

PEQUEÑOS LIBOMBOS MOÇAMBIQUE

perforazioni e
iniezioni
drilling &
grouting



UBICAZIONE E CARATTERISTICHE

La diga di Pequenos Libombos è situata sul fiume Umbeluzi a circa 40 km dalla città di Maputo e a 10 km dal paese di Boane.

La diga è costituita da uno sbarramento misto terra-calcestruzzo con 46 metri di altezza massima sopra le fondazioni. Lo scopo principale della diga è di regolare le piene del fiume Umbeluzi costituendo una riserva idrica per la città di Maputo.

Inoltre, l'obiettivo è di irrigare una vasta area agricola di futuro sviluppo a valle dello sbarramento.

L'opera, finanziata dal Governo Italiano, fa parte di un vasto programma di aiuti che l'Italia concede ai Paesi in via di sviluppo.

LOCATION AND CHARACTERISTICS

The dam at Paqueños Libombos is located on the River Umbeluzi approximately 40 km from the city of Maputo and 10 km from the village of Boane.

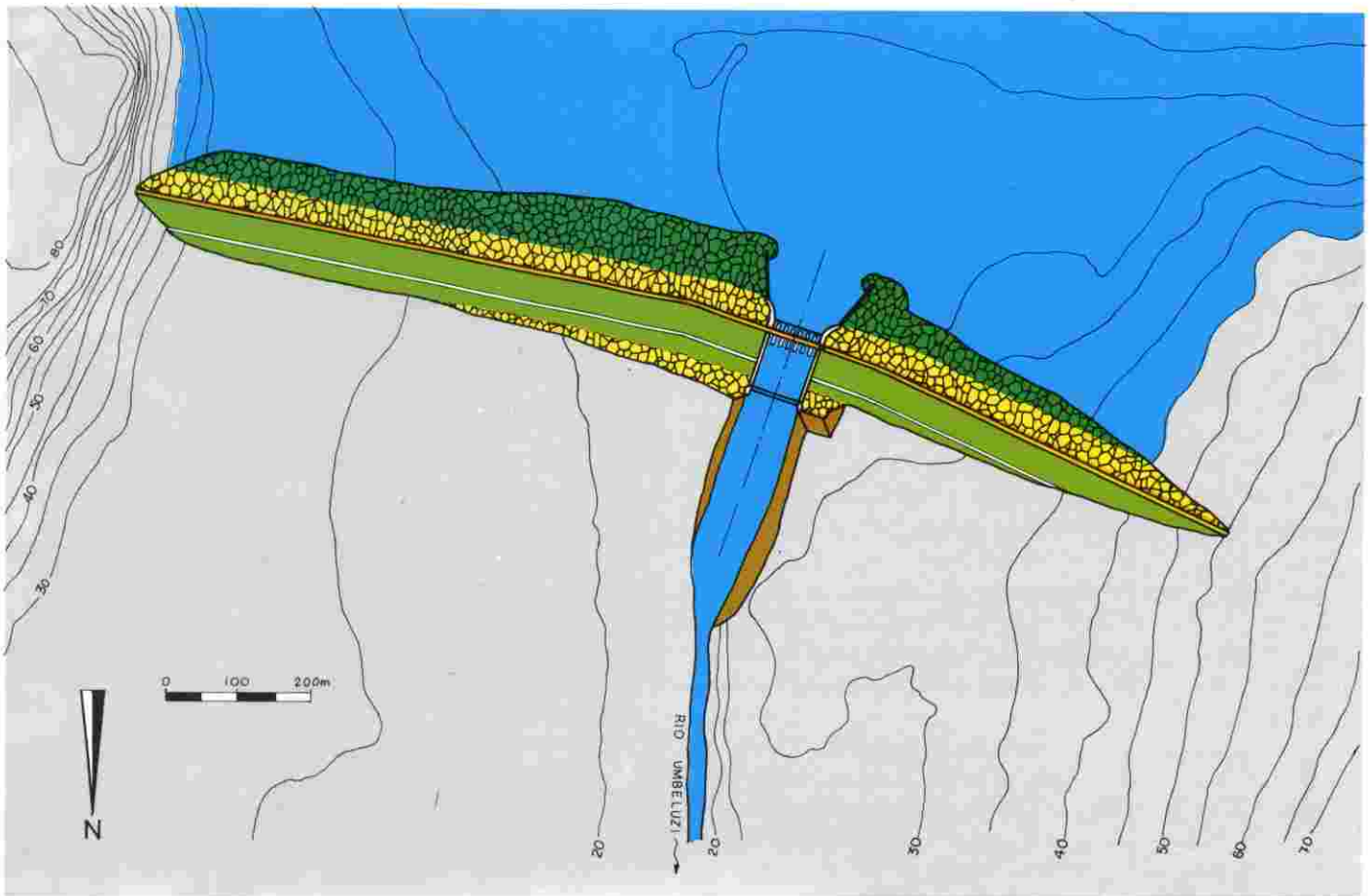
The dam consists of a mixed earthfill-concrete structure standing at a maximum height of 46 metres above the foundations.

