

ODEBRECHT



**A Barragem
da Usina
Hidrelétrica
Chaglla**

Peru

**EGH - EMPRESA DE GENERACIÓN HUALLAGA S.A.
Eng. FERNANDO DIAS RESENDE**

CLUBE DE ENGENHARIA - RIO DE JANEIRO
16 de setembro de 2017

Índice

- 1. Localização do Empreendimento**
- 2. Layout do Empreendimento**
- 3. Barragem de Enrocamento com Face de Concreto - BEFC**

ODEBRECHT

1

Localização

Usina Hidrelétrica Chaglla

ODEBRECHT

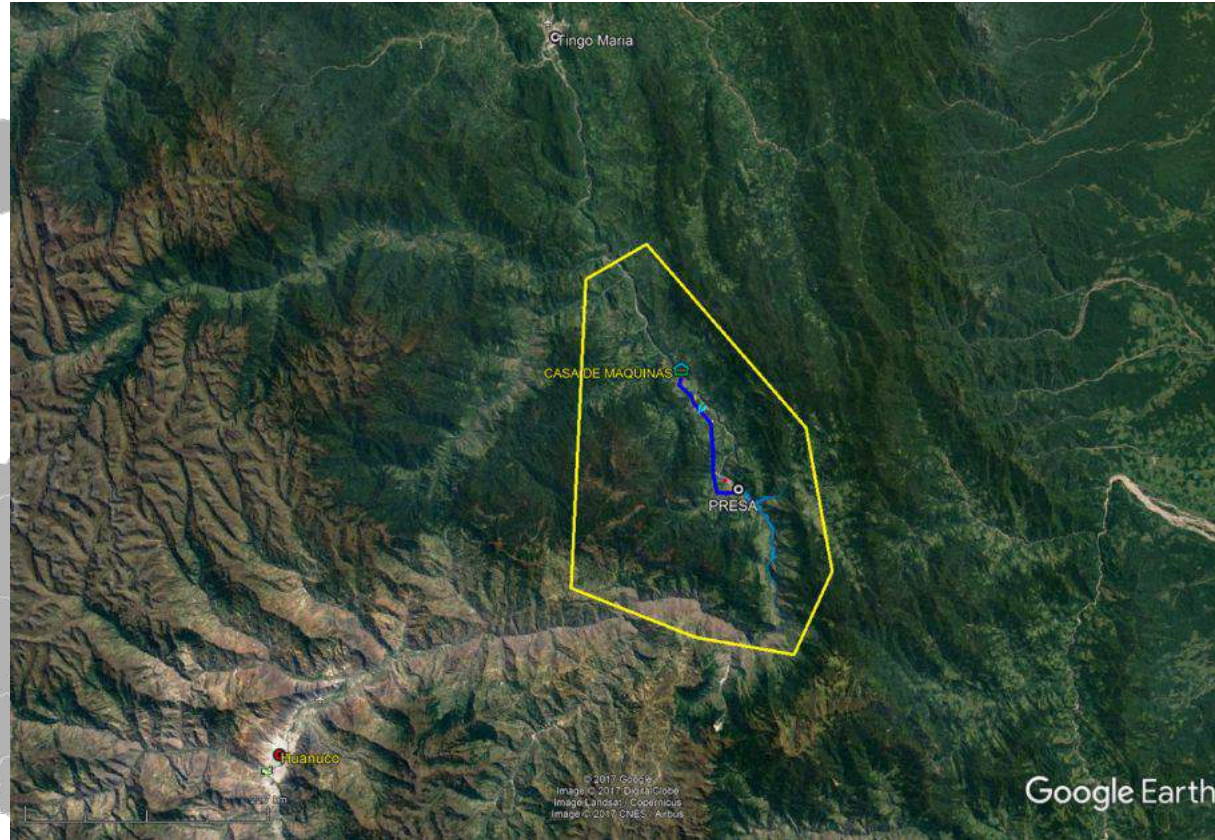
Localização



Usina Hidrelétrica Chaglla

ODEBRECHT

Localização



The background features a light gray gradient with several geometric elements: a dark gray rectangle at the top center, a dark gray rectangle on the left containing the number '2', a white rectangle below it, a dark gray rectangle below that, a large red rectangle on the right, a gray rectangle with diagonal lines above it, and a white rectangle with diagonal lines below it.

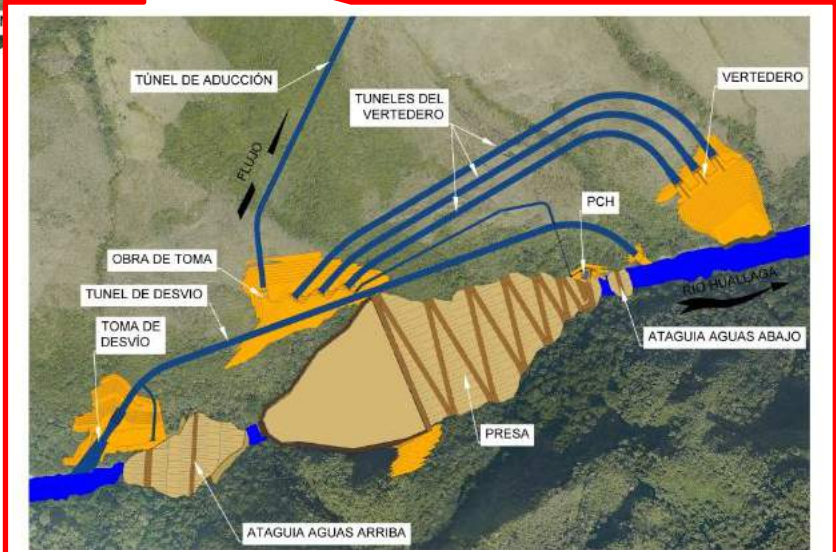
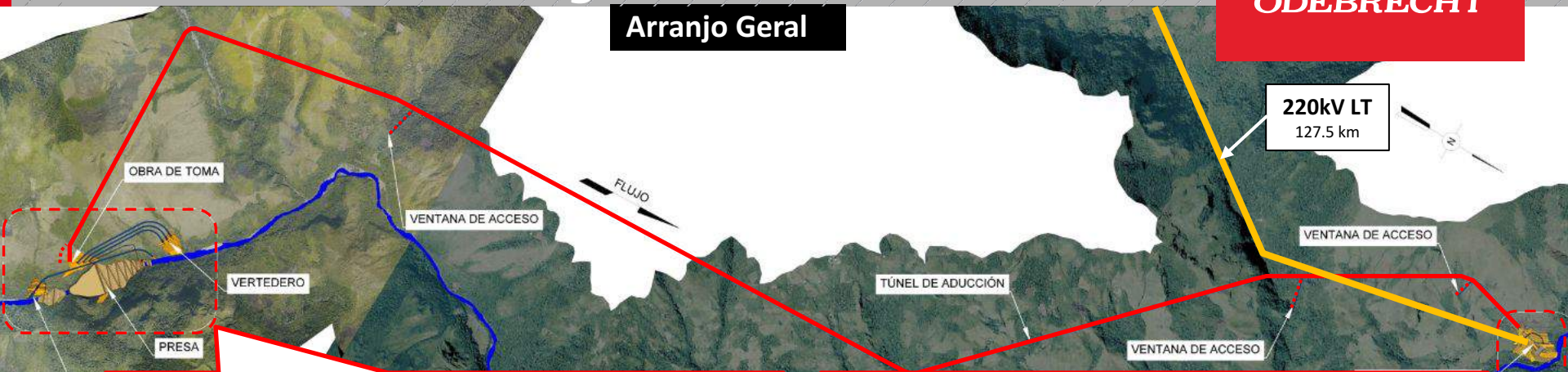
2

Layout

Usina Hidrelétrica Chaglla

ODEBRECHT

Arranjo Geral



The background features a light gray gradient with several geometric elements: a dark gray rectangle at the top center, a gray rectangle with diagonal hatching at the top right, a red rectangle at the top right, a white rectangle with diagonal hatching at the bottom left, a dark gray rectangle at the bottom left, a red rectangle with diagonal hatching at the bottom right, and a large red rectangle on the right side.

3

Barragem de Enrocamento com Face de Concreto

Barragem de Enrocamento com Face de Concreto

ODEBRECHT

O que é uma
BEFC?

Como conviver
com materiais de
deformabilidade
tão diferentes?

