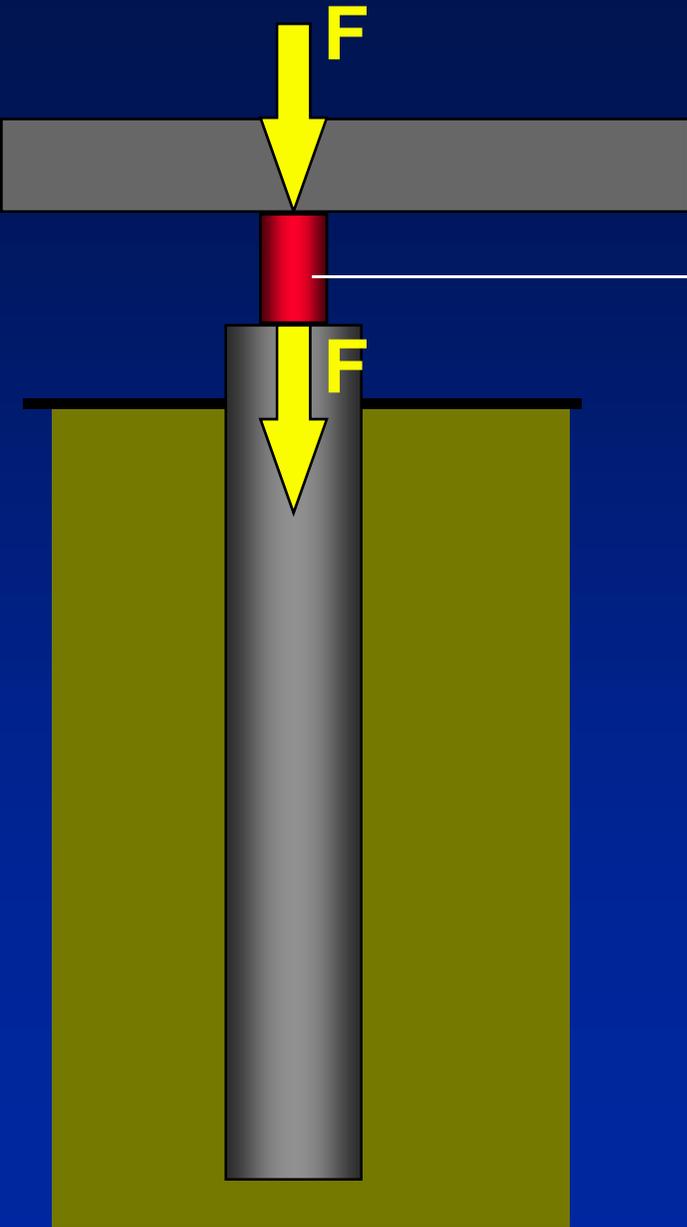
- **Gli Strumenti:**

celle di carico

- **I Problemi strumentali:**

Installazione, dimensioni, centraggio del carico, derive, rigidezza, fattori ambientali

Misura Diretta dei Carichi



Cella di Carico

Celle di carico

Servono a misurare i carichi tra elementi strutturali quali ad esempio:

- **Carichi trasmessi alle centine di una galleria**
- **Tensione di tiranti in fase di tesatura e di esercizio**
- **Carichi trasmessi da un pilastro ad un plinto**

Celle di carico

TIPOLOGIE:

→ Celle di carico elettriche

→ celle di carico idrauliche

Celle di carico

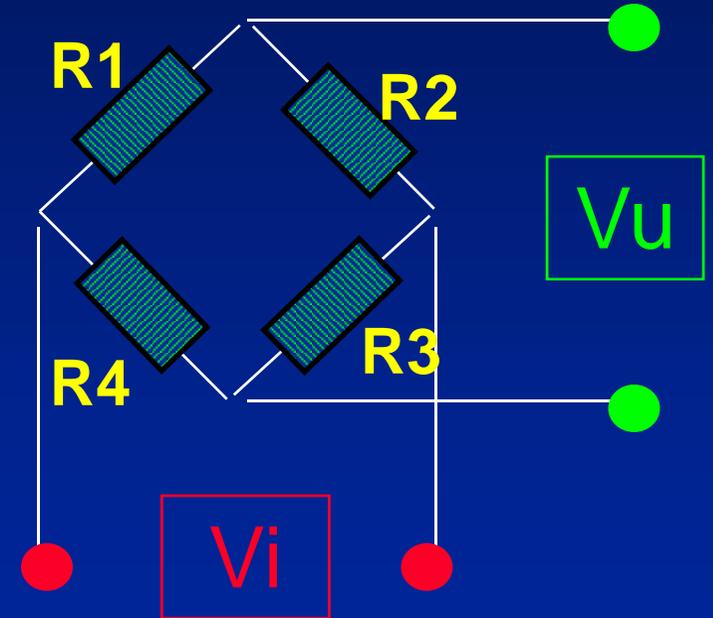
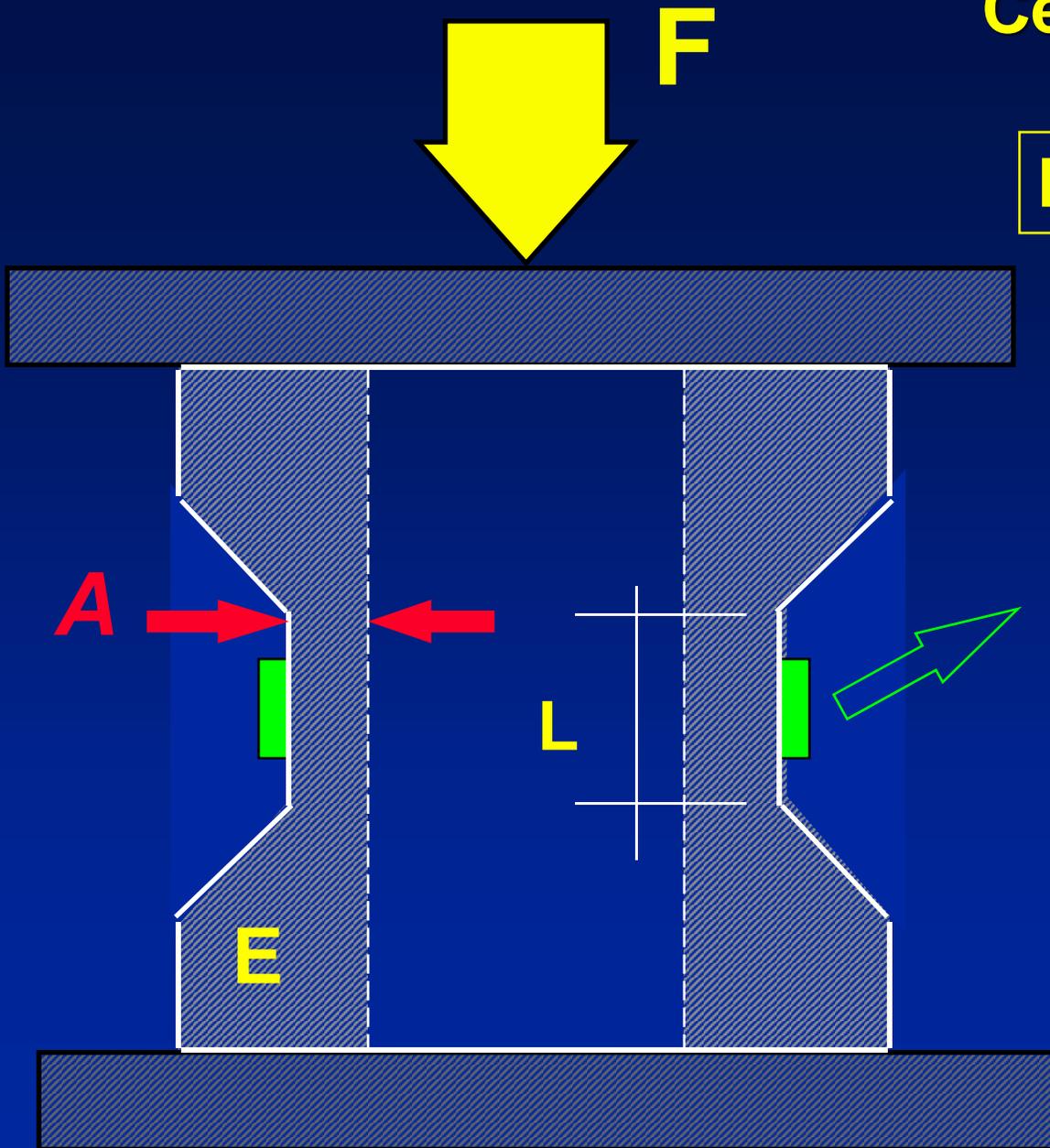
Elettriche

Le celle di carico si compongono di un **corpo in acciaio**, sensibilizzato con un certo numero di strain-gauges per non risentire dell'eccentricità dei carichi agenti.

Sotto carico la cella toroidale subisce una deformazione che viene rilevata dagli estensimetri, generando in uscita un segnale elettrico proporzionale al carico applicato.

