

# PRESA DE RULES

en el río Guadalfeo  
(Granada)



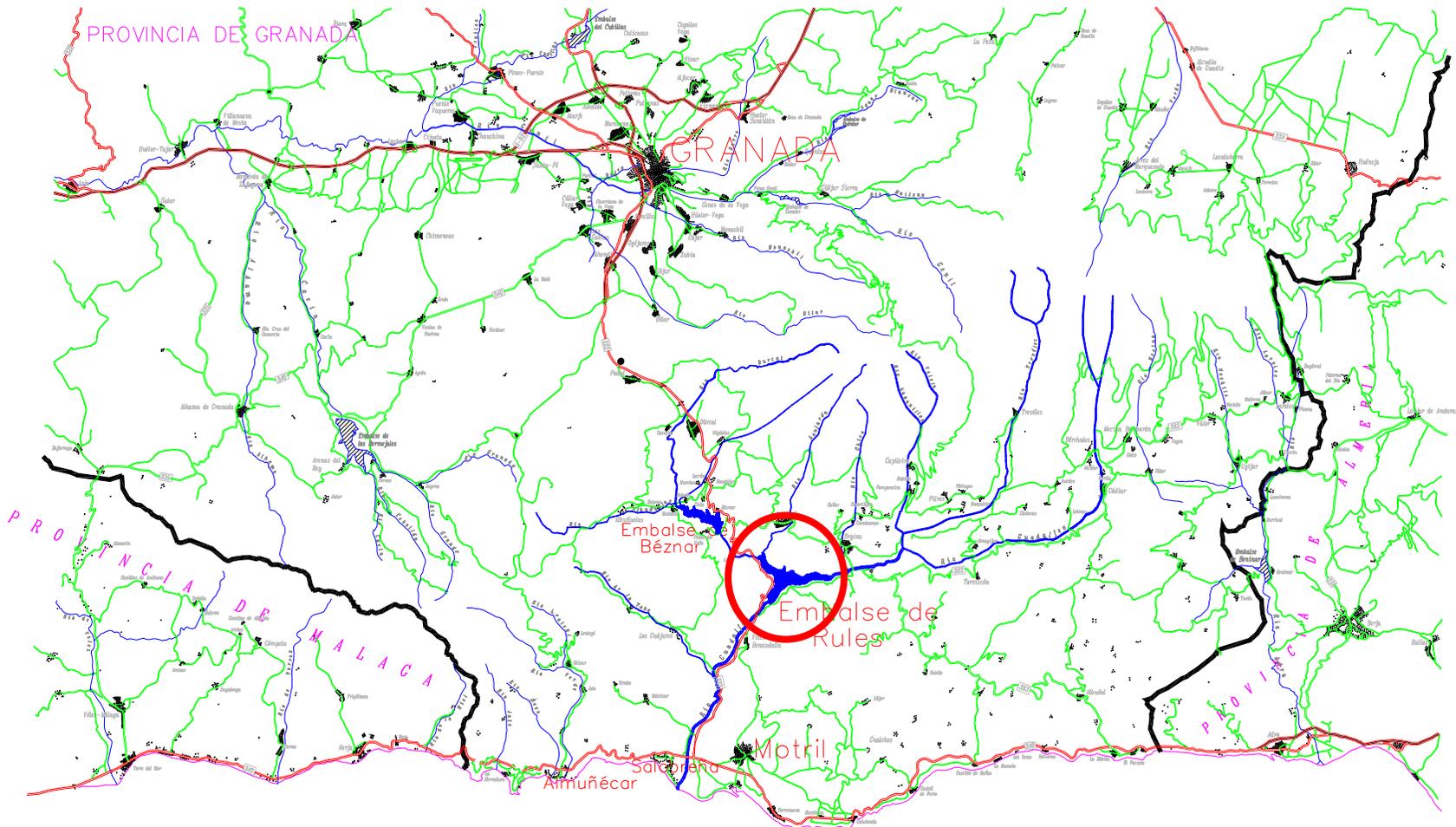
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE  
CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL SUR  
PRESA DE RULES

**ferrovial**

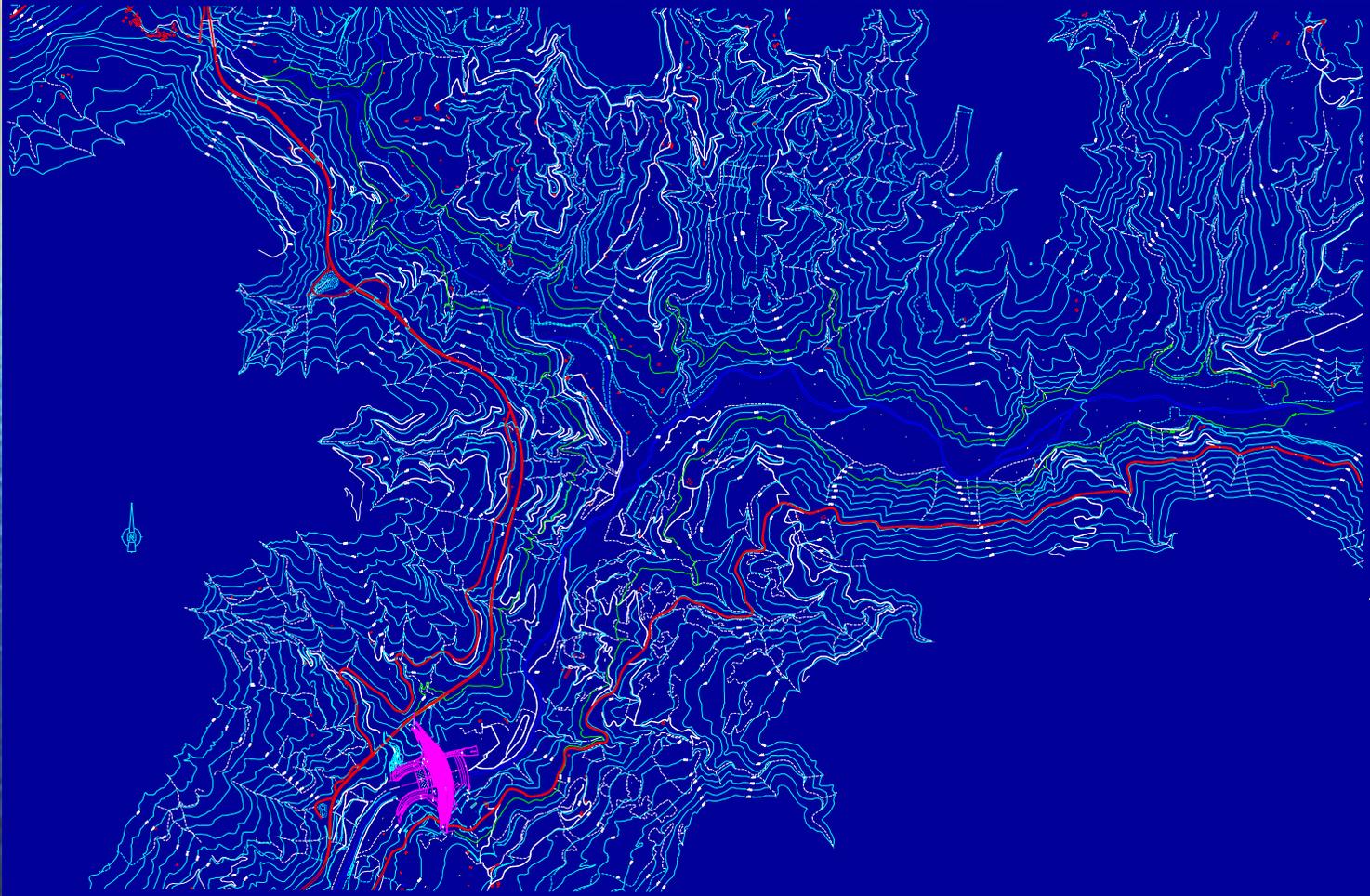
  
**AGROMAN**



# Presas de Rules



# Planta general del embalse



# Presas de Rules

- Vista aérea



# Presa de Rules

- **Ubicación:**

- Cuenca Hidrográfica del Sur

- Río Guadalfeo

- Términos municipales:

- Vélez de Benaudalla

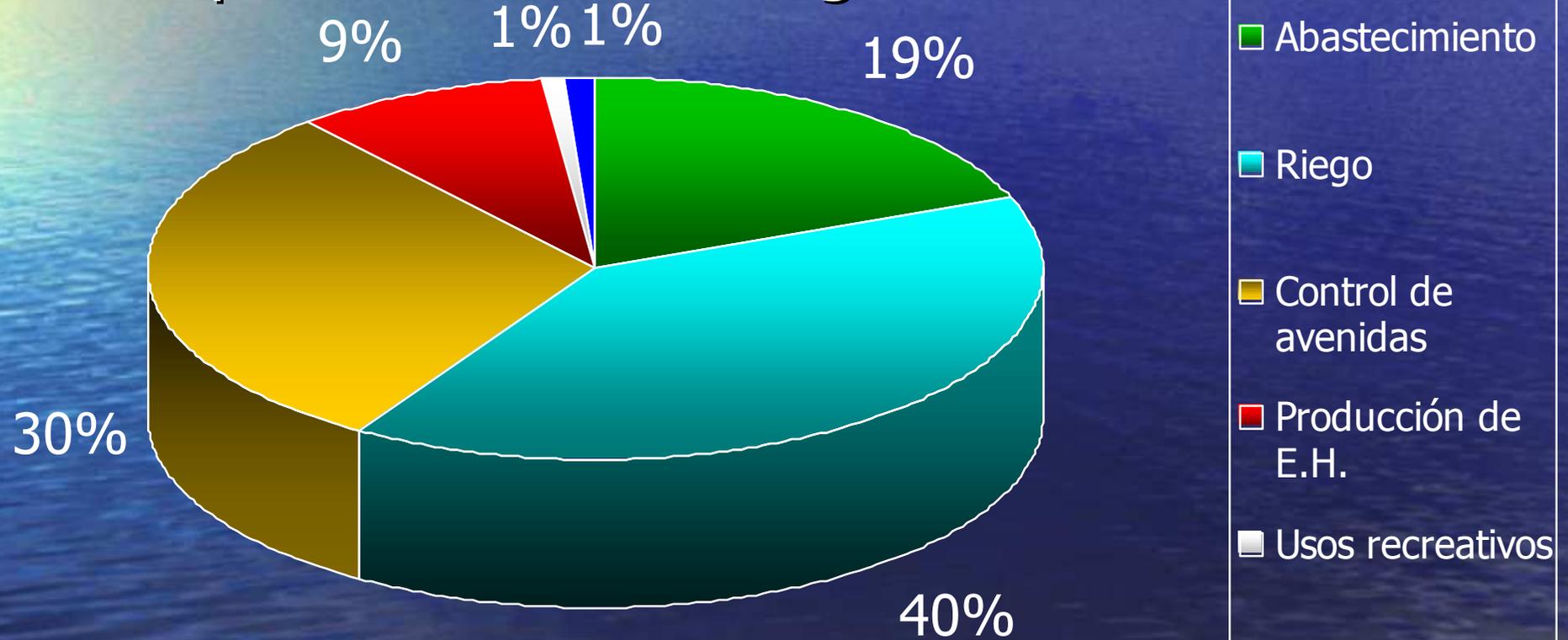
- Órgiva

- Lanjarón

- El Pinar

# Usos previstos del embalse de Rules

- Reparto de usos del agua:



# Características hidrológicas de la cuenca (I)

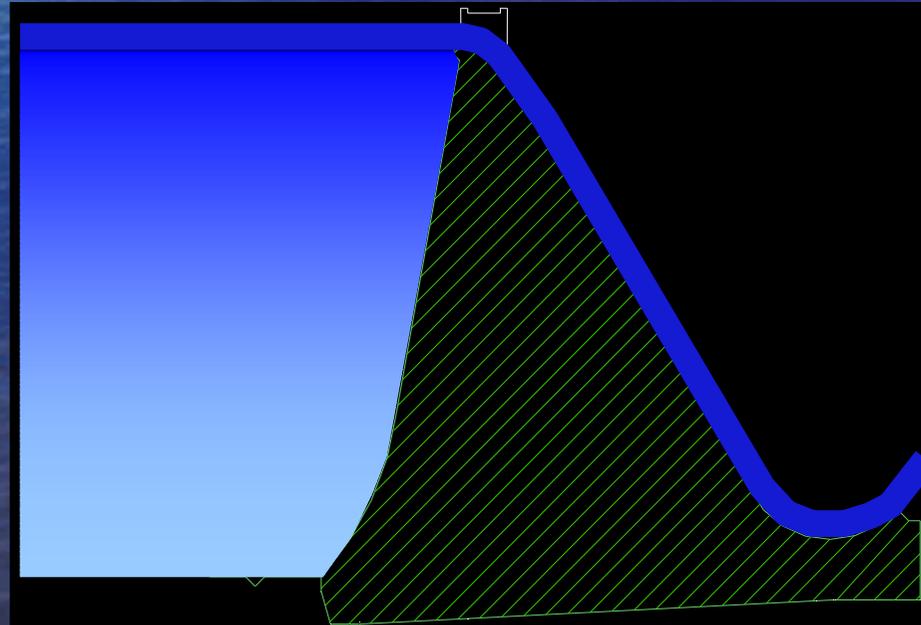
- Superficie de la cuenca aportadora  
al embalse  
**1.070 Km<sup>2</sup>**
- Aportación media del río en el  
punto de cierre  
**210 Hm<sup>3</sup>/año**
- Caudal medio del río en el  
punto de cierre  
**6,65 m<sup>3</sup>/s**

# Características hidrológicas de la cuenca (II)

- Caudales punta de avenidas en el punto de emplazamiento de la presa:
  - T=25 años **1.022 m<sup>3</sup>/s**
  - T=50 años **1.390 m<sup>3</sup>/s**
  - T=100 años **1.730 m<sup>3</sup>/s**
  - T=500 años **2.680 m<sup>3</sup>/s**
  - T=1.000 años **3.020 m<sup>3</sup>/s**
  - P.M.F **6.240 m<sup>3</sup>/s**

# Características del embalse (I)

- Cota del máximo nivel normal del embalse **243,00**
- Cota del máximo nivel extraordinario del embalse **250,00**

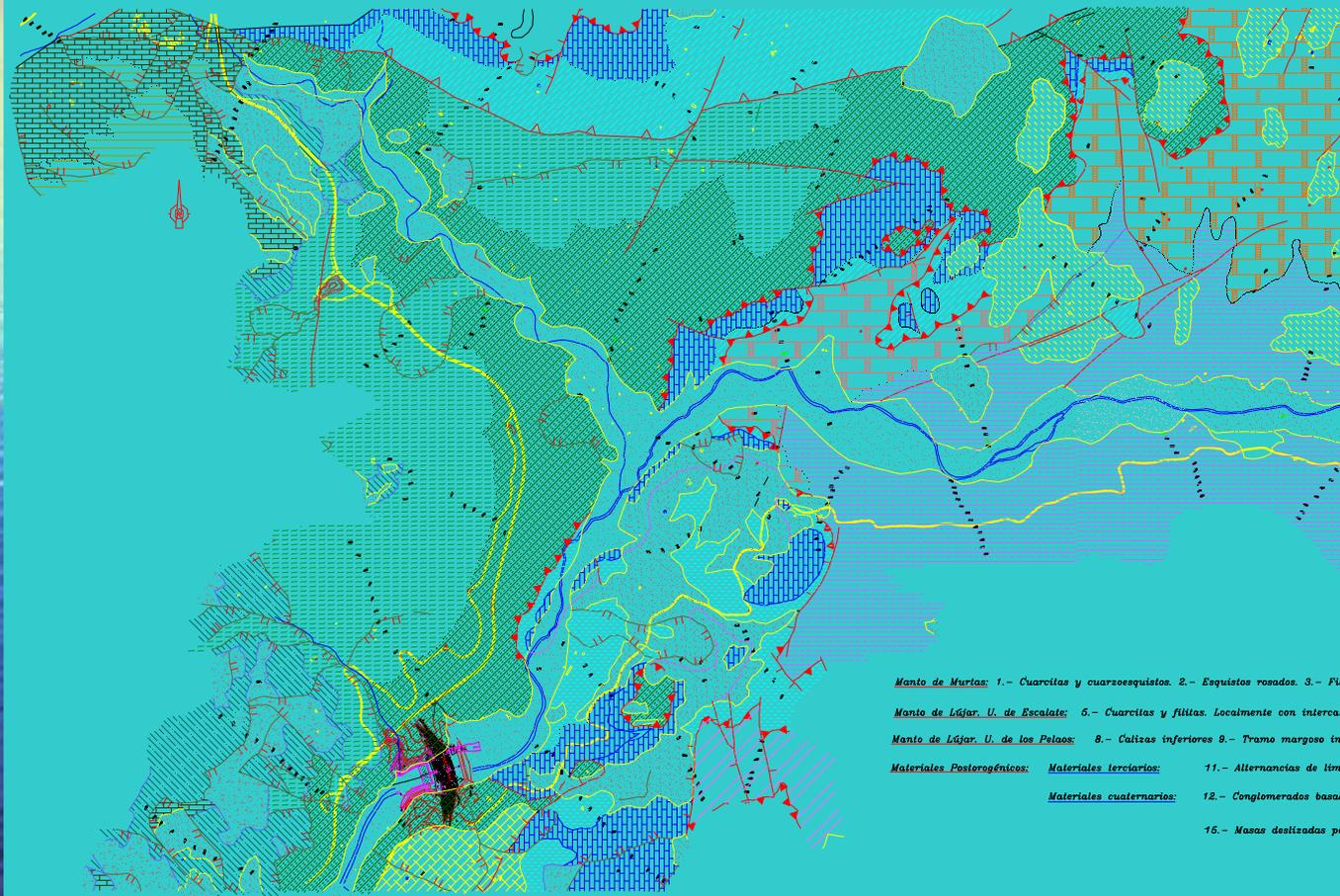


# Características del embalse (II)

- Superficie del embalse a su máximo nivel normal **308 Ha**
- Capacidad total del embalse a su máximo nivel normal **117,07 Hm<sup>3</sup>**
- Embalse muerto **4,83 Hm<sup>3</sup>**
- Volumen regulado **134 Hm<sup>3</sup>/año**

# Geología general

## PLANO GEOLÓGICO DEL EMBALSE DE RULES (GRANADA)



### LEYENDA

#### Complejo Alpujarride

##### Manto de Murtas

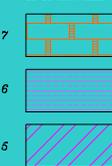


##### Manto de Lájara

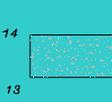
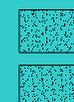
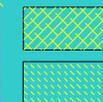
###### U. Escalate



###### U. de los Pelos



#### Materiales Postorogénicos



**Manto de Murtas:** 1.- Cuarzitas y cuarzoesquistos. 2.- Esquistos rosados. 3.- Filitas grises 4.- Mármoles calizos, con calcoesquistos a la base

**Manto de Lájara. U. de Escalate:** 5.- Cuarzitas y filitas. Localmente con intercalaciones de yesos. 6.- Filitas superiores 7.- Tramo carbonatado

**Manto de Lájara. U. de los Pelos:** 8.- Calizas inferiores 9.- Tramo margoso intermedio 10.- Calizas y dolomías superiores