Módulos de
Elasticidade

Enrocamento:
 $E_e = 50$ a 250 MPa

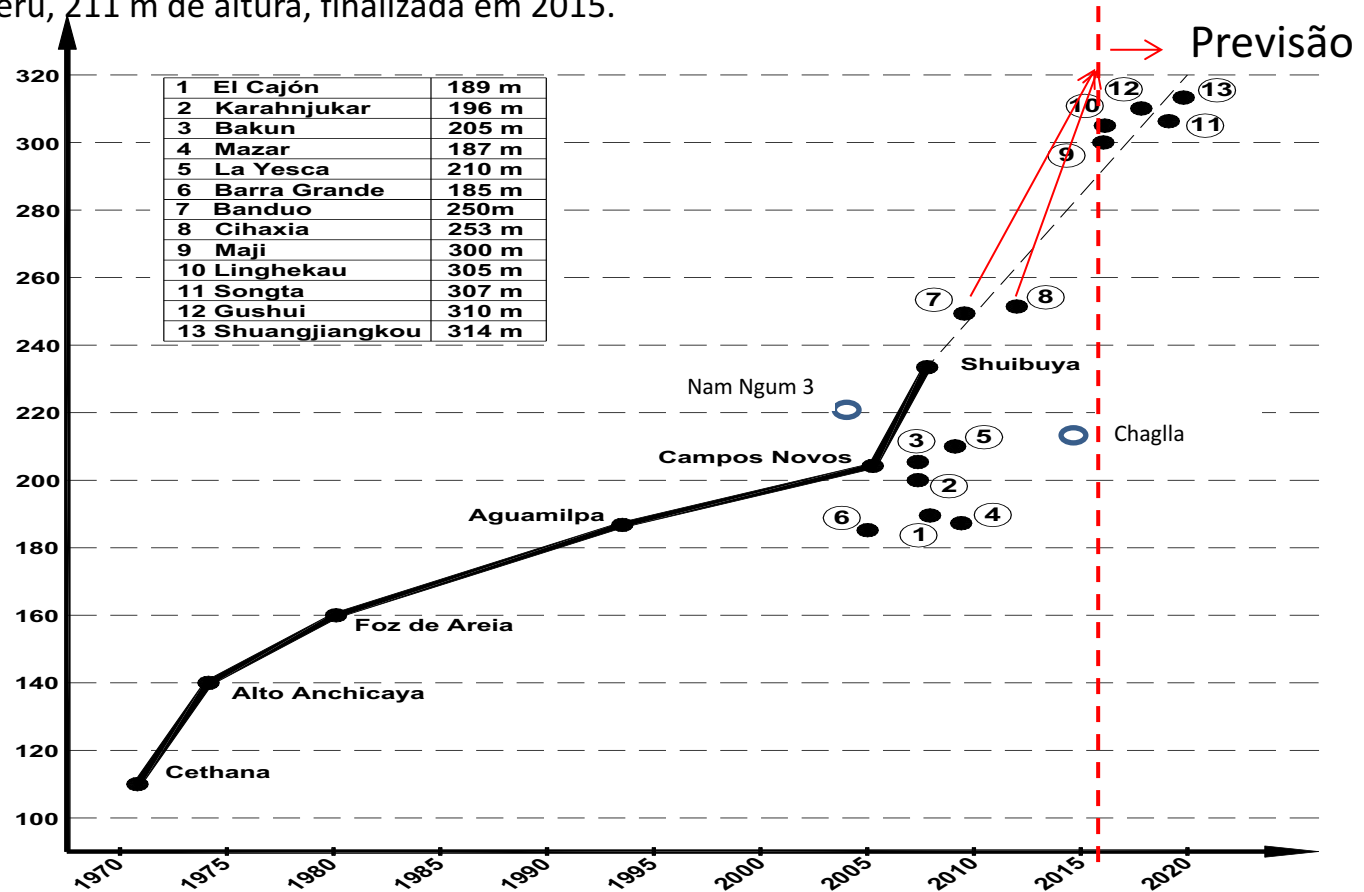
Concreto:
 $E_c = 25$ a 35.000 MPa



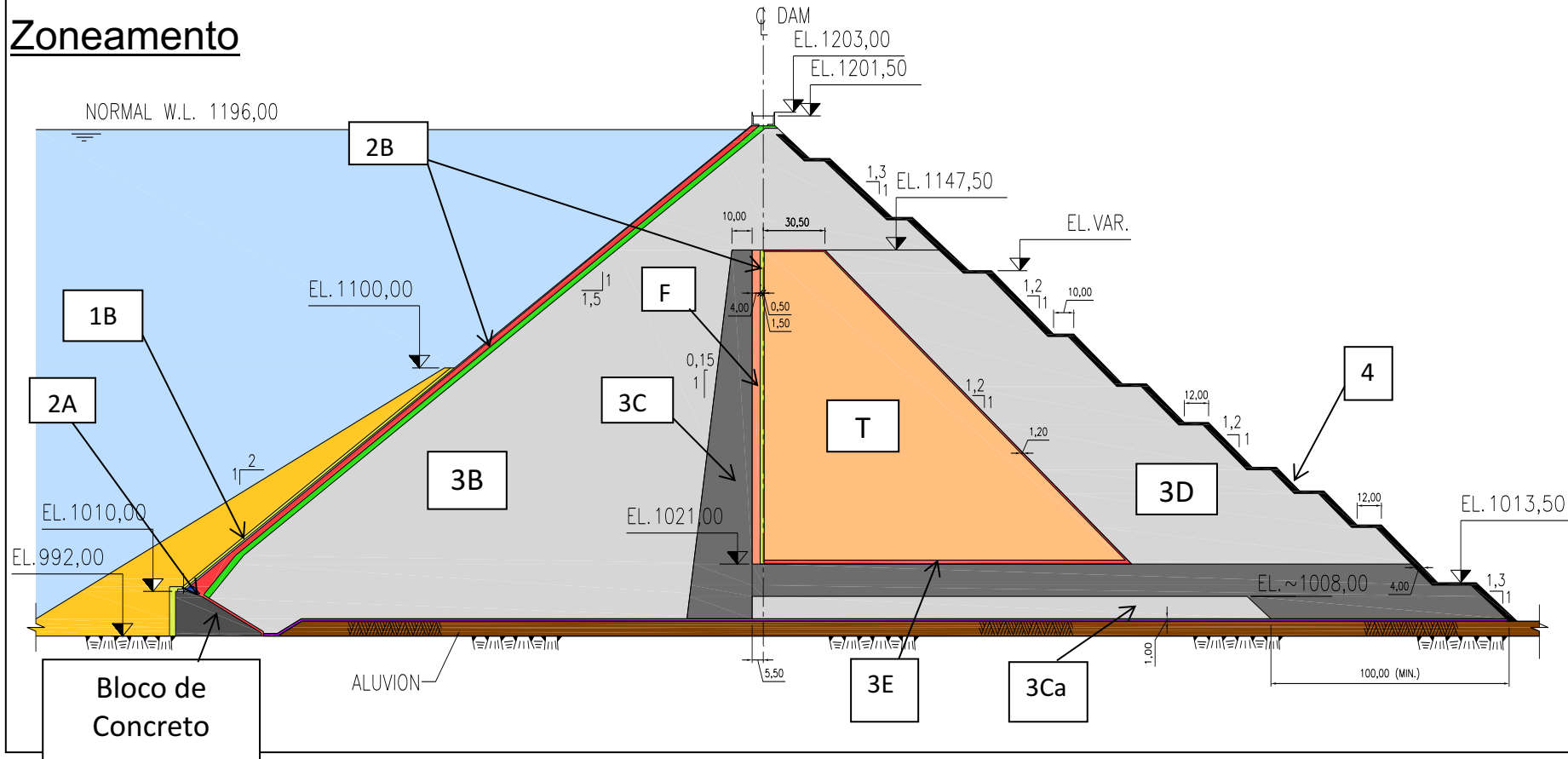
Barragens de Enrocamento com Face de Concreto



- Shuybuya, China, 233 m de altura, finalizada em 2009.
- Nan Ngun, Laos, 220 m de altura, finalizada em 2005.
- Chaglla, Peru, 211 m de altura, finalizada em 2015.



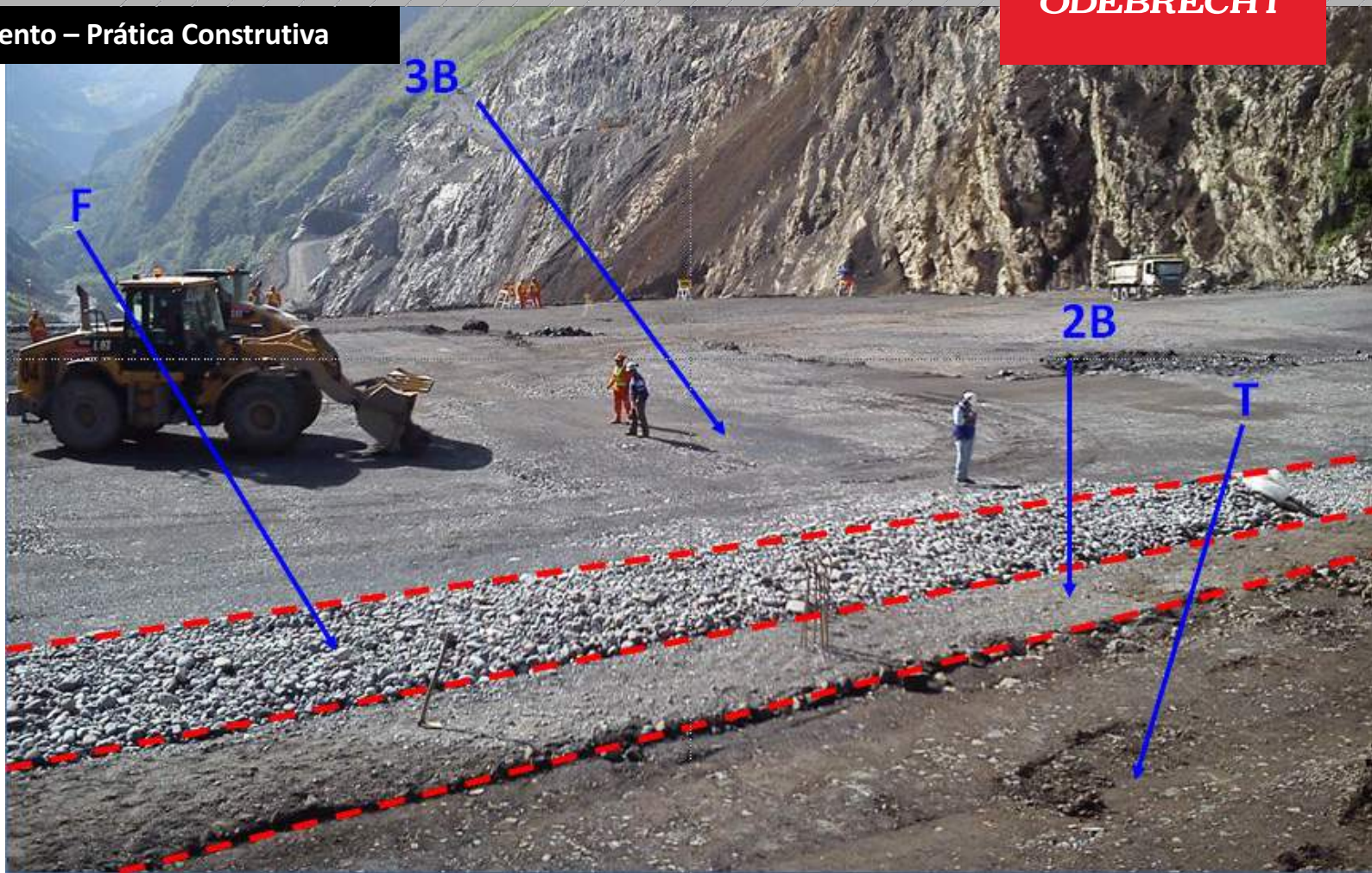
Zoneamento



Zoneamento

TABLA DE MATERIALES Y ZONEAMIENTO DE LA PRESA				
ZONA	MATERIAL	Ø MAX. (cm)	FINOS %	ESPESOR DE CAPA (cm)
1A/1A'	SUELO LIMOSO FINAMENTE ARENOSO O FINOS DE TRITURACIÓN+ARENA FINA, NO PLÁSTICOS	0,1	–	25 (SUELTA)
1B	RANDON	30,00	–	50 (SUELTA)
2A	FILTRO DE TRITURACIÓN GRADUADA	1,91 (3/4")	<5%	40,00
2B	TRANSICIÓN UNICA	10,00	<8%	40,00
3B'	GRAVAS NATURALES DEL CAUCE	50,00	<8%	* 60,00
3B	ENROCAMIENTO DE ROCA SANA	50,00	<8%	* 60,00
3B FINO	ENROCAMIENTO DE ROCA SANA	20,00	<8%	* 60,00
3C	ENROCAMIENTO DE ROCA SANA	70,00	<5%	* 80,00
3C'	ENROCAMIENTO DE ROCA SANA	35,00	<5%	* 40,00
3Cd	ENROCAMIENTO CON FINOS	70,00	<10%	* 80,00
3D	ENROCAMIENTO DE ROCA SANA	70,00	<8%	* 80,00
3E	ENROCAMIENTO FINO	30,00	<10%	60,00
4	BLOQUES DE ROCA SANA ARREGLADAS EN LA CARA DE AGUAS ABAJO CON CARA MÁS ANCHA EN LA HORIZONTAL	(VER NOTA 2)	–	–
F	FILTER	20,00	<5%	40,00
T	MATERIAL DE ROCA MEDIANAMENTE O POCO ALTERADA O FRACTURADA	35,00	<15%	* 40,00

Zoneamento



Características da Barragem

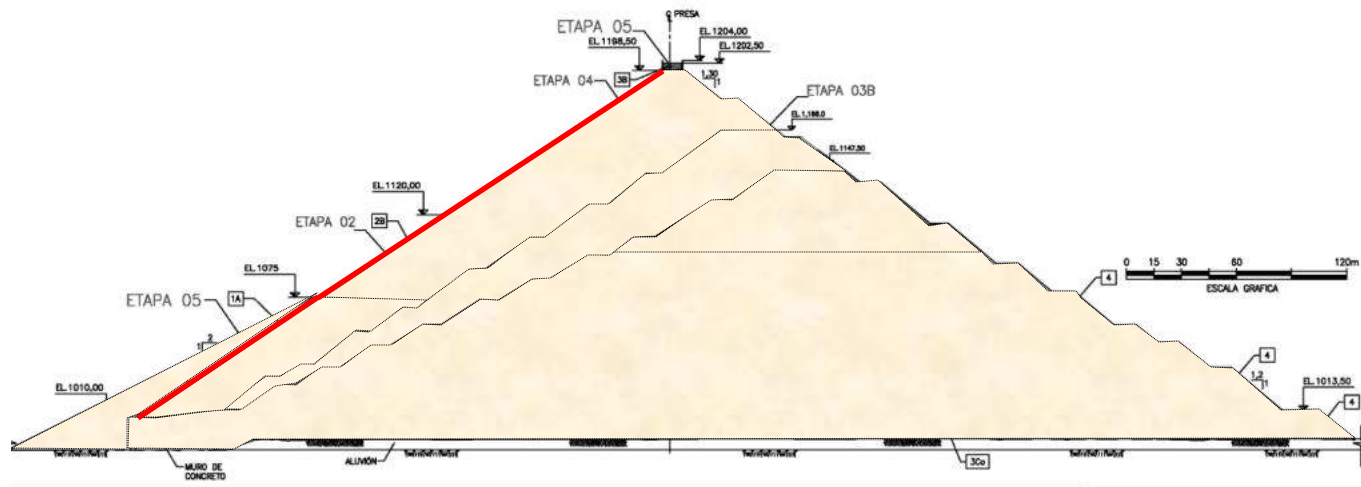
Tipo:
Enrocamento com
Face de Concreto

Altura:
211 m
(3º mais alta no mundo)

Comprimento na Crista:
274 m

Volume de Enrocamento:
8.522.320 m³

Concreto Estrutural:
35.950 m³









Junta de construção entre etapas construtivas:

→ Remoção da extremidade não compactada da etapa anterior (por falta de confinamento), incorporando o material na etapa posterior.





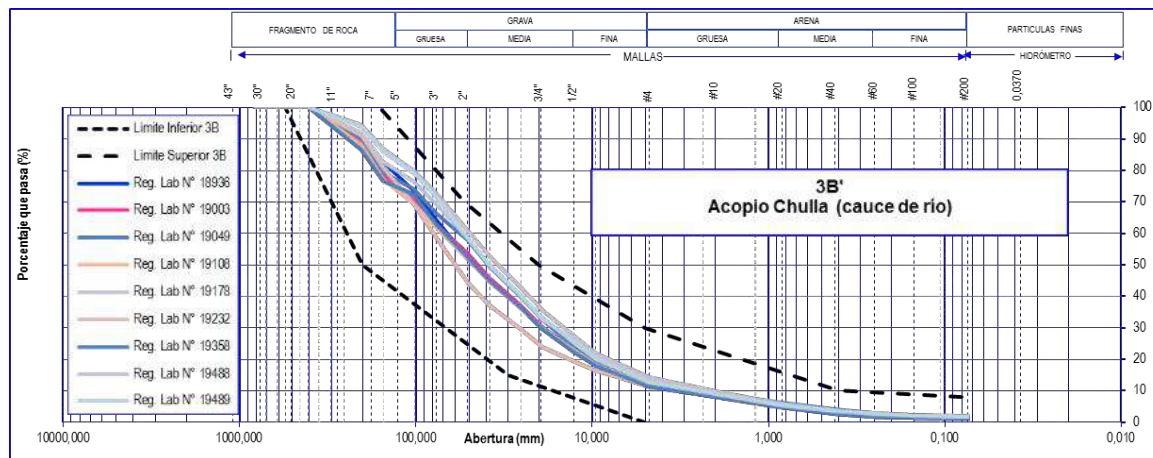
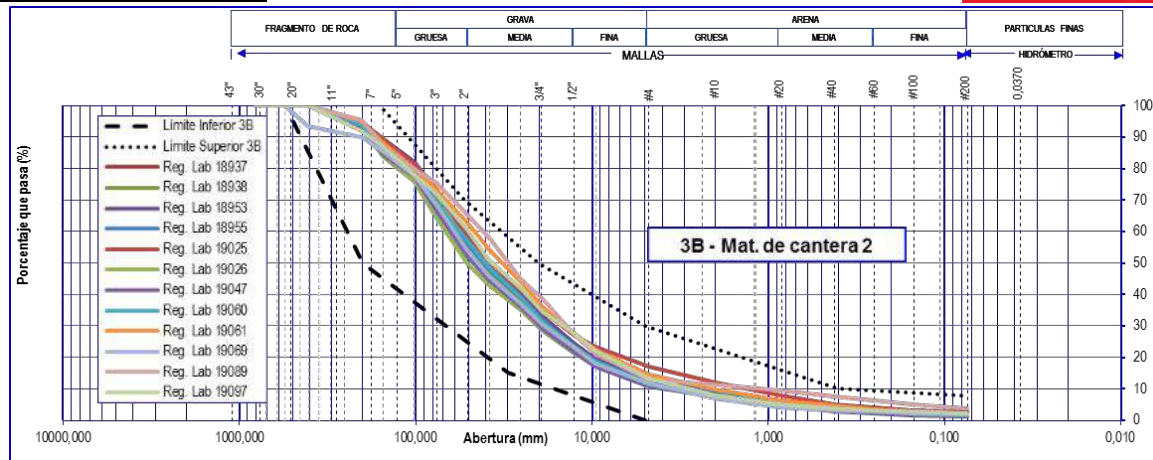
BEFC CHAGLLA

Maciço de Enrocamento – Ensaios de Densidade

ODEBRECHT



Maciço de Enrocamento – Granulometria 3B e 3B'



Tratamento de Fundação no Contato com o Aterro de Enrocamento

- Remover materiais de baixa resistencia, como solo, rocha muito alterada, descontinuidades com rocha alterada e solos.
→ Deve-se buscar uma superfície de fundação onde a resistencia do maciço seja superior a do enrocamento.



