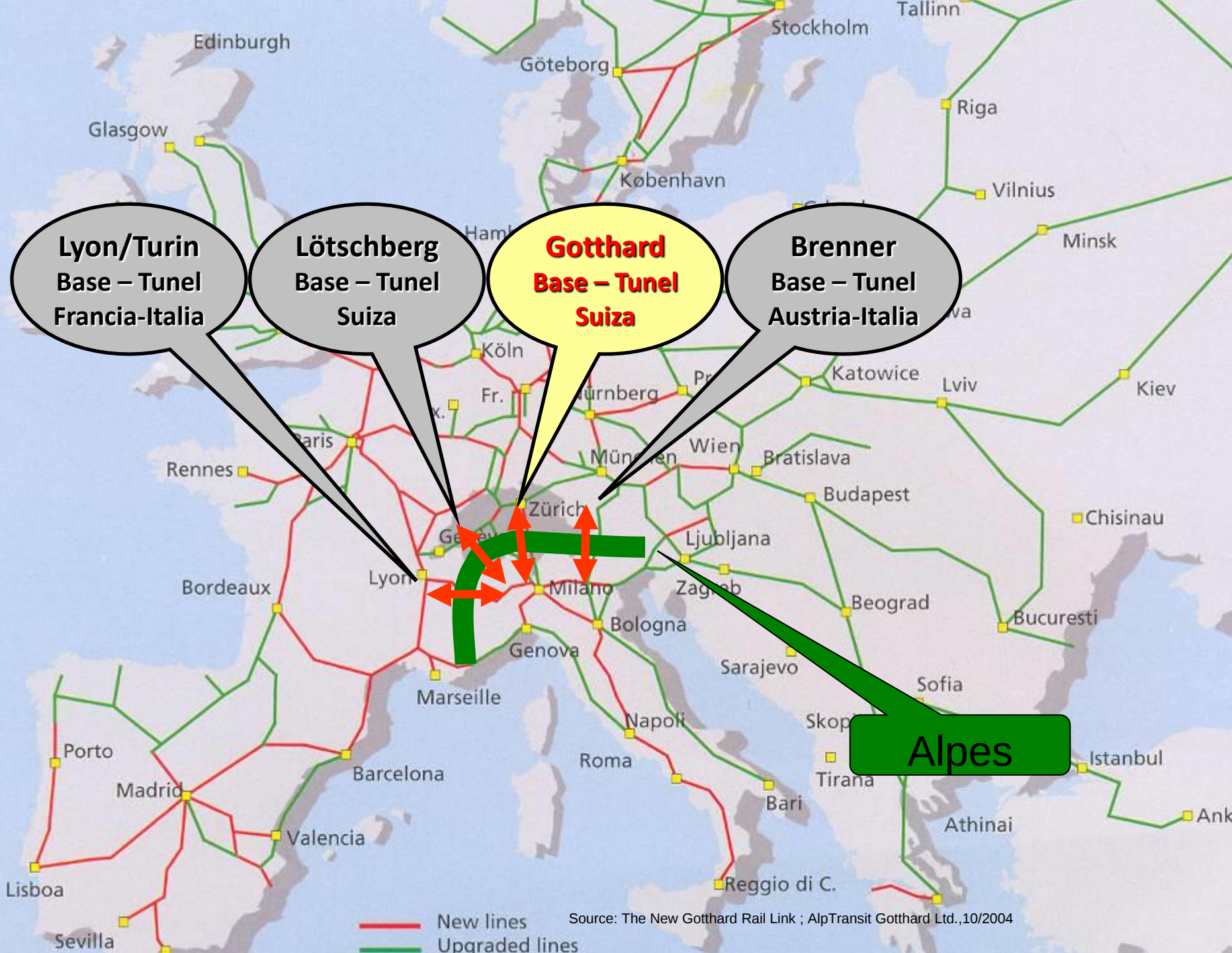




SAN GOTARDO: DISEÑO DE NUEVOS MATERIALES PARA EL TÚNEL FERROVIARIO MAS LARGO DEL MUNDO (57 KM)

ERNESTO SCHÜMPERLI
SIKA SERVICES AG, DIVISION INFRAESTRUCTURA Y MINAS
BUENOS AIRES, ARGENTINA, 7 DE SEPTIEMBRE 2017



PORQUE UN NUEVO TUNEL BASE DEL SAN GOTARDO?