The main purpose of the dam is to control the floods of the River Umbeluzi by creating a reservoir for the city of Maputo and also to irrigate a vast area of farming land earmarked for future development downstream of the dam.

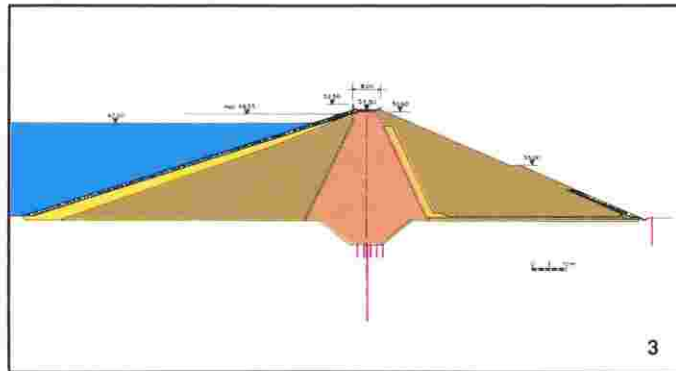
The work, financed by the Italian government, is part of an extensive Italian aid programme for the developing countries.



| | |
|--|--|
| Ente Appaltante: Owner: | Direção Nacional de Aguas Unidade de Aproveitamentos Hidraulicos - Maputo |
| Contrattista principale: Main contractor: | Strade-Coop Mozambico (CMC-Italstrade J.V.) |
| Durata dei lavori: Duration of work: | Luglio 1983 - Luglio 1986 July 1983 - July 1986 |



2



3



4

DESCRIZIONE DEI TERRENI

I terreni interessati dalle iniezioni di impermeabilizzazione si possono suddividere nel seguente modo:

- Spalla Destra (Progr. 22÷547)
Terreno di riporto da 1 a 3 m, poi basalto microfessurato e riolite.
- Zona Centrale (Progr. 547÷830)
Alluvione sciolta composta prevalentemente da sabbia e ghiaia con argille con potenza fino a 15 m e roccia sottostante composta da basalto con riolite e tufo.
- Sforatore e Spalla Sinistra (Progr. 830 ÷1600)
Roccia affiorante composta da basalto e riolite ad eccezione del terreno compreso fra le progressive 1200 ÷1400 dove si è attraversato del terreno di copertura costituito principalmente da argille.

DESCRIPTION OF SOIL

The soil types involved along the alignment of the dam may be summarized as follows:

- Right Abutment (Progr. 22÷547)
Backfill from 1 to 3 metres, then microfissured basalt and rhyolite.
- Central Area (Progr. 547÷830)
Loose alluvial soil consisting mainly of sand and gravel with clay up to 15 m in depth and underlying rock consisting of basalt with rhyolite and tufa.
- Spillway and Left Abutment (Progr. 830 ÷1600)
Rocky outcrops of basalt or rhyolite except for the section between 1200 and 1400 featuring a layer of cover consisting mainly of clay.

METODOLOGIE DI LAVORO

SONDAGGI

Le perforazioni si sono eseguite a rotazione con recupero continuo di campione, utilizzando una sonda a rotazione equipaggiata con carotieri doppi da 76 mm e corone a diamante.

CORTINA DI INIEZIONE

Il reticolo della cortina di iniezione si può schematizzare come indicato nella tavola di seguito: (fig. 6)

PERFORAZIONI

Le attrezzature impiegate in questo tipo di lavorazione sono state equipaggiate con:

BBAS-STENUICK: martello fondo foro (DTH)
SM-305 EC: martello in testa (top hammer Klemm) e martello fondo foro (DTH)