Tratamento de Fundação no Contato com o Aterro de Enrocamento

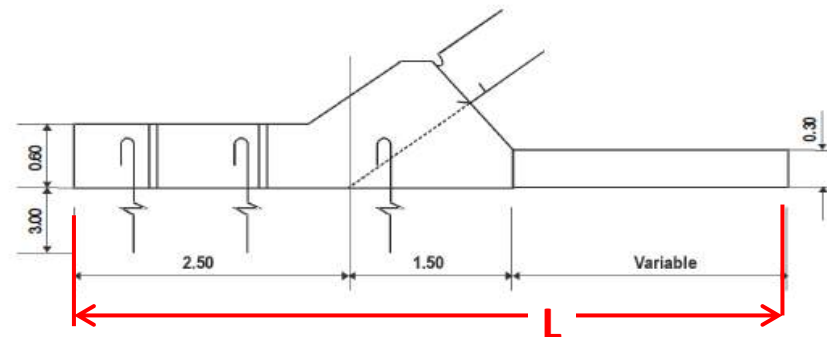
- Isolar falhas ou descontinuidades.
→ **Implantar filtro invertido antes do lançamento do enrocamento.**



O projeto executivo do plinto é um processo iterativo que considera:

- 1) A carga hidráulica (H - mca);
 - 2) A geologia da rocha de fundação do plinto:
 - Mapeamento e definição da classe do maciço de fundação.
Chaglla: RMR (Bieniawisky);
 - 3) A geometria da fundação do plinto:
 - Opções em plinto externo, plinto interno, ou plinto em muro vertical.
- A largura no plinto é definida empíricamente em função do gradiente admissível para a classe do maciço, conforme tabela abaixo ($L = H/i$):

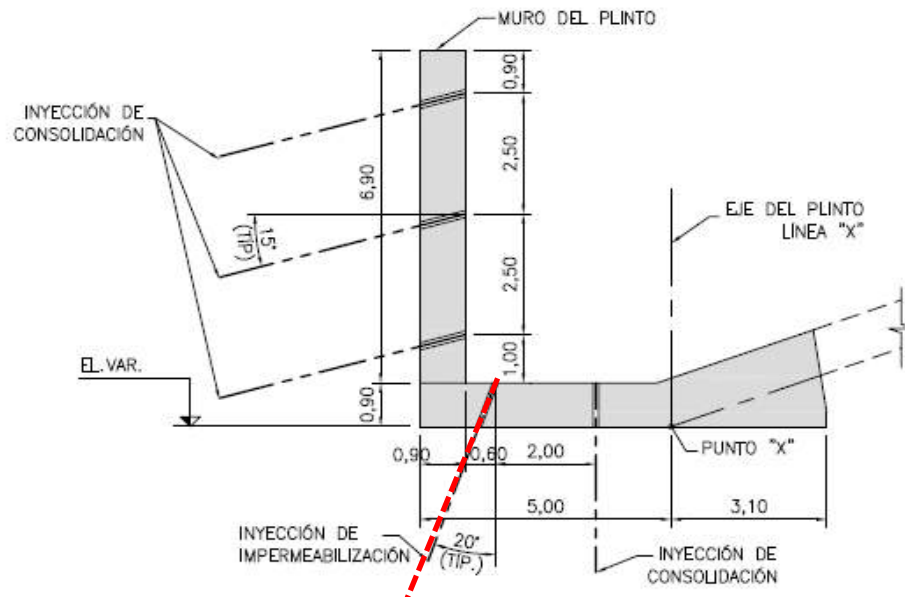
Classe de maciço	GSI	RMR	Gradiente
I	75-95	80-100	18-20
II	55-75	60-80	14-18
III	35-75	40-60	10-14
IV	20-35	20-40	4-10
V	< 20	< 20	Fundação profunda ou parede diafragma



Tratamento profundo da fundação (injeções de consolidação e impermeabilização)

Controle das infiltrações na região do plinto.

→ Injeções internas de consolidação e impermeabilização.



Tratamento profundo da fundação (injeções de consolidação e impermeabilização)

Controle das infiltrações na região do plinto.

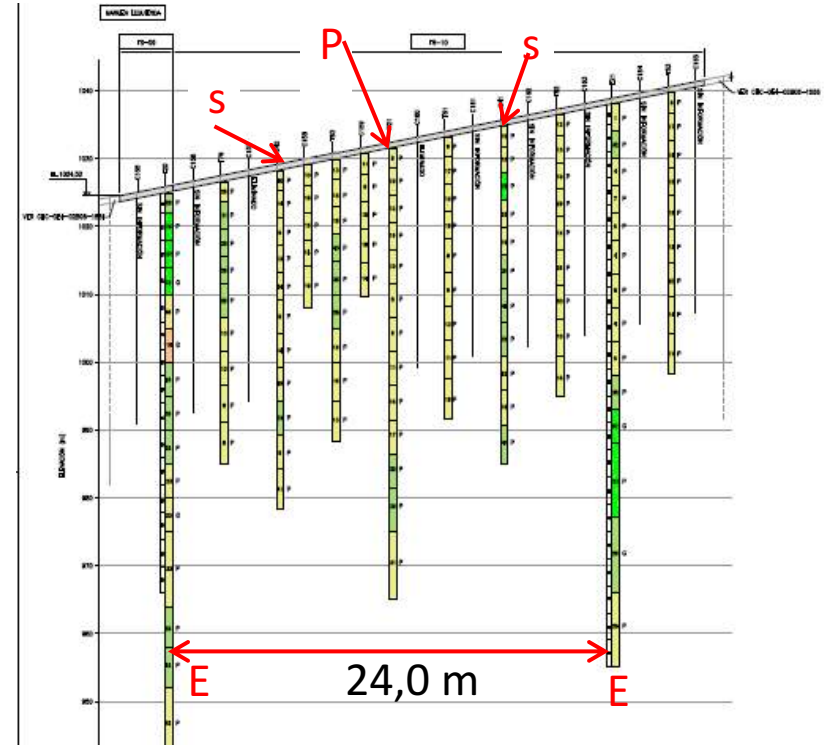
→ Injeções de impermeabilização

Linha central de furos;

Método divisional:

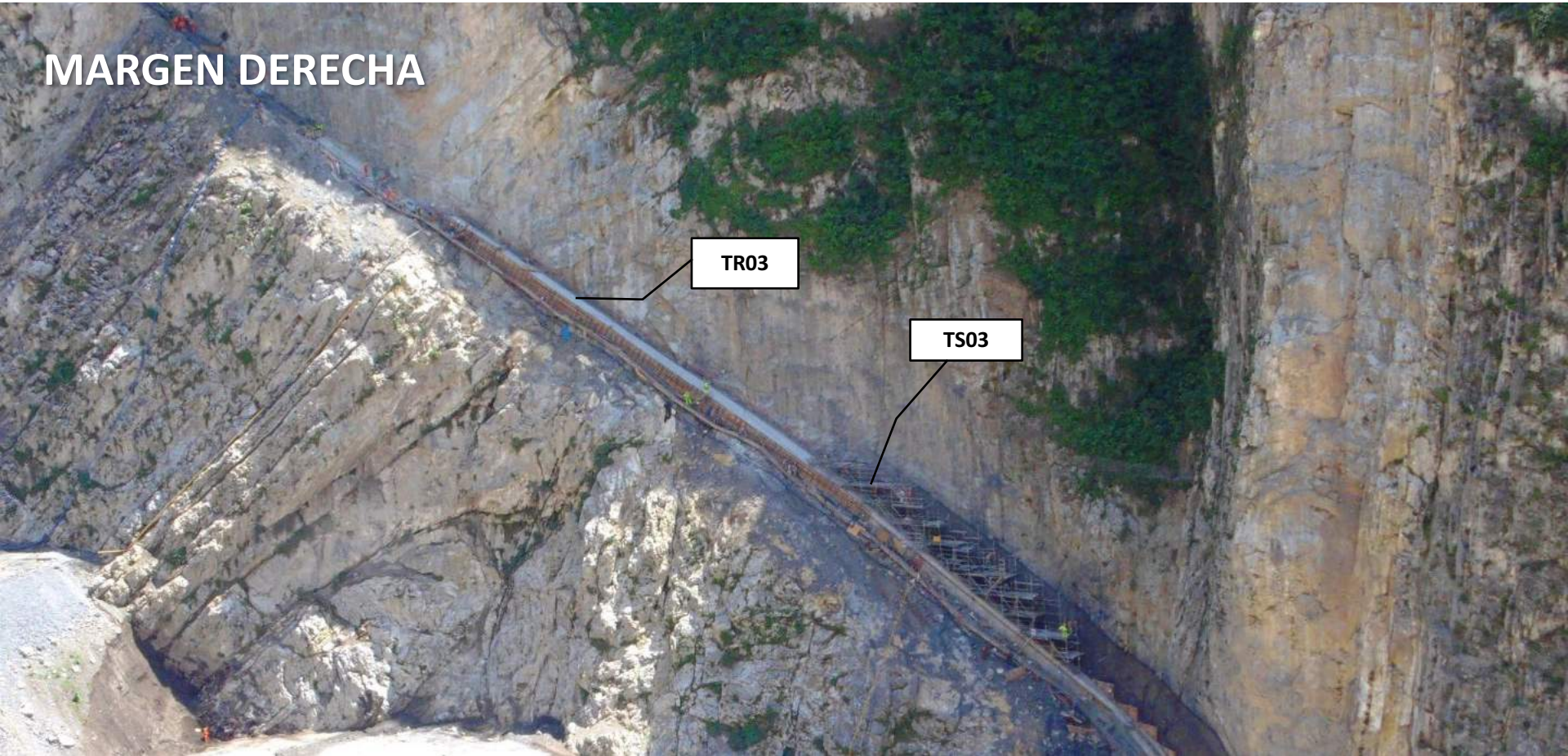
(Sequencia obrigatória: Exploratórios, Primários, Secundários e Terciários);

Profundidades da linha exploratória entre $H/3$ e $H/2$.