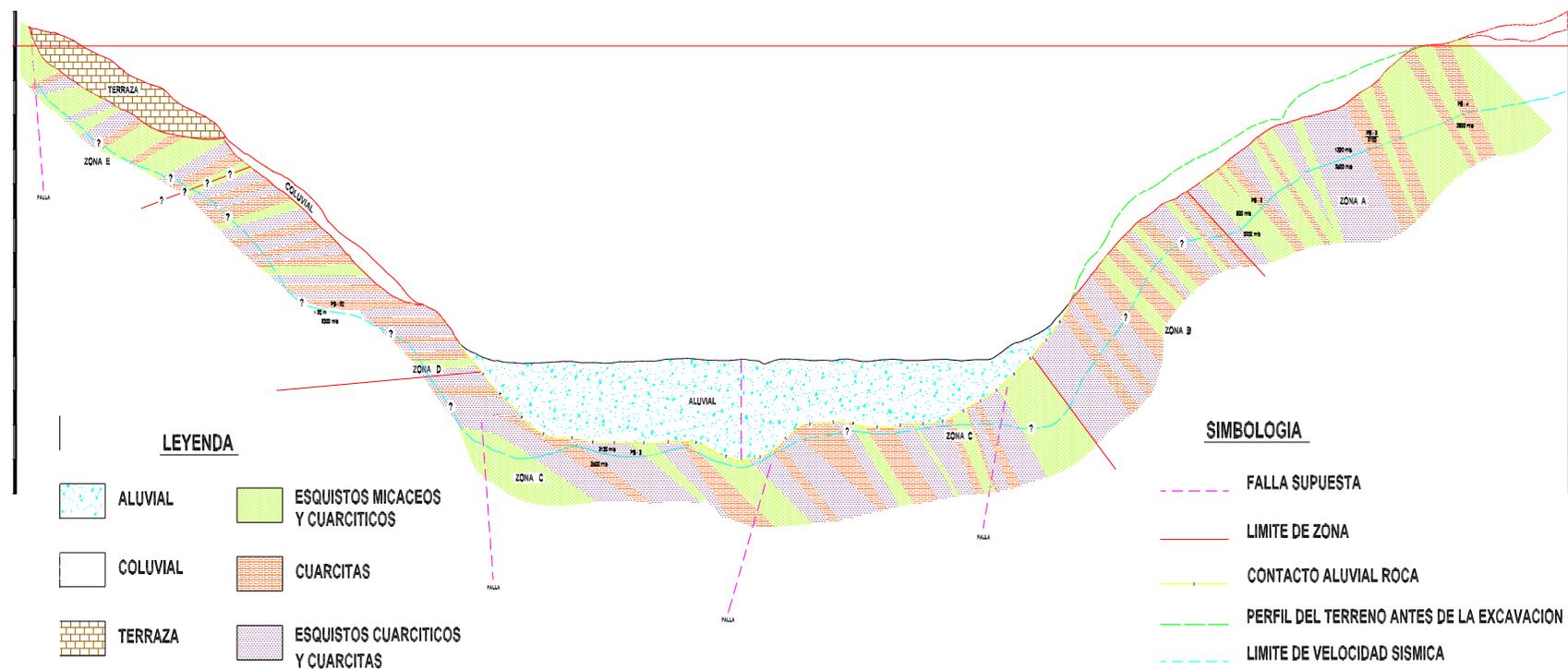
**Materiales Postorogénicos: Materiales terciarios:** 11.- Alternancias de limos arenas y conglomerados de edad miocena

**Materiales cuaternarios:** 12.- Conglomerados basales encastrados y travertinos 13.- Derrubios de laderas 14.- Aluviales

15.- Masas deslizadas por dinámica de laderas

# Corte geológico de la cerrada

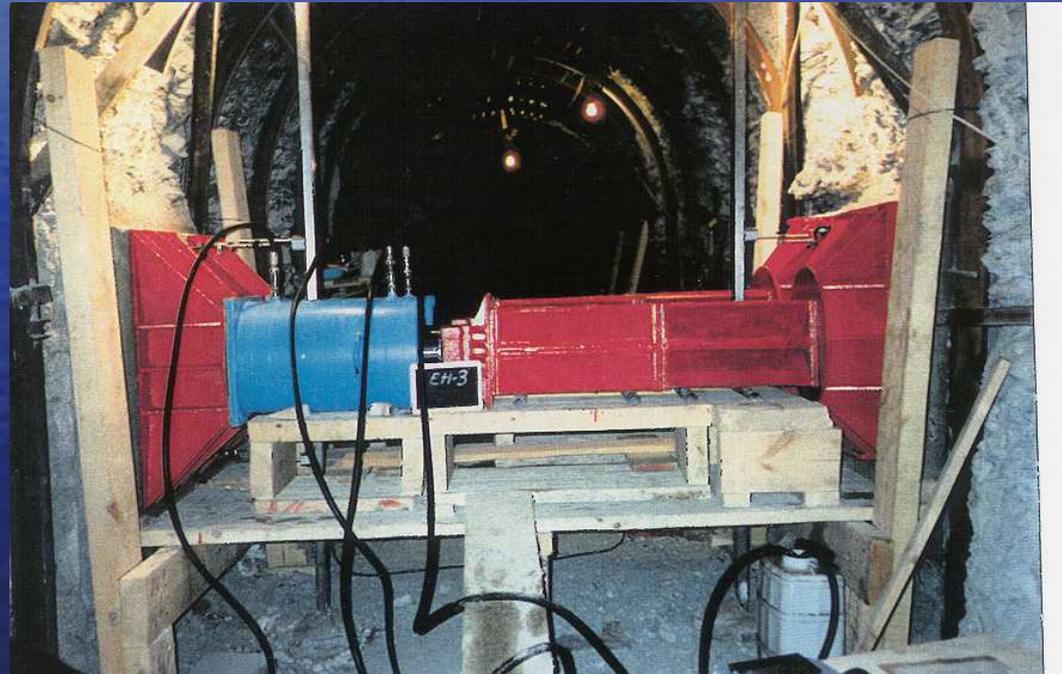
- Perfil geológico



# Ensayos de corte en el cimiento



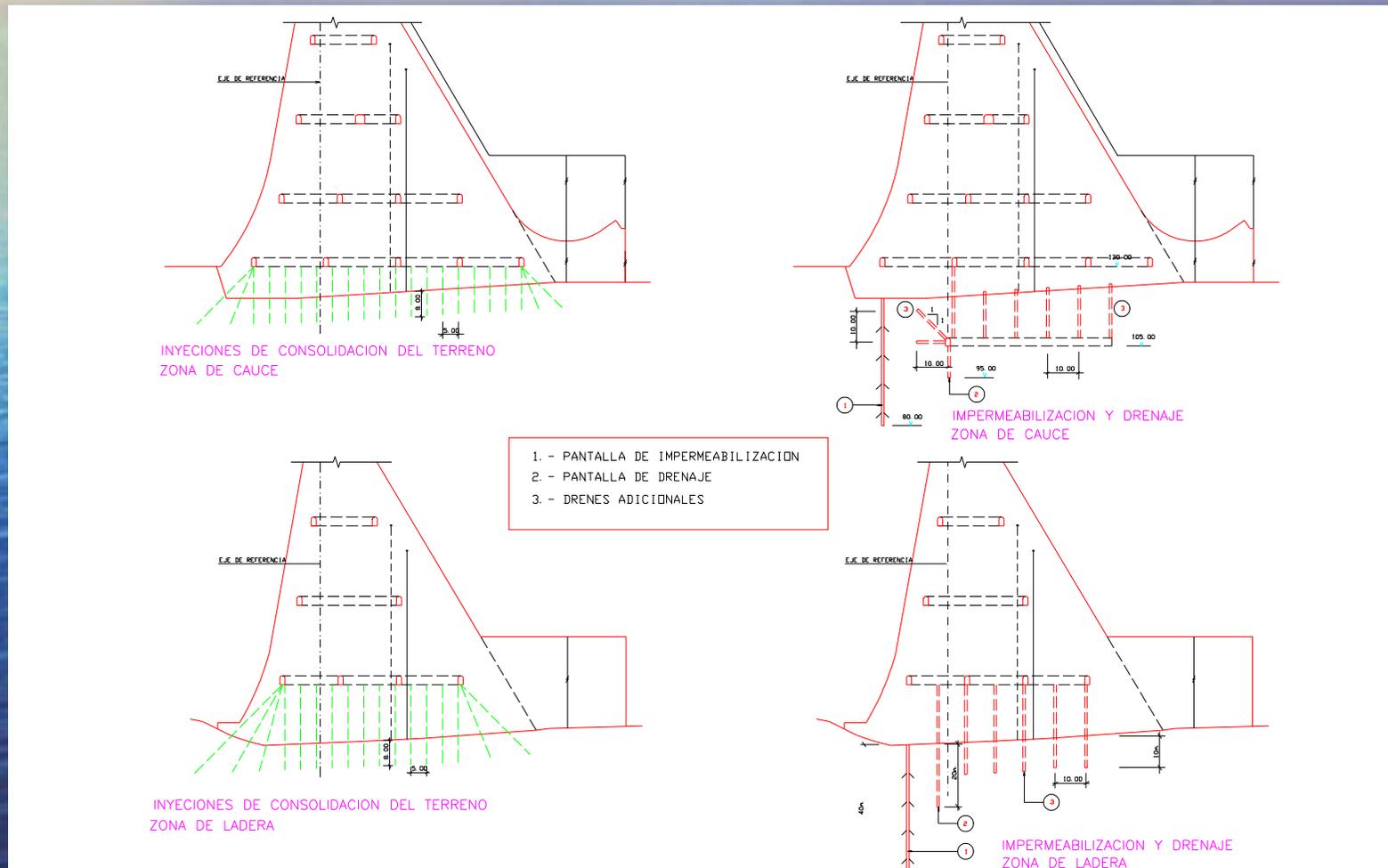
# Ensayos de deformabilidad





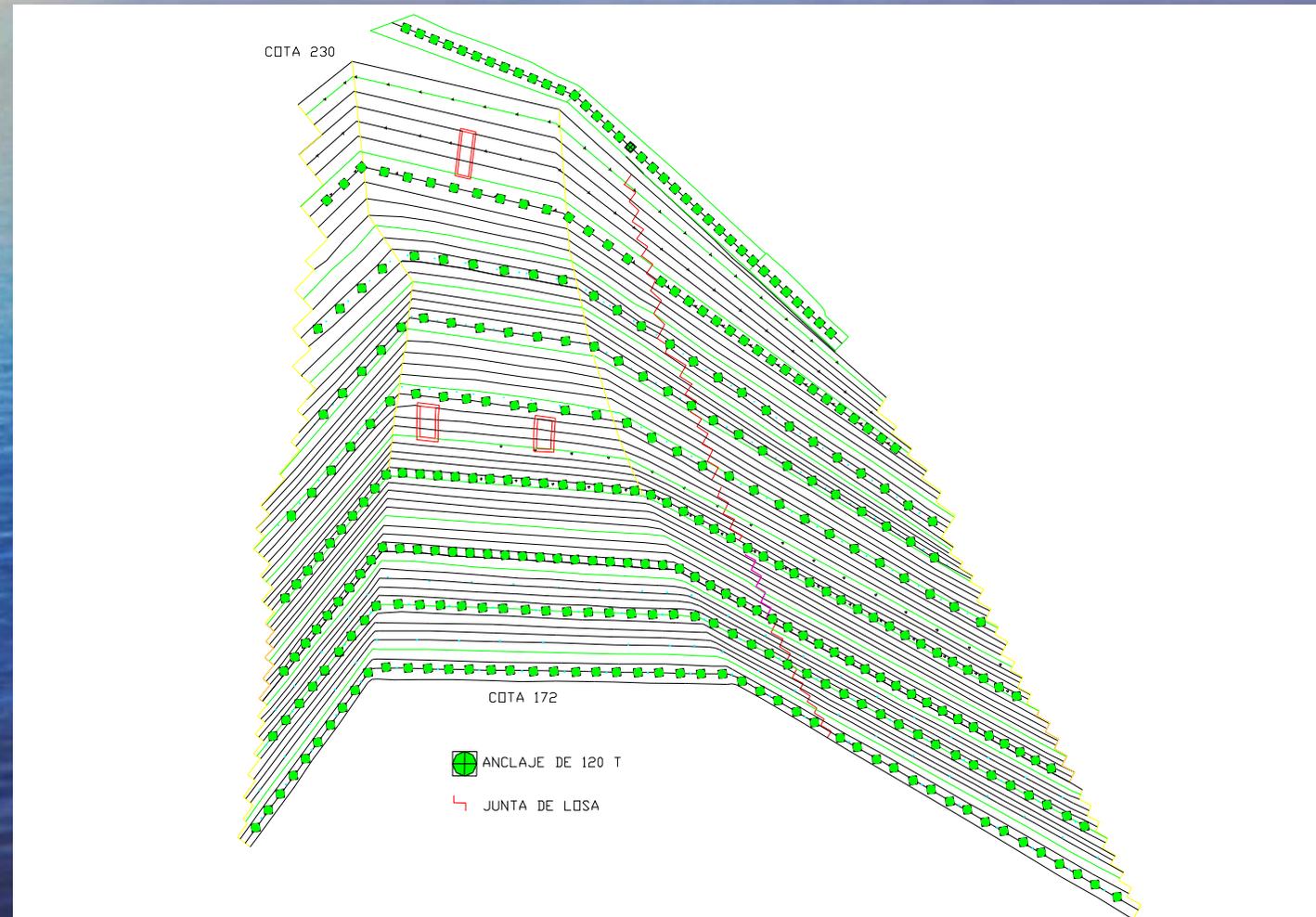
# Tratamientos del terreno (II)

- Consolidación contacto hormigón-roca y drenaje

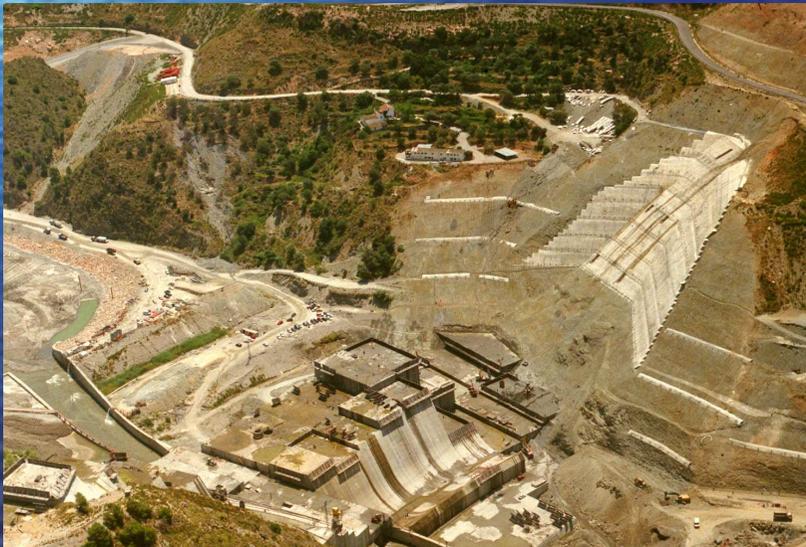


# Tratamientos del terreno (III)

- Pantalla anclada M.I.