Cella di carico elettrica

$$F = (\Delta L/L) * E * A$$



$$\Delta L/L = K * V_u$$





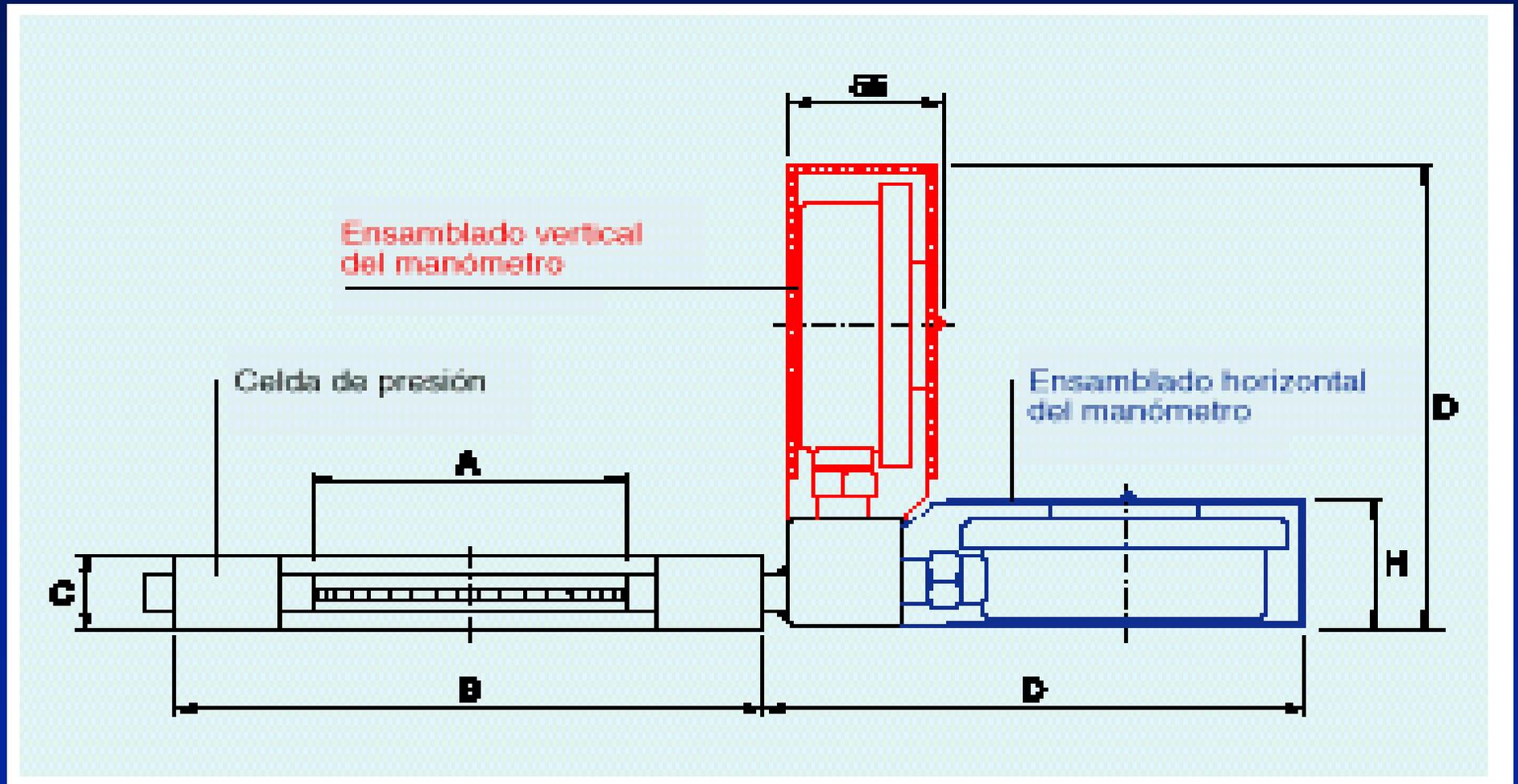
Celle di carico

Idrauliche

Le celle di carico idrauliche si compongono di un **serbatoio** di forma toroidale saturato con olio disareato. Sotto carico la cella subisce una deformazione che provoca una variazione della pressione dell'olio.

Le misure vengono effettuate per mezzo di un manometro collegato direttamente al corpo della cella che consente la lettura diretta in unità ingegneristiche.

Celle di carico Idrauliche



Celle di carico Idrauliche

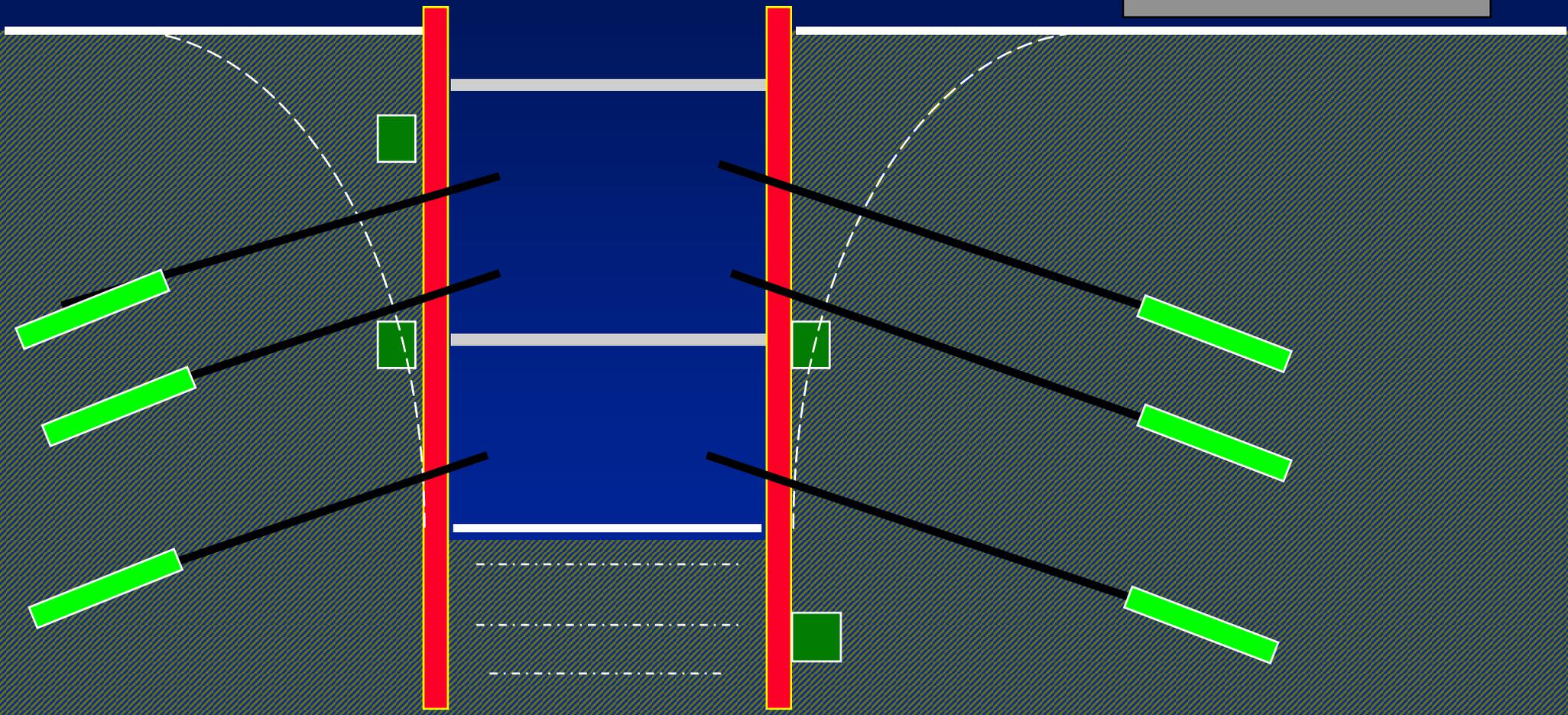
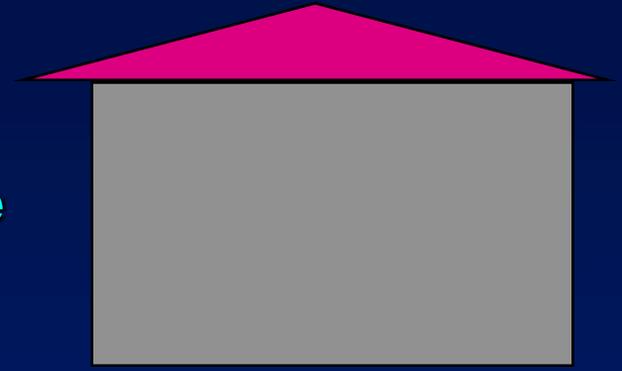


Celle di carico

<i>Celle di carico</i>	<i>Vantaggi</i>	<i>Svantaggi</i>
<i>Elettriche</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Buona precisione;😊 Robuste;😊 Facile da installare😊 Compensazione carichi eccentrici.	<ul style="list-style-type: none">☹ Derive nel tempo.
<i>Idrauliche</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Buona precisione;😊 Misura diretta ;😊 Basso costo.	<ul style="list-style-type: none">.

Pressioni

■ Celle di pressione



Pressioni

- Il Problema Geotecnico:

Misurare le pressioni totali nel terreno, le pressioni totali di contatto terreno-struttura.

- Gli Strumenti:

Celle idrauliche, Celle a membrana.

- I Problemi Strumentali:

Installazione, dimensioni, rigidezza relativa , fattori ambientali.

Celle di pressione

Le celle di pressione consentono di rilevare il valore della pressione totale nel terreno, nella roccia, nel calcestruzzo, al contatto tra terreno e struttura.