MARGEN DERECHA



TR03

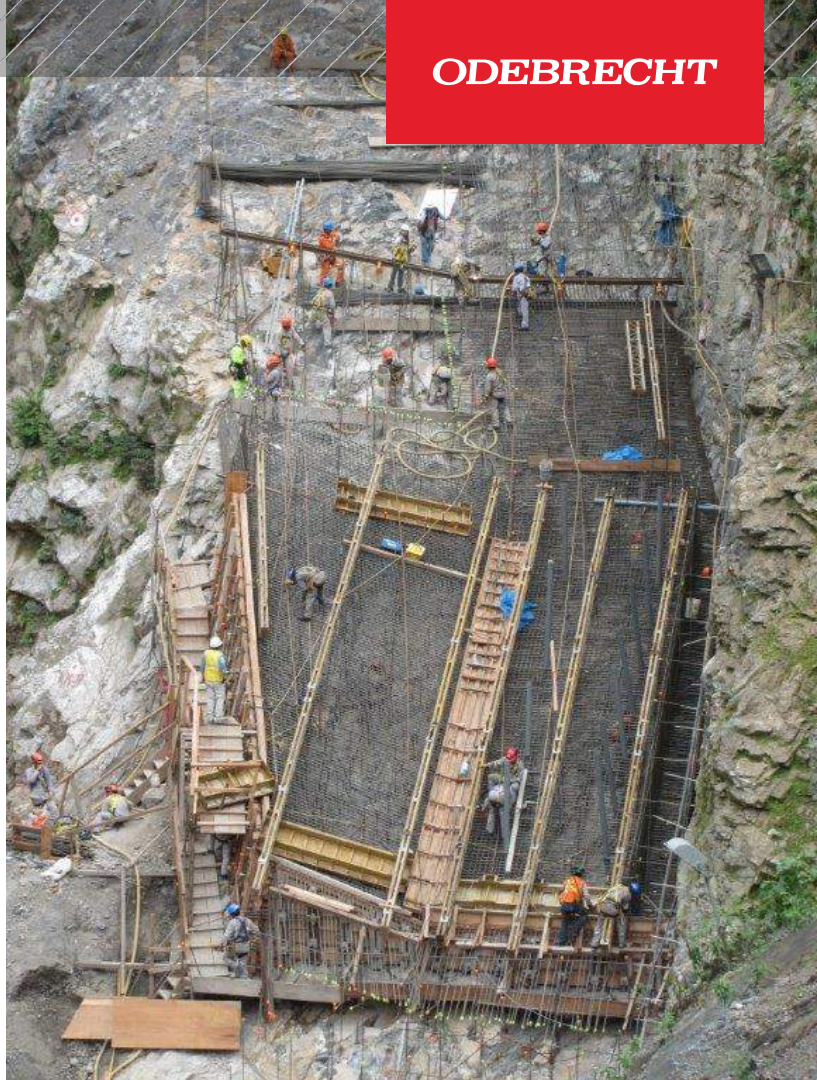
TS03

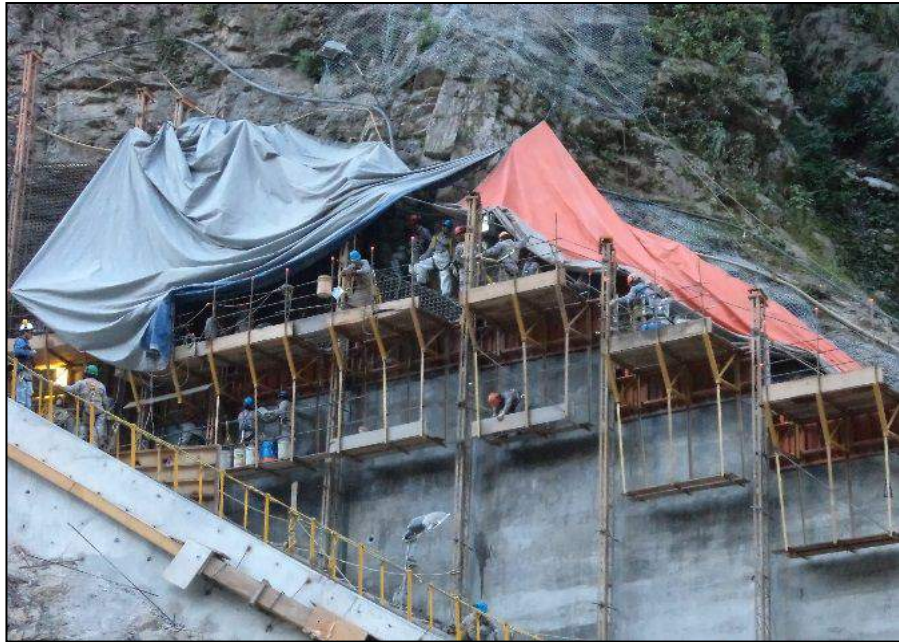
Acero (Muro)
TS05

TR06 (Muro)
El. 1,035 – 1,045

Encofrado (Muro)
TS07 – TR06







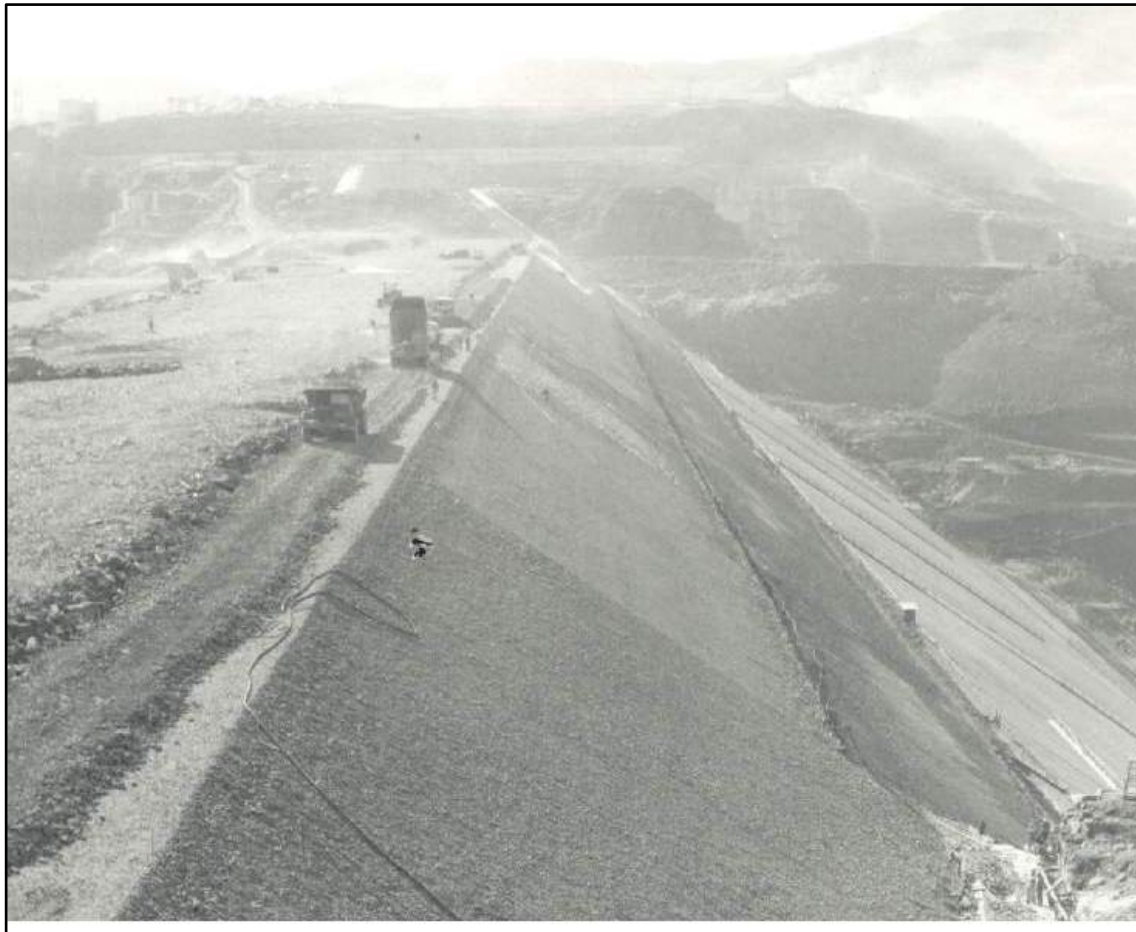


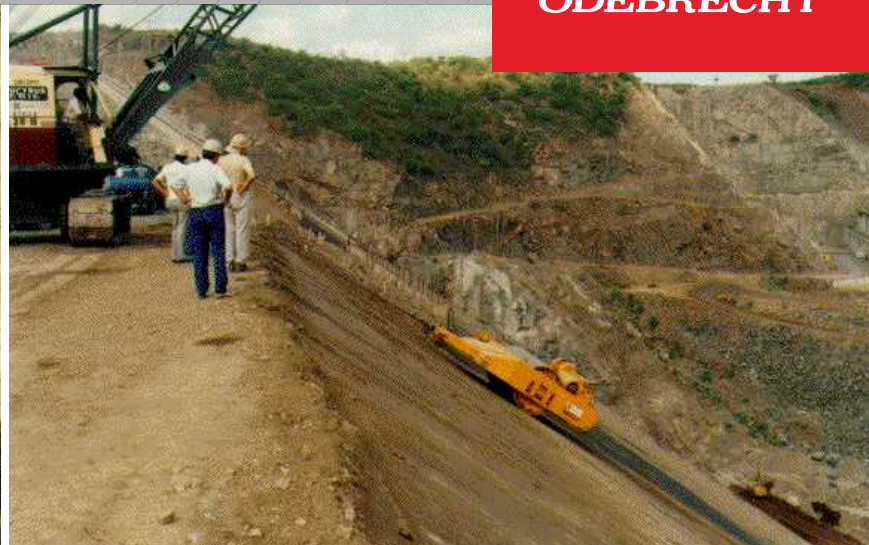
BEFC – PREPARO PARA CONCRETAGEM DA LAJE

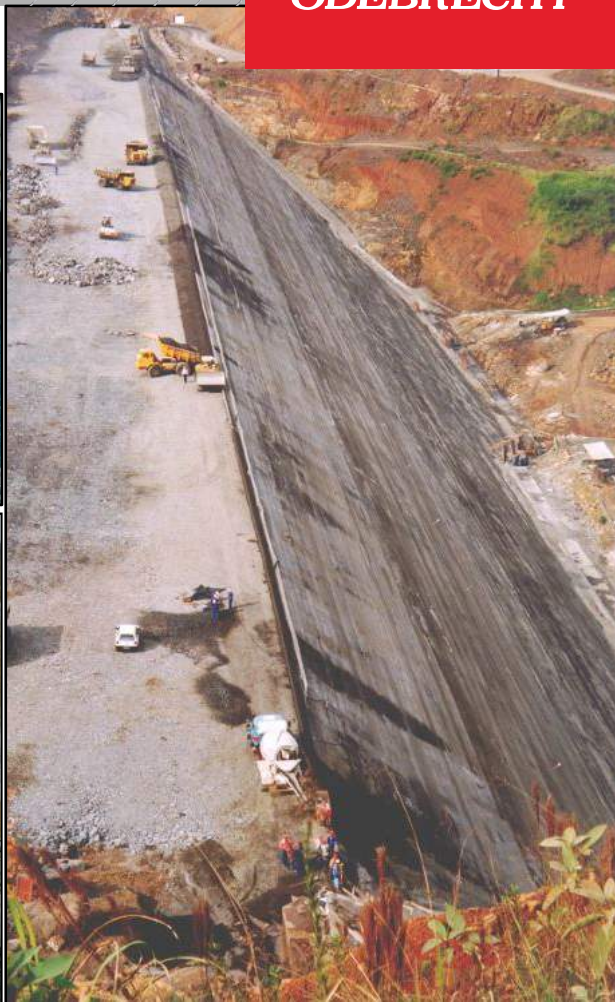
Antecedentes

ODEBRECHT









Awarding Certificate

NOMINATED BY EXPERTS ON ACCOUNT OF ITS EXCELLENT PERFORMANCE, THE ORGANIZING COMMITTEE OF THE IV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROCKFILL DAMS RECOMMENDED TO THE BRAZILIAN COMMITTEE ON DAMS - CRDB AND THE CHINESE COMMITTEE ON LARGE DAMS - CHINCOLD THE AWARD TO THE

ITÁ DAM

OWNED AND MANAGED BY

Itá Consortium (ENGIE - CSN - ITAMBÉ)

AND DESIGNED BY

ENGEVIX Engenharia S.A.

AND CONSTRUCTED BY

CONSTRUTORA NORBERTO ODEBRECHT S.A.

OF THE TITLE OF

INTERNATIONAL MILESTONE ROCKFILL DAM PROJECT



Anton Schless
PRESIDENT OF ICOLD
ANTON SCHLESS



Brasil P. Machado
PRESIDENT OF CRDB
BRASIL P. MACHADO



Jiao Yong
PRESIDENT OF CHINCOLD
JIAO YONG

BELO HORIZONTE, BRAZIL, 17TH OF MAY, 2017

Método Itá em Concreto Extrudado



Método Itá em Concreto Extrudado



VERTEDOURO

TOMADA
D'ÁGUA

LAJES
A INICIAR

LAJES
CONCLUÍDAS



Espessura da laje de concreto

Fórmula empírica geral: $e = e_i + kH$

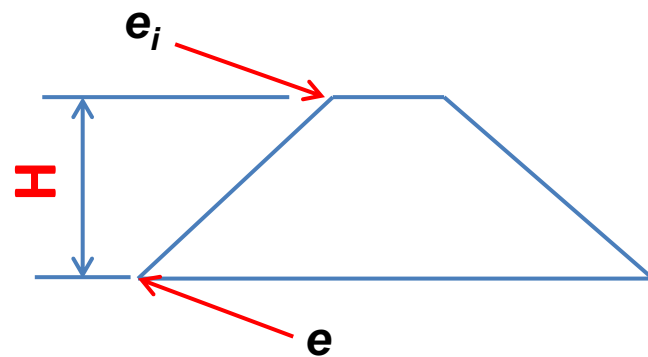
E_i = espessura inicial junto ao pé do Muro Parapeito, ou espessura mínima.

E_{\min} : 0,30 m.

k : variável entre $0,002 \leq k \leq 0,004$

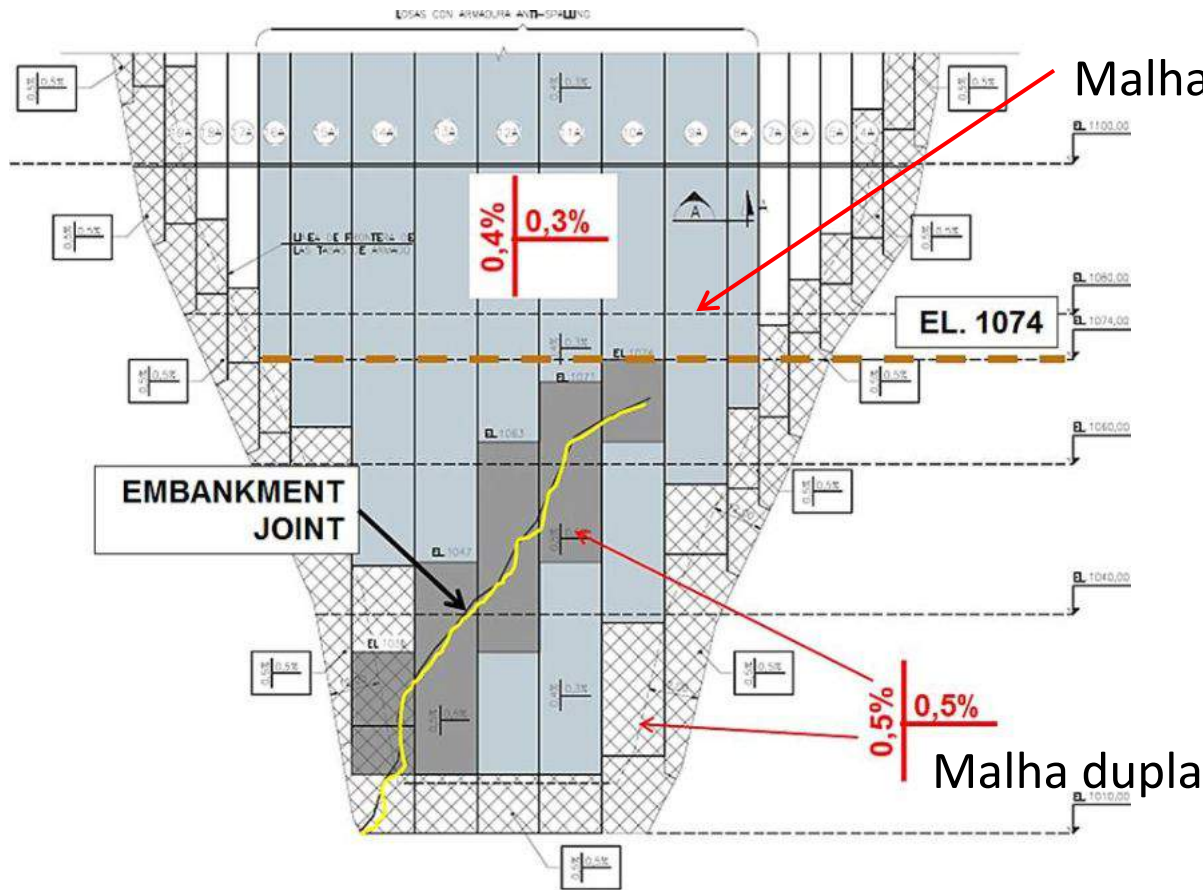
H : Carga hidrostática (mca)