# Pantalla anclada M.I.



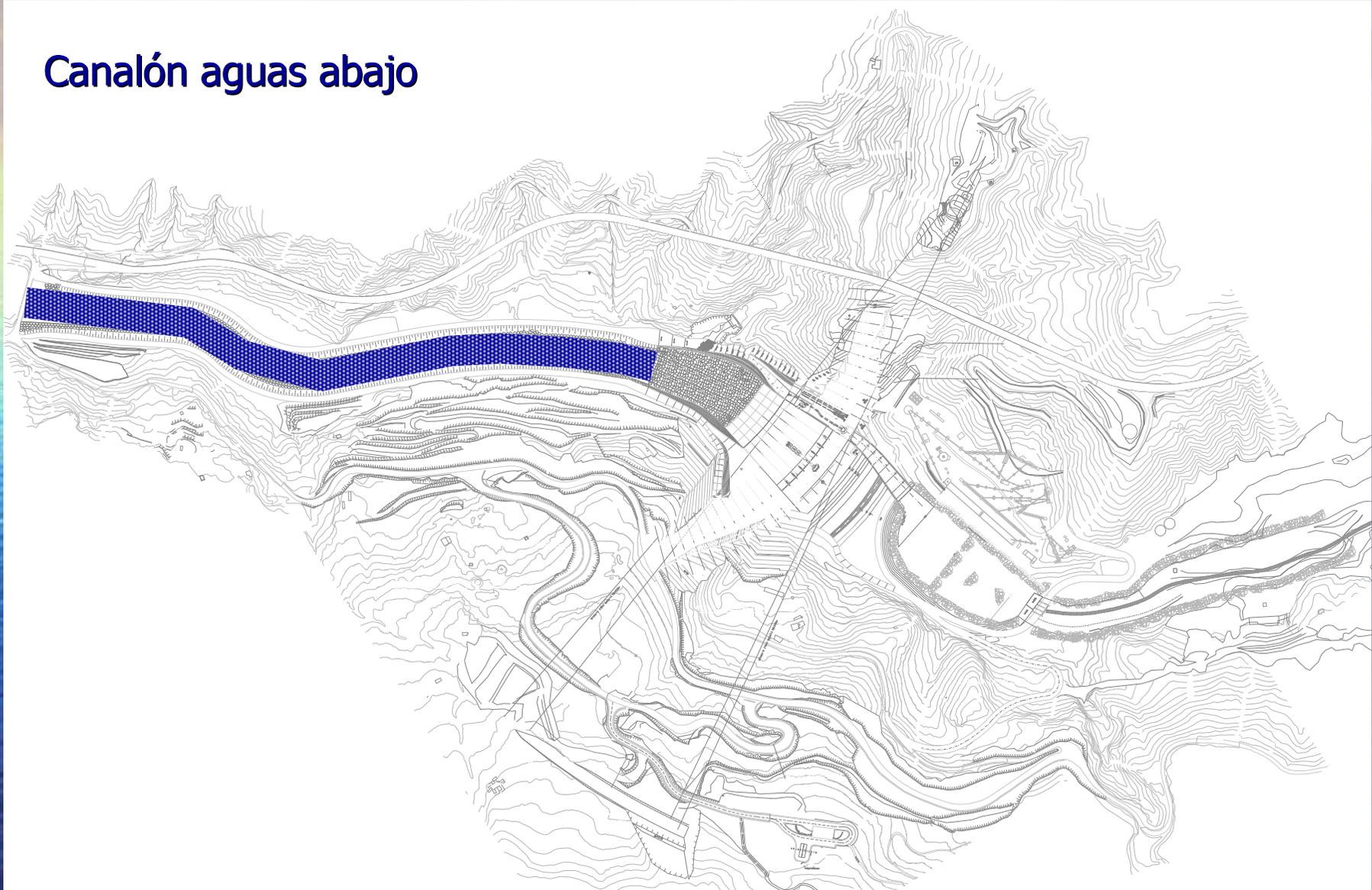


# CARACTERISTICAS DE LAS OBRAS



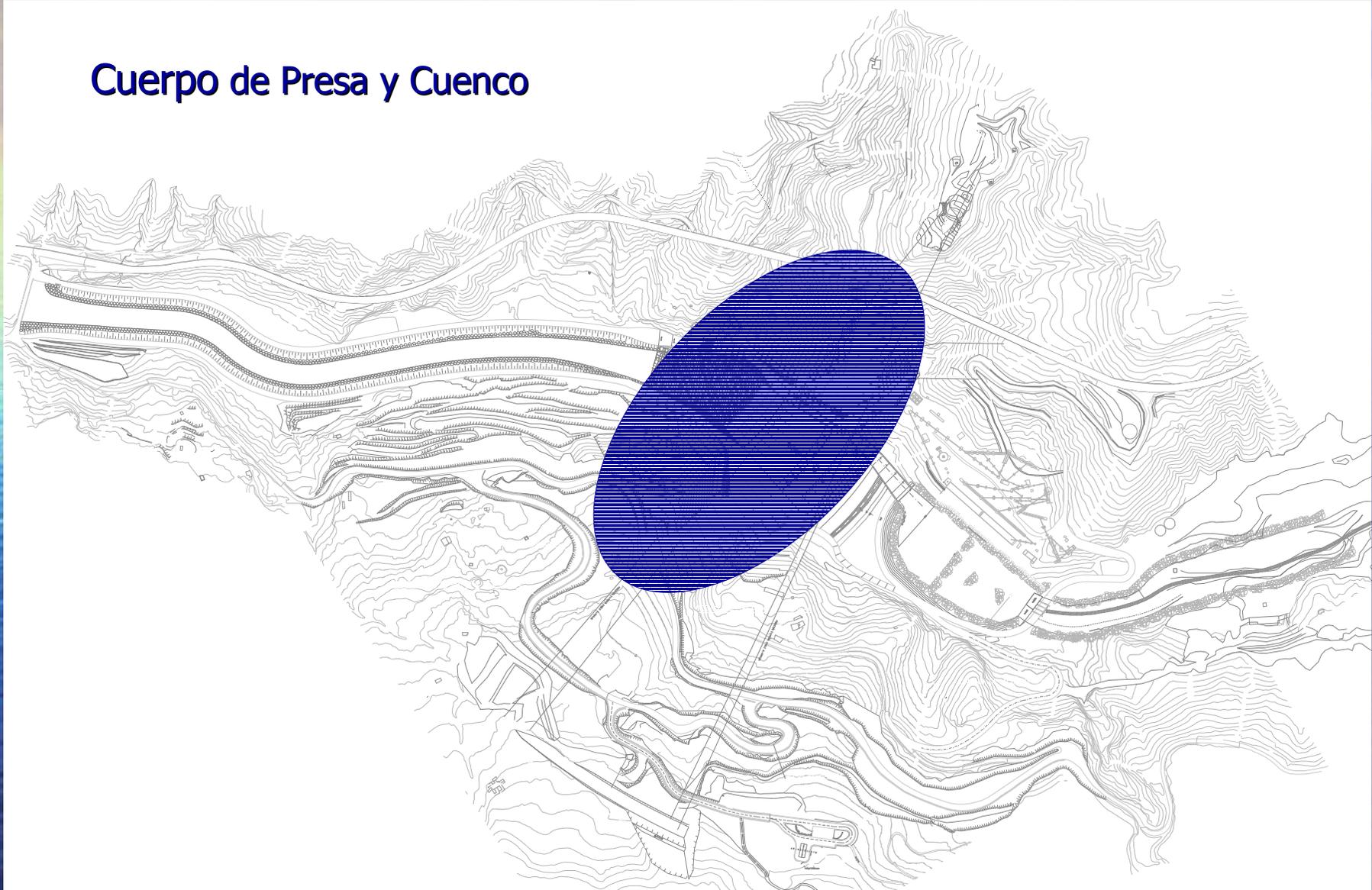
# Planta general de las obras

Canalón aguas abajo



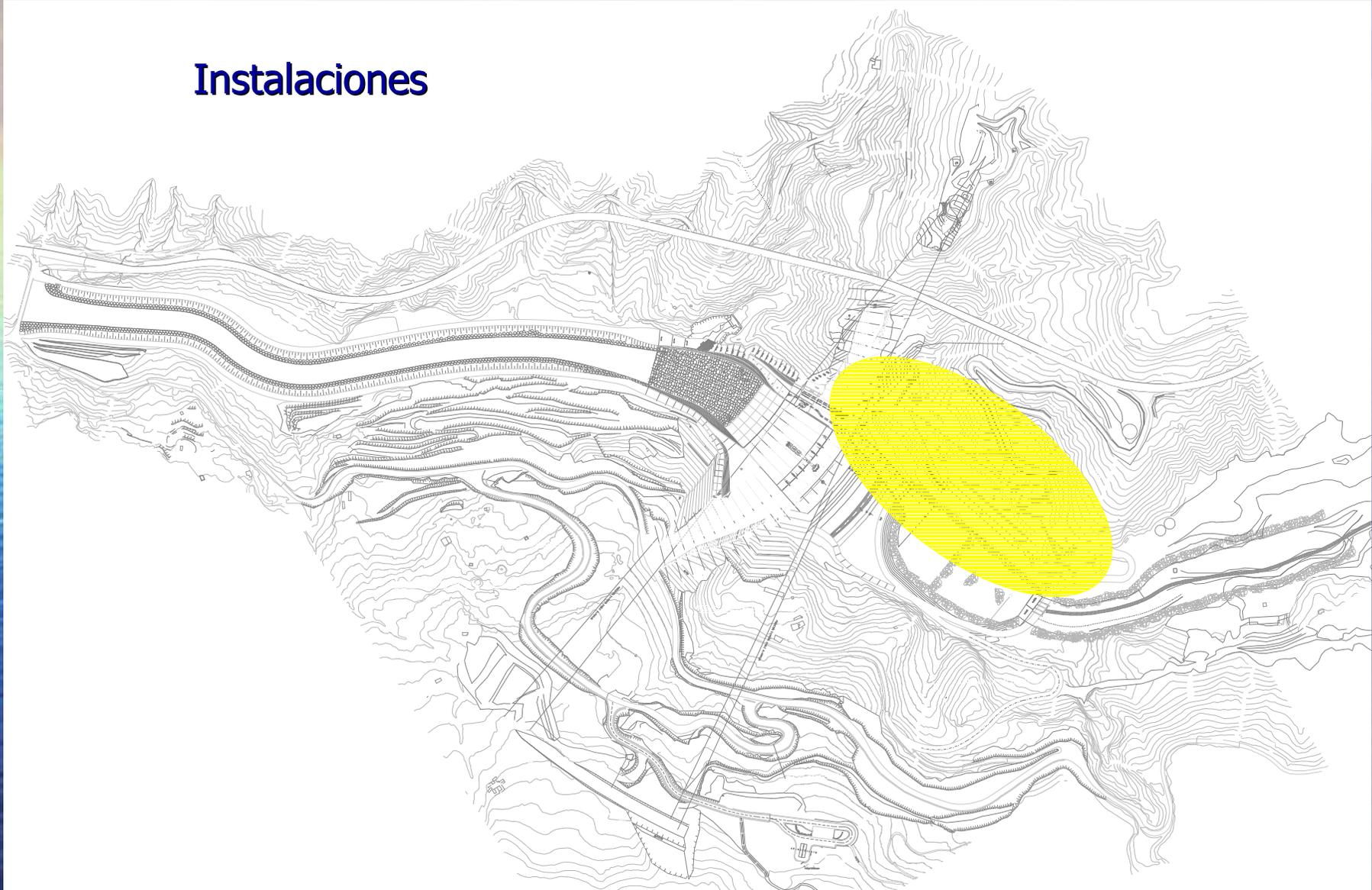
# Planta general de las obras

## Cuerpo de Presa y Cuenco

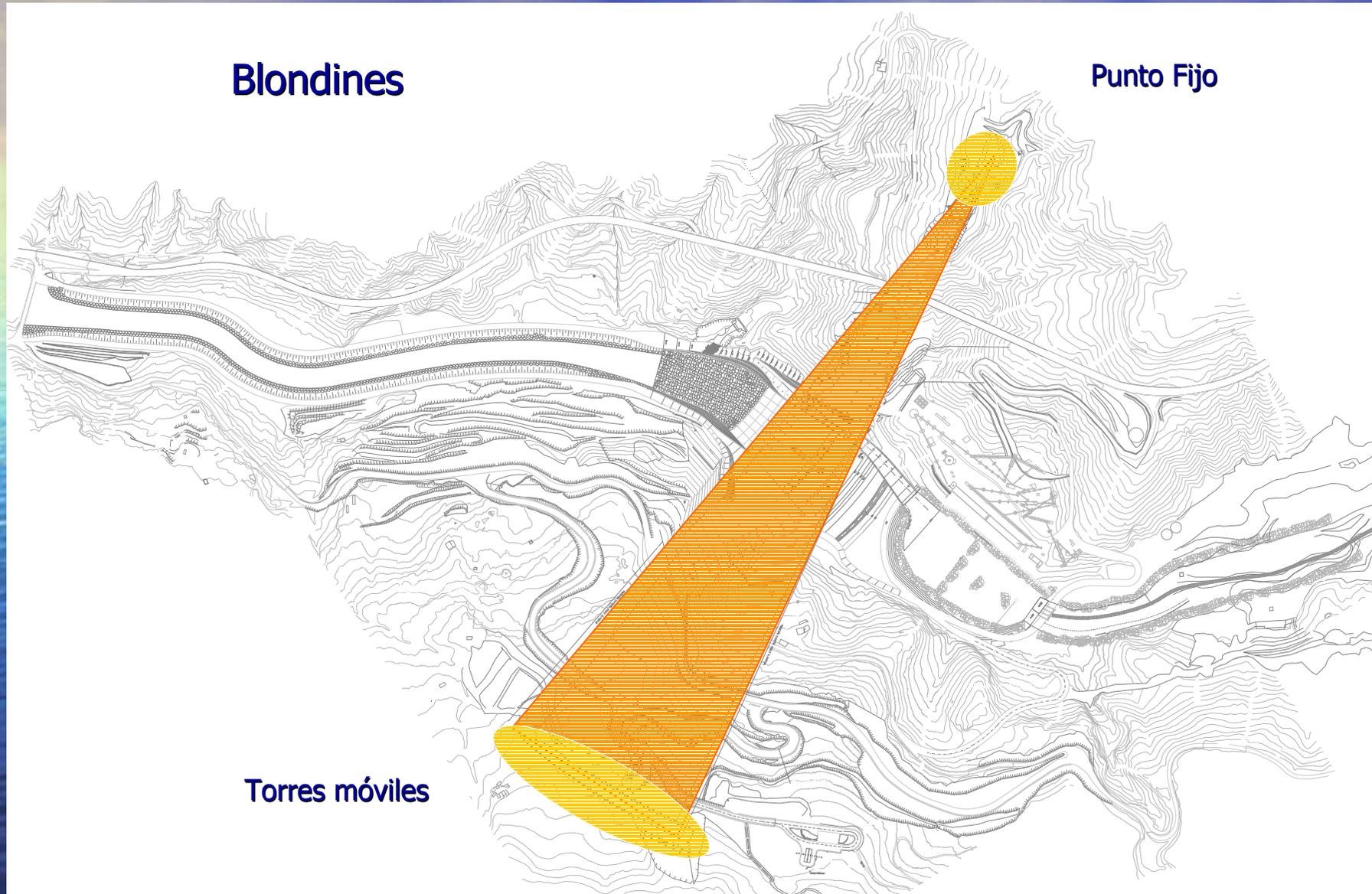


# Planta general de las obras

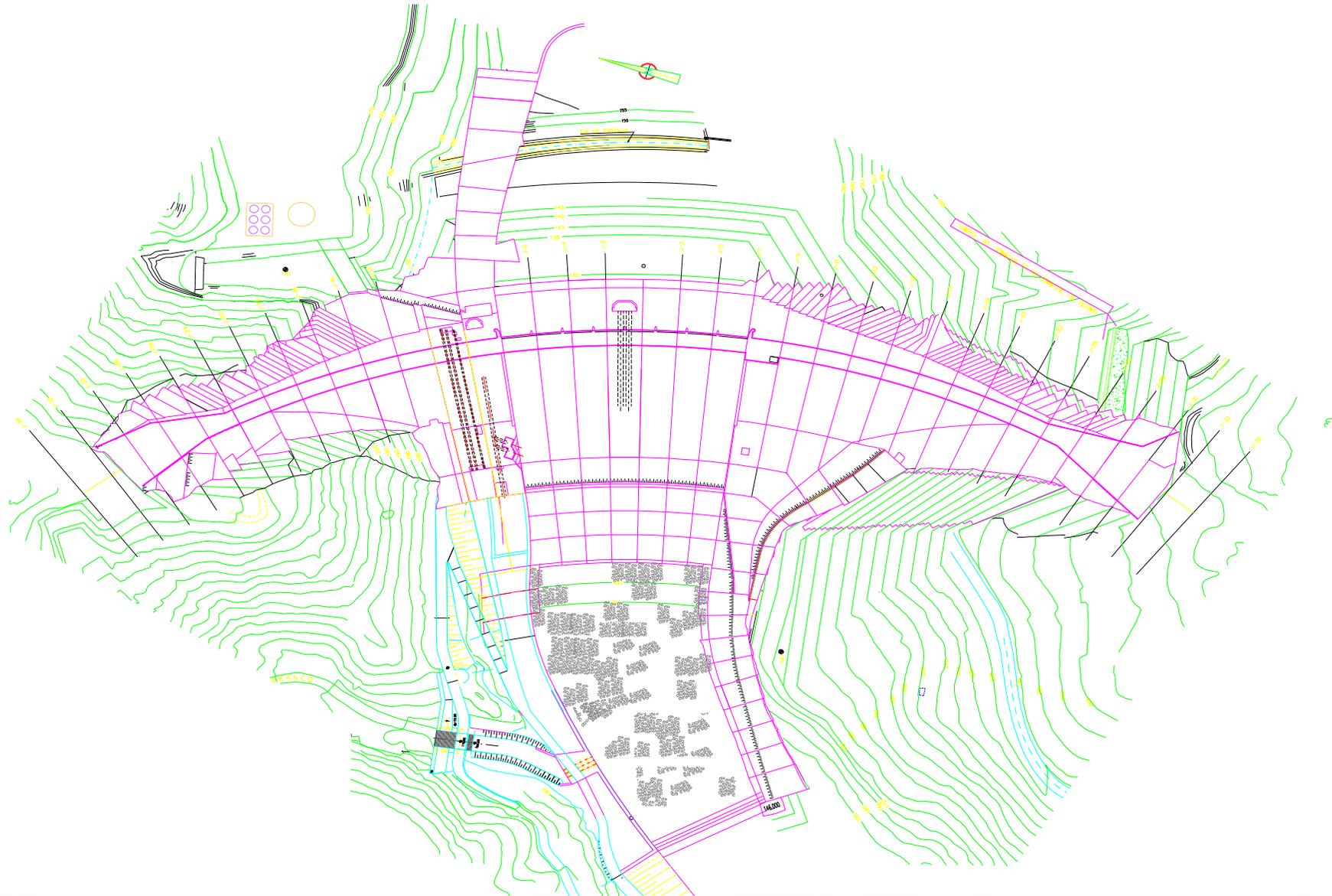
**Instalaciones**



# Planta general de las obras

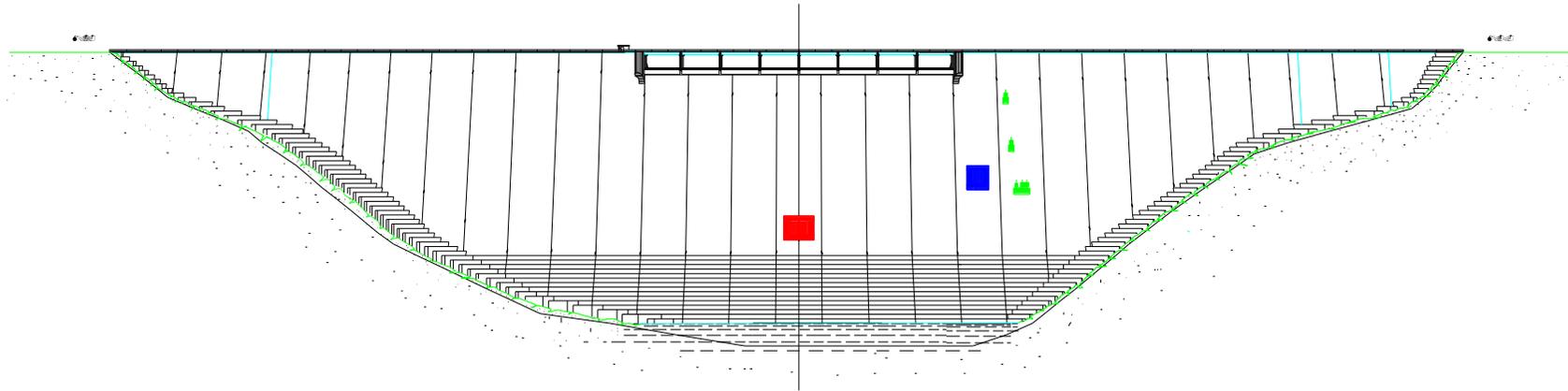


# Planta de la presa

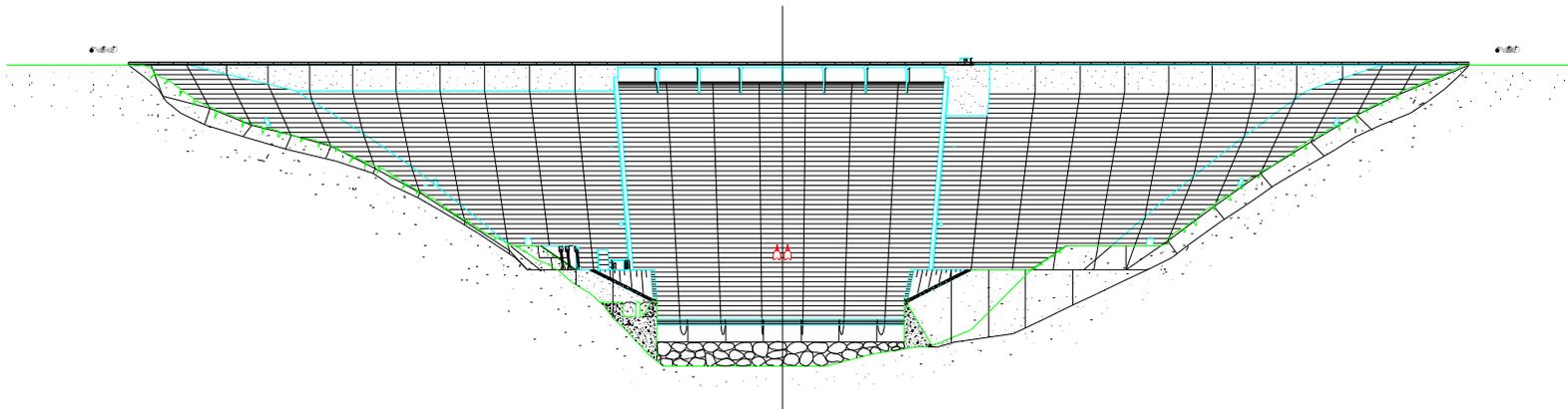


# Alzados de la presa

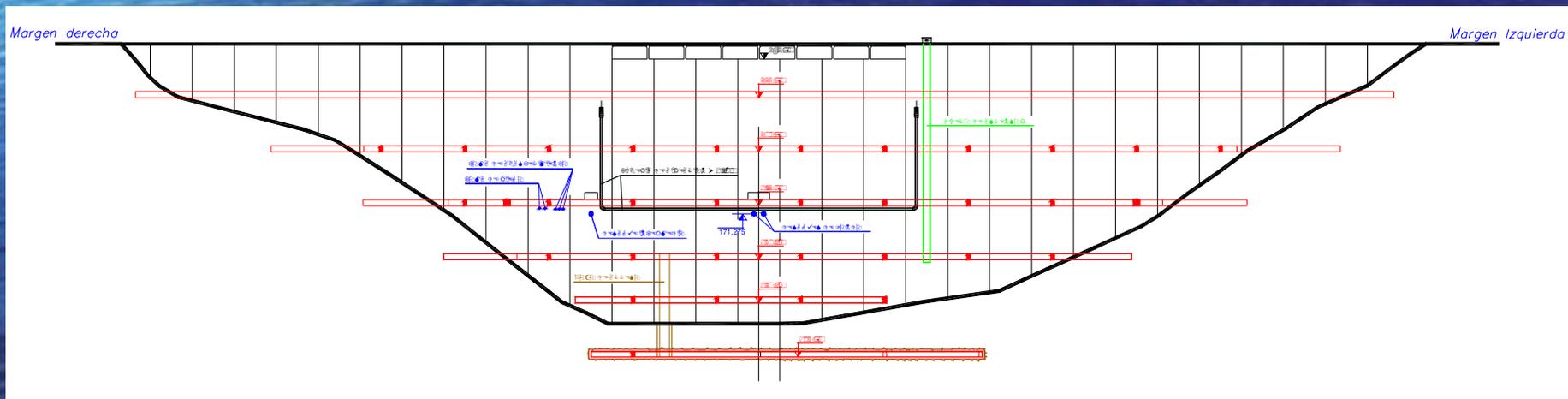
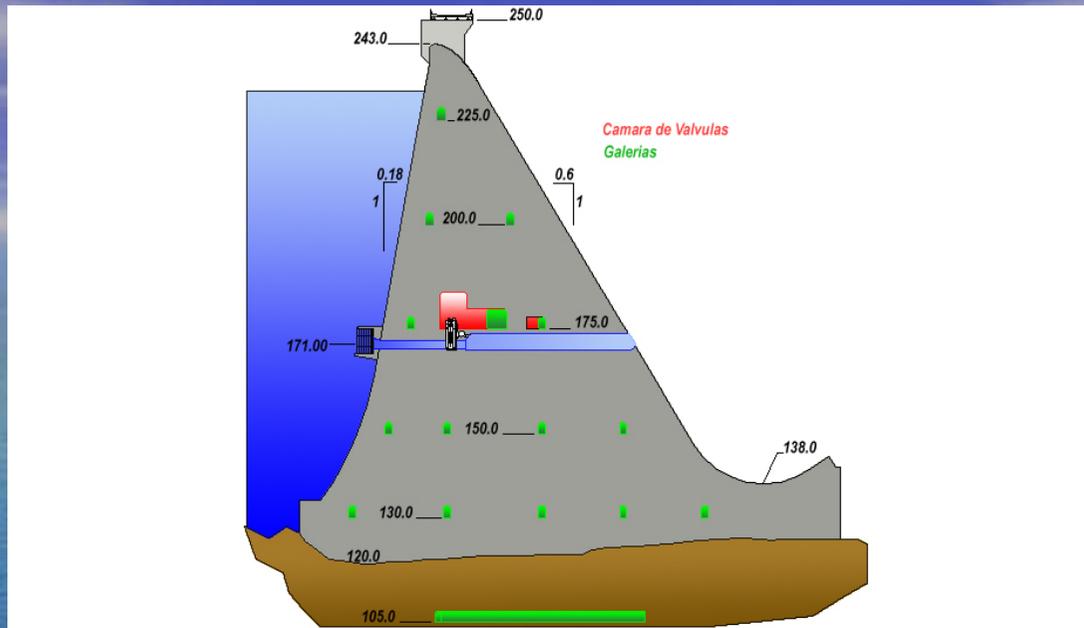
**Alzado aguas arriba**



**Alzado aguas abajo**



# Seccion tipo de la presa por aliviadero



## Alzado galerias

# Características de la presa

- Tipología..... Gravedad planta curva
- Talud aguas arriba..... 0.18 / 1
- Talud aguas abajo..... 0.60 / 1
- Cota de coronación.....**250 m**
- Altura de la presa sobre cauce.....**100 m**
- Altura máxima sobre cimientos.....**130 m**
- Longitud de coronación .....**620 m**
- Radio..... **500 m**

# Desvío provisional del río

- Utilización de la anchura del valle en artesa para desviar el río por una u otra margen durante la construcción.
- Canal a cielo abierto por margen izquierda para construcción de bloques y desvío definitivo en margen derecha.