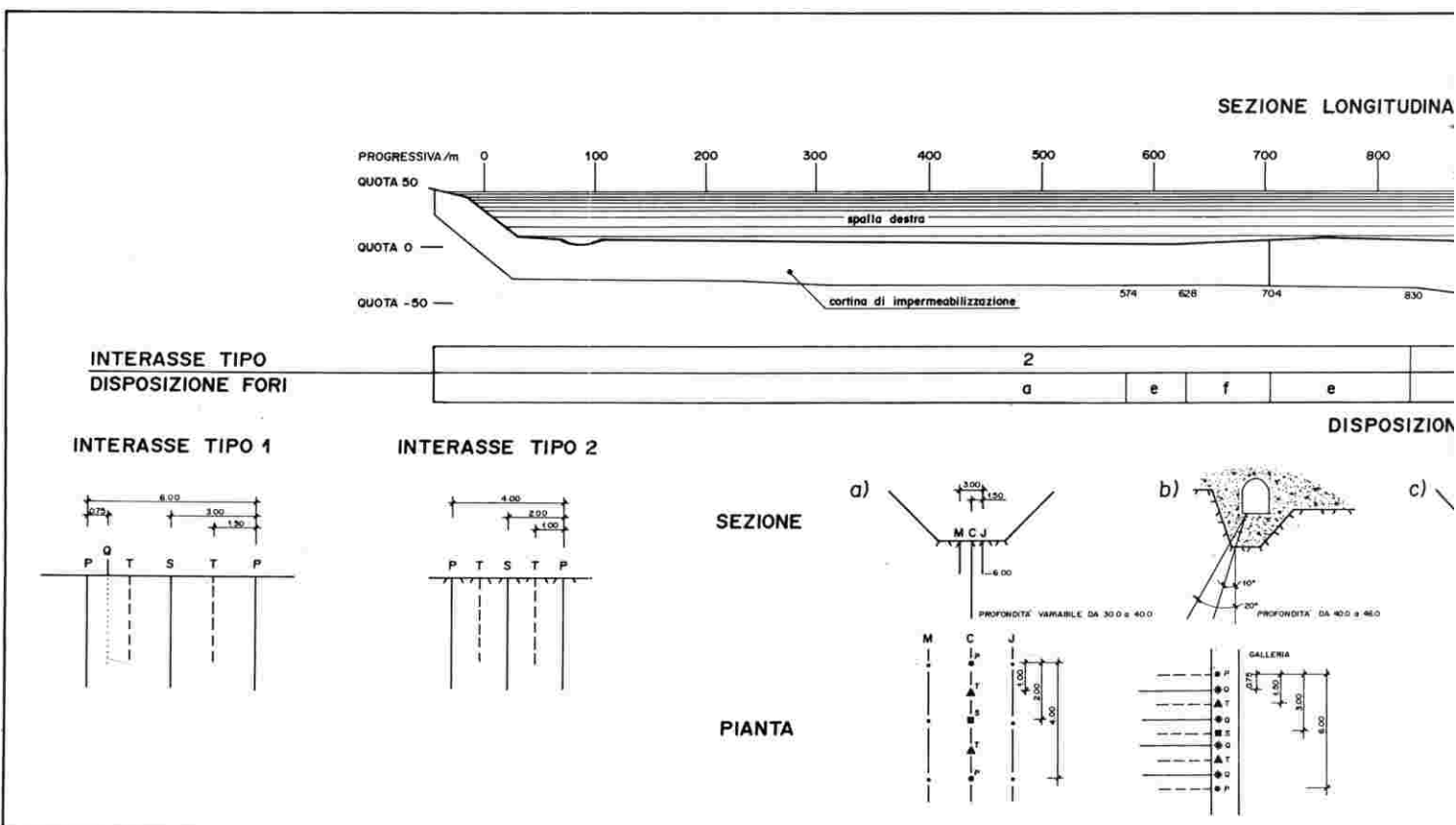
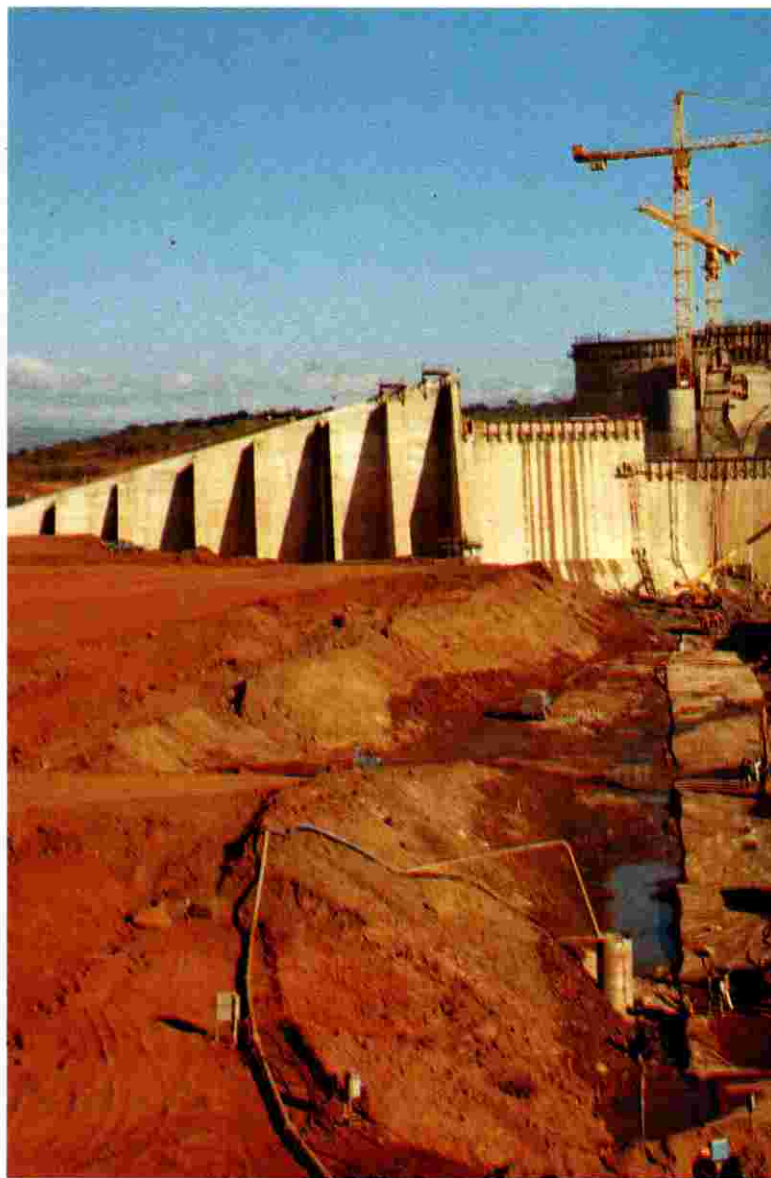
In alluvione le perforazioni sono state eseguite con 2 metodologie diverse e cioè con i sistemi ODEX e OD.