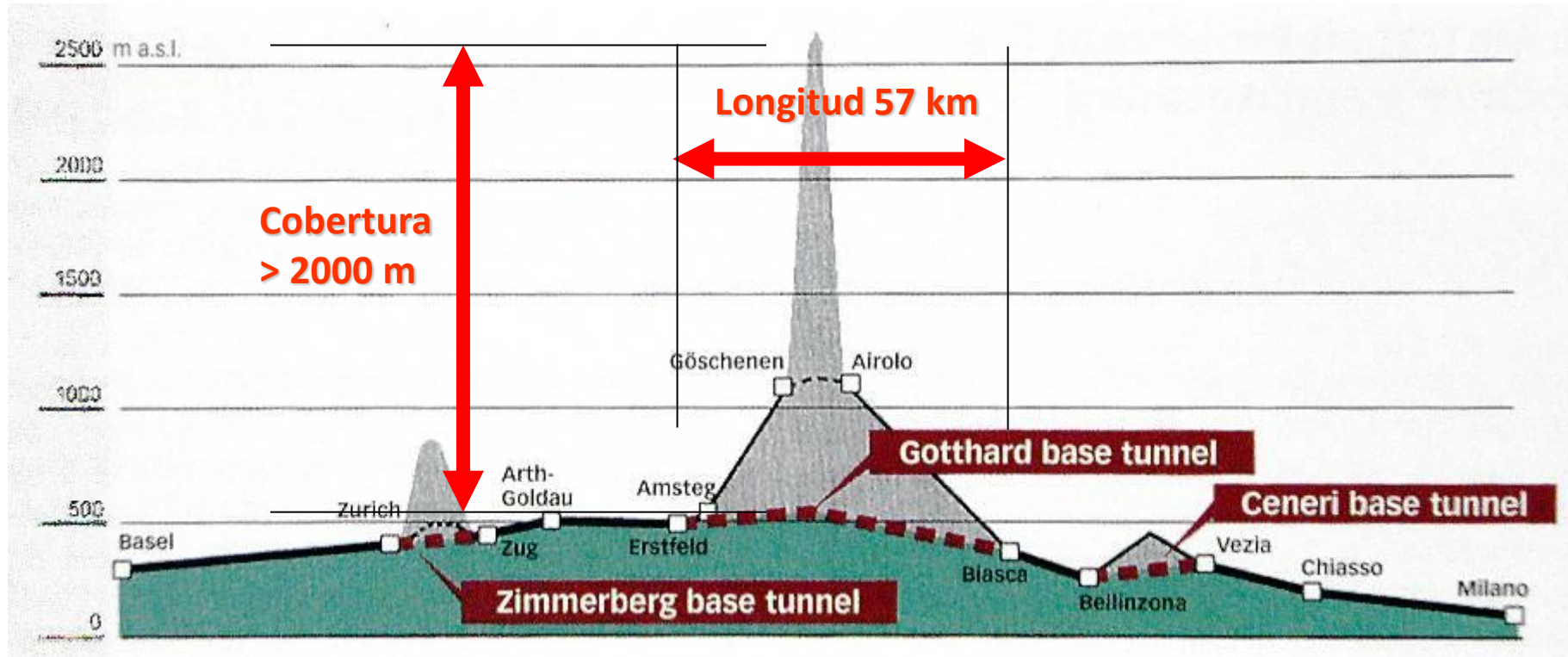
EL TRAFICO INCREMENTÓ 10 X EN 30 AÑOS



- Los túneles existentes llegaron a su capacidad máxima
- Triplicar la capacidad de carga (1300 ton -> 3600 ton/tren)
- Aumentar la velocidad (hasta 250 km/h y ahorrar tiempo de viaje de 50 min)
- Suiza firmo un **Contrato de Tránsito con EU en el 1992** garantizando la capacidad acordada

PORQUE UN NUEVO TÚNEL BASE DEL SAN GOTARDO? UN PASO RÁPIDO Y PLANO A TRAVÉS DE LOS ALPES

Gotthard Base Tunnel main section of a New Rail Link through the Alps (NRLA)