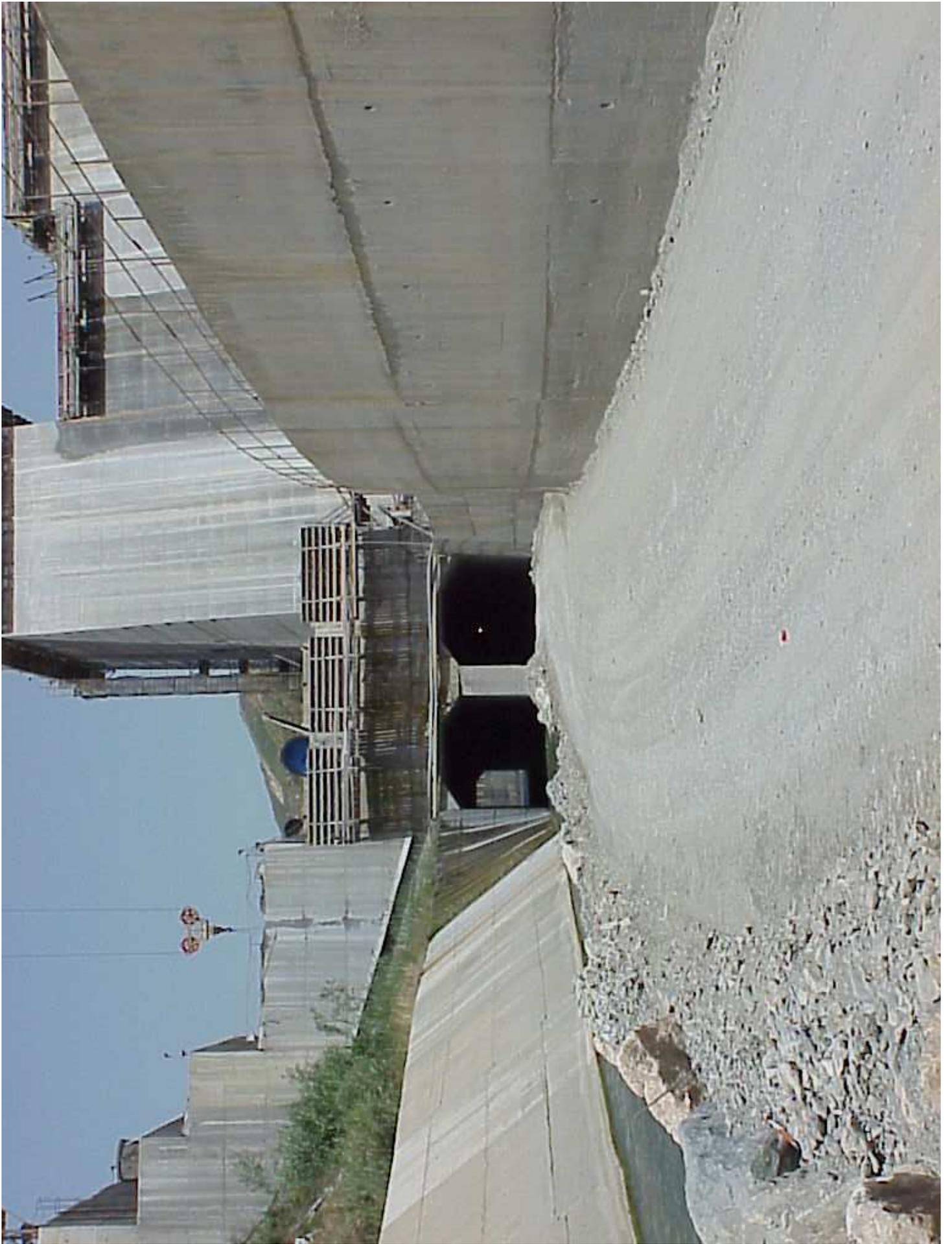


# Desvío definitivo del río

- Tipo: Canal de desvío en la margen derecha.
- 2 conductos de 6 x 6 m. en cuerpo de presa.
- Longitud del canal: 475 m
- Capacidad: 1000 m<sup>3</sup>/s
- Ataguías: Presas de materiales sueltos con pantallas de bentonita-cemento







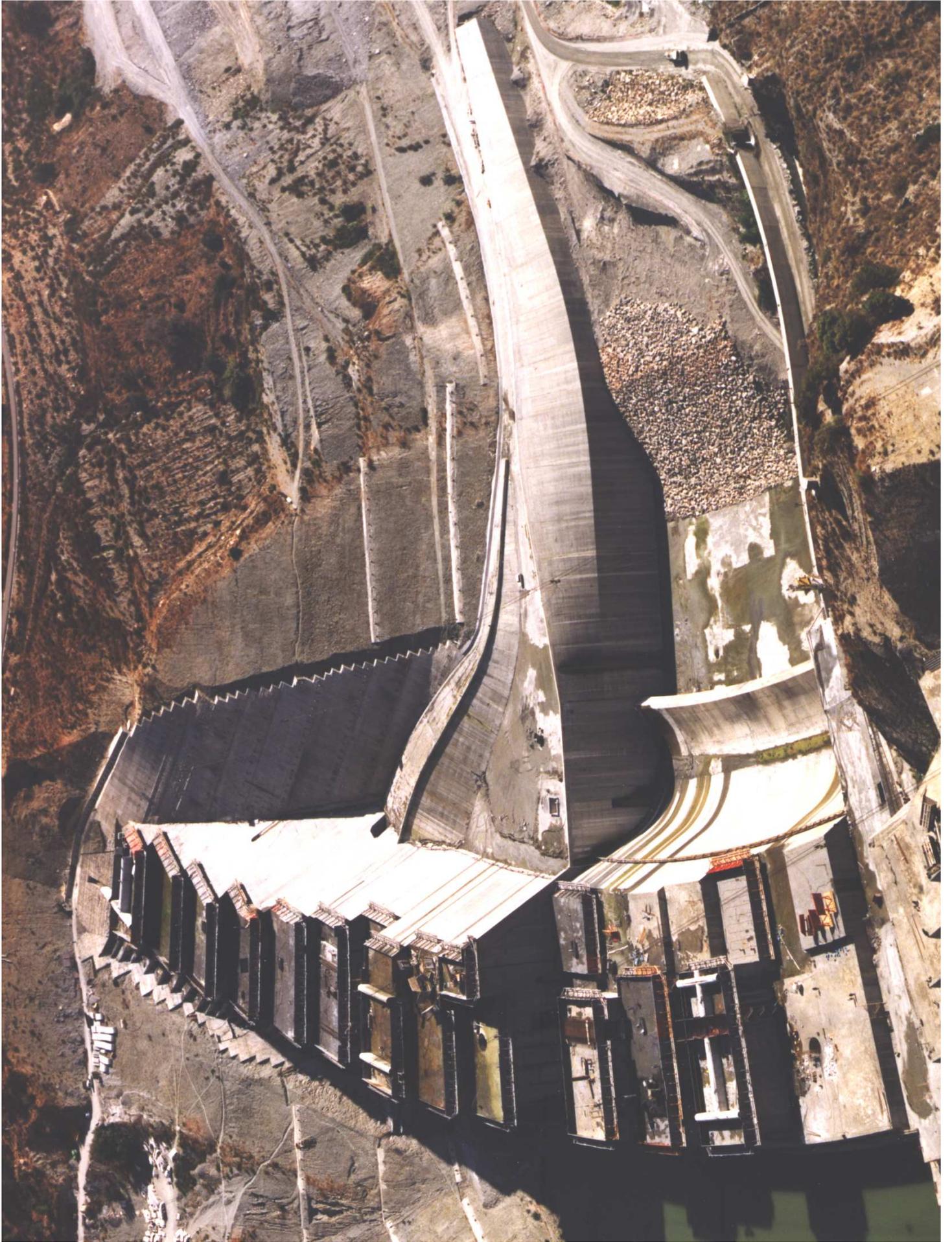


# Aliviadero y cuenco amortiguador

- Tipo:  
**De labio fijo con trampolín sumergido**
- Número de vanos: **8**
- Ancho libre de los vanos: **16,54 m**
- Ancho total del aliviadero: **132,30 m**
- Cota del umbral del vertedero: **243,00 m**
- Capacidad de evacuación: **6100 m<sup>3</sup>/s**



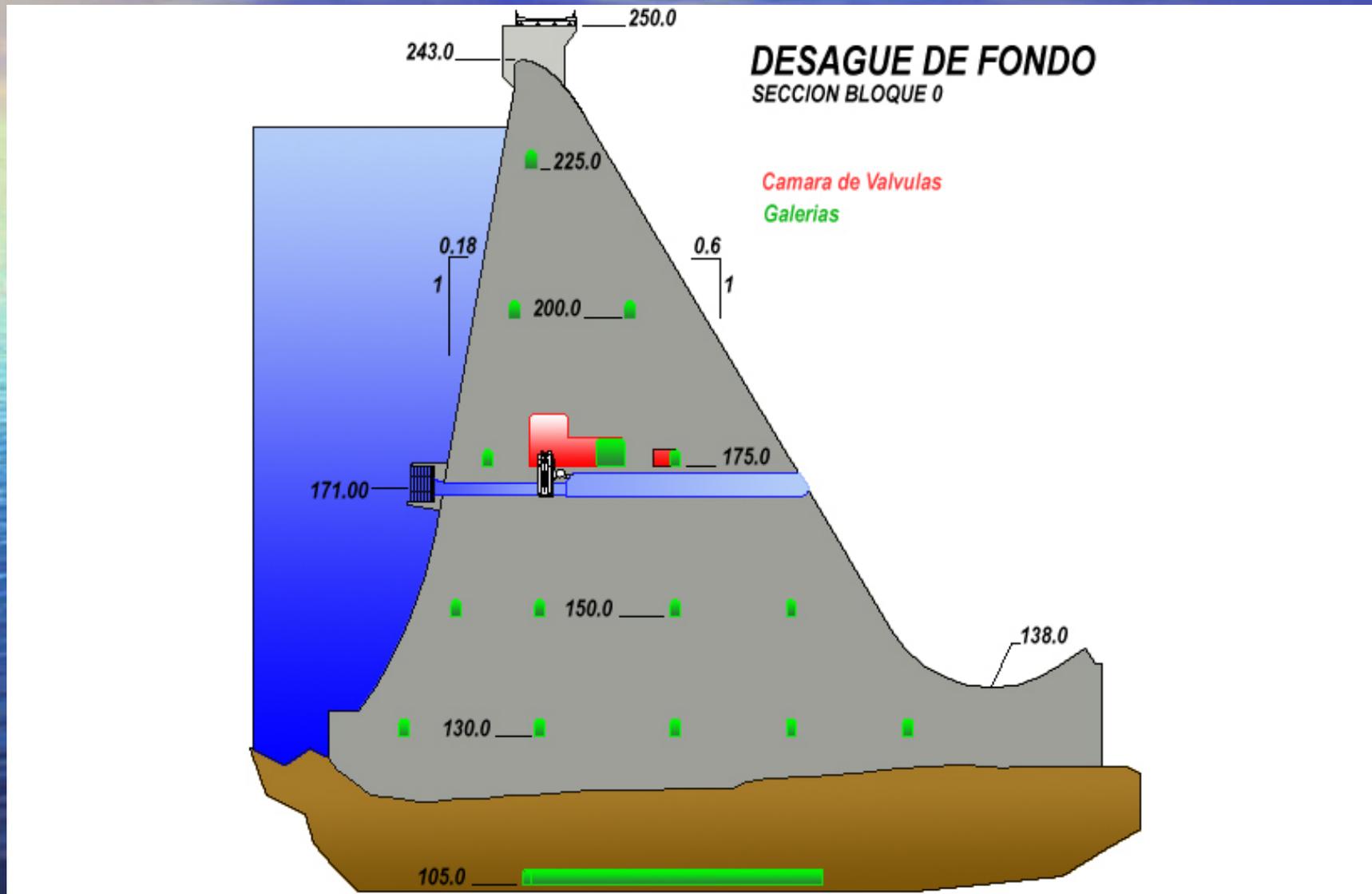




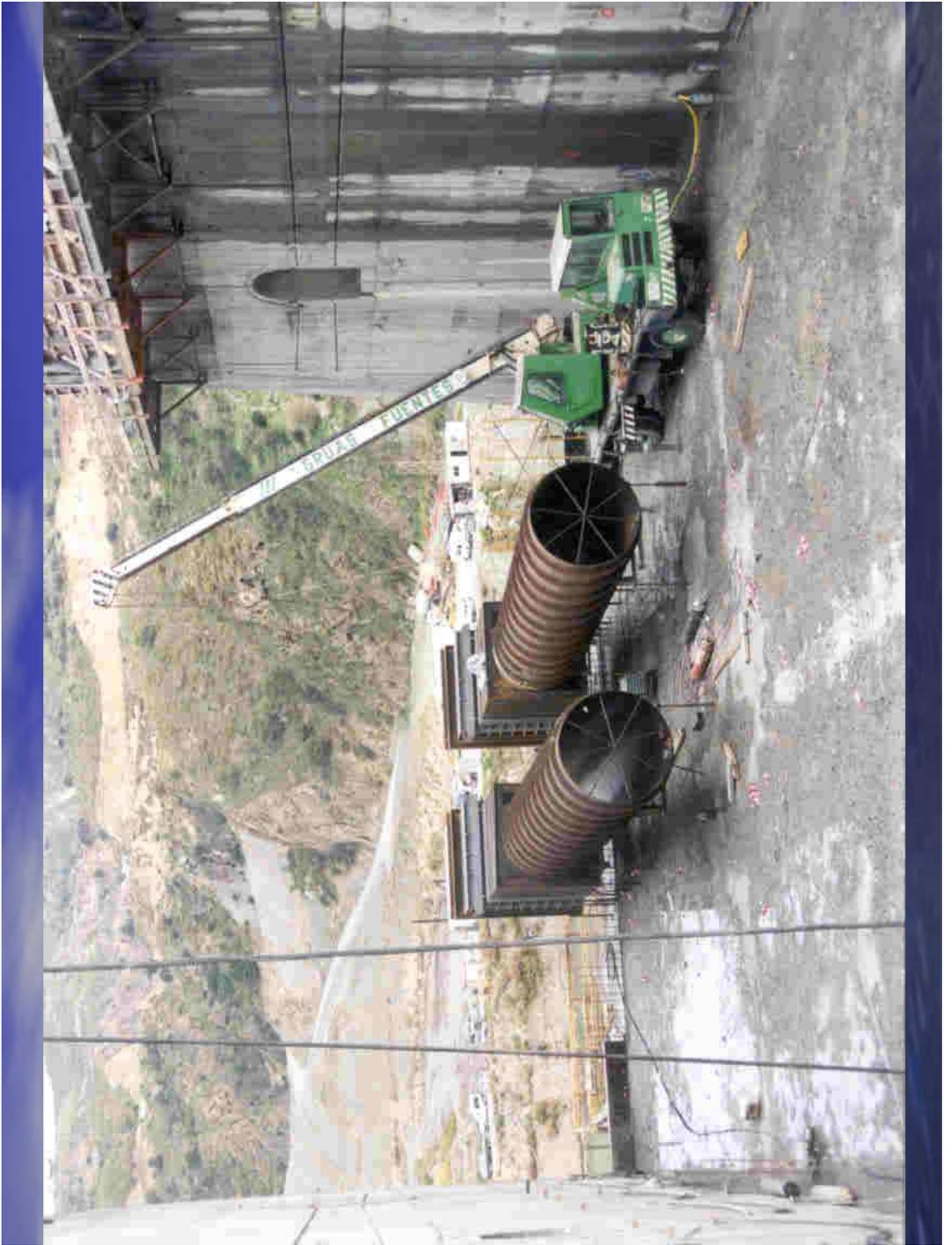
# Desagüe de fondo

- Número de conductos: **2  $\phi$  2.00m**
- Cota del umbral de la embocadura:  
**171,275**
- Compuertas de seguridad:  
**Bureau de 1,60 x 2,00 m**
- Compuertas de regulación:  
**Bureau de 1,60 x 2,00 m**
- Capacidad de desagüe:  
**187,00m<sup>3</sup>/s**