Nel primo sistema il tubo di rivestimento veniva spinto verso il basso senza rotazione tramite battitura, provocata dal martello di fondo.

Nel secondo sistema il tubo di rivestimento veniva infisso durante la perforazione mediante percussione in testa e rotazione provocata dal TH Klemm.

Le perforazioni in roccia sono state eseguite per la maggior parte da martelli fondo-foro con bit da 85-90 mm.

Le restanti perforazioni sono state eseguite con TH Klemm con bit da 2 1/2".



INSTALLATION METHODS

CORING

Rotary drilling with continuous core sampling, using a drill with 76 mm double core barrel and diamond bit.

GROUT CURTAIN

The pattern of the grout curtain is showed in schematic form in the following diagram: (fig. 6)

DRILLING

The rigs used for this type of operation were fitted with:
 BBAS-STENUICK: Down-The-Hole hammer
 SM-305 EC: Klemm Top hammer and Down-The-Hole hammer.

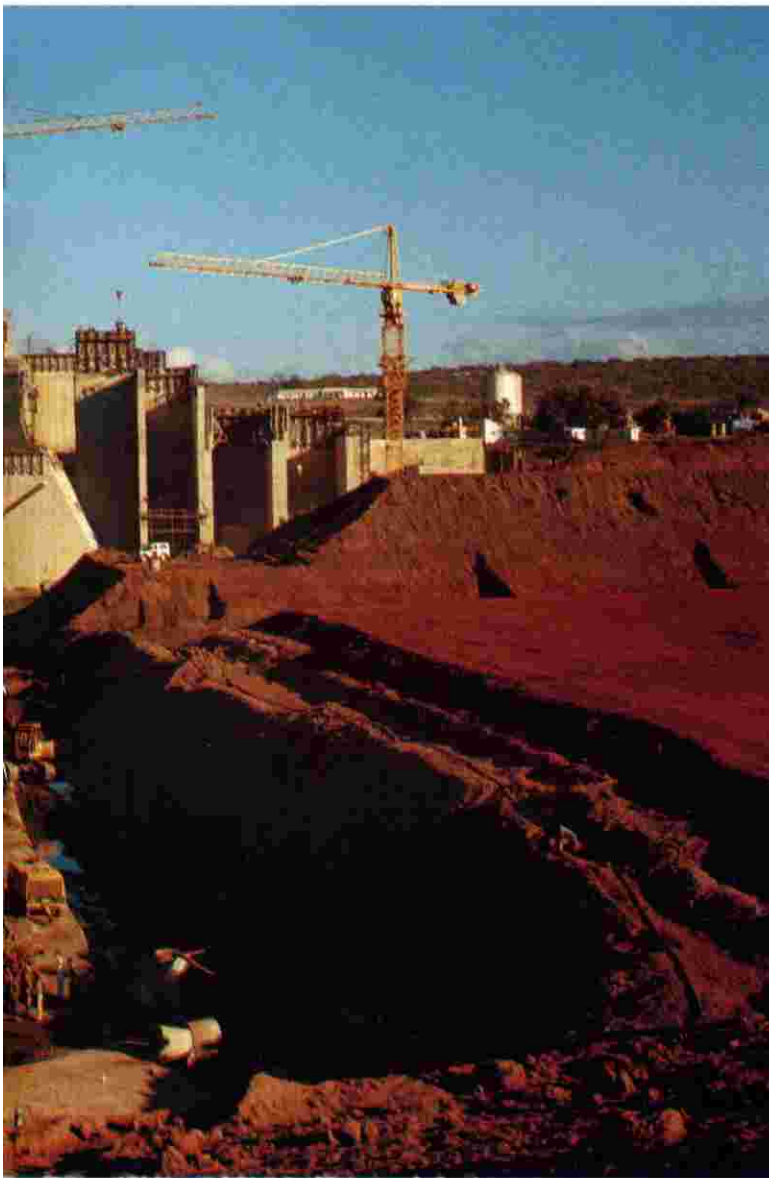
In the alluvial soil the drilling was accomplished using 2 distinct operating methods, namely the ODEX and OD systems.