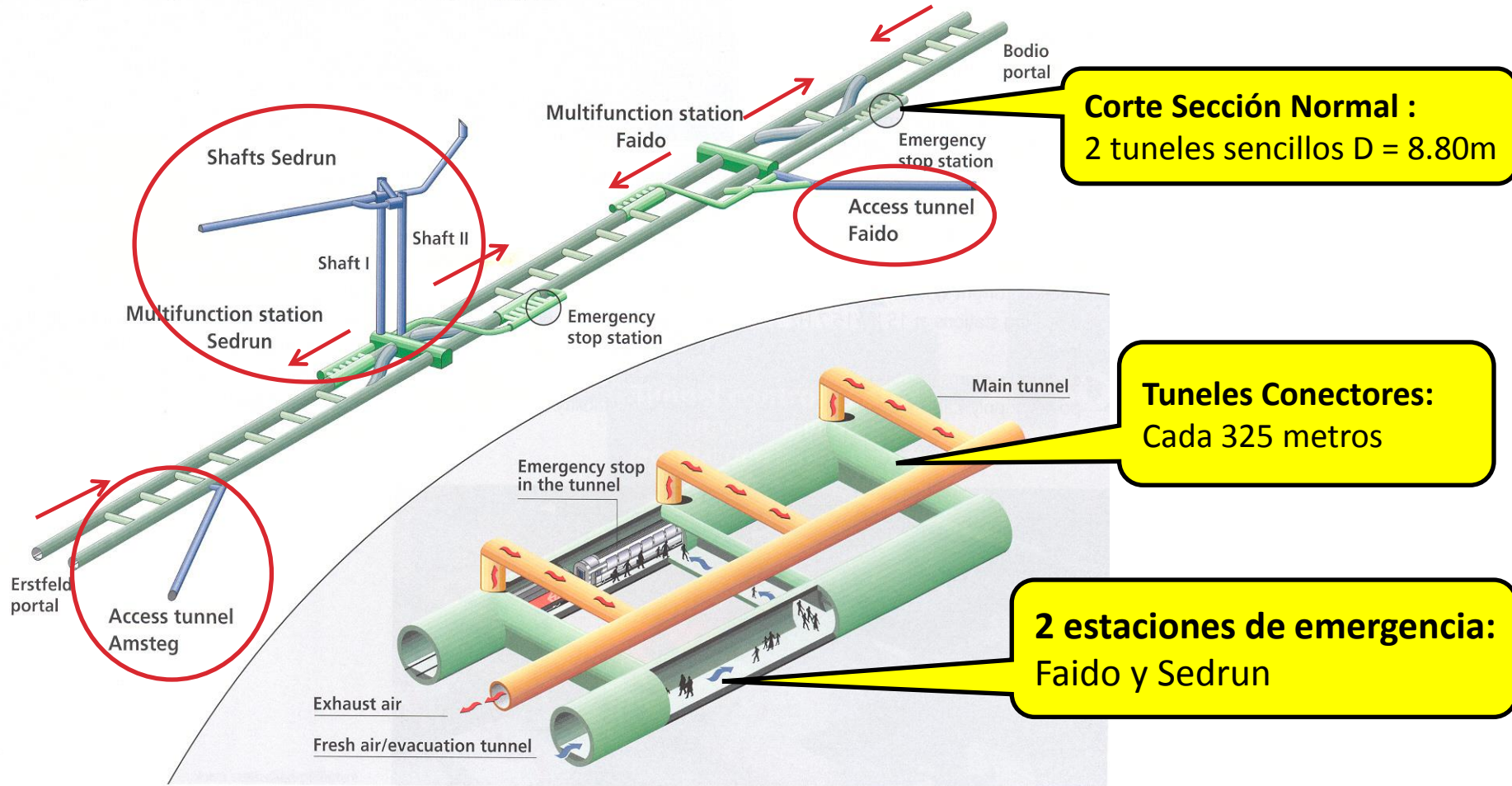
Copied from: St. Gotthard The Vision 5/2000

**Primera ruta plana a través de los Alpes a 2300 metros de profundidad
--> El túnel ferroviario más profundo del mundo**

EL PROYECTO SAN GOTARDO

HECHOS DEL DISEÑO

Safety concept in the Gotthard Base Tunnel



3 puntos intermedios de ataque / 6 direcciones de excavación / 50% ahorro en tiempo

EL PROYECTO SAN GOTARDO

5 PAQUETES DE CONSTRUCCIÓN PARA 57 KM

3 tuneles de acceso -> 5 obras simultáneas -> 50% tiempo de construcción

Gotthard-Basistunnel

Schema Tunnelsystem

Sección Erstfeld

Longitud: ca. 7.4 km

Punto de inicio: portal norte

Sección Sedrun