# Desagüe de fondo





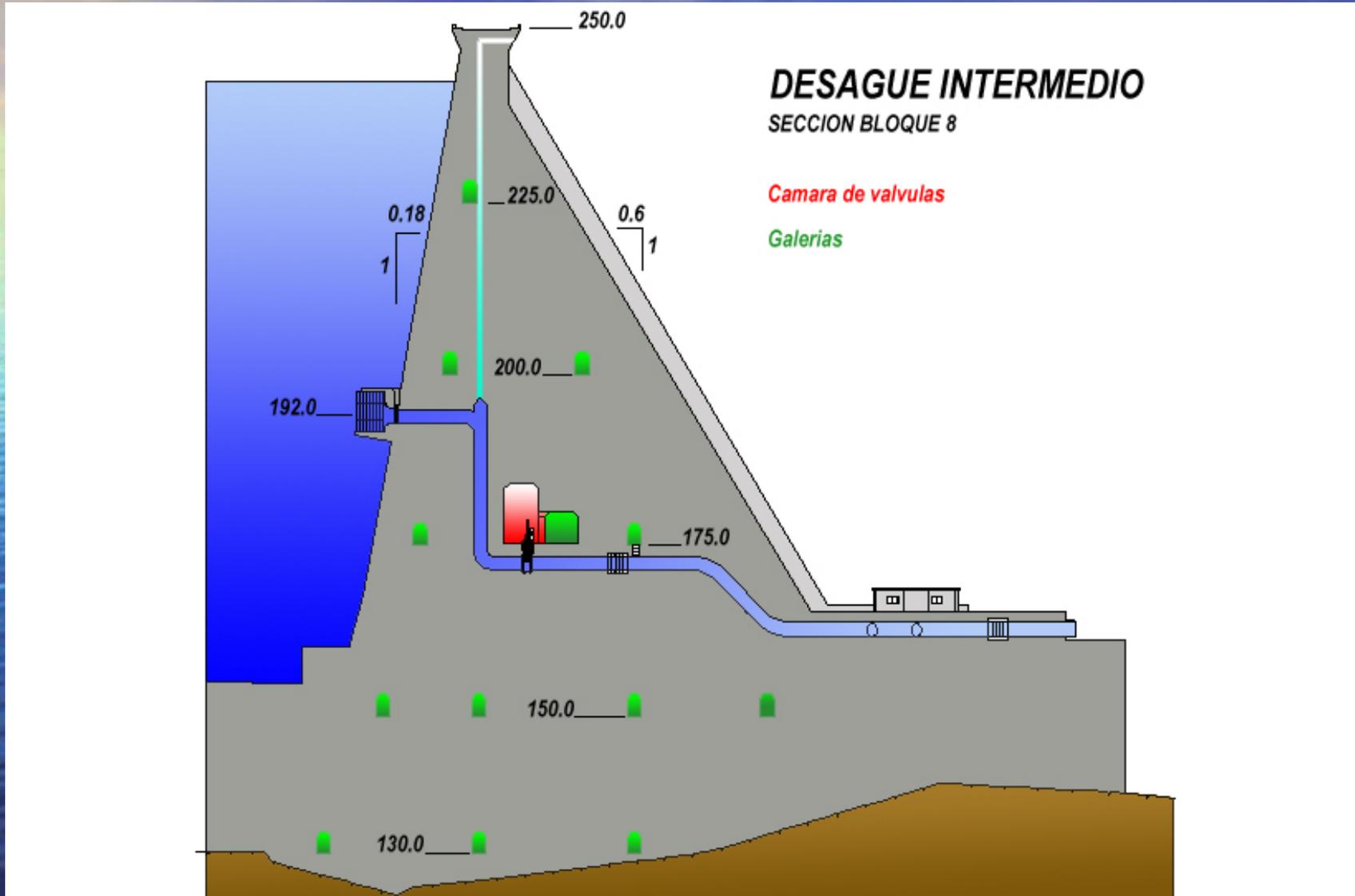




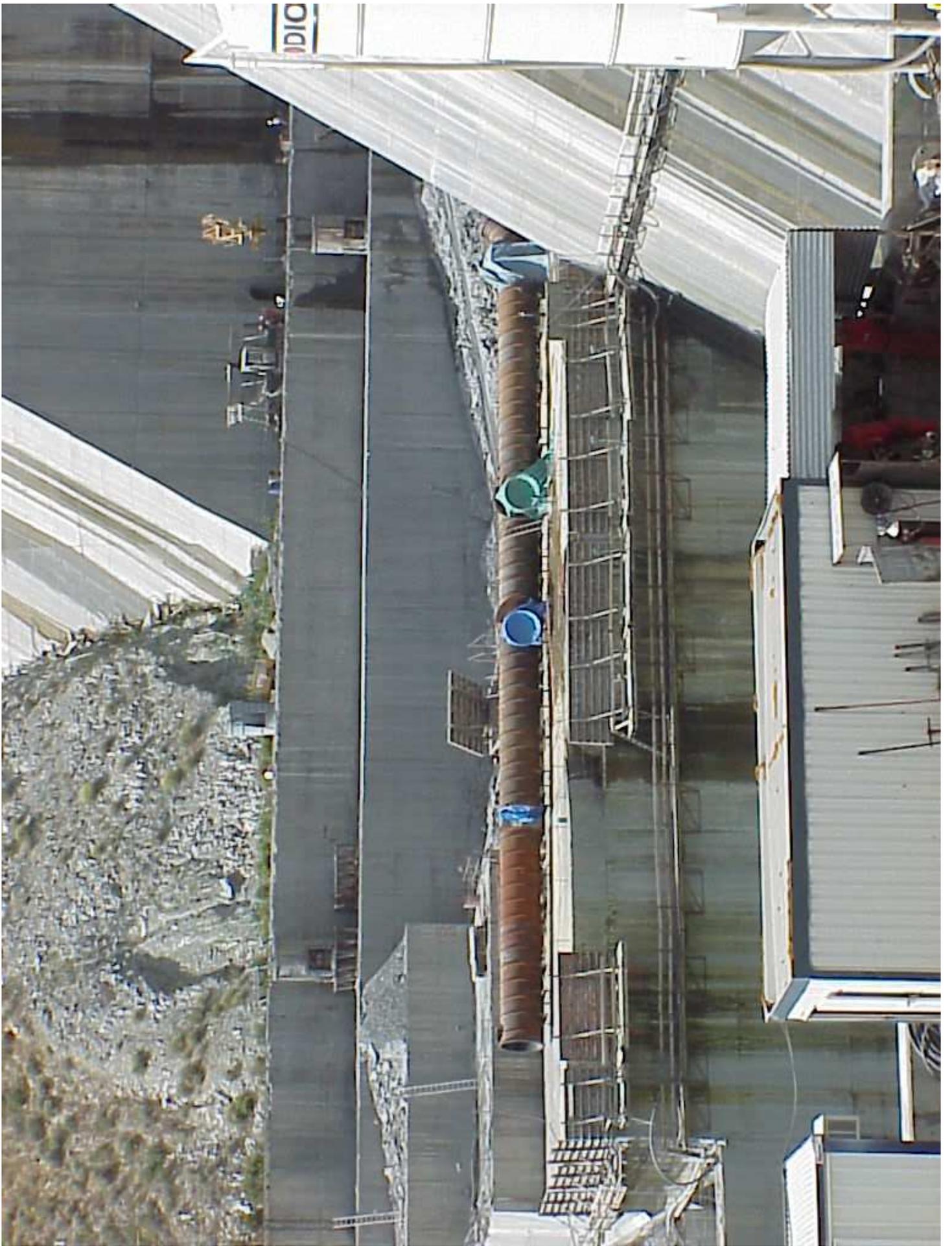
# Desagüe intermedio, toma para central hidroeléctrica y toma ecológica

- Tipo: un conducto de  $\varnothing$  2,00 m con dos derivaciones de  $\varnothing$  1,50 m
- Compuerta del conducto común: Válvula Bureau de 1,60 x 2,00 m
- Cota del umbral de la toma: 192,50 m
- Compuertas de servicio: dos Howell-Bunger de  $\varnothing$ 1,5 m
- Compuertas de emergencias: dos Válvulas Bureau de 1,20 x 1,50 m

# Desagüe intermedio, toma para central hidroeléctrica y toma ecológica





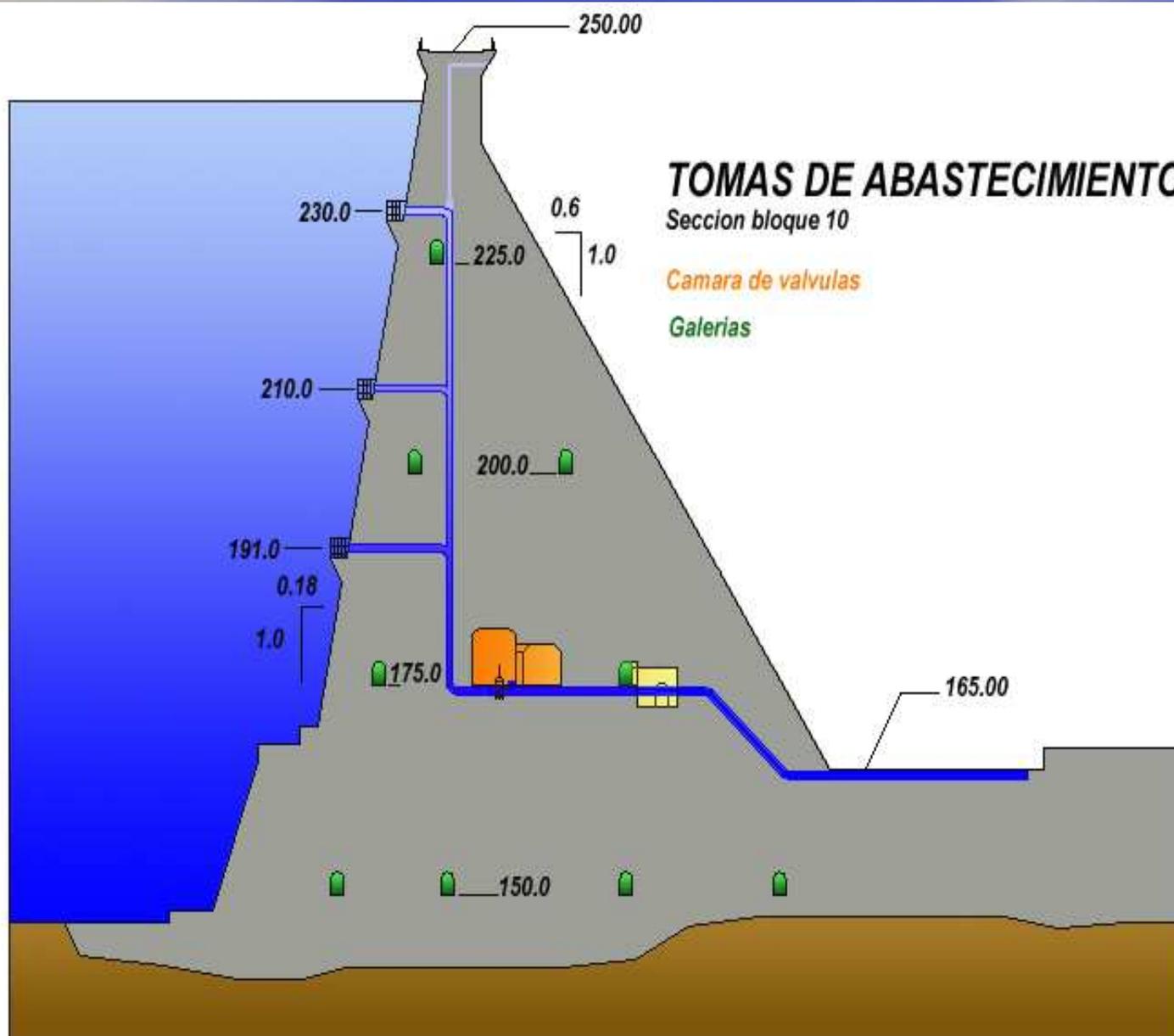




# Toma para abastecimiento

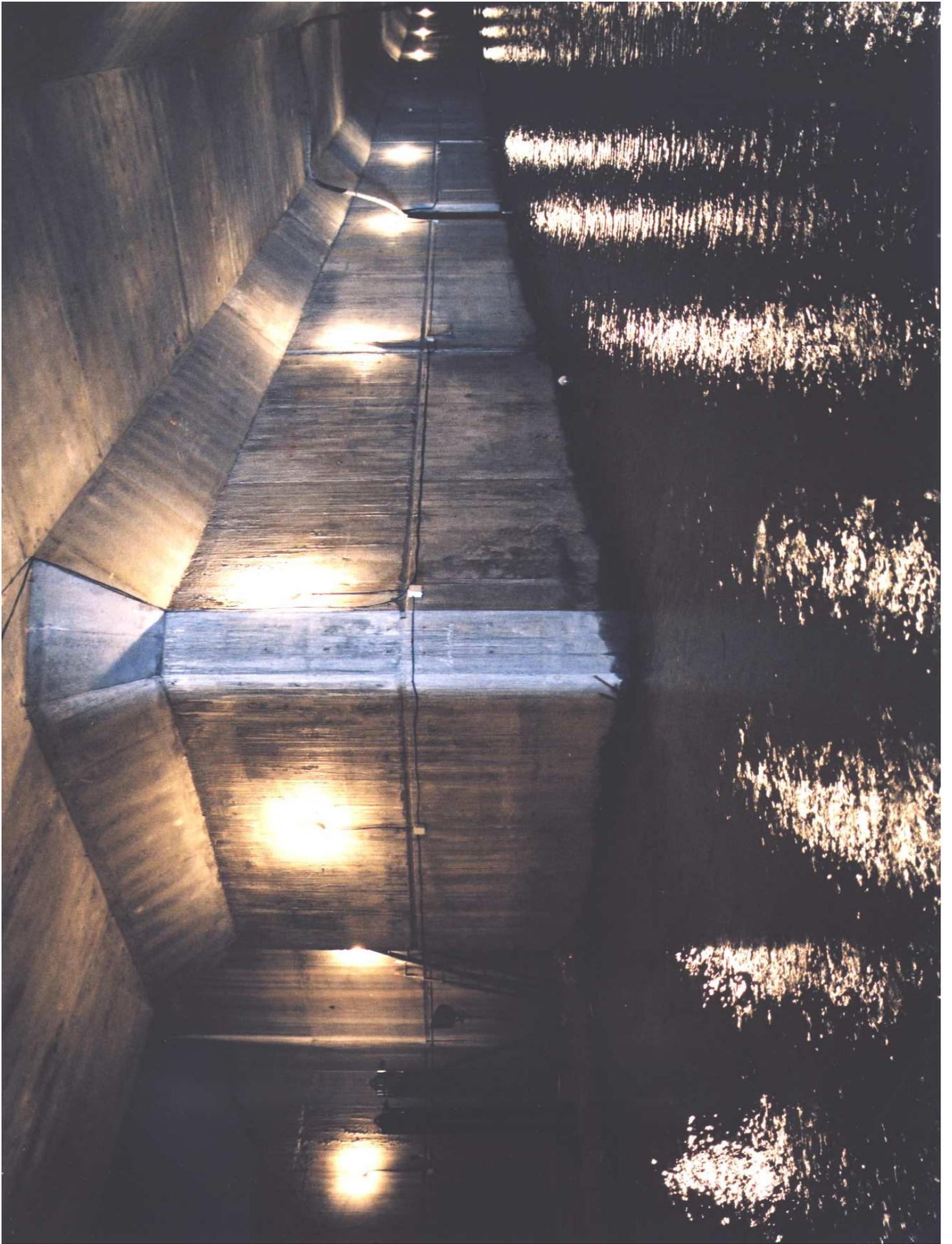
- Número de conductos:  
**3 Tomas a diferentes cotas**
- Diámetro:  
**0,80 m**
- Niveles de toma:  
**191,00 – 210,00 – 230,00**
- Válvulas de seguridad:  
**1 válvula compuerta por conducto**
- Válvulas de regulación:  
**1 válvula compuerta por conducto**

# Toma para abastecimiento





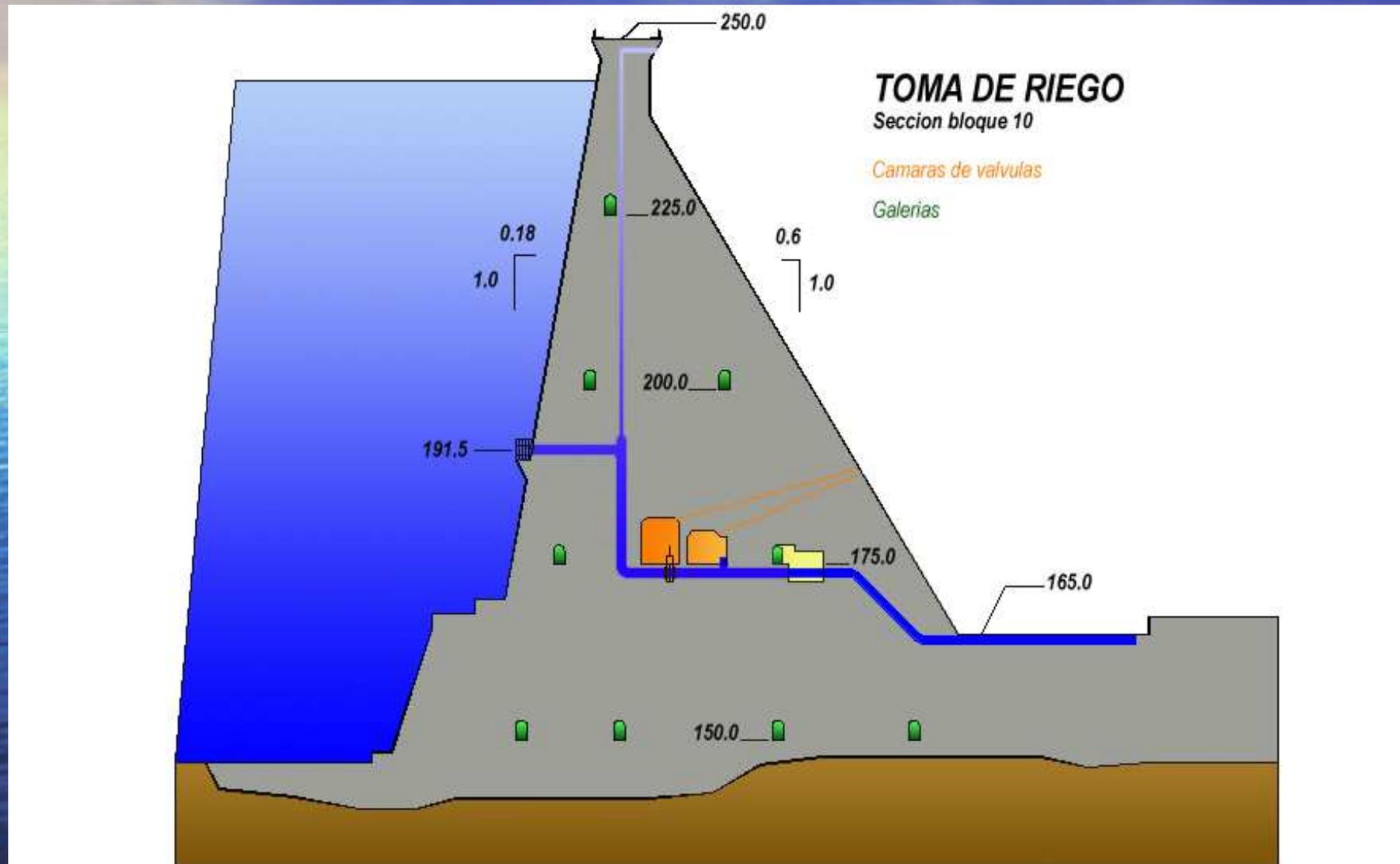


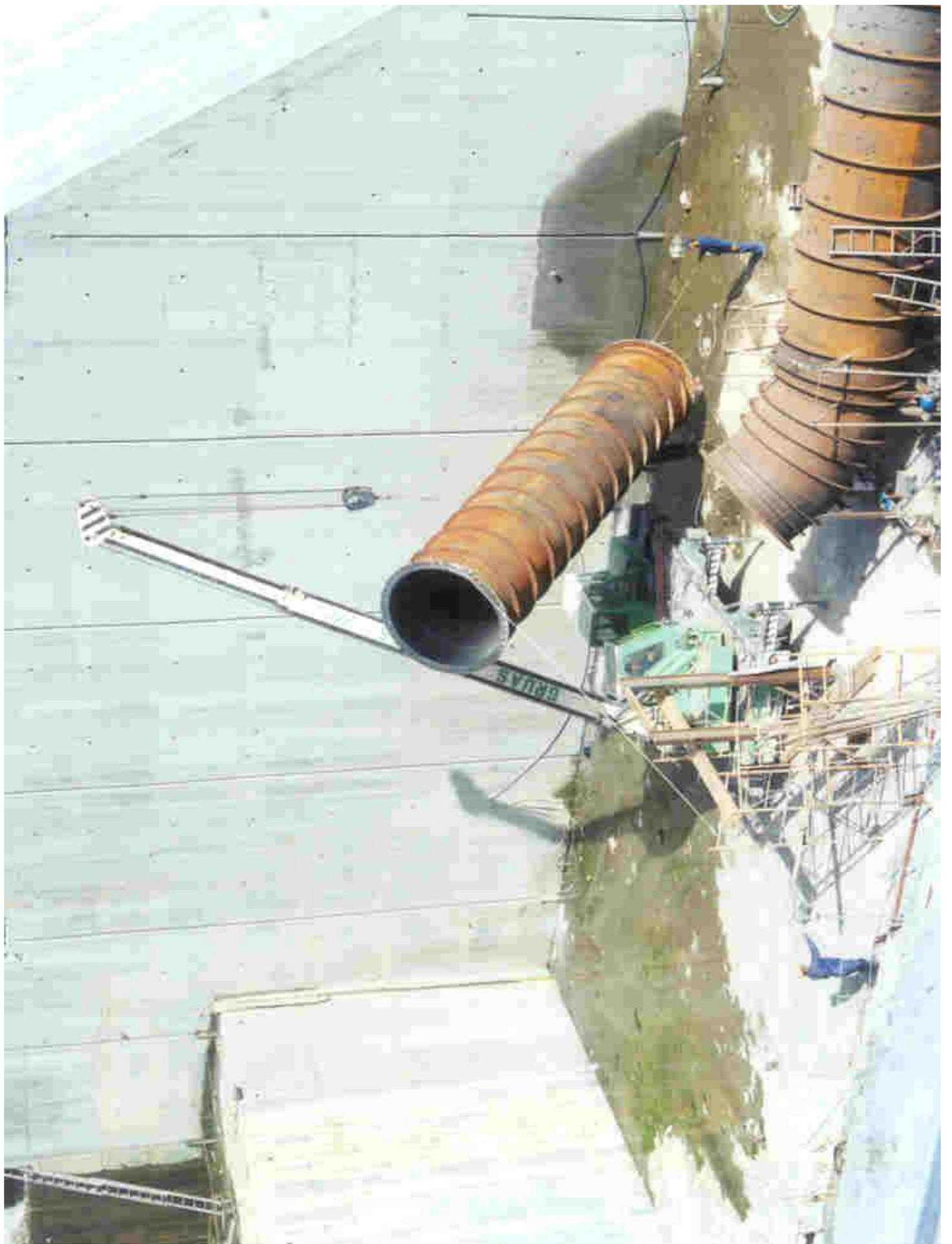


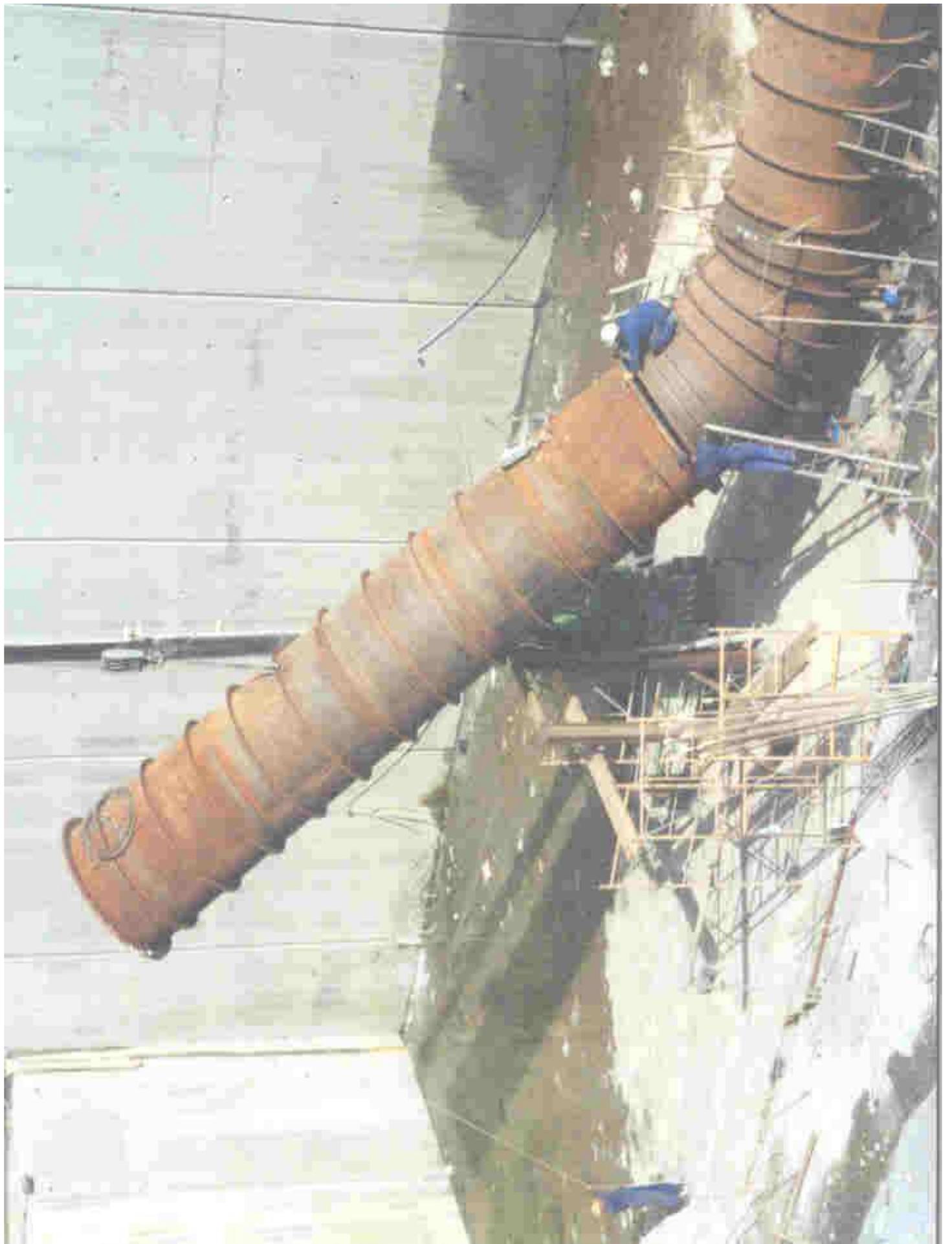
# Toma de riegos

- Tipo: 2 conductos de  $\varnothing$  1 m
- Válvulas de regulación:  
Válvula Bureau de 0,80x1,00 m
- Compuertas de seguridad:  
Válvula Bureau de 0,80x1,00 m
- Cota del eje a la entrada: 191,50 m
- Cota del eje a la salida: 164,30 m

# Toma de riegos







# Presupuestos

- **Presupuesto del Proyecto Modificado:**

- Presupuesto de Ejecución Material:

**17.550.687.020 pts**

- Presupuesto de Ejecución por Contrata:

**22.345.147.194 pts**

- Presupuesto para conocimiento de la Administración:

**26.754.303.177 pts**

- **Presupuesto del Proyecto Complementario:**

- Presupuesto de Ejecución por Contrata:

**5.174.782.271 pts**



# PROCESO CONSTRUCTIVO

# Dimensionamiento de Instalaciones

- Volumen tongadas máximas de hormigón: 2400 m<sup>3</sup>
- Altura de tongadas: 2 m
- Altura de subtongadas: 50 cm
- Volumen de subtongada: 600 m<sup>3</sup>
- Tiempo de ejecución de subtongada: 3 h
- Producción máxima de planta de hormigón: 200 m<sup>3</sup>/h
- Rendimiento horario de la planta 1,20 x 200: 240 m<sup>3</sup>/h
- Instalación de áridos dimensionada para: 600 Tn/h
- 2 Blondines de 6 m<sup>3</sup> cada uno: 240 m<sup>3</sup>/h

# Instalaciones de obra (I)

## Necesidades de áridos.

- Materiales y tamaños:

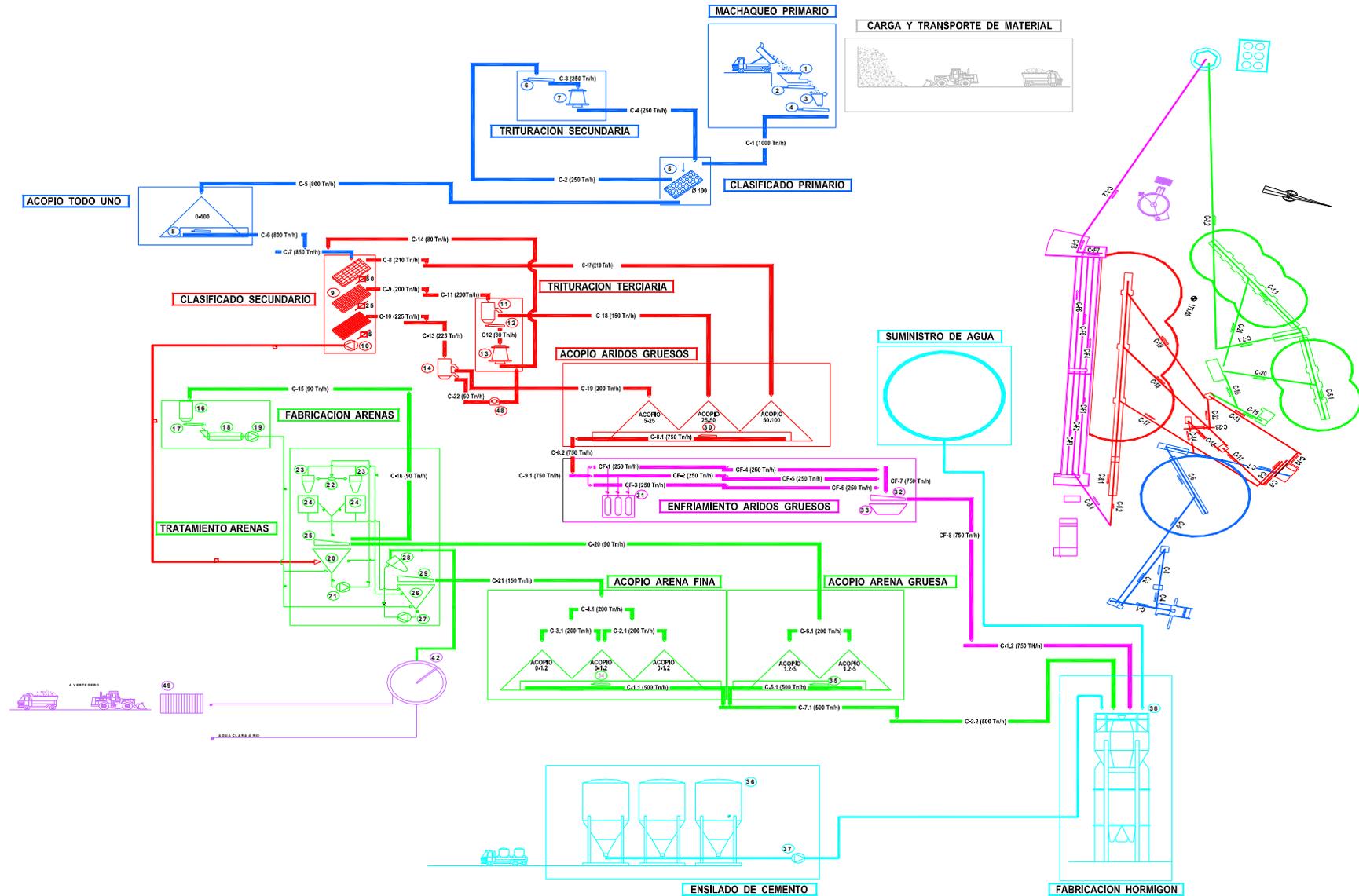
– Arena fina (0-1.75)	1.175.000 Tn	22%
– Arena gruesa (1.75-5)	400.000 Tn	8%
– Arido grueso 1 (5-25)	1.300.000 Tn	25%
– Arido grueso 2 (25-50)	900.000 Tn	17%
– Arido grueso 3 (50-100)	1.475.000 Tn	28%
– Producción prevista:	<b>5.250.000 Tn</b>	

# Instalaciones de obra (I)

## Producción de áridos

- Extracción de áridos
  - Extracción: cauce del río Guadalfeo
  - Características del árido: aluvial rodado
  - Explotación: bancos a cielo abierto con máquinas retroexcavadoras, palas cargadoras y transporte mediante camiones.
  - Extensión: 45 Ha
  - Potencia media: 6 m
  - Producción prevista: 5.750.000 Tn

# Diagrama de flujo: Instalación de áridos y central de hormigonado



# Instalaciones de obra (II)

- Tratamiento primario

- Alimentación: camiones desde gravera
- Fragmentación: machacadora de mandíbulas de simple efecto, de 1000 x 1200 m.m.
- Clasificación de tamaño 0-100m.m.: bandeja vibrante en vía seca de 8' x 20'.
- Trituración de tamaños >100m.m.: Molino giratorio de cono de 13" x 36"
- Silo pulmón: de material todo uno 0-100m.m. con galería inferior de extracción.
- Producción máxima: 1100 Tn/hora.

# Tratamiento primario



# Instalaciones de obra (III)

- Tratamiento secundario
  - Clasificación: doble zaranda por vía húmeda de 8' x 20' con 3 bandejas de corte.
  - Trituración de excedentes (5-25) y (25-50): molino giratorio de cono de 3" x 36" y arenero TMI-2
  - Acopios: (5-25), (25-50) y (50-100)
  - Transporte a enfriamiento: galería inferior de extracción.
  - Producción máxima: 800 Tn/hora.

# Instalaciones de obra (IV)

- Tratamiento terciario
  - Alimentación: bomba de arenas de 10" a cuba de transferencia CU-55.
  - Clasificación: hidro-mecánica de arena gruesa (1.75-5) con 4 hidro-ciclones CI-50 y 4 tamizadores estáticos de poliamida.
  - Molienda excedente de arena gruesa: 4 molinos de barras 3600 x 1600.
  - Concentración: por hidro-ciclonado, de arena fina (0-1.75) en hidro-ciclones inclinados CI-65 y escurridores de poliuretano.
  - Acopios: dos de arena gruesa(1.75-5) y tres de arena fina (0-1.75) en silos montón.

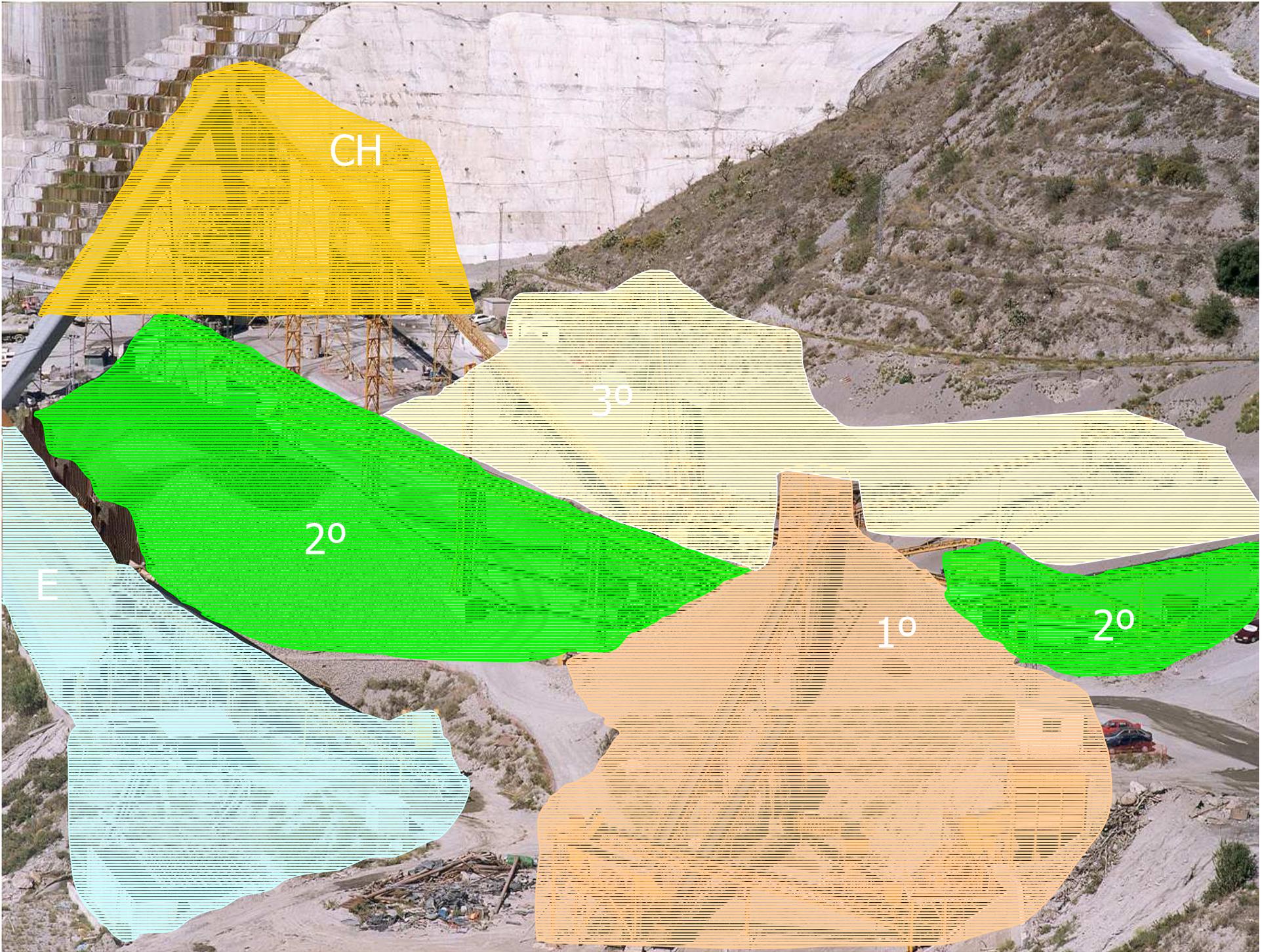
# Instalaciones de obra (V)

- Tratamiento terciario
  - Extracción: galería subterránea y transporte a tolvas de planta de hormigón con cinta carenada.
  - Tratamiento de lodos sobrantes: clarificador CL-14 y prensa-lodos.
  - Producción máxima arena gruesa: 120 tn/hora
  - Producción máxima arena fina: 150 tn/hora



# Instalaciones de obra (VI)

- Enfriamiento de áridos gruesos
  - Batería de 4 grupos de enfriamiento con intercambiador multitubular con inundación de refrigerante ( $\text{NH}_3$ ) y ( $\text{CH}_2\text{ClF}_2$ )
  - Galería de frío de 160 m.l. con 6 cintas de 1600 m.m. baja velocidad y duchas superiores de agua fría a  $5^\circ$ .
  - Escurridor de 7' x 20'
  - Alimentación a tolvas de central de hormigonado mediante cinta aislada térmicamente.
  - Producción máxima: 550 Tn/hora.



# Central de hormigonado (I)

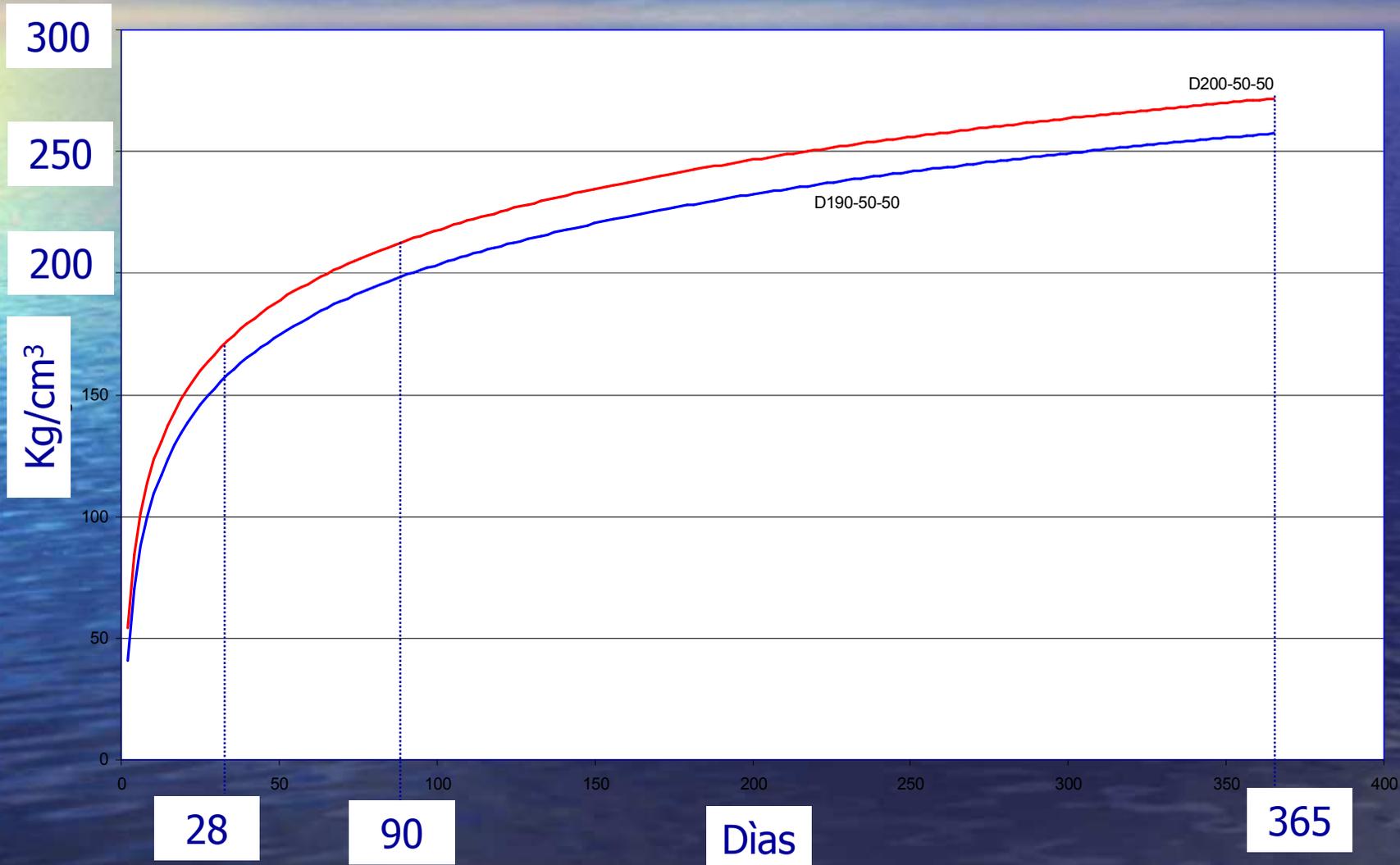
- Central de hormigonado
  - Ensilado superior para cinco áridos y silo de cemento de 60 Tn.
  - Torre compuesta por 4 hormigoneras bicónicas con capacidad útil de 3 m<sup>3</sup>
  - Sistema de dosificación de hormigón capaz de dosificar 1,3 ciclos/minuto.
  - 2 Tolvas de hormigón fresco de 6 m<sup>3</sup> cada una
  - 6 Silos de cemento de 420 Tn cada uno con fluidificador FULLER e impulsión con compresor rotativo de paletas.
  - Producción máxima: 240 M<sup>3</sup> / hora

# Central de hormigonado (III)

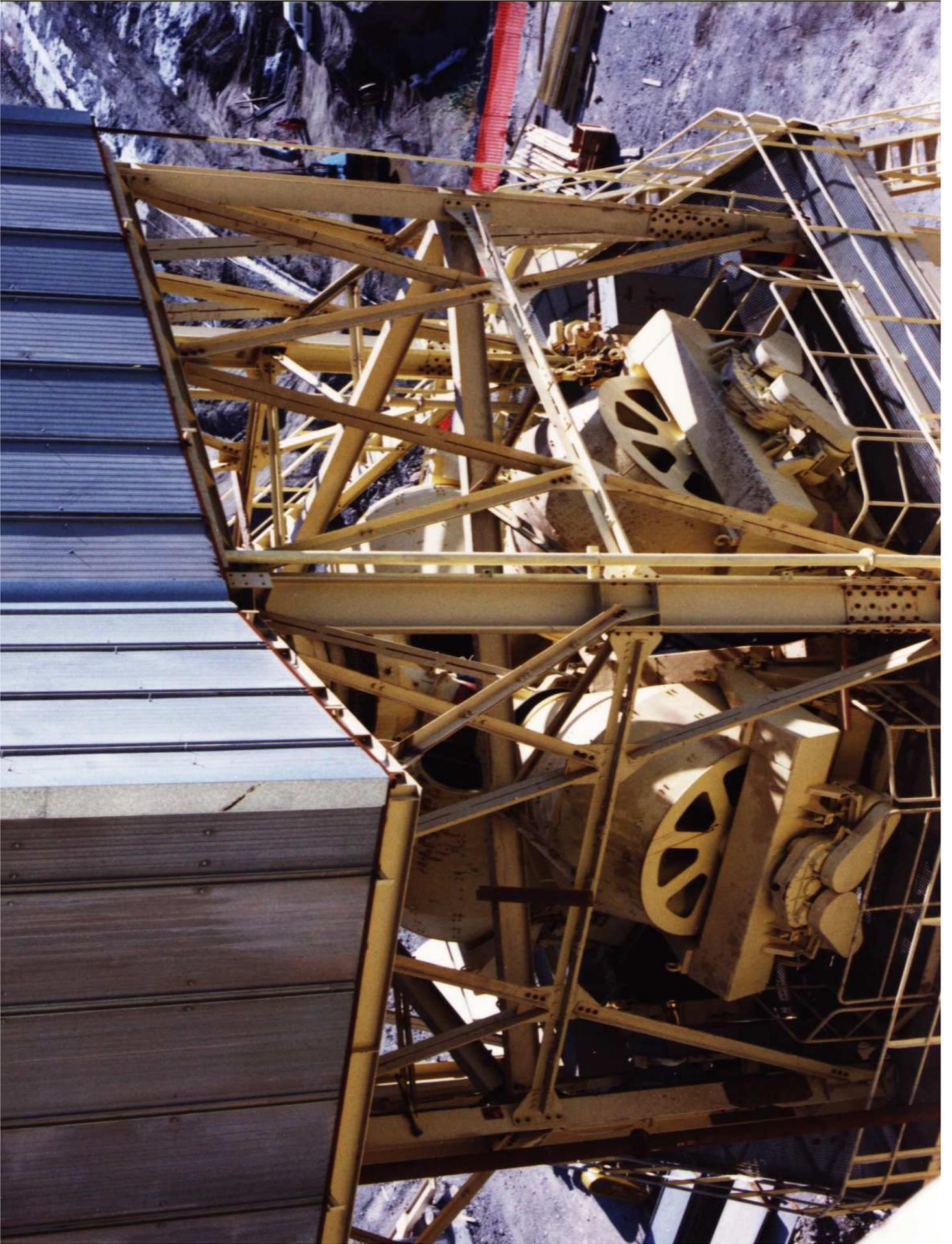
- Equipo de enfriamiento agua de amasado
  - Compuesto por intercambiador multitubular con inundación de refrigerante R-22, dos compresores CRV.