Under the first of these the casing was driven into the ground by the DTH without rotation.

Under the second system the casing was installed during drilling by means of top percussion and rotation using the Klemm Top Hammer.

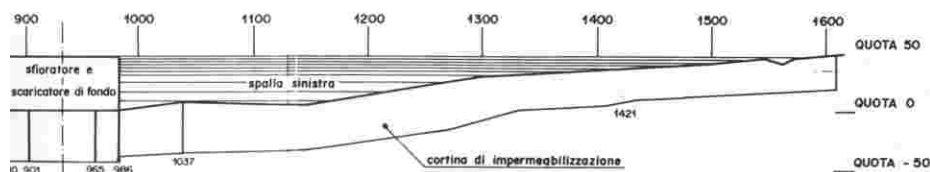
The rock drilling was accomplished mainly with the DTH fitted with 85-90 mm bit.

The remaining drilling operations were performed with Klemm TH fitted with 2 1/2" bit.



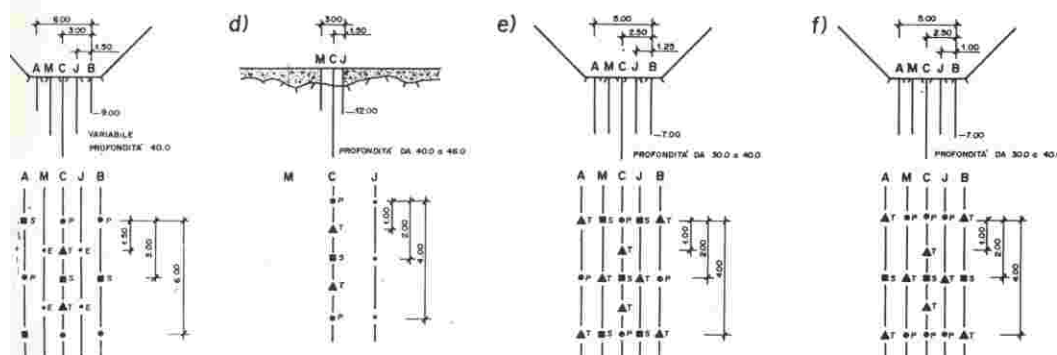
5

E DELLA DIGA



| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|--|--|---|--|---|
| 1 | 1 | 1 | 2 | | | 1 | | 2 |
| d | b | d | a | | | c | | a |

E PROFONDITA' DEI FORI



LEGENDA

- P - INIEZIONE PRIMARIA
- S - INIEZIONE SECONDARIA
- ▲ T - INIEZIONE TERZIARIA
- ◐ Q - INIEZIONE QUATERNARIA
- E - INIEZIONE EVENTUALE

- M - LINEA DI INIEZIONE (MONTE)
- C - LINEA DI INIEZIONE (CENTRALE)
- J - LINEA DI INIEZIONE (VALLE)
- A - LINEA DI INIEZIONE DI CONTENIMENTO
- B - LINEA DI INIEZIONE DI CONTENIMENTO

LEGEND

- P - PRIMARY GROUTING
- S - SECONDARY GROUTING
- ▲ T - TERTIARY GROUTING
- ◐ Q - QUATERNARY GROUTING
- E - GROUTING AS REQUIRED

- M - GROUTING LINE (UPSTREAM)
- C - GROUTING LINE (CENTRAL)
- J - GROUTING LINE (DOWNSTREAM)
- A - CONTAINMENT GROUTING LINE
- B - CONTAINMENT GROUTING LINE

6

METODI DI INIEZIONE

Le iniezioni sono state eseguite utilizzando impianti mobili Soilmec GS-1.

Per le iniezioni sono stati adottati i Sistemi Discendente (Down Stage) e Ascendente (Up Stage) utilizzando packers meccanici e pneumatici; indicativamente i due metodi sono stati così utilizzati:

da 0 a 6 m Metodo Discendente (fig. 7)

da 6 a 45÷50 m Metodo Ascendente (fig. 10)

Le sezioni di foro da iniettare variavano da un minimo di 3 m ad un massimo di 5 m.