→ Chaglla: $e = 0,30 + 0,003 H$
(30 cm no topo, 93 cm na base)



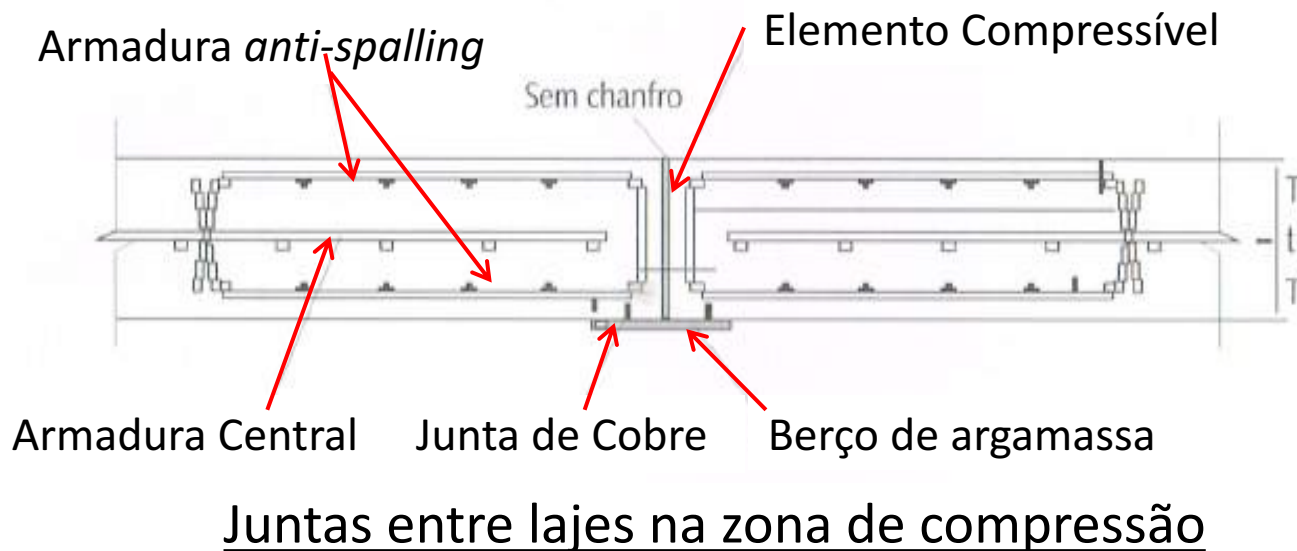
Armadura

→ Chaglla:

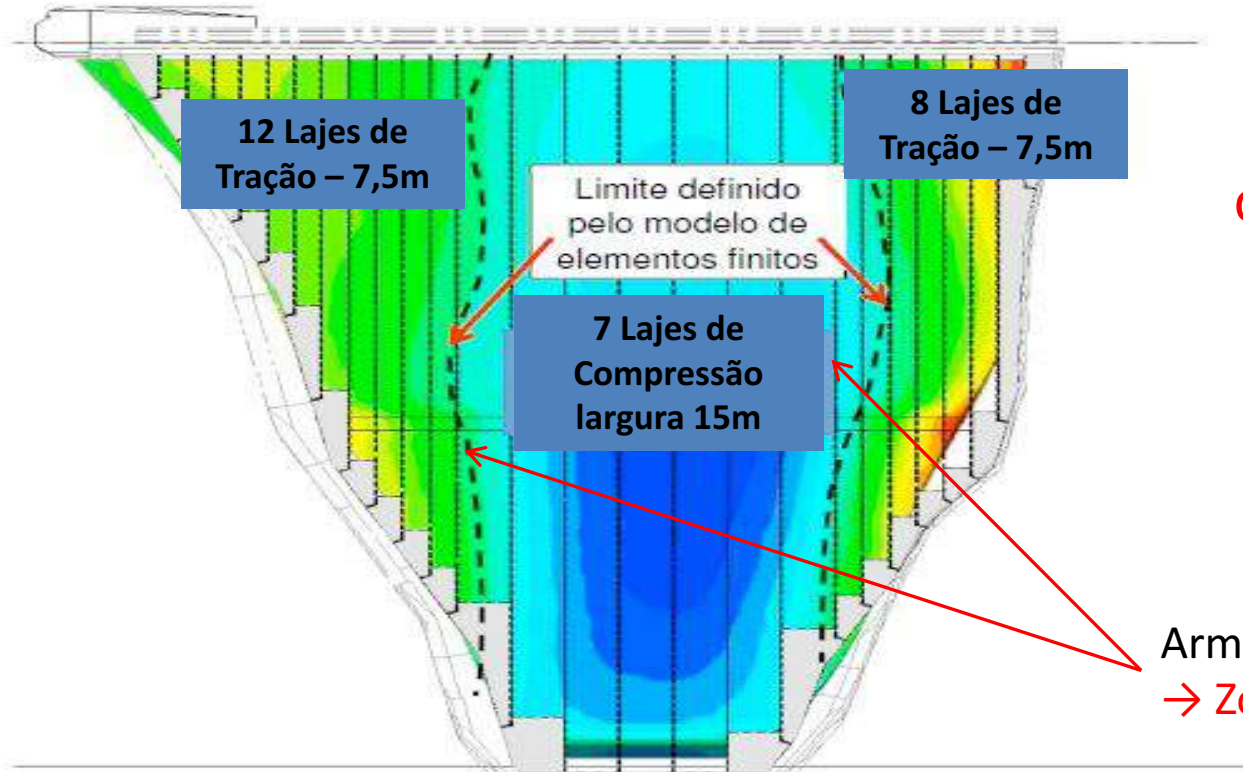


Armadura

Critério adicional adotado em BEFCs de grande altura após 2006, devido incidentes em TSQ1 (China), Campos Novos e Barra Grande (Brasil) e Mohale (Africa do Sul):