TIPOLOGIE:

- Celle idrauliche
- Celle a membrana

Cella idraulica

Cuscino metallico



Trasduttore di pressione

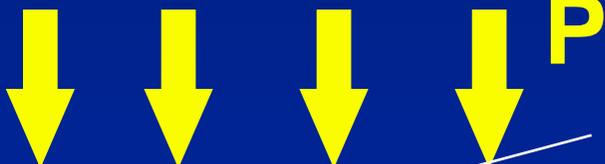
Tubo



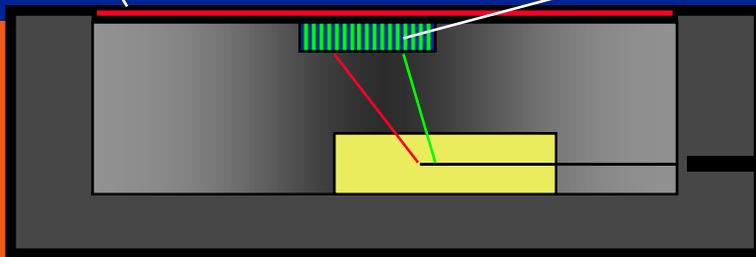
Cavo

Liquido

Membrana flessibile



Estensimetri



Cavo

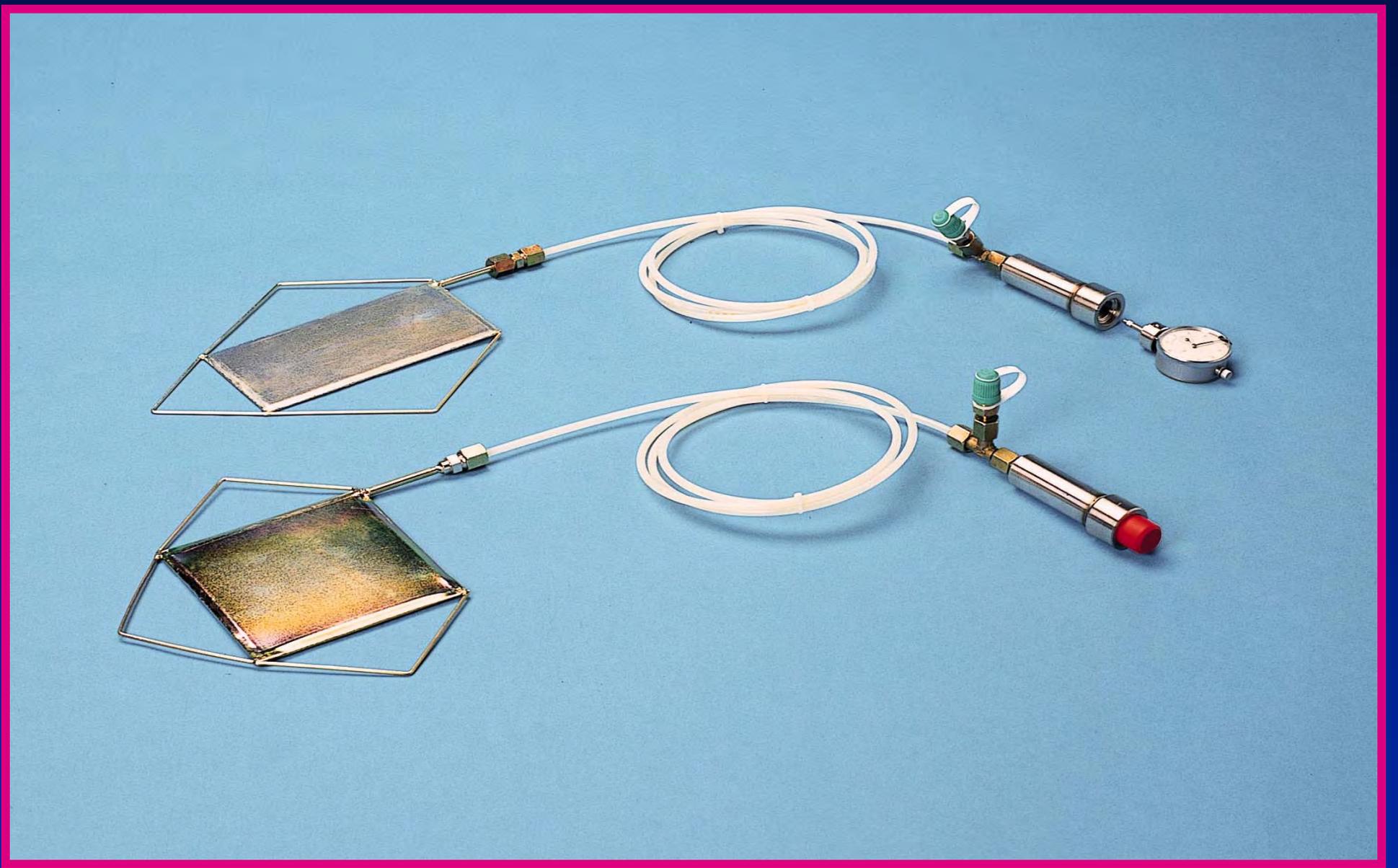
Cella a membrana

Celle di pressione Idrauliche

Le celle di pressione idrauliche sono costituite da due diaframmi di forma rettangolare o circolare, saldati fra di loro, la cui intercapedine riempita con olio disareato, è collegato ad un trasduttore di pressione.

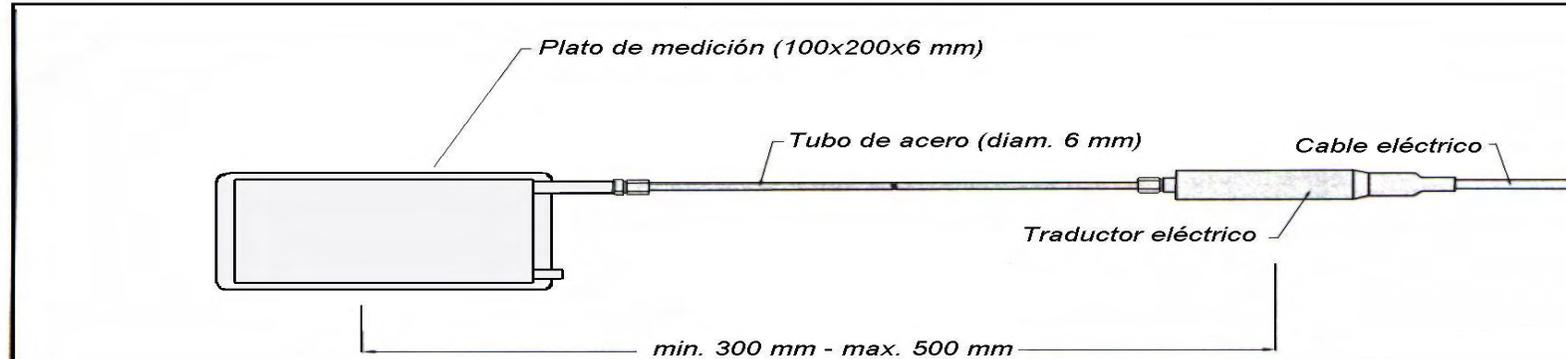
La pressione del terreno viene quindi trasferita all'olio della cella e misurata dal trasduttore di pressione.

Nel caso di installazione in calcestruzzo il piatto viene collegato al trasduttore per mezzo di un tubo idraulico munito di raccordo con valvola di ripressurizzazione per consentire di riportare la cella a contatto con il calcestruzzo.