Le miscele usate sono state principalmente miscele ternarie (acqua-cemento-bentonite) nel rapporto A/C 2:1 con l'aggiunta del 2% di bentonite idratata.

GROUTING METHOD

The grouting was performed using Soilmec GS-1 mobile plants.

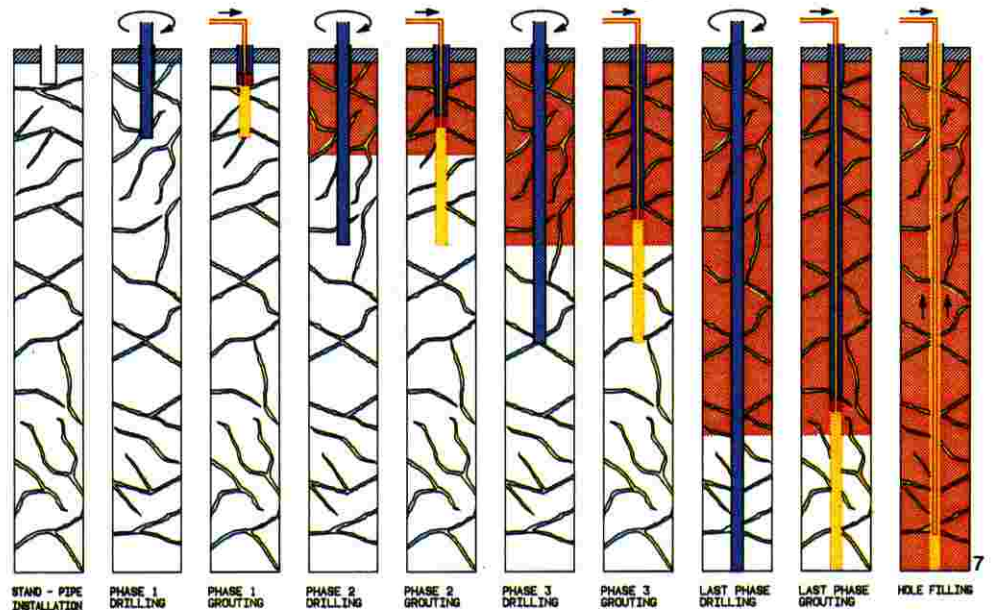
The Down Stage and Up Stage systems were used for the grouting with mechanical and pneumatic packers. The two methods were broadly used in the following way:

from 0 to 6 m Down Stage Method (fig. 7)

from 6 to 45÷50 m Up Stage Method (fig. 10)

adopting a range, for each stage, varying from 3 to 5 m in length. The mixes mainly used have been cement-bentonite mixes (water - cement - bentonite) in water-cement ratio equal to 2:1 with the addition of 2% of hydrated bentonite.

DOWN - STAGE GROUTING



PROVE D'ACQUA - CORTINA DI INIEZIONE

Le prove d'acqua del tipo "Lugeon" si sono eseguite generalmente nei fori primari ogni 20 m (tutte le prove d'acqua sono state fatte in fase discendente).