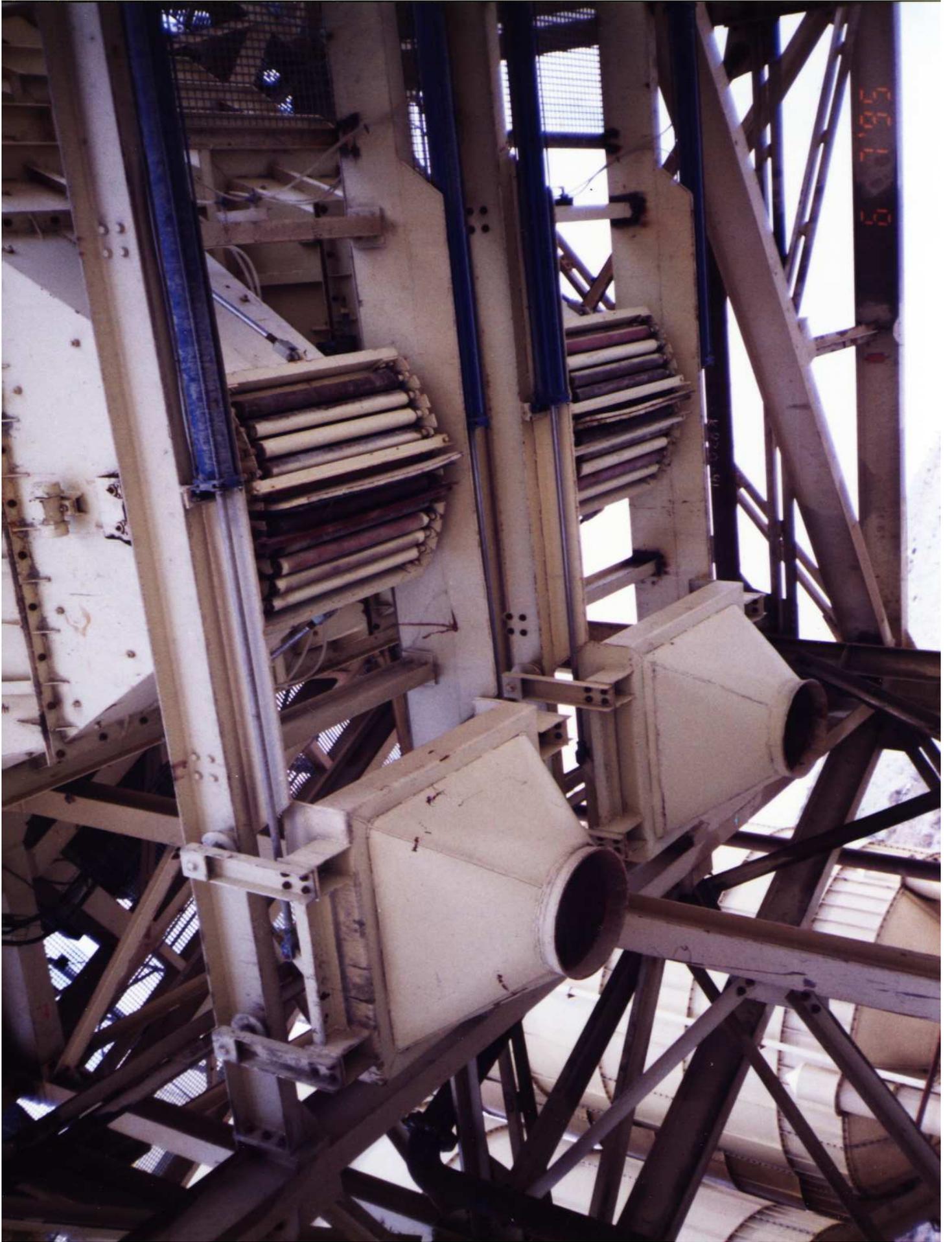
# Características del hormigón

- Evolución resistencias hormigón con cemento 50-50









# Puesta en obra del hormigón

- Transporte desde planta
  - Transporte a muelle de cazos con silobuses automotrices de  $2 \times 6.5 \text{ m}^3$  sobre railes.
  - Cuatro cazos de  $6\text{m}^3$  de capacidad y accionamiento hidráulico.
  - Elevación y transporte de cazos a los bloques mediante 2 blondines de 20 Tn de capacidad de carga.

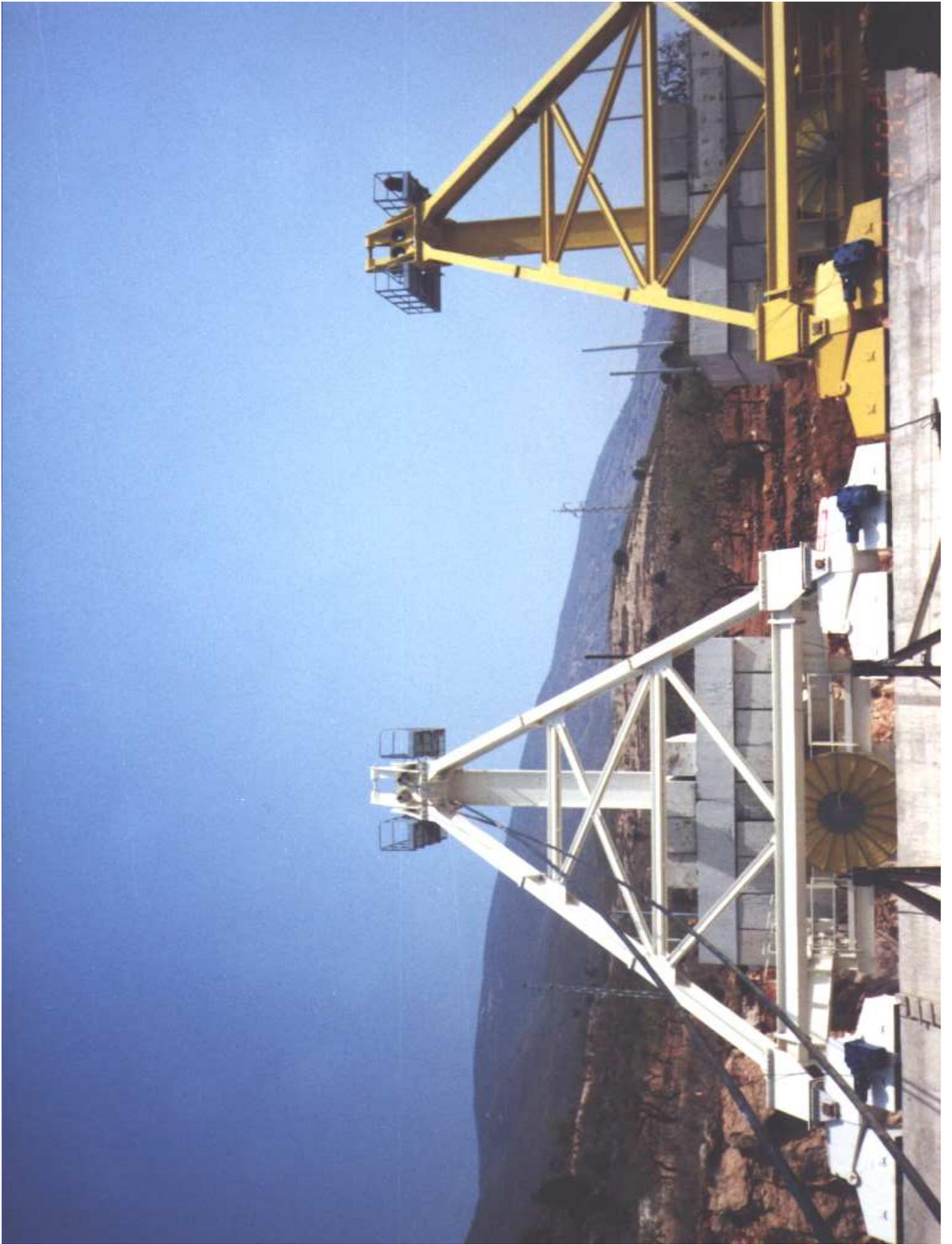


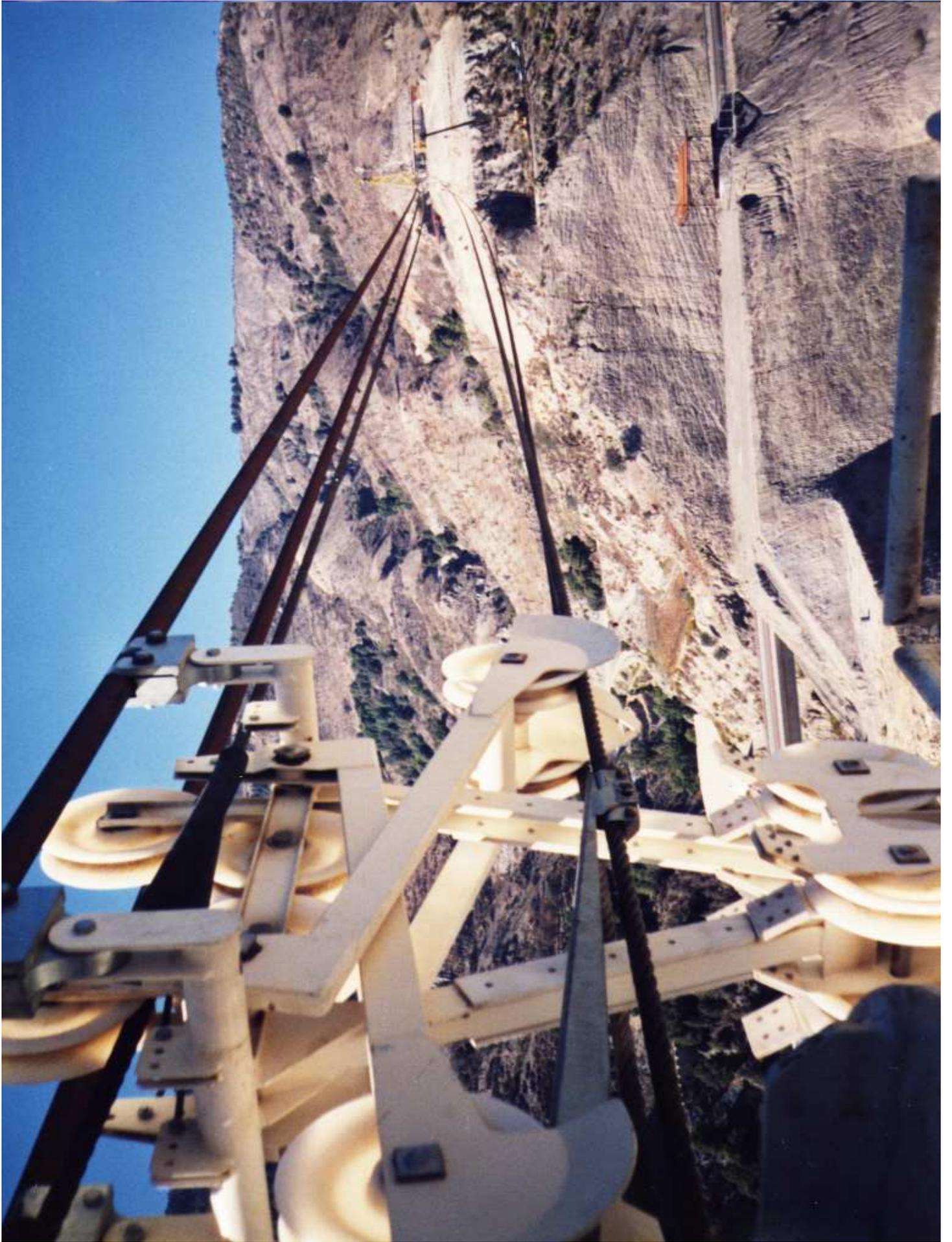


# Puesta en obra del hormigón

- Blondines
  - 2 blondines radiales de 20Tn de capacidad de carga cada uno.
  - Luz del vano: 1280 m.
  - Velocidad de traslación: 7 m/s.
  - Velocidad de elevación y descenso: 2.5 m/s.
  - 2 torres fijas de 20 m. de altura.
  - 2 torres móviles de 15 m. de altura.
  - Longitud de vía de rodadura de torres móviles: 240 m.







# Blondines

Transporte de maquinaria



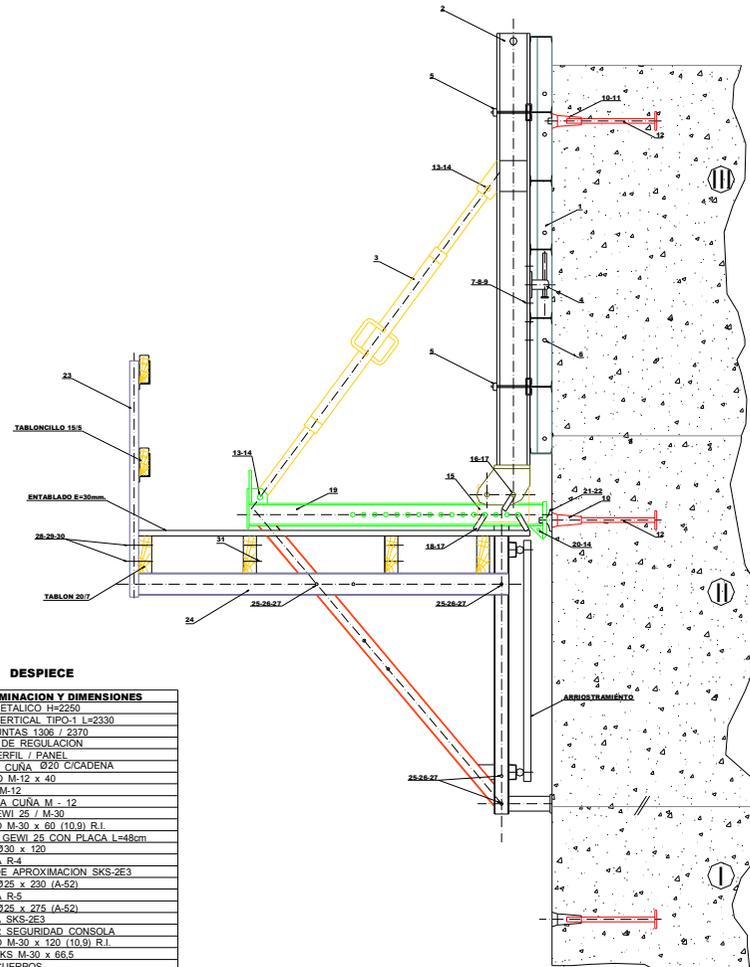
# Encofrado trepante

- Tipo PERI, con paneles metálicos de 5.05 x 2.25 m, consolas, conos Gewi y plataformas de trabajo adosadas.
- 310.000 m<sup>2</sup> de superficie encofrada.

# Encofrado

## Fase A

### FASE A: POSICION INICIAL



#### DESPIECE

Nº	DENOMINACION Y DIMENSIONES
1	PANEL METALICO H=2250
2	PERFIL VERTICAL TIPO-1 L=2330
3	TORNAPUNTAS 1306 / 2370
4	HUSILLO DE REGULACION
5	BRIDA PERFIL / PANEL
6	BULON Y CUÑA Ø20 C/CADENA
7	TORNILLO M-12 x 40
8	TUERCA M-12
9	ARANDELA CUÑA M - 12
10	CONO GEWI 25 / M-30
11	TORNILLO M-30 x 60 (10.9) R.I.
12	ANILLO GEWI 25 CON PLACA L=48mm
13	BULON Ø30 x 120
14	GRUPILLA R-4
15	CARRO DE APROXIMACION SKS-2E3
16	BULON Ø25 x 230 (A-52)
17	GRUPILLA R-5
18	BULON Ø25 x 275 (A-52)
19	CONSOLA SKS-2E3
20	PASADOR SEGURIDAD CONSOLA
21	TORNILLO M-30 x 120 (10.9) R.I.
22	ANILLO SKS M-30 x 66.5
23	GUARDAJERROS
24	PLATAFORMA DE TRABAJO INTERMEDIA
25	TORNILLO M-16 x 110
26	TUERCA M-16
27	ARANDELA M-16
28	TORNILLO M-8 x 150
29	TUERCA M-8
30	ARANDELA M-8
31	TIRAFONDO 8 / 60

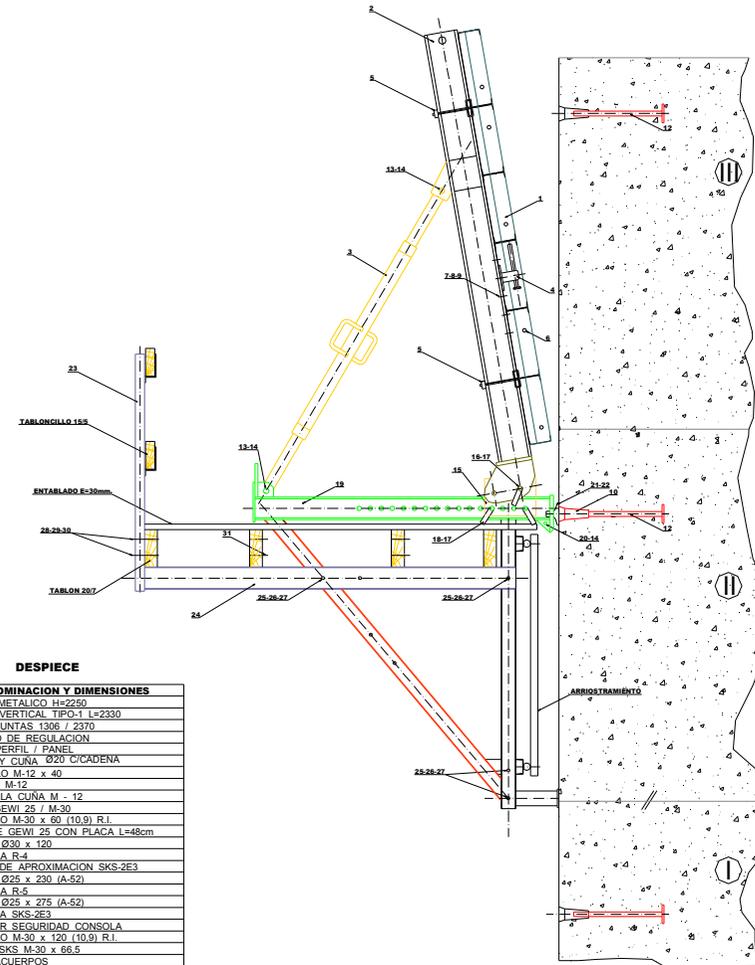
#### SECUENCIA DE TRABAJO

- A.1.- Retirada del tornillo M-30 (11)
- A.2.- Despegar panel metálico (1) del hormigón actuando sobre el tornapuntas (3) y carro de aproximación (15)
- A.3.- Retirada cono GEWI 25 (10)

# Encofrado

## Fase B

### FASE B: DEENCOFRADO



#### DESPIECE

Nº	DENOMINACION Y DIMENSIONES
1	PANEL METALICO H=2250
2	PERFIL VERTICAL TIPO-1 L=2330
3	TORNAPUNTAS 1306 / 2370
4	HUSILLO DE REGULACION
5	BRIDA PERFIL / PANEL
6	BULON Y CUÑA Ø20 C/CADENA
7	TORNILLO M-12 x 40
8	TUERCA M-12
9	ARANDELA CUÑA M - 12
10	CONO GEWI 25 / M-30
11	TORNILLO M-30 x 60 (10.9) R.I.
12	ANCLAJE GEWI 25 CON PLACA L=48cm
13	BULON Ø30 x 120
14	GRUPILLA R-4
15	CARRO DE APROXIMACION SKS-2E3
16	BULON Ø25 x 230 (A-52)
17	GRUPILLA R-5
18	BULON Ø25 x 275 (A-52)
19	CONSOLA SKS-2E3
20	PASADOR SEGURIDAD CONSOLA
21	TORNILLO M-30 x 120 (10.9) R.I.
22	ANILLO SKS M-30 x 66.5
23	GUARDAJERROS
24	PLATAFORMA DE TRABAJO INTERMEDIA
25	TORNILLO M-16 x 110
26	TUERCA M-16
27	ARANDELA M-16
28	TORNILLO M-8 x 150
29	TUERCA M-8
30	ARANDELA M-8
31	TIRAFONDO 8 / 60

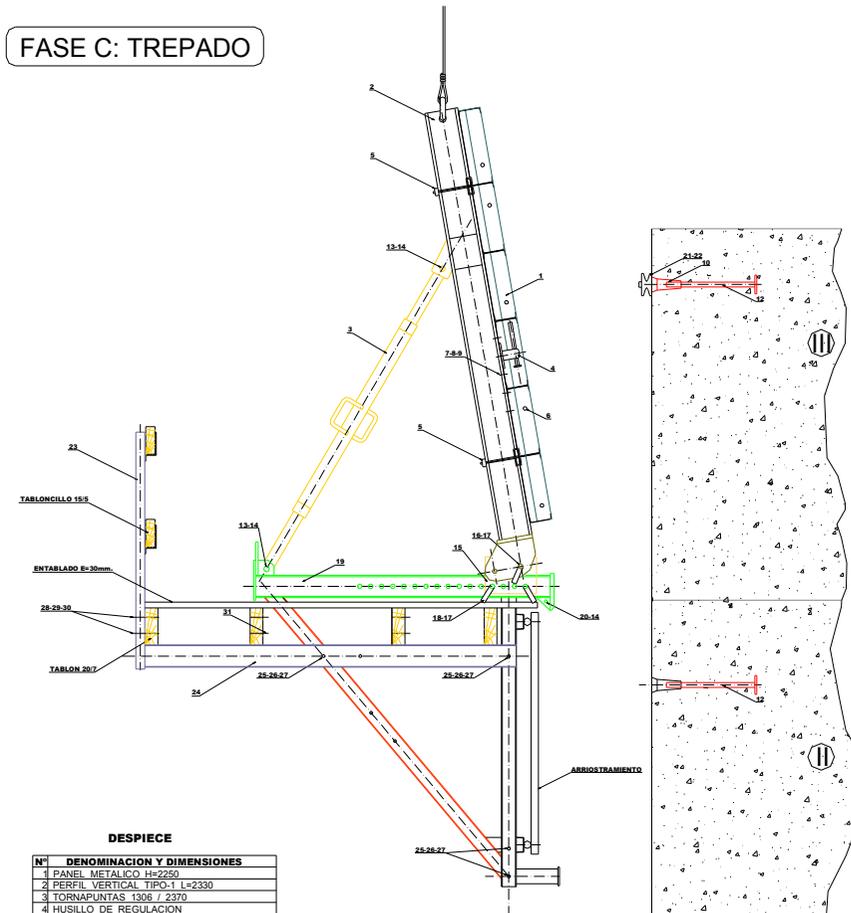
#### SECUENCIA DE TRABAJO

- B.1.- Estrobar el módulo completo
- B.2.- Retrada de grupilla (14) y pasador de seguridad (20)
- B.3.- Izado, con la ayuda de una grúa móvil, del módulo completo
- B.4.- Recuperación de tornillo M-30 (21), anillo SKS M-30 (22) y cono GEWI 25 (10)
- B.5.- Posicionado de todas las piezas recuperadas en el punto anterior en la tongada superior

# Encofrado

## Fase C

### FASE C: TREPADO



#### DESPIECE

Nº	DENOMINACION Y DIMENSIONES
1	PANEL METALICO H=2250
2	PERFIL VERTICAL TIPO-1 L=2330
3	TORNAPUNTAS 1308 / 2370
4	HUSILLO DE REGULACION
5	BRIDA PERFIL / PANEL
6	BULON Y CUÑA Ø20 C/CADENA
7	TORNILLO M-12 x 40
8	TUERCA M-12
9	ARANDELA CUÑA M - 12
10	CONO GEWI 25 / M-30
11	TORNILLO M-30 x 60 (10,9) R.I.
12	ANCLAJE GEWI 25 CON PLACA L=48cm
13	BULON Ø30 x 120
14	GRUPILLA R-4
15	CARRO DE APROXIMACION SKS-2E3
16	BULON Ø25 x 230 (A-52)
17	GRUPILLA R-5
18	BULON Ø25 x 275 (A-52)
19	CONSOLA SKS-2E3
20	PASADOR SEGURIDAD CONSOLA
21	TORNILLO M-30 x 120 (10,9) R.I.
22	ANILLO SKS M-30 x 66,5
23	GUARDAUERTROS
24	PLATAFORMA DE TRABAJO INTERMEDIA
25	TORNILLO M-16 x 110
26	TUERCA M-16
27	ARANDELA M-16
28	TORNILLO M-8 x 150
29	TUERCA M-8
30	ARANDELA M-8
31	TIRAFONDO 8 / 60

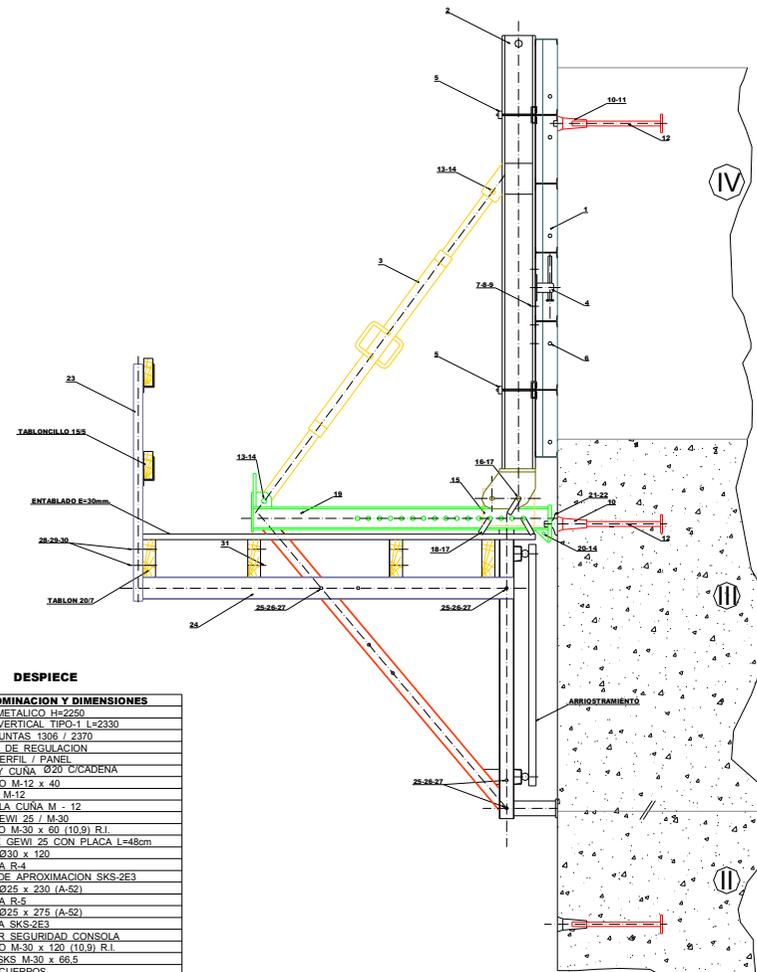
#### SECUENCIA DE TRABAJO

- C.1.- Colgar el módulo completo del anillo SKS M-30 (22)
- C.2.- Colocación de pasador de seguridad (20) y grupilla (14)
- C.3.- Desestibar el módulo completo
- C.4.- Aproximación del panel metálico (1) actuando sobre el tornapuntas (3) y el carro de aproximación (15)
- C.5.- Alineación y aplome del panel metálico (1)
- C.6.- Colocación, con el fin de realizar la siguiente trepa, de cono GEWI 25 (10) tornillo M-30 (11) y anclaje GEWI 25 (12)

# Encofrado

## Fase D

### FASE D: HORMIGONADO



#### DESPIECE

Nº	DENOMINACION Y DIMENSIONES
1	PANEL METALICO H=2250
2	PERFIL VERTICAL TIPO-1 L=2330
3	TORNAPUNTAS 1308 / 2370
4	HUSILLO DE REGULACION
5	BRIDA PERFIL / PANEL
6	BULON Y CUNA Ø20 C/CADENA
7	TORNILLO M-12 x 40
8	TUERCA M-12
9	ARANDELA CUNA M - 12
10	CONO GEWI 25 / M-30
11	TORNILLO M-30 x 60 (10,9) R.I.
12	ANCLAJE GEWI 25 CON PLACA L=48cm
13	BULON Ø30 x 120
14	GRUPILLA R-4
15	CARRO DE APROXIMACION SKS-2E3
16	BULON Ø25 x 230 (A-50)
17	GRUPILLA R-5
18	BULON Ø25 x 275 (A-52)
19	CONSOLA SKS-2E3
20	PASADORS SEGURIDAD CONSOLA
21	TORNILLO M-30 x 120 (10,9) R.I
22	ANILLO SKS M-30 x 66,5
23	GUARDAPUERROS
24	PLATAFORMA DE TRABAJO INTERMEDIA
25	TORNILLO M-16 x 110
26	TUERCA M-16
27	ARANDELA M-16
28	TORNILLO M-8 x 150
29	TUERCA M-8
30	ARANDELA M-8
31	TIRAFONDO 8 / 60

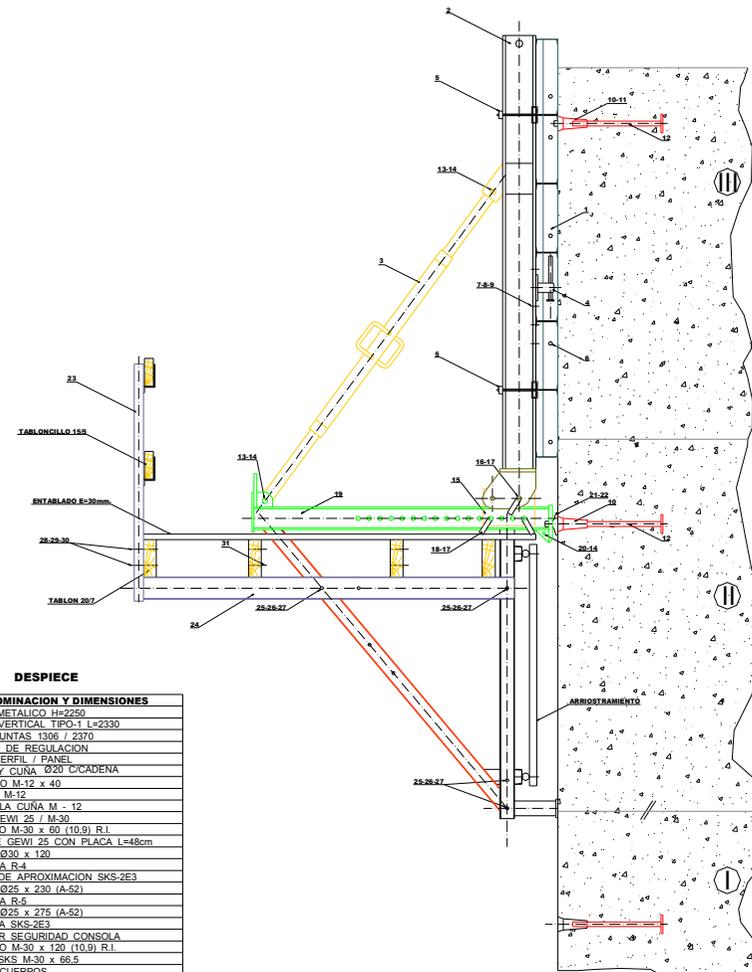
#### SECUENCIA DE TRABAJO

D.1.- Hormigonado

# Encofrado

## Fase E

### FASE E: POSICION FINAL



#### DESPIECE

Nº	DENOMINACION Y DIMENSIONES
1	PANEL METALICO H=2250
2	PERFIL VERTICAL TIPO-1 L=2330
3	TORNAPUNTAS 1306 / 2370
4	HUSILLO DE REGULACION
5	BRIDA PERFIL / PANEL
6	BULON Y CUNA Ø20 C/CADENA
7	TORNILLO M-12 x 40
8	TUERCA M-12
9	ARANDELA CUNA M - 12
10	CONO GEWI 25 / M-30
11	TORNILLO M-30 x 60 (10.9) R.I.
12	ANCLAJE GEWI 25 CON PLACA L=48cm
13	BULON Ø30 x 120
14	GRUPILLA R-4
15	CARRO DE APROXIMACION SKS-2E3
16	BULON Ø25 x 230 (A-52)
17	GRUPILLA R-5
18	BULON Ø25 x 275 (A-52)
19	CONSOLA SKS-2E3
20	PASADORS SEGURIDAD CONSOLA
21	TORNILLO M-30 x 120 (10.9) R.I.
22	ANILLO SKS M-30 x 66,5
23	GUARDAUEROS
24	PLATAFORMA DE TRABAJO INTERMEDIA
25	TORNILLO M-16 x 110
26	TUERCA M-16
27	ARANDELA M-16
28	TORNILLO M-8 x 150
29	TUERCA M-8
30	ARANDELA M-8
31	TIRAFONDO 8 / 60







# Extendido

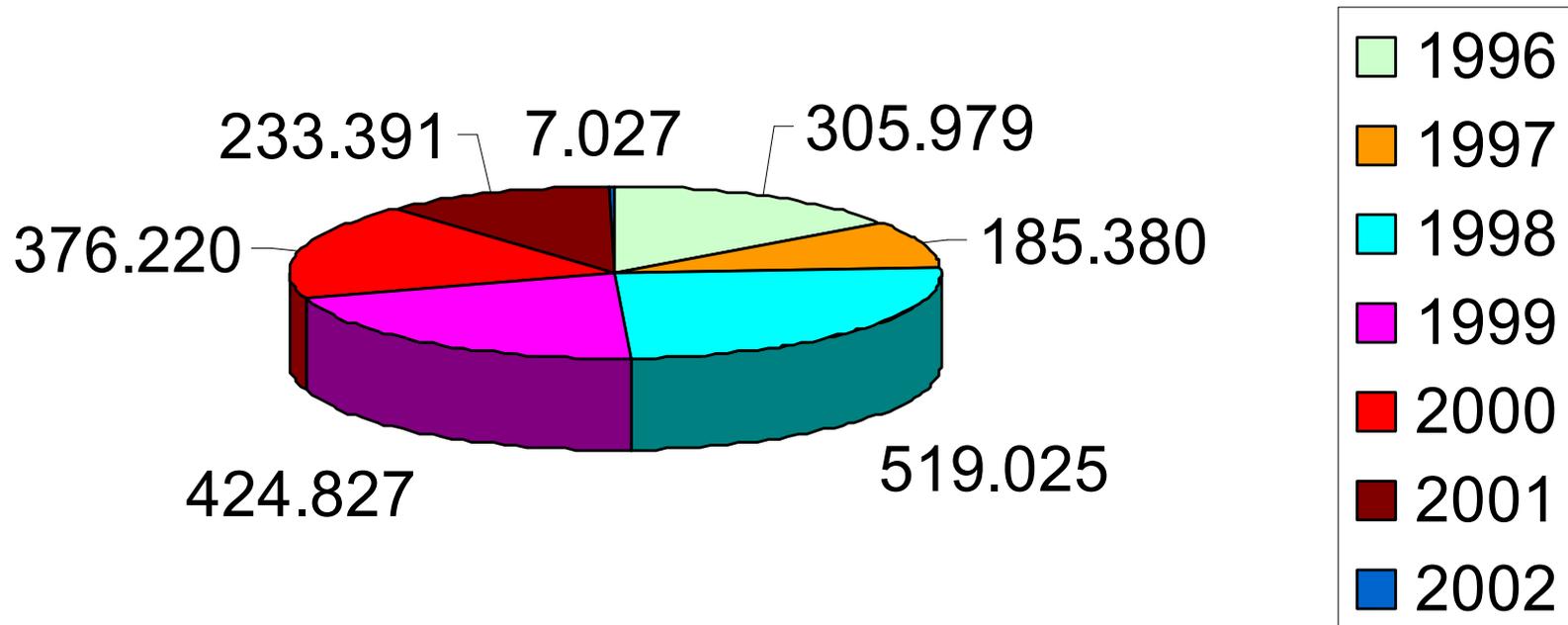
- Formado por dos bulldozer Komatsu mod. D-37 de 80 CV de potencia, con regulación del ángulo de ataque del dozer y otro Komatsu mod. D-31 de 70 CV.

# Vibrado

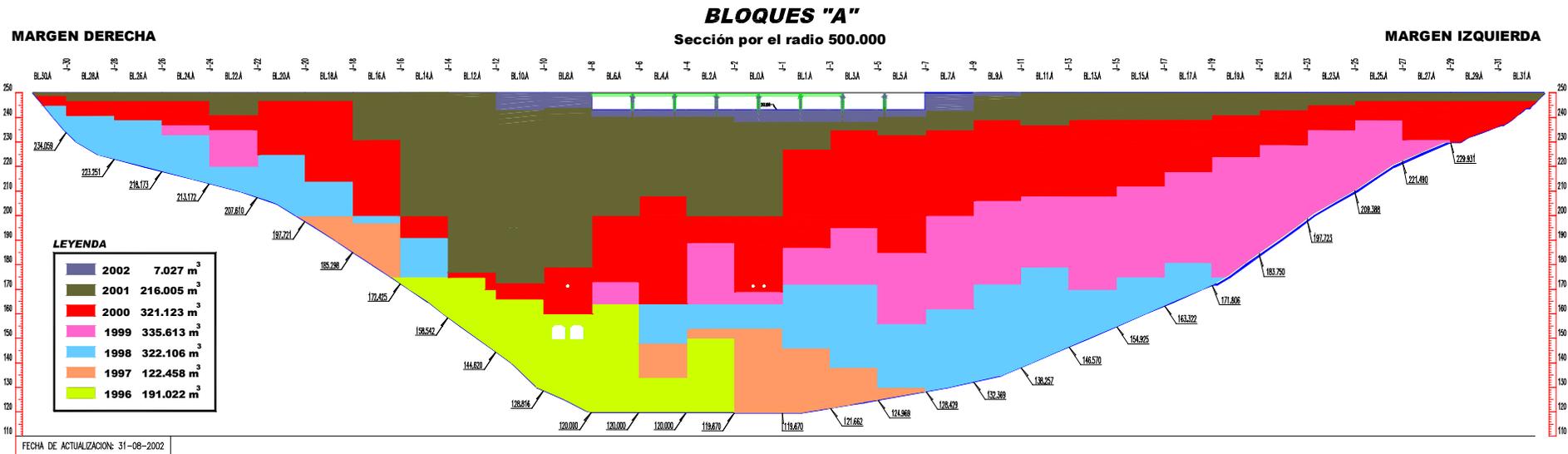
- Dos retro-excavadoras de 108 CV, a las que se han acoplado seis vibradores oleo-hidráulicos mod. VH-15 de alta frecuencia.
- Una retro-excavadora de 80 CV, a la que se ha instalado cuatro vibradores oleo-hidráulicos mod. VH-15 de alta frecuencia.



# Hormigón en cuerpo de presa m<sup>3</sup>



# Secuencia de hormigonado





# REPORTAJE FOTOGRÁFICO