Armadura



Distribuição das zonas de tensão e compressão nas lajes

Baseado em estudos Tensão x Deformação 3D feitos na fase CONSTRUTIVA

Armadura anti-spalling
→ Zona de Compressão





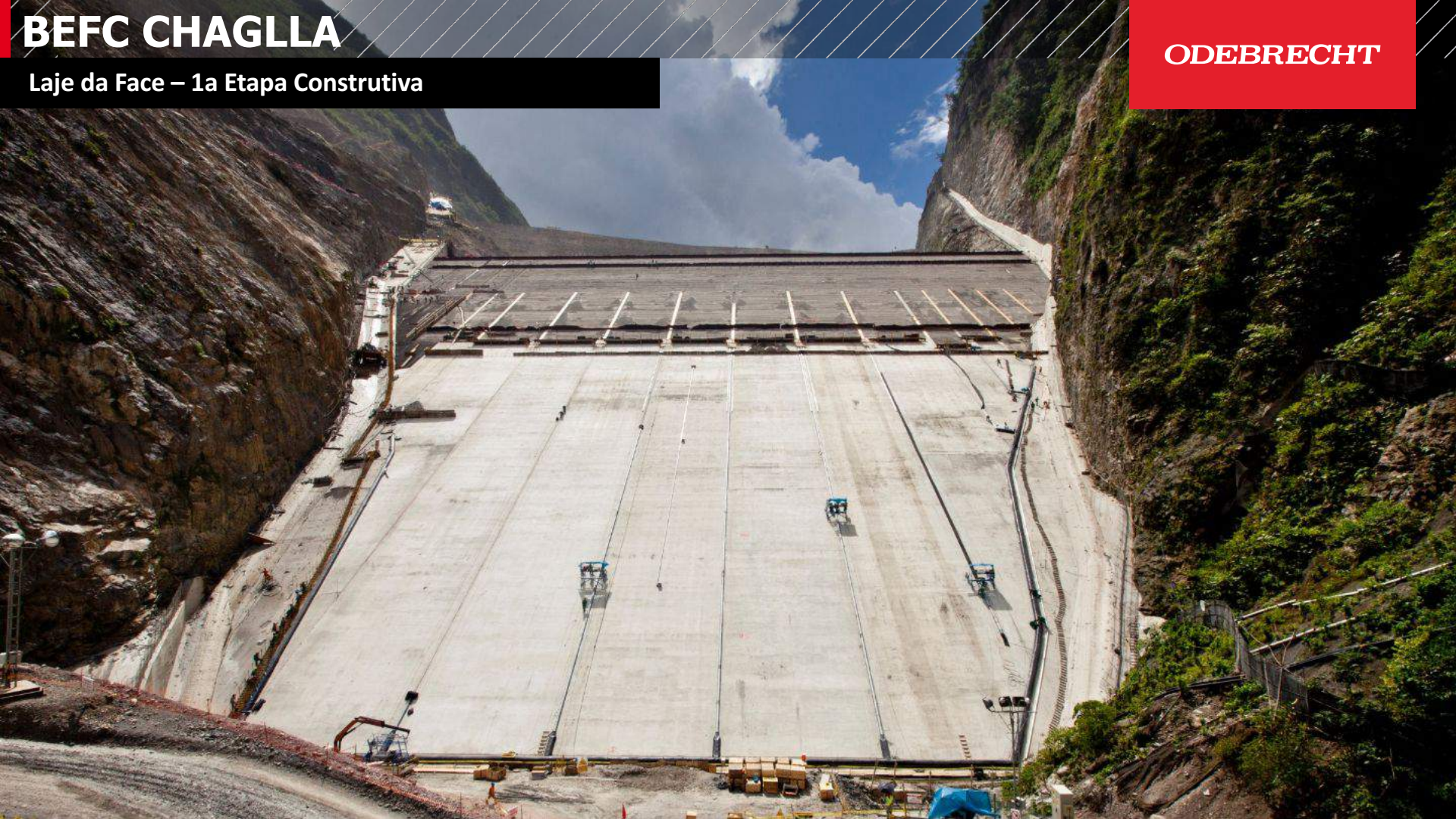




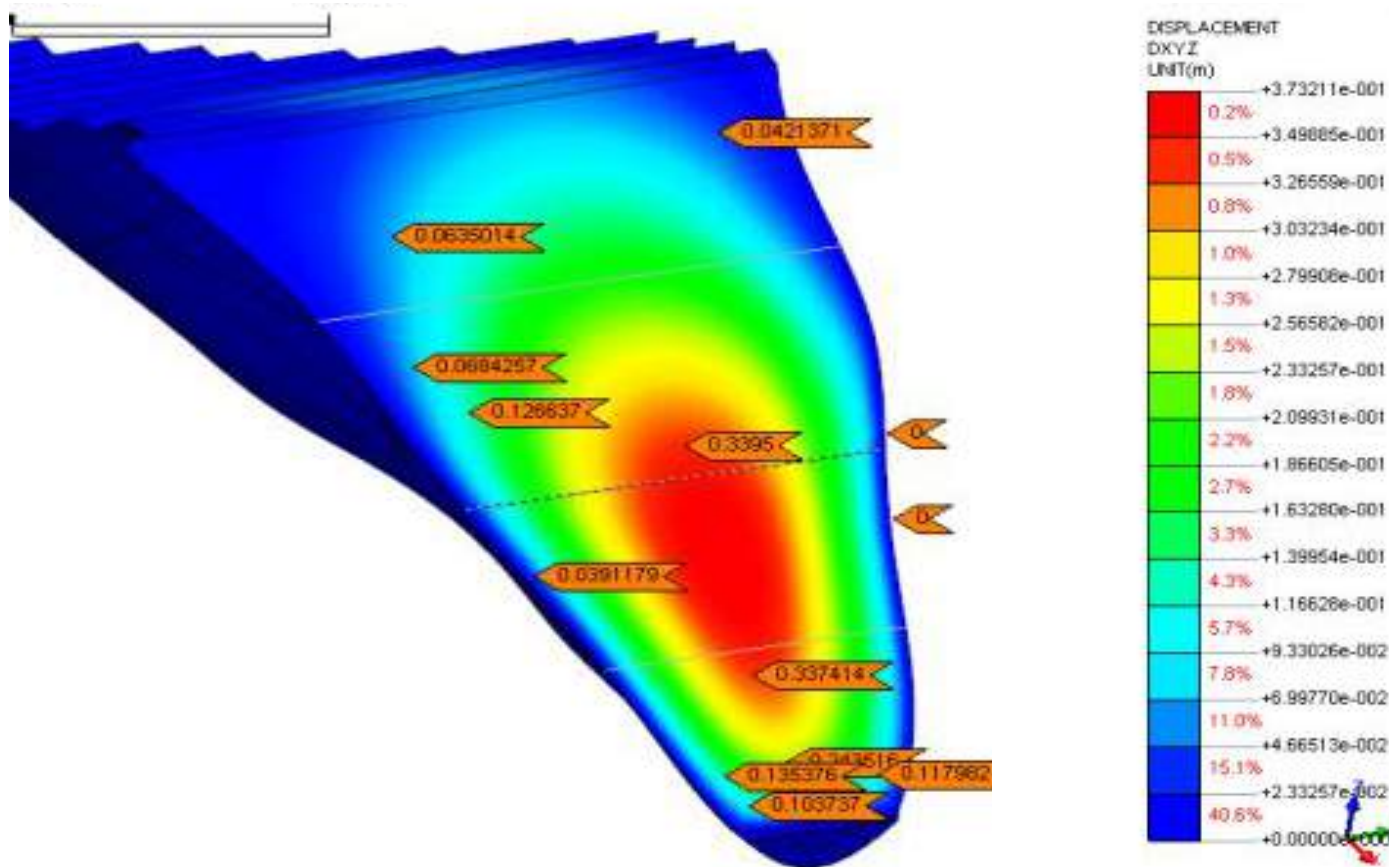
BEFC CHAGLLA

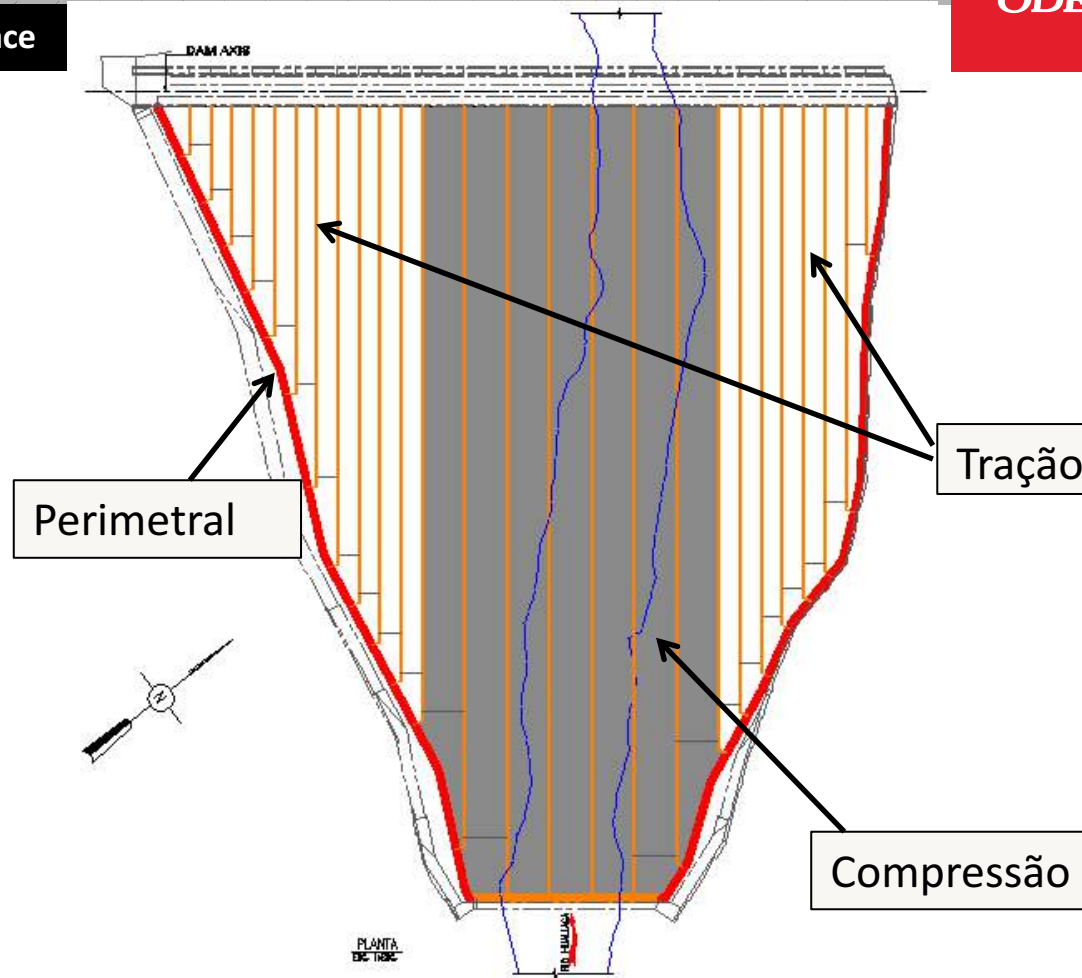
Laje da Face – 1a Etapa Construtiva

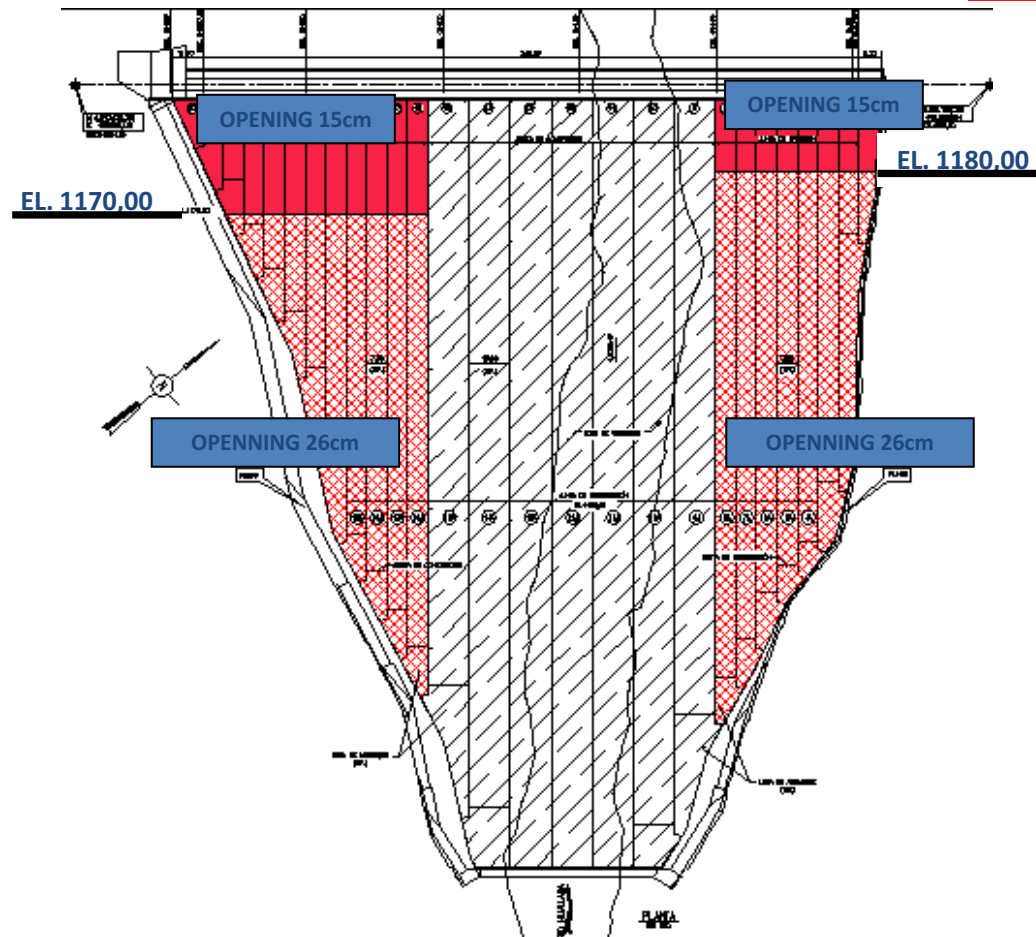
ODEBRECHT



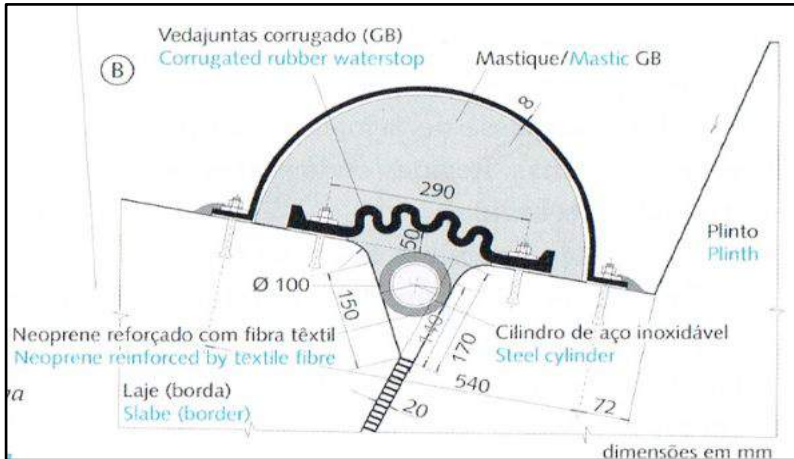
Análises em
FEM
Deslocamentos
(dxyz)





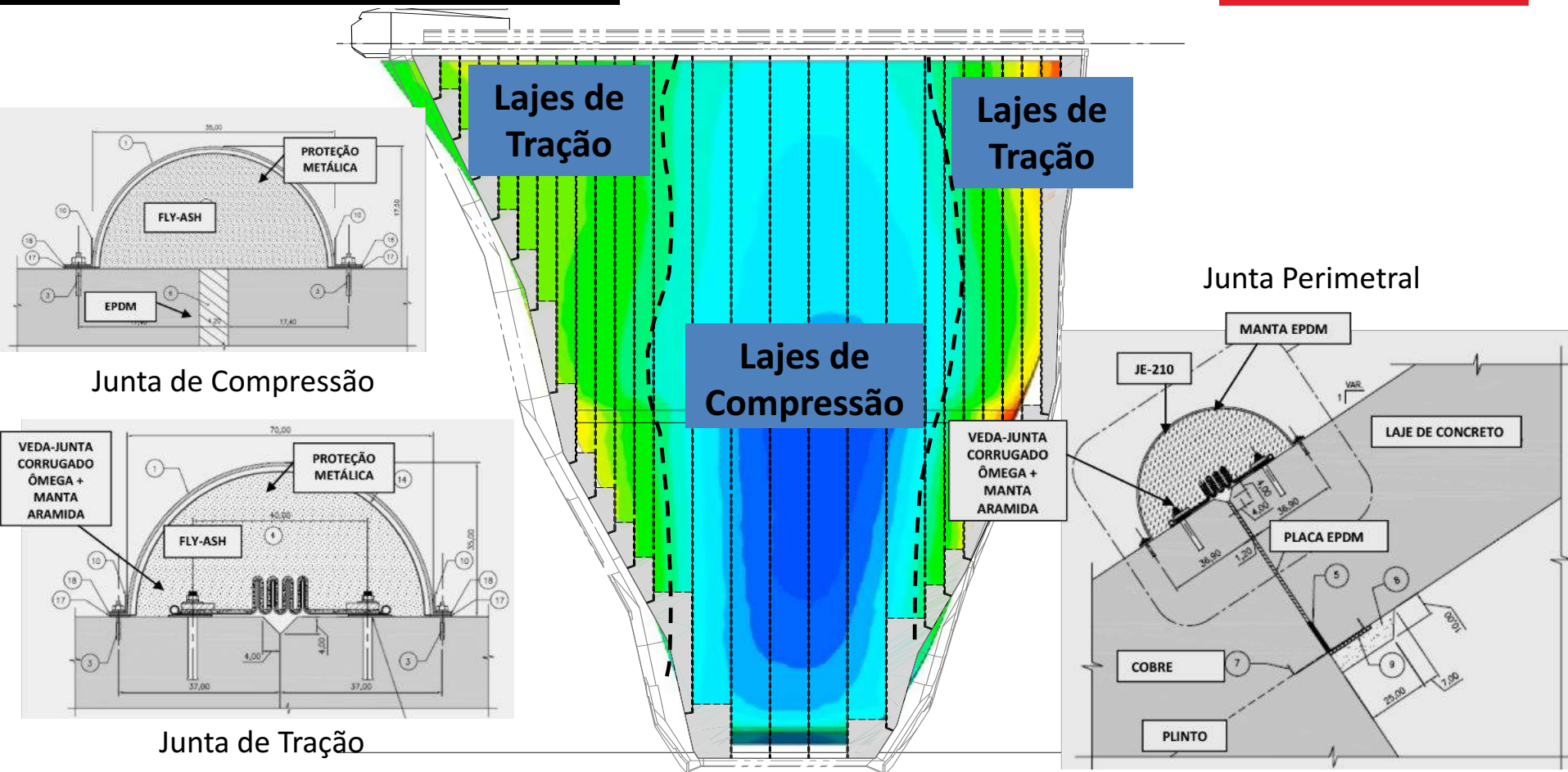


Junta Perimetral

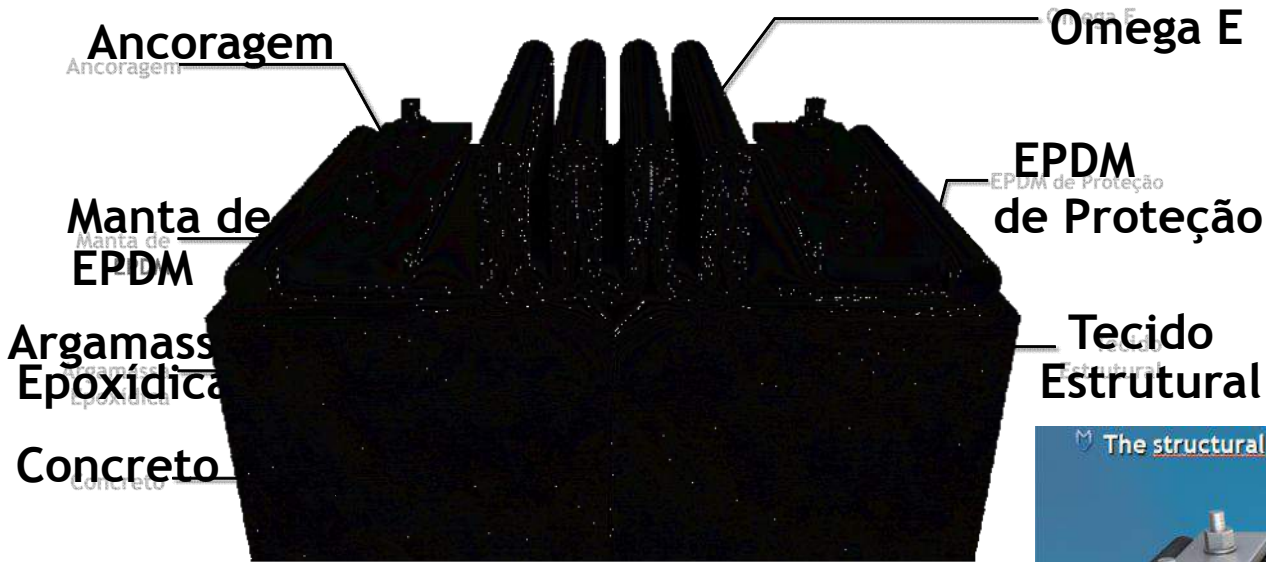


Junta perimetral com veda-juntas corrugado empregado na
BEFC Shuybuia – 233 m (China)