Celle di Pressione Idrauliche

Celda de Presión Hidraulica



Sensibilidad = 0.008 mA/KPa

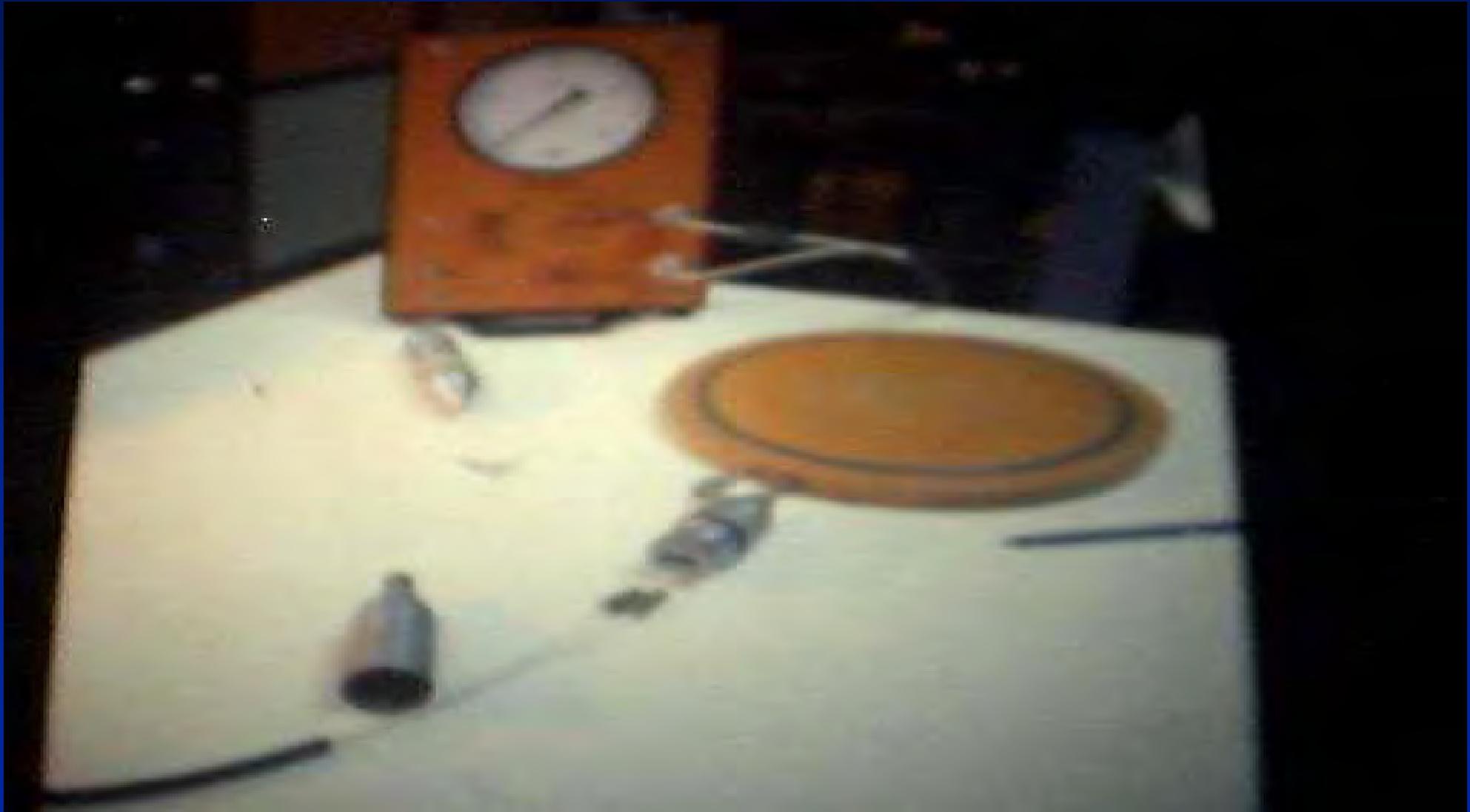
Rango de Medición = 4 - 20 mA



Celle di pressione idrauliche



Celle di pressione idrauliche





Montaggio di celle di pressione idrauliche

Celle di pressione

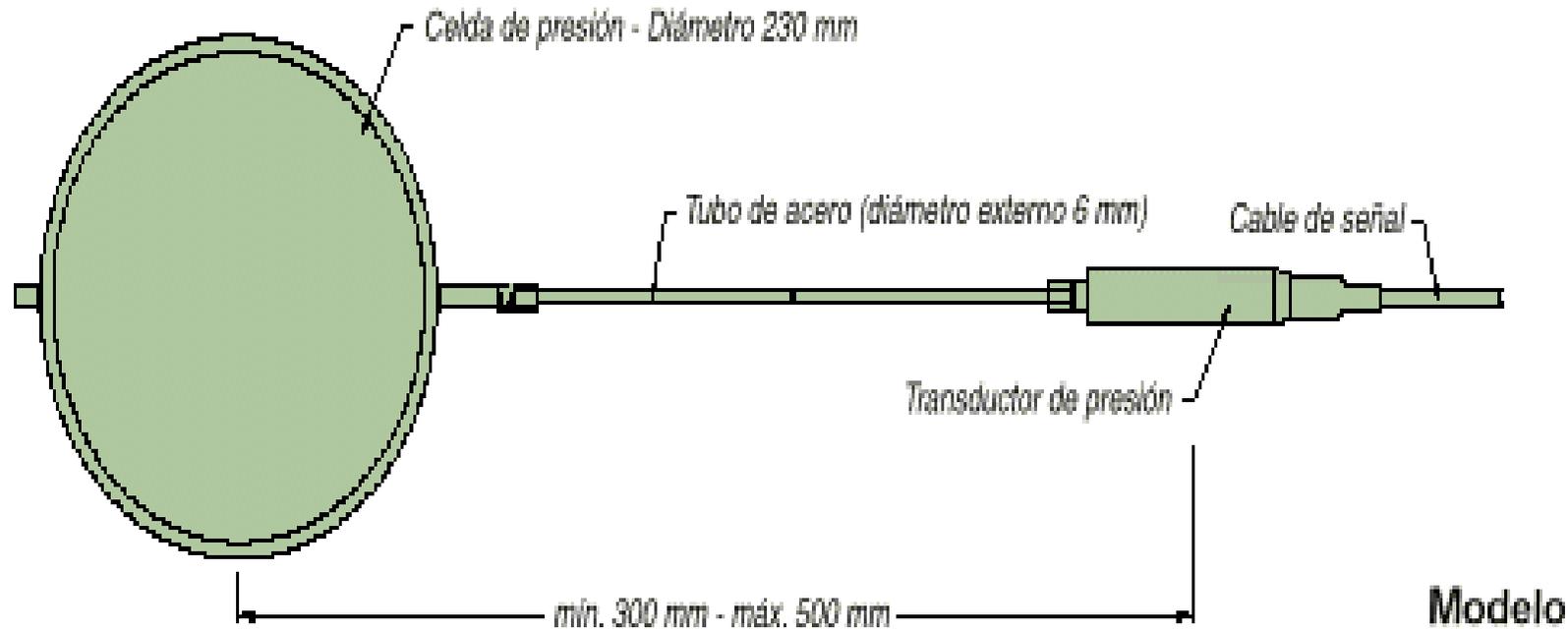
A membrana flessibile

Le celle di pressione a membrana flessibile sono costituite da un corpo in acciaio munito di membrana flessibile strumentata.

Sotto carico la membrana subisce una deformazione che produce un segnale elettrico in uscita proporzionale alla pressione agente.