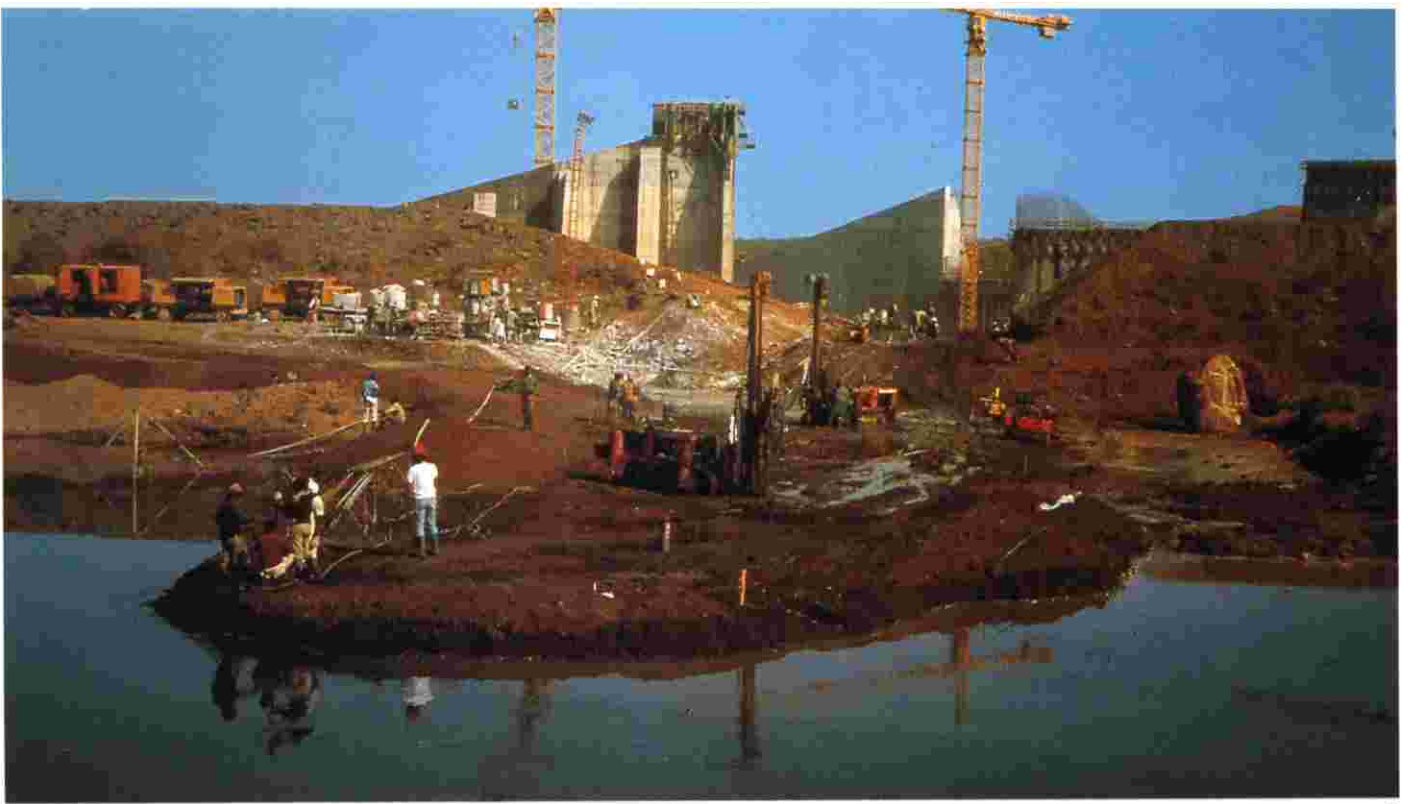
La durata di ogni prova era di 10' e le pressioni usate erano uguali a quelle di iniezione e cioè:

| Sezione di metri | Pressione in kg/cm ² |
|------------------|---------------------------------|
| 0 - 3 | 2 |
| 3 - 6 | 5 |
| 6 - 9 | 7,5 |
| 9 - 12 | 7,5 |
| 12 - 16 | 10 |
| 16 - 20 | 10 |
| > 20 | 15 |

Nelle zone di alluvione la pressione veniva aumentata con questa formula: $P_1 = P + (0,3 \times h)$ dove 0,3 era un coefficiente e h l'altezza dello strato alluvionale.

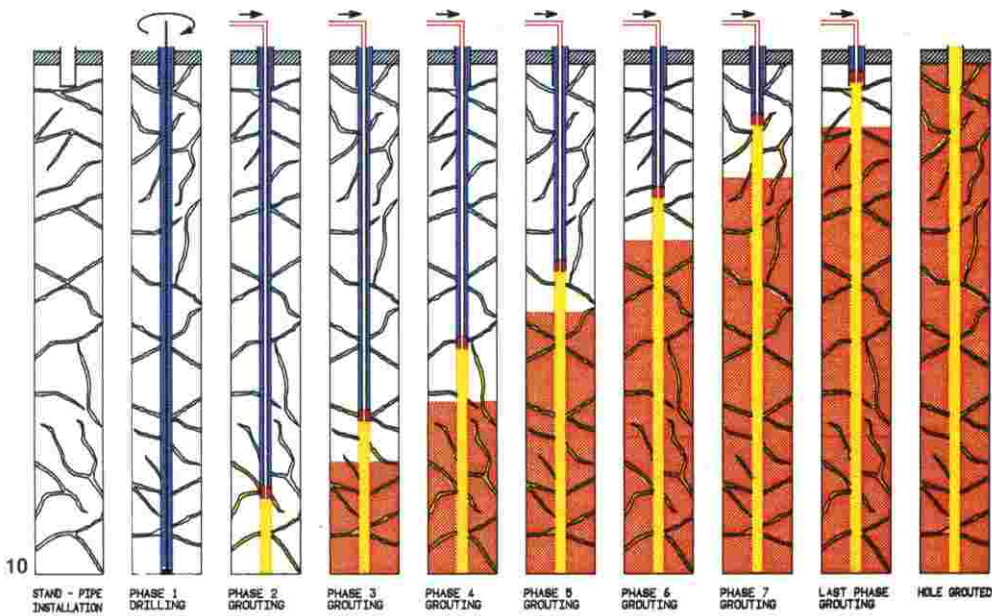
Ulteriori prove d'acqua si sono eseguite sui fori terziari dove l'assorbimento dei secondari era risultato alto, e nei fori di controllo.