Crítérios de Projeto – Juntas da Face

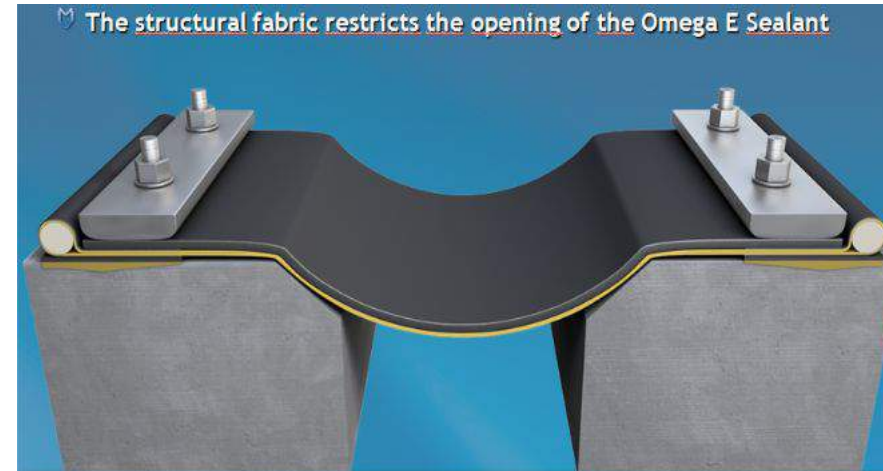


Critérios de Projeto – Veda Juntas EPDM E

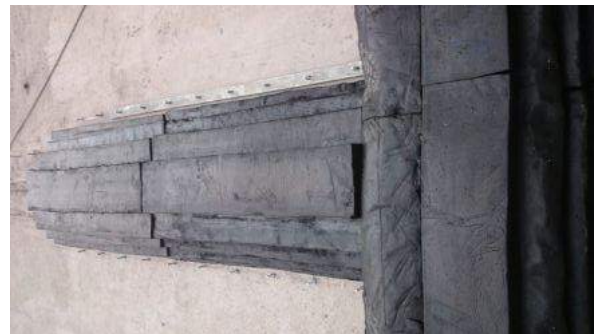


Elastômero EPDM
+ Tecido KEVLAR

Vedajunta – Junta de Tração e Perimetral



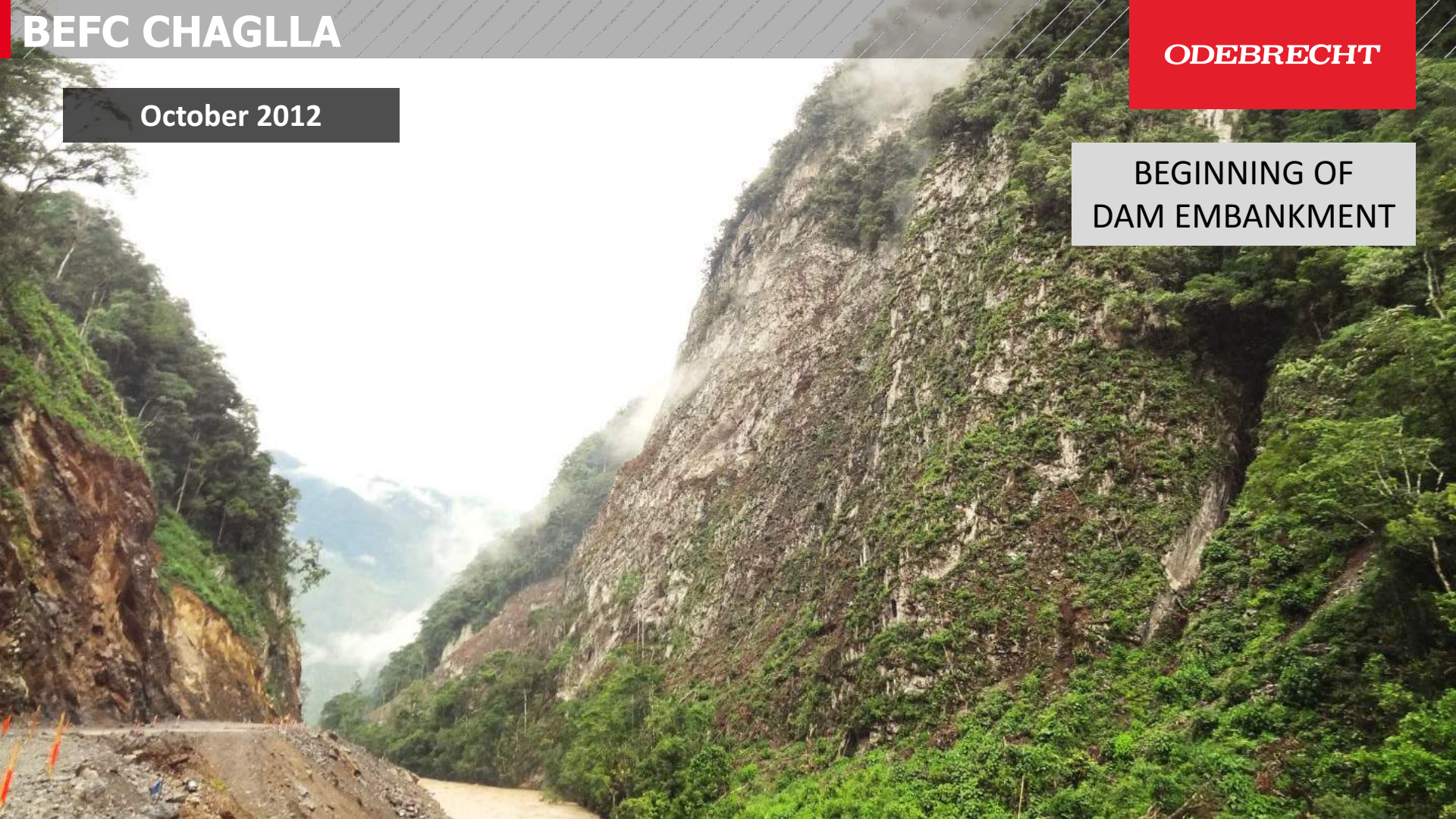






October 2012

**BEGINNING OF
DAM EMBANKMENT**



Ênfase no Trabalho em Altura



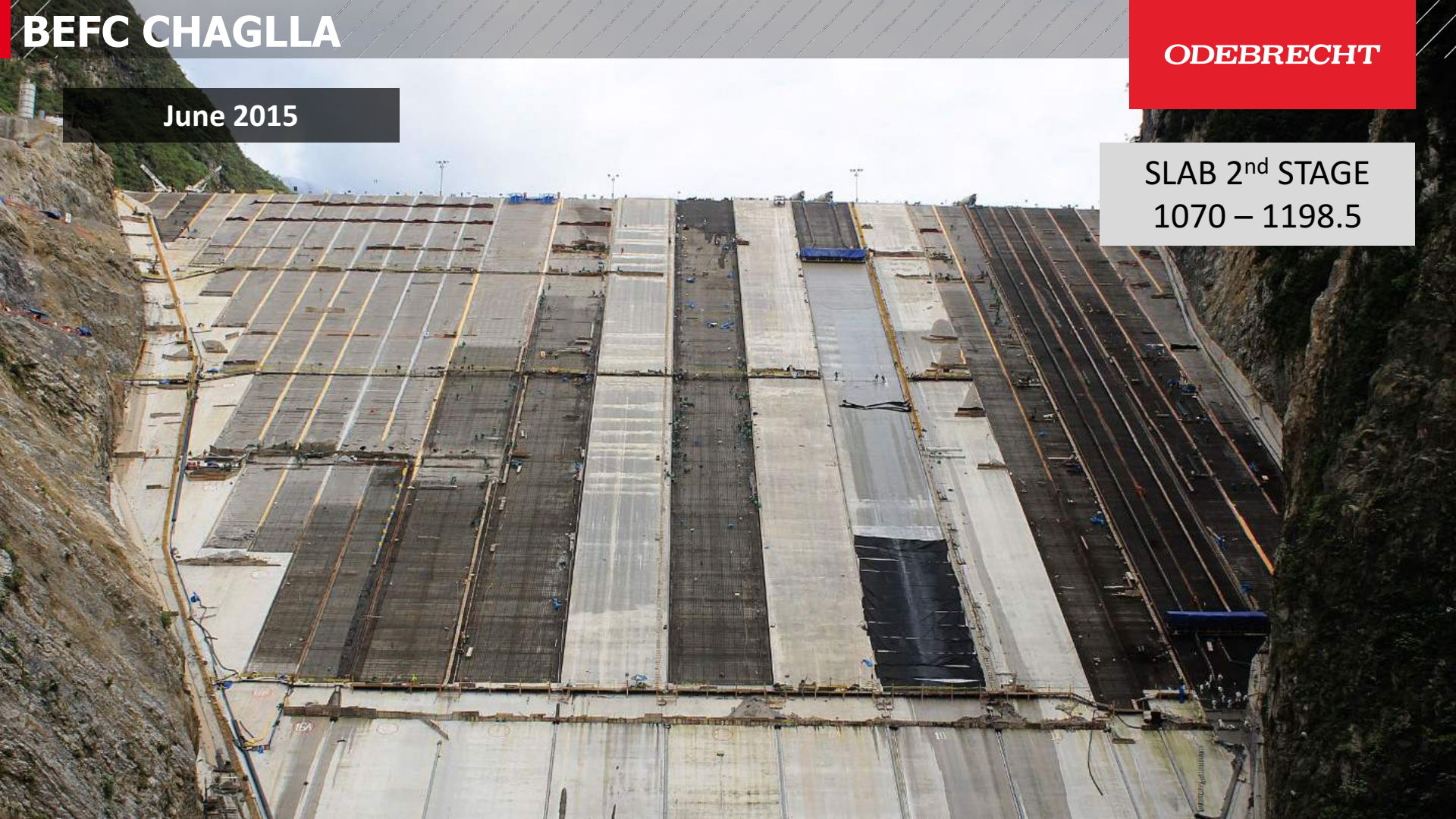
May 2015

ROCKFILL STAGE 04



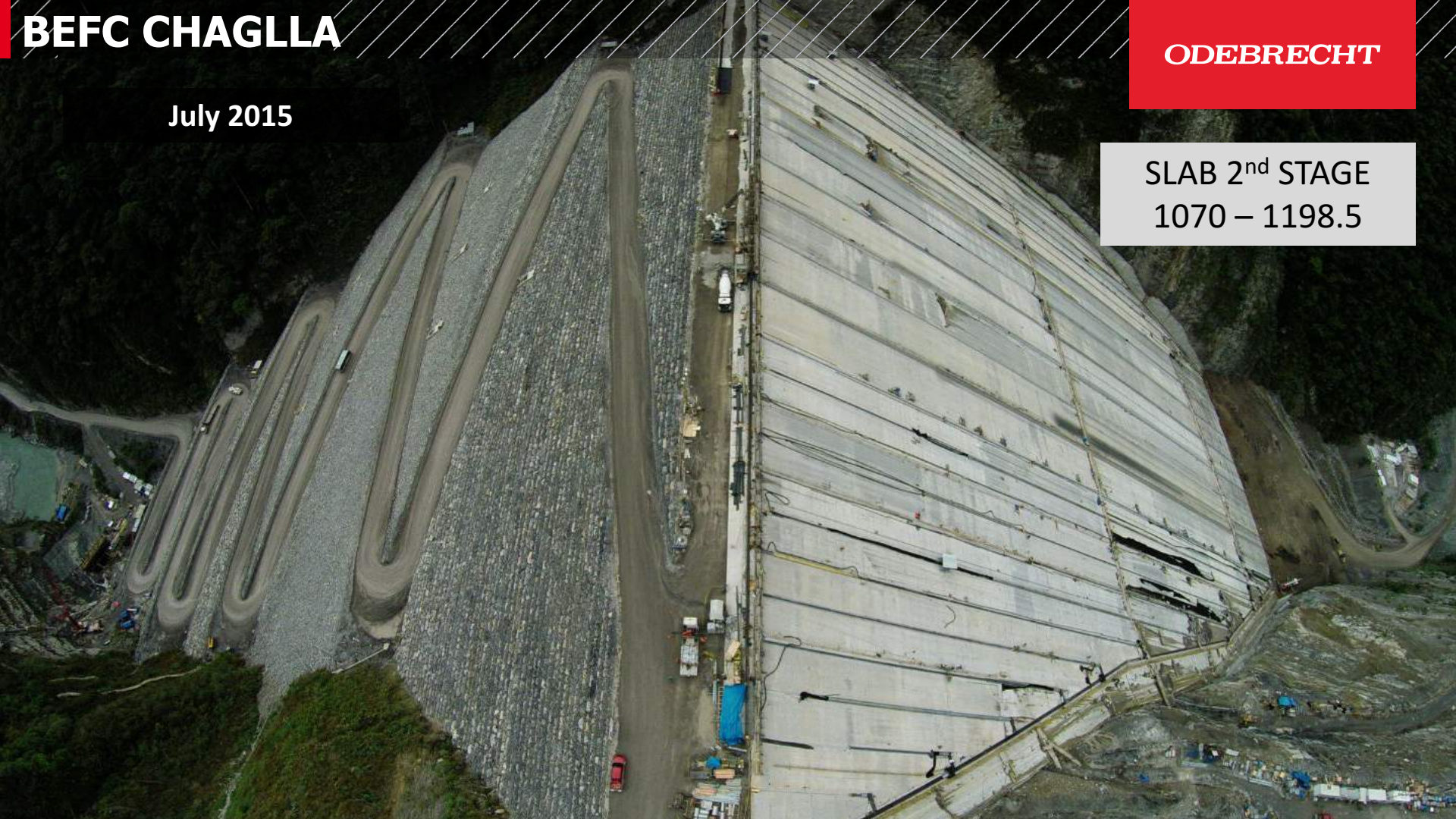
June 2015

SLAB 2nd STAGE
1070 – 1198.5



July 2015

SLAB 2nd STAGE
1070 – 1198.5



August 2015

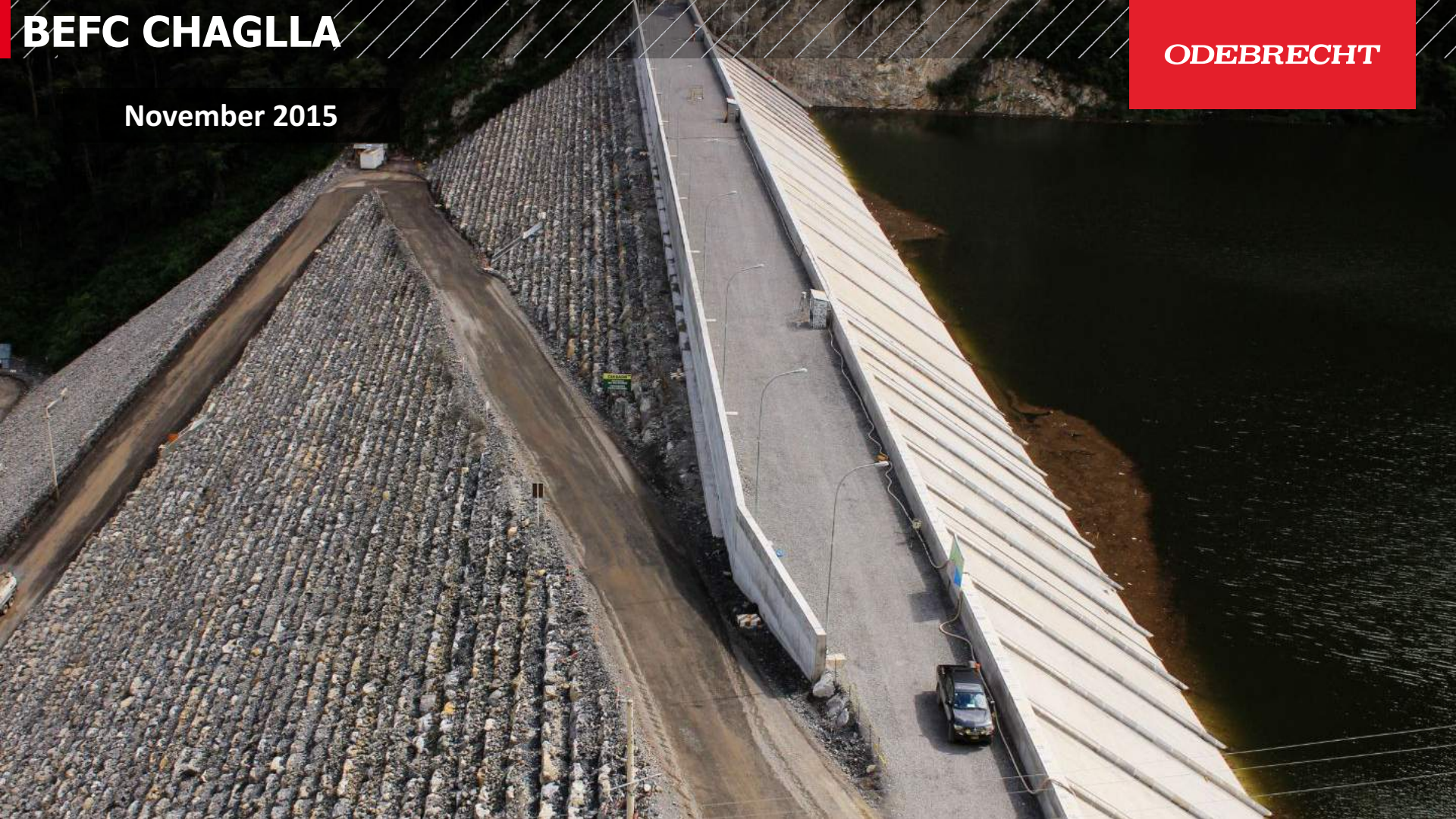
MURO PARAPEITO



BEFC CHAGLLA

ODEBRECHT

November 2015



Usina Hidrelétrica Chaglla

ODEBRECHT

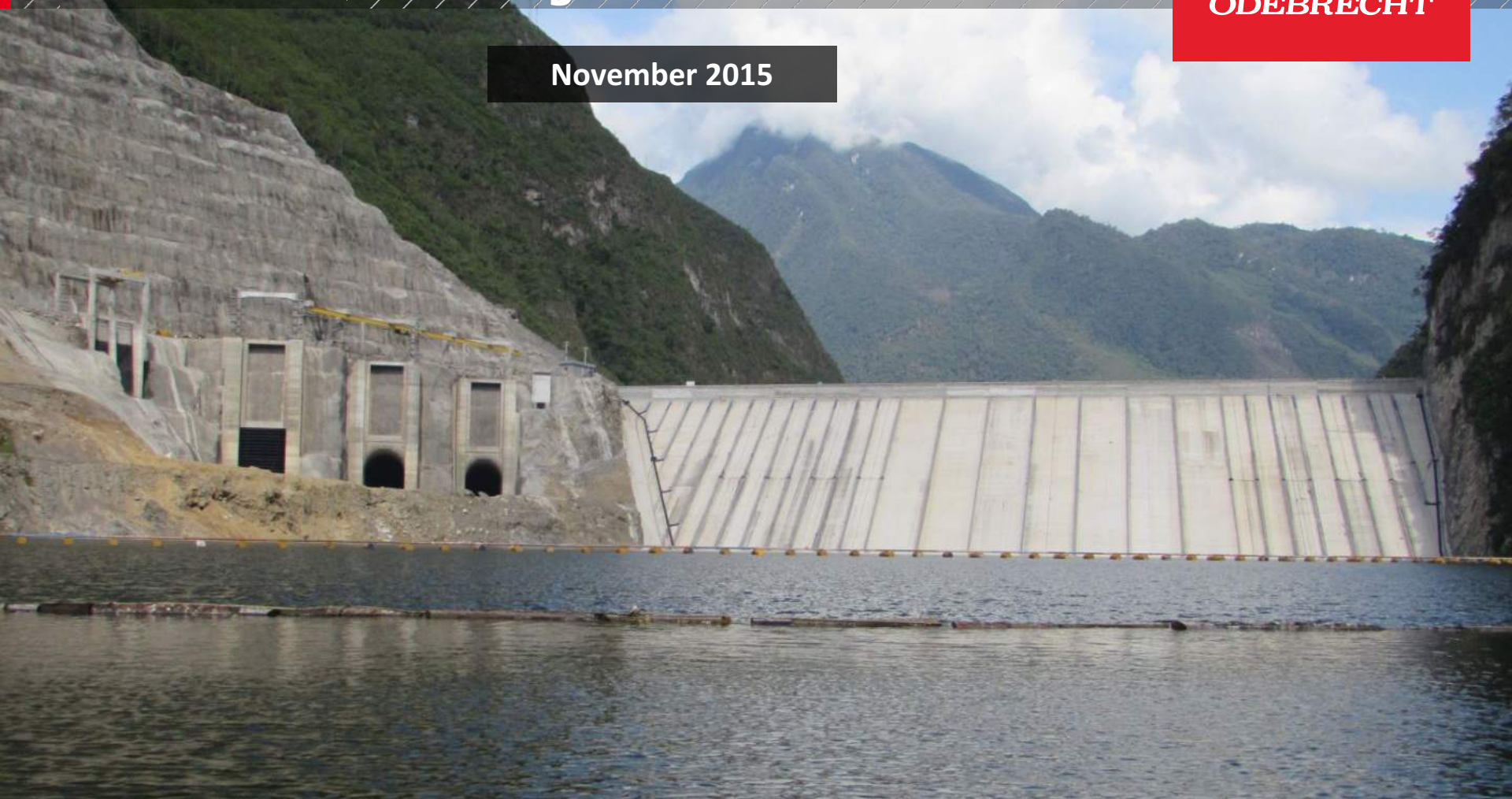
October 2015



Usina Hidrelétrica Chaglla

ODEBRECHT

November 2015



Usina Hidrelétrica Chaglla

ODEBRECHT

December 2015



Intake

Spillway

Flow

Dam

Usina Hidrelétrica Chaglla

ODEBRECHT

December 2015

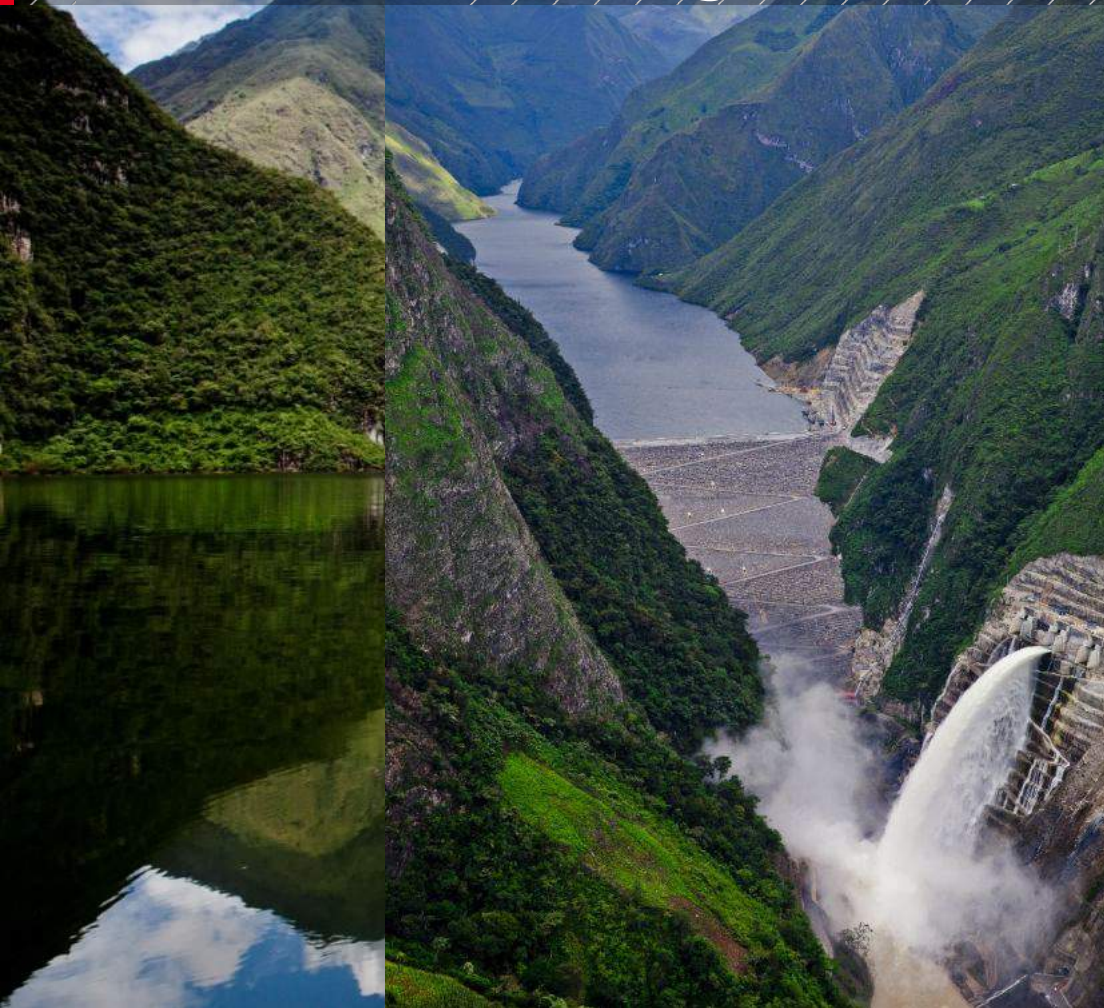


Usina Hidrelétrica Chaglla

ODEBRECHT



Usina Hidrelétrica Chaglla



Awarding Certificate

NOMINATED BY EXPERTS ON ACCOUNT OF ITS EXCELLENT PERFORMANCE, THE ORGANIZING COMMITTEE OF THE IV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROCKFILL DAMS RECOMMENDED TO THE BRAZILIAN COMMITTEE ON DAMS - CBDB AND THE CHINESE COMMITTEE ON LARGE DAMS - CHINCOLD THE AWARD TO THE

CHAGLLA DAM

OWNED AND MANAGED BY

EGH - Empresa de Generación Huallaga

AND DESIGNED BY

INTERTECHNE Consultores S.A.

AND CONSTRUCTED BY

ODEBRECHT S.A.

OF THE TITLE OF

INTERNATIONAL MILESTONE ROCKFILL DAM PROJECT



Anton Schliebs
PRESIDENT OF ICOLD
ANTON SCHLIEBS



Brasil R. Kachlano
PRESIDENT OF CBDB
BRASIL R. KACHLANO



Jiao Yong
PRESIDENT OF CHINCOLD
JIAO YONG

BELO HORIZONTE, BRAZIL, 17TH OF MAY, 2017

ODEBRECHT

OBRIGADO!

Agradecimentos a:

**Leonardo Borgatti (Odebrecht - PE)
Alex Calcina (Intertechne - BR)**

OBRIGADO!