Celle di pressione

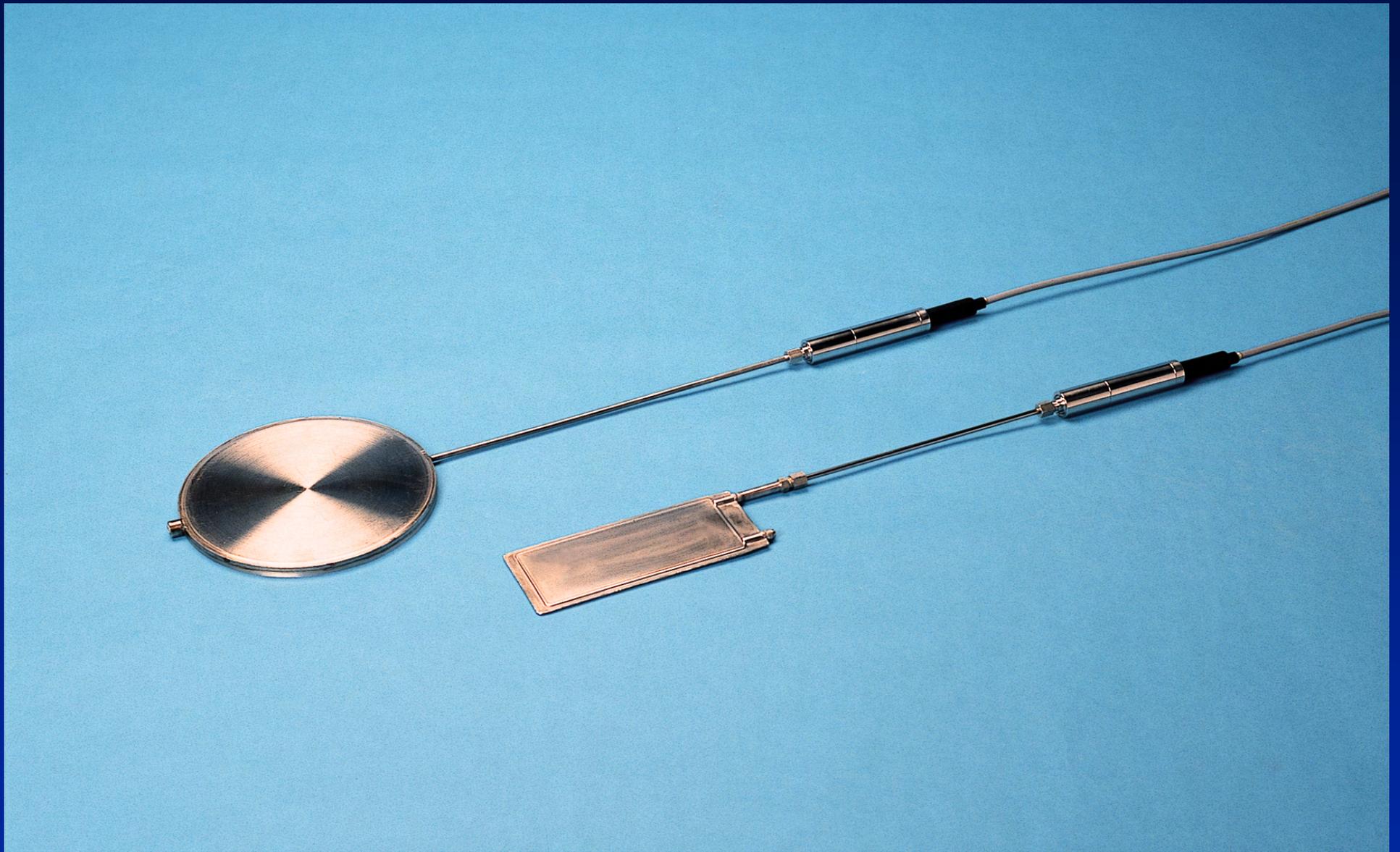
A membrana flessibile



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

TRANSDUCTOR ELÉCTRICO

TRANSDUCTOR A CUERDA VIBRANTE

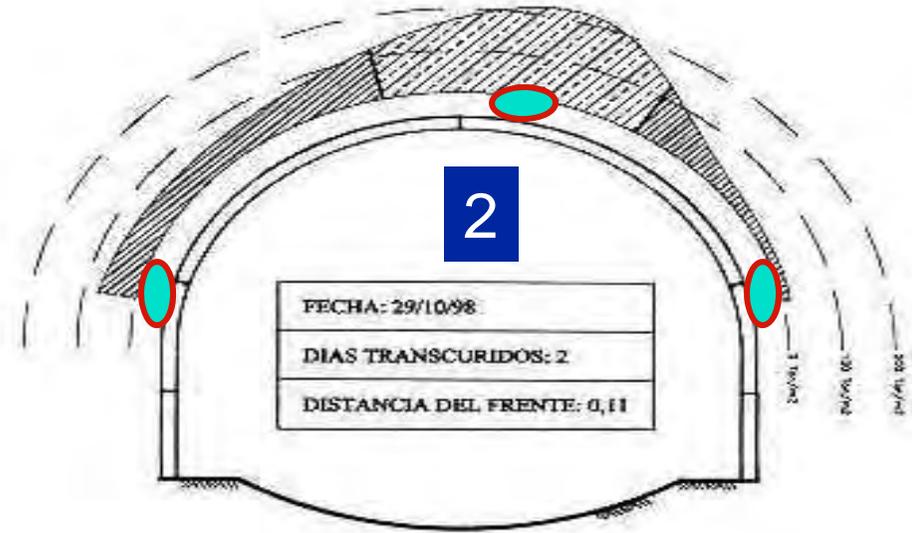


Celle di Pressione a Membrana



Montaggio di una cella di pressione a membrana

CELLE DI PRESSIONE: EVOLUZIONE DELLA PRESSIONE SU 3 CELLE

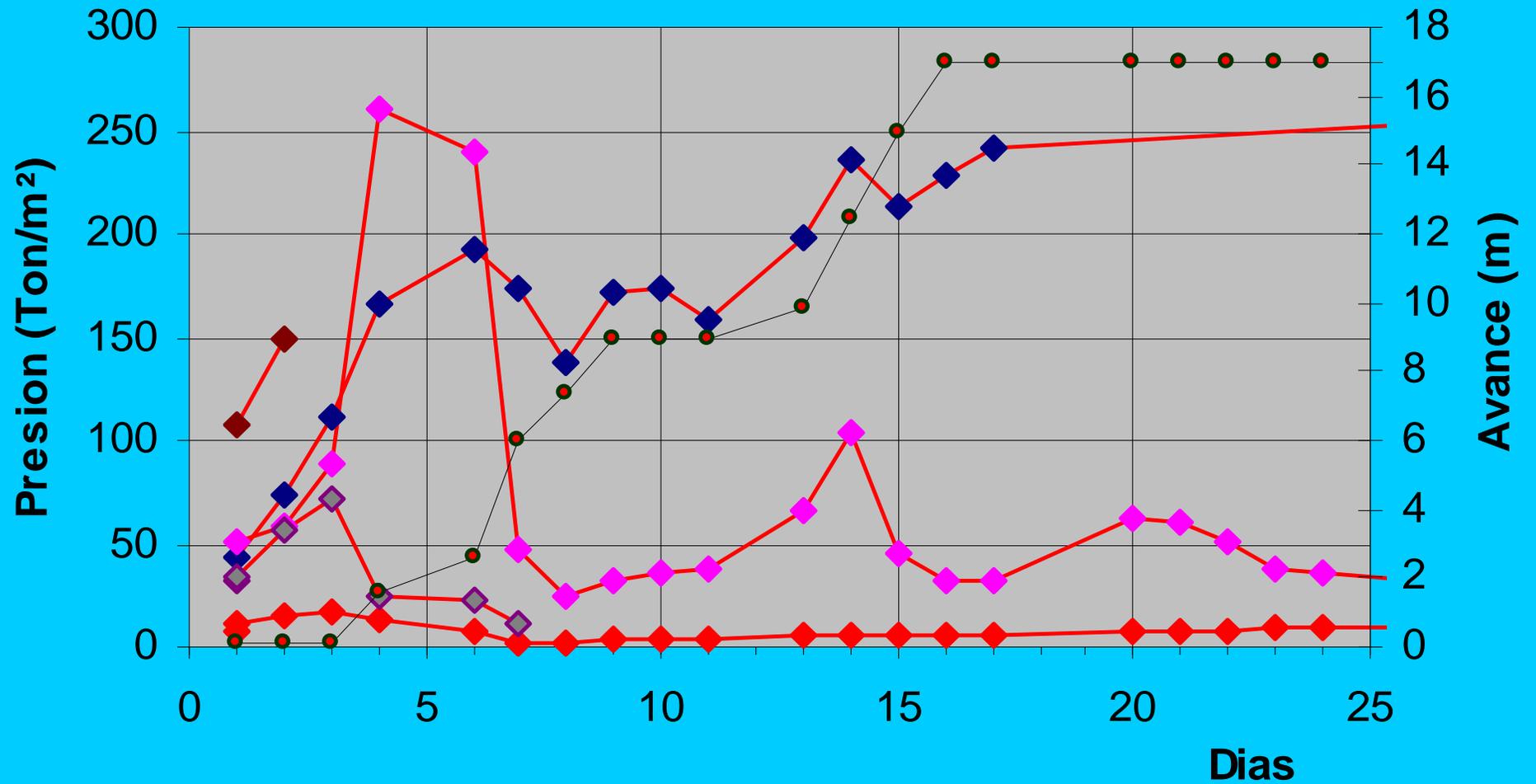


ESTACION DE MONITOREO SABSUR1.

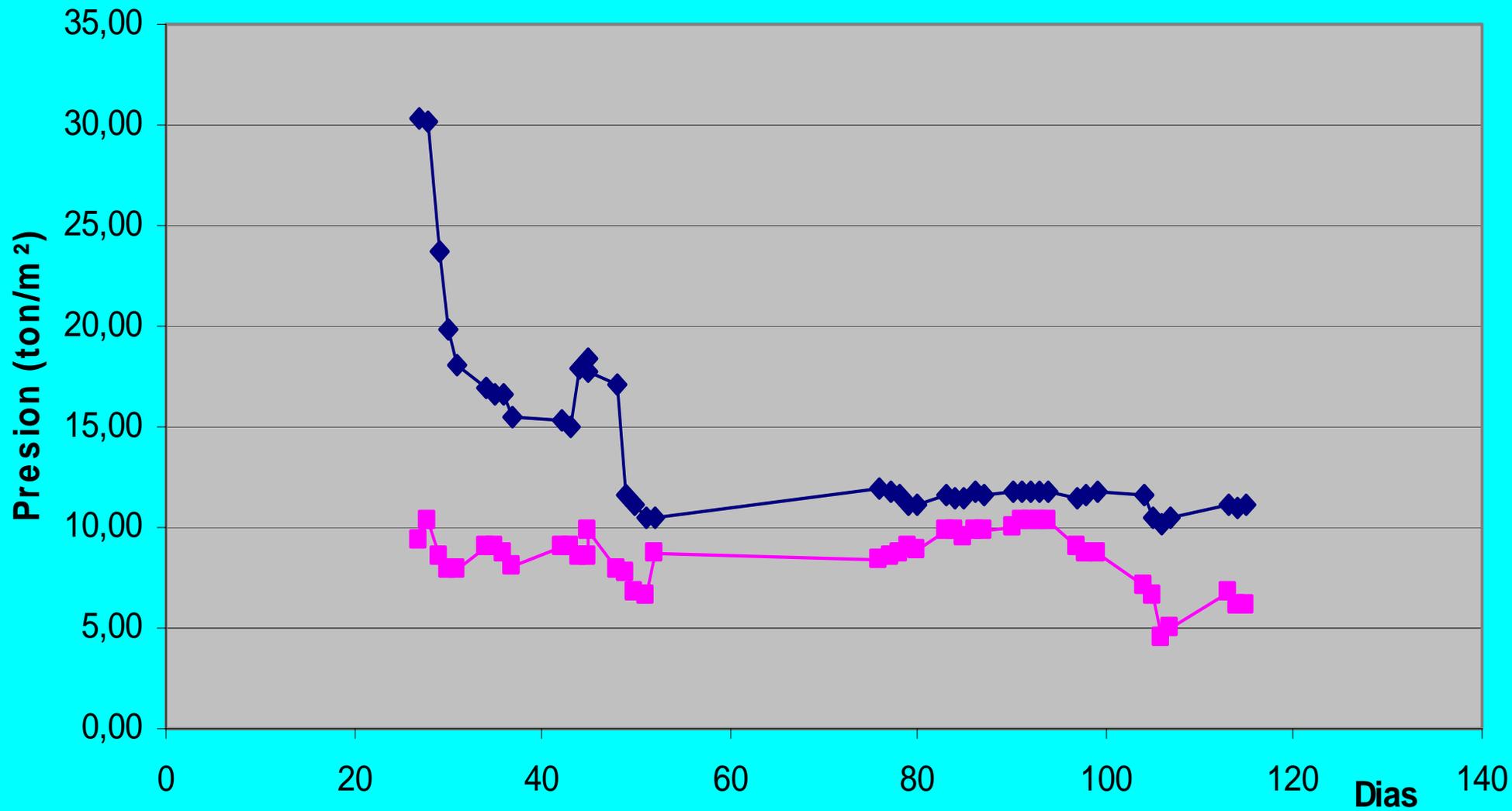
RESUMEN GRAFICO DE PRESIONES



Presiones



Celdas 4 y 5

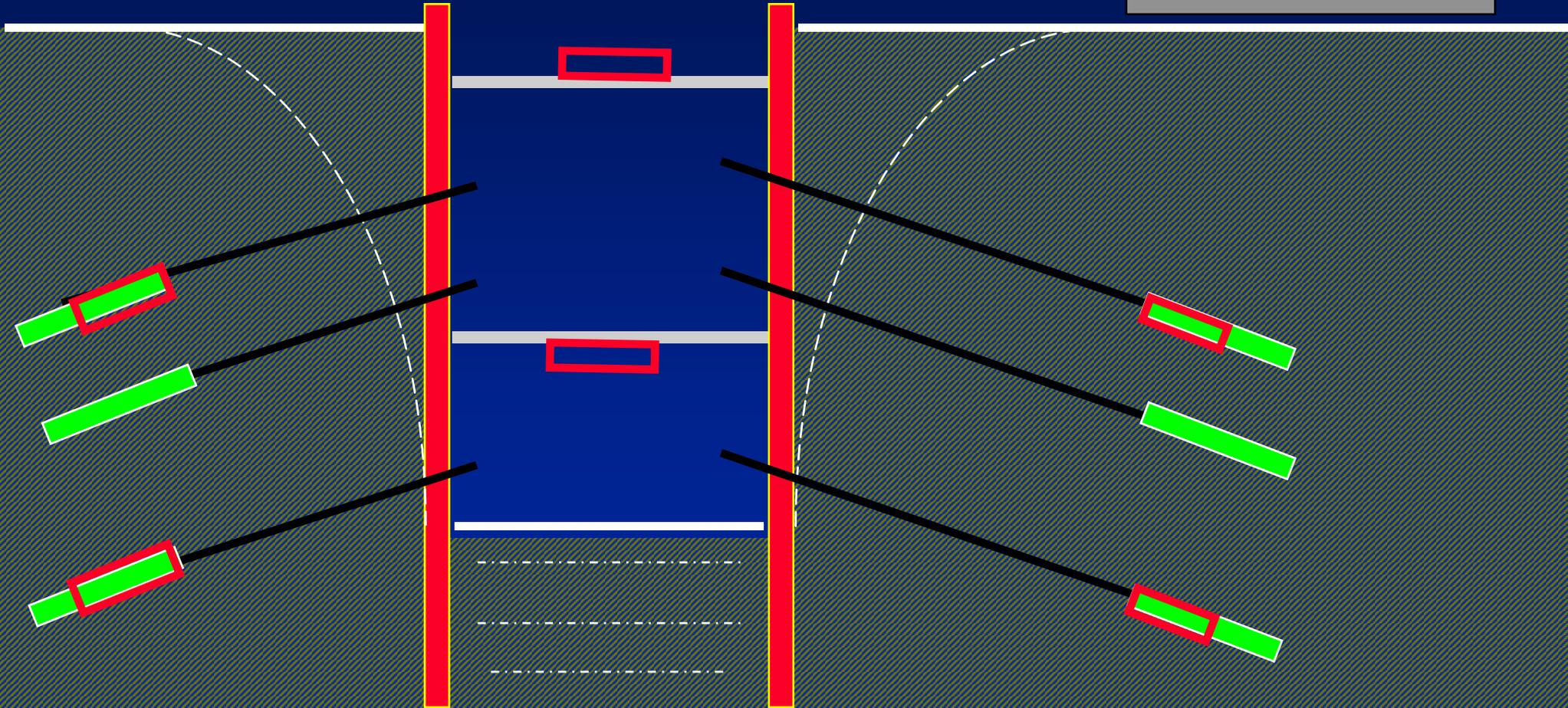
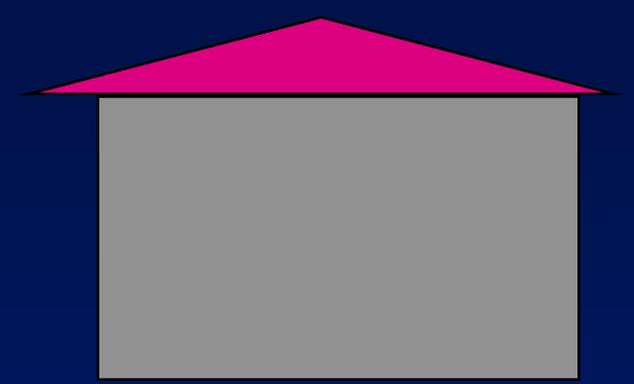


Celle di pressione

<i>Celle di pressione</i>	<i>Vantaggi</i>	<i>Svantaggi</i>
<i>Idrauliche</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Buona precisione;😊 Robuste;😊 Facile da utilizzare.	<ul style="list-style-type: none">☹ Modalità di installazione;☹ Taratura in cantiere per correttezza misura;☹ Esecuzione ripressurizzazione.
<i>A membrana</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Buona precisione;😊 Automazione delle misure;😊 Costo elevato.	<ul style="list-style-type: none">☹ Stabilità nel tempo;☹ Sensibilità alla temperatura;☹ Non installabili in cls.

Sollecitazioni

 Estensimetri



Sollecitazioni

- Il Problema Geotecnico:

Misurare le sollecitazioni nel terreno, e nelle strutture.

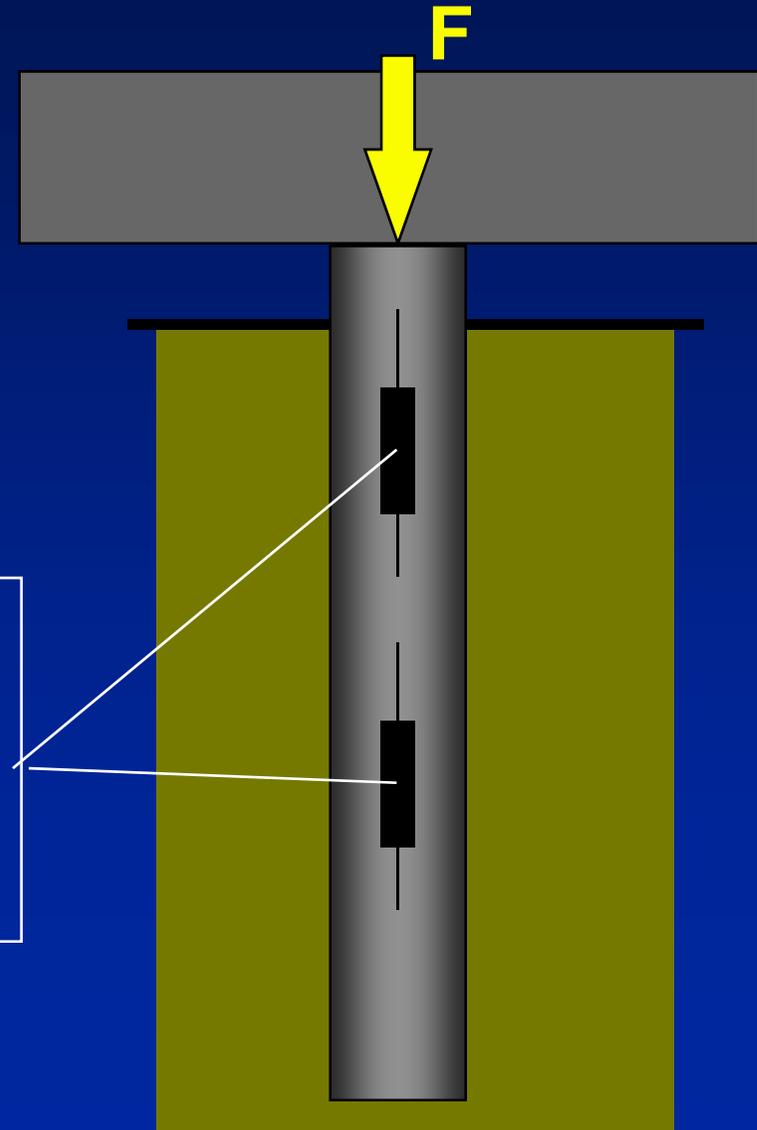
- Gli Strumenti:

Barrette estensimetriche (strain gauges).

- I Problemi Strumentali:

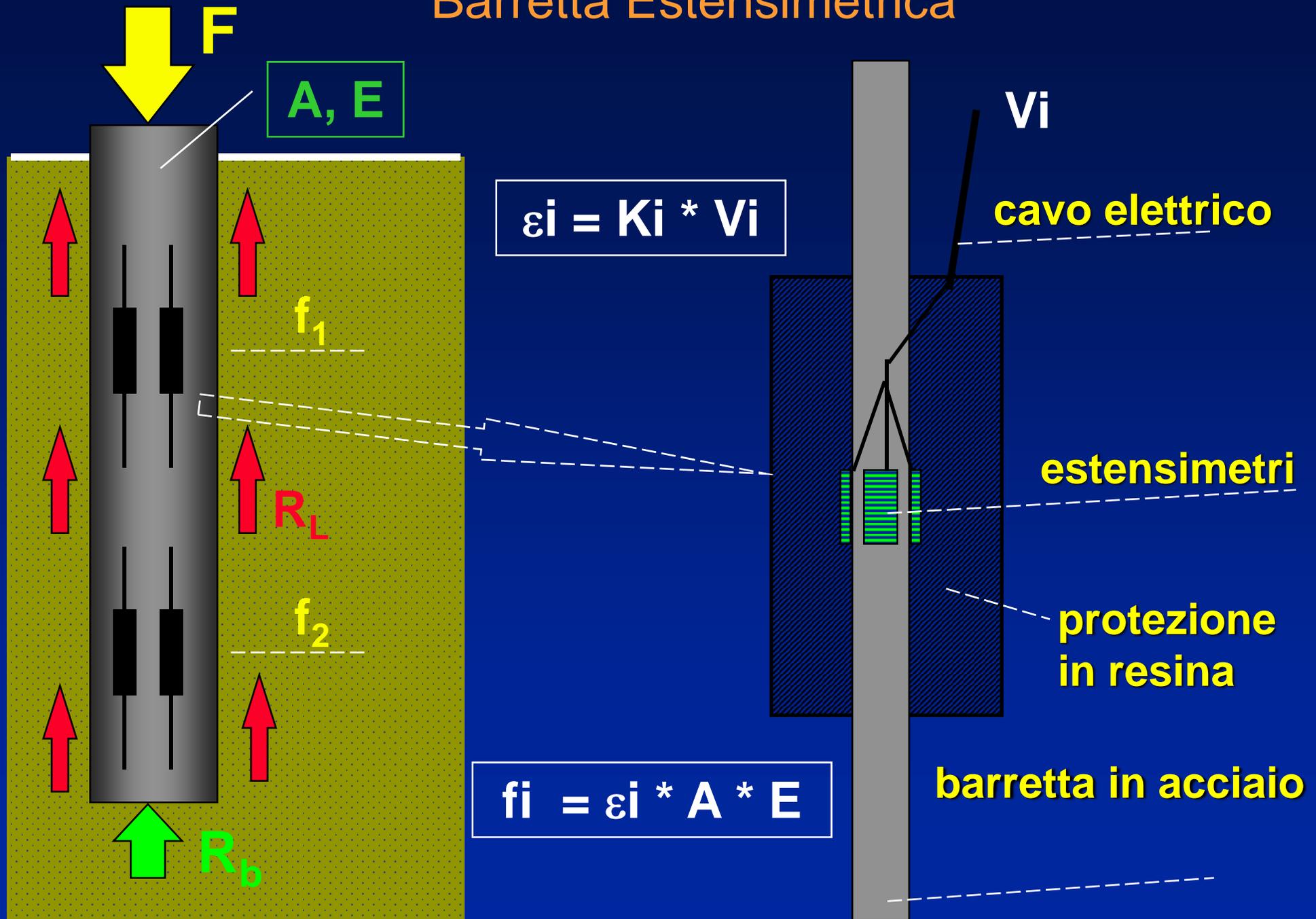
Installazione, dimensioni, rigidezza relativa , sensibilità, fattori ambientali.

Misura Indiretta dei carichi attraverso le sollecitazioni



Barrette
Estensimetriche

Barretta Estensimetrica



Strain gauges

Gli strain gauges (barrette estensimetriche) consentono di misurare l'entità delle deformazioni all'interno di strutture realizzate in calcestruzzo o in acciaio.

Dalla conoscenza dei parametri caratteristici dei materiali (modulo E) e le dimensioni geometriche (area o sezione A) è possibile determinare le tensioni o ai carichi agenti.

Nel primo caso vengono fissate alla gabbia di armatura annegate nel getto, mentre nel caso di strutture in acciaio vengono saldate agli elementi componenti la struttura mediante opportuni sistemi di fissaggio.

Strain gauges

TIPOLOGIE:

→ A ponte estensimetrico

→ A corda vibrante

Strain gauges

Estensimetrici

Una barra in acciaio di sezione quadrata è sensibilizzata mediante estensimetri elettrici a griglia (strain gauges) applicati su ogni lato della barra e collegati a formare un ponte di Wheatstone. La disposizione degli estensimetri garantisce la compensazione alla temperatura e alla flessione.

Gli estensimetri vengono protetti mediante opportuna protezione in resina.

Strain gauges

A corda vibrante

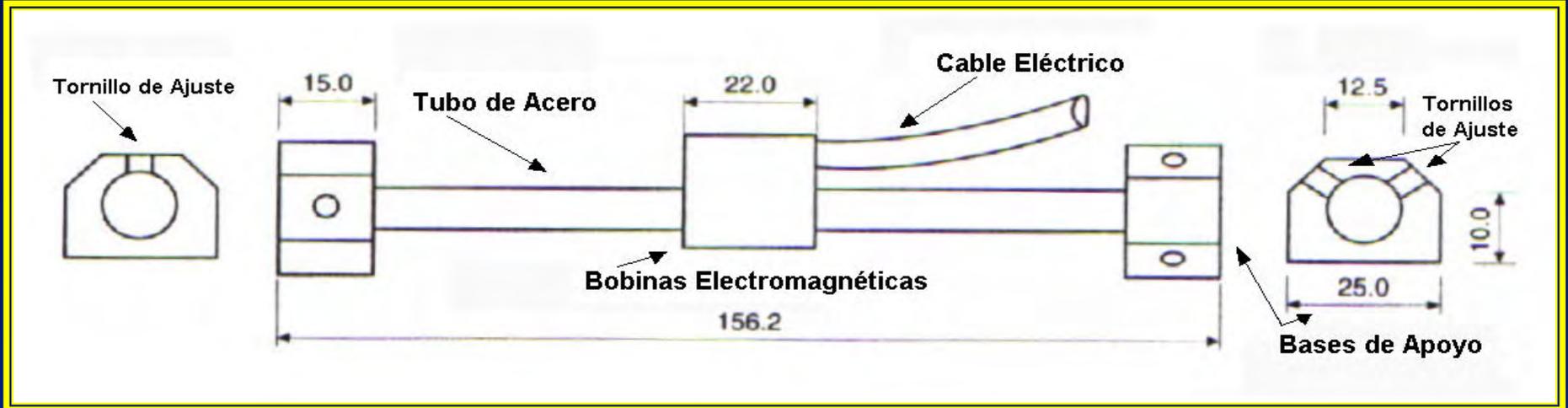
Sono costituiti da un corpo tubolare in acciaio inossidabile provvisto alle estremità di due blocchi di ancoraggio.

All'interno del tubo sigillato si trova il filo in acciaio che viene messo in vibrazione (eccitazione) da un elettromagnete posto in mezzeria al tubetto.



Estensimetri a corda vibrante

Baretas extensimetricas para perfiles



Sensibilidad = 1 ($\mu\epsilon$)

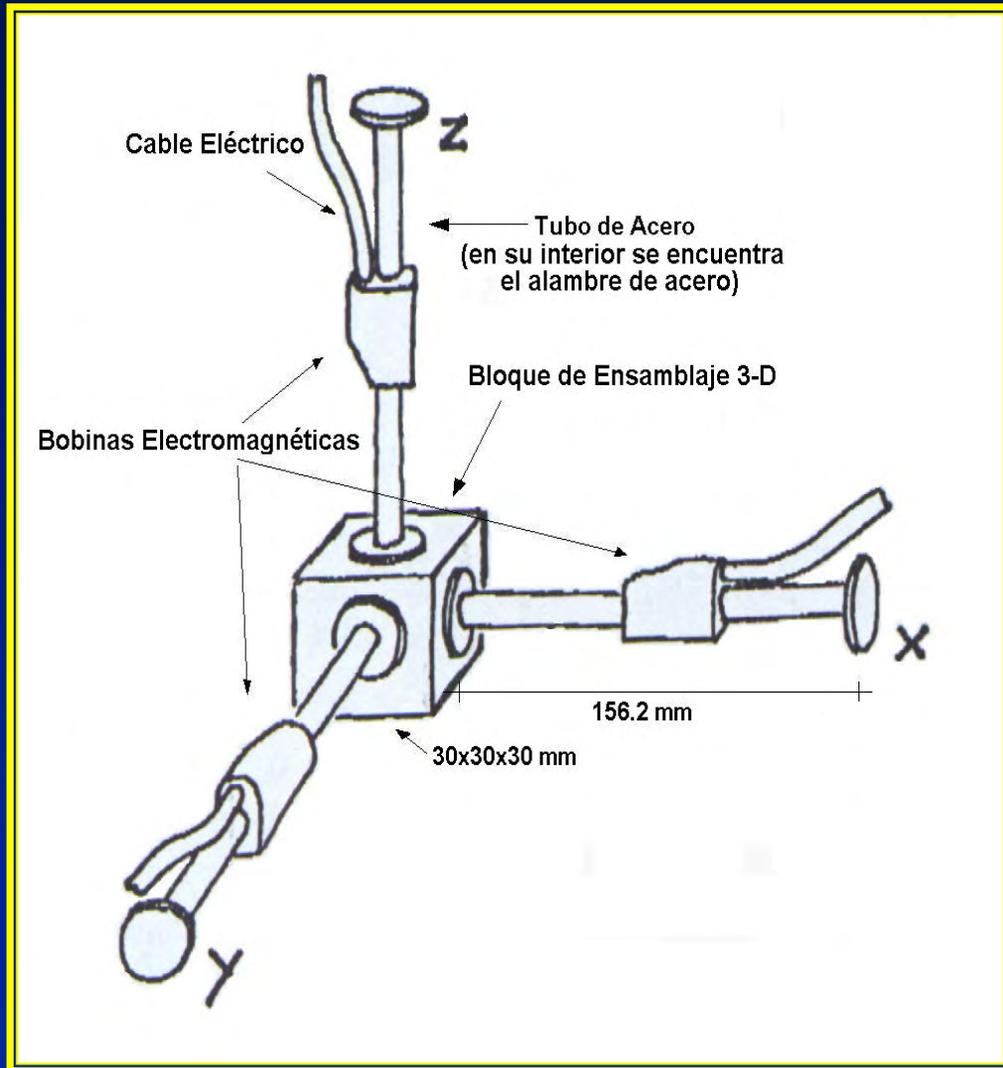
Rango de Medición = 3000 ($\mu\epsilon$)





Strain gauges a corda vibrante

Baretas extensimetricas para concreto



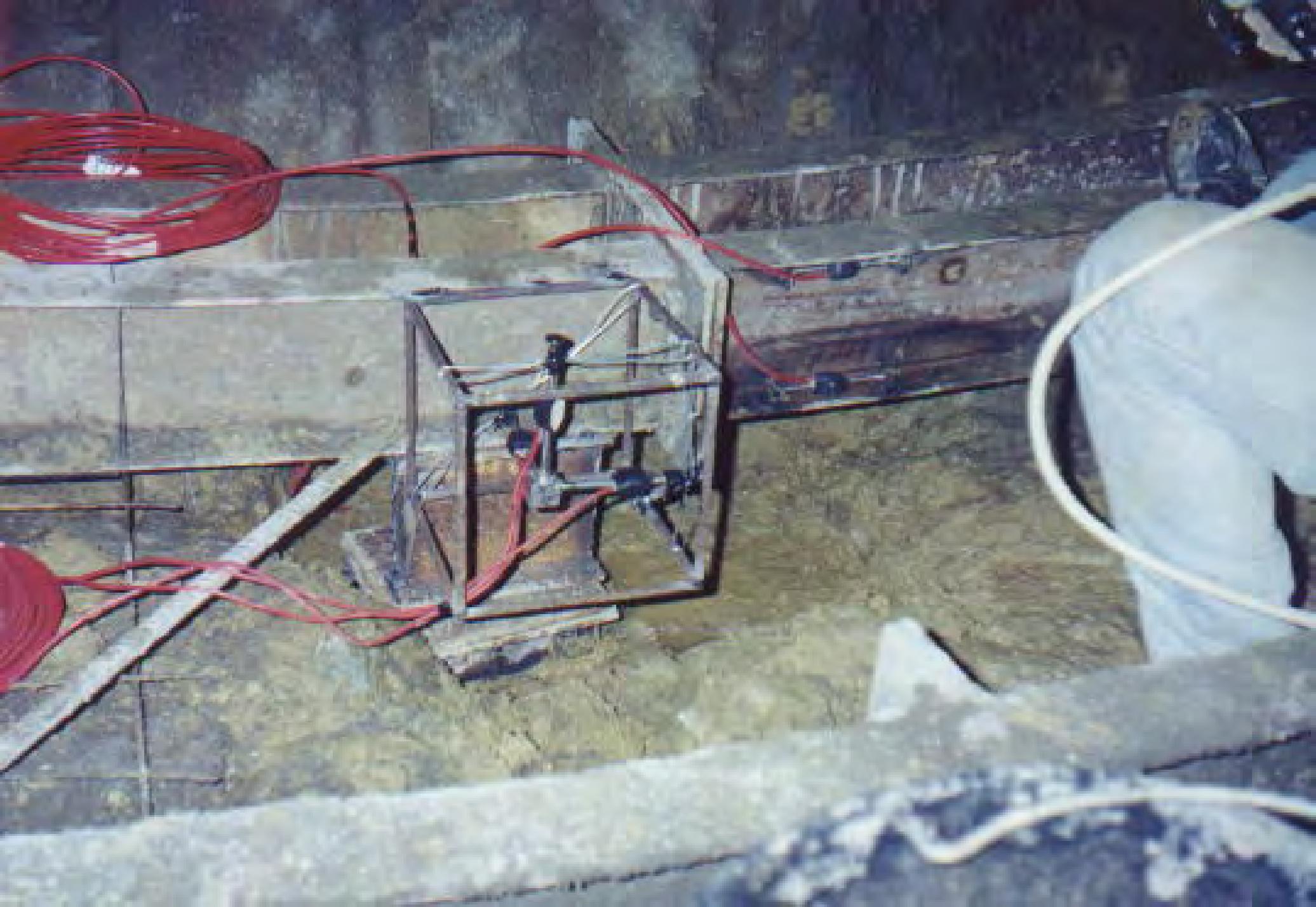
Sensibilidad : 1 ($\mu\epsilon$)

Rango de Medición 3000 ($\mu\epsilon$)

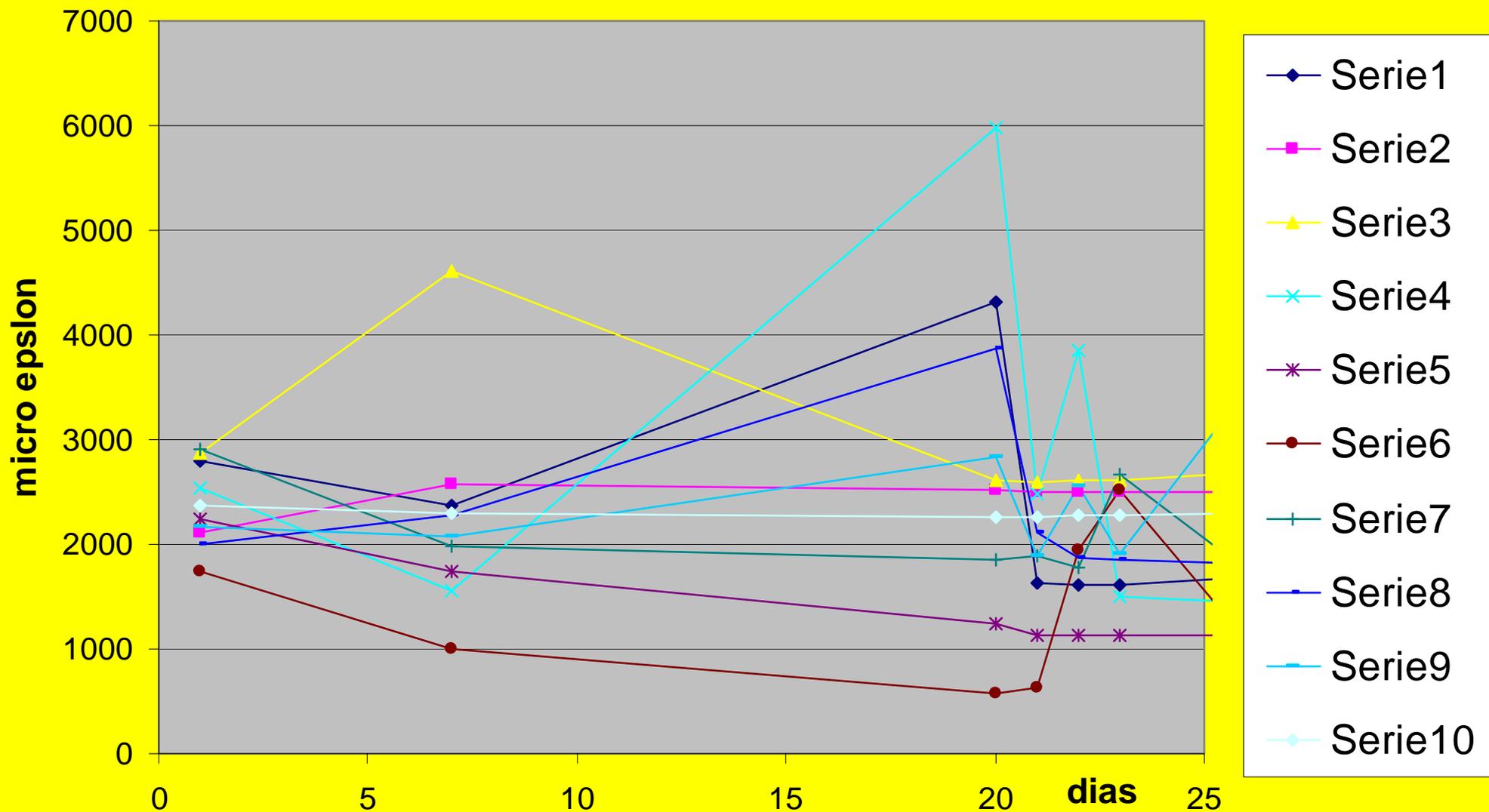








Extensímetros de Cuerda Vibrante



Strain gauges

<i>Strain gauges</i>	<i>Vantaggi</i>	<i>Svantaggi</i>
<i>Estensimetrici</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Buona precisione;😊 Facile da installare😊 Compensazione temperatura e flessione.	<ul style="list-style-type: none">☹️ Stabilità nel tempo.
<i>A corda vibrante</i>	<ul style="list-style-type: none">😊 Buona precisione;😊 Robuste ;😊 Possibilità installazione in cls e su acciaio;😊 Basso costo.	<ul style="list-style-type: none">☹️ Sensibilità alla temperatura.