9

UP - STAGE GROUTING



10



WATER TESTS - GROUT CURTAIN

The "Lugeon" water tests were generally conducted in the primary holes every 20 m (all the water tests were performed in the Down Stage phase). Each test lasted 10' and the pressures used were identical to the grouting pressures, namely:

| Section in metres | Pressure in kg/cm ² |
|-------------------|--------------------------------|
| 0 - 3 | 2 |
| 3 - 6 | 5 |
| 6 - 9 | 7,5 |
| 9 - 12 | 7,5 |
| 12 - 16 | 10 |
| 16 - 20 | 10 |
| > 20 | 15 |

In the alluvial areas the pressure was increased on the basis of this formula $P_1 = P + (0,3 \times h)$ where 0.3 was a coefficient and "h" the height of the alluvial layer.

Further water tests were carried out on the tertiary holes where absorption by the secondary holes was high, as well as in the check holes.

11



1

CARATTERISTICHE TECNICHE

Elementi idrologici

| | |
|------------------------------------|---------------------------|
| Area del bacino idrografico: | 5.700 km ² |
| Portata massima prevista: | 10.220 m ³ /s. |
| Portata massima conosciuta (1984): | 7.200 m ³ /s. |

Invaso

| | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Capacità totale: | 400x10 ⁶ m ³ |
| Capacità utile: | 350x10 ⁶ m ³ |
| Area inondata: | 38 km ² |
| Quota normale riempimento: | 47 m |
| Quota massima piena: | 49,55 m |

Diga

| | |
|-----------------------------------|---------|
| Mista in terra e calcestruzzo | |
| Altezza massima dalla fondazione: | 46 m |
| Sviluppo al coronamento: | 1.540 m |
| Quota al coronamento: | 51,50 m |

LAVORI ESEGUITI

I lavori eseguiti dalla TREVI per la Diga di Pequeños Libombos possono essere così riassunti:

| | |
|---|---------------|
| Sondaggi preliminari e di controllo | m 2.665 |
| Perforazioni per iniezioni e riperforazioni | m 61.147 |
| Pozzi di decompressione (relief wells) | m 315 (n° 19) |
| Cemento per iniezioni | t 1.100 |
| Prove d'acqua "Lugeon" | n° 2.371 |

TECHNICAL CHARACTERISTICS

Hydrology

| | |
|---------------------------------|---------------------------|
| Area of catchment basin: | 5.700 km ² |
| Maximum flow rate envisaged: | 10.220 m ³ /s. |
| Maximum flow rate known (1984): | 7.200 m ³ /s. |

Reservoir

| | |
|---------------------|------------------------------------|
| Total capacity | 400x10 ⁶ m ³ |
| Useful capacity | 350x10 ⁶ m ³ |
| Flooded area | 38 km ² |
| Normal fill level | 47 m |
| Maximum flood level | 49,55 m |

Dam

| | |
|---------------------------------|---------|
| Mixed earthfill and concrete | |
| Maximum height from foundations | 46 m |
| Crest length | 1.540 m |
| Crest elevation | 51,50 m |

JOBS PERFORMED

The jobs performed by TREVI for the Pequeños Libombos dam may be summarized as follows:

| | |
|---|---------------|
| - Preliminary investigations and verification | m 2.665 |
| - Drilling for grouting and redrilling | m 61.147 |
| - Relief wells | m 315 (n° 19) |
| - Cement grouting | t 1.100 |
| - "Lugeon" water tests | n° 2.371 |

ATTREZZATURE IMPIEGATE

Per la realizzazione dei lavori di perforazione ed iniezione sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- Perforatrici Soilmec SM-305/EC equipaggiate di martelli in testa (top hammer) Klemm e martelli fondo foro (DTH).
- Wagon drill Stenuick BBAS equipaggiato con martello fondo foro.
- Sonda a rotazione Nenzi Eli 290 equipaggiata per perforazioni con recupero di campioni.
- Impianti di iniezione Soilmec GS1 equipaggiati con:
 - turbo miscelatore GT-30
 - agitatore GA-45
 - pompa di iniezione GP-12completi di apparecchiatura per la registrazione delle pressioni.
- Sonda e percussione Mencarelli COA 400 per l'esecuzione dei pozzi di decompressione.

EQUIPMENT USED

The following equipment was used for the drilling and grouting operations:

- Soilmec SM-305/EC drilling rigs fitted with Klemm Top Hammers and Down-The-Hole hammers.
- Stenuick BBAS wagon drill fitted with DTH.
- Nenzi Eli 290 rotary core drill equipped for drilling with sample retrieval.
- Soilmec GS-1 grouting plants fitted with:
 - GT-30 turbo mixer
 - GA-45 agitator
 - GP-12 grout pumpcomplete with pressure recording equipment.
- Mencarelli COA 400 percussion drill for execution of the relief wells.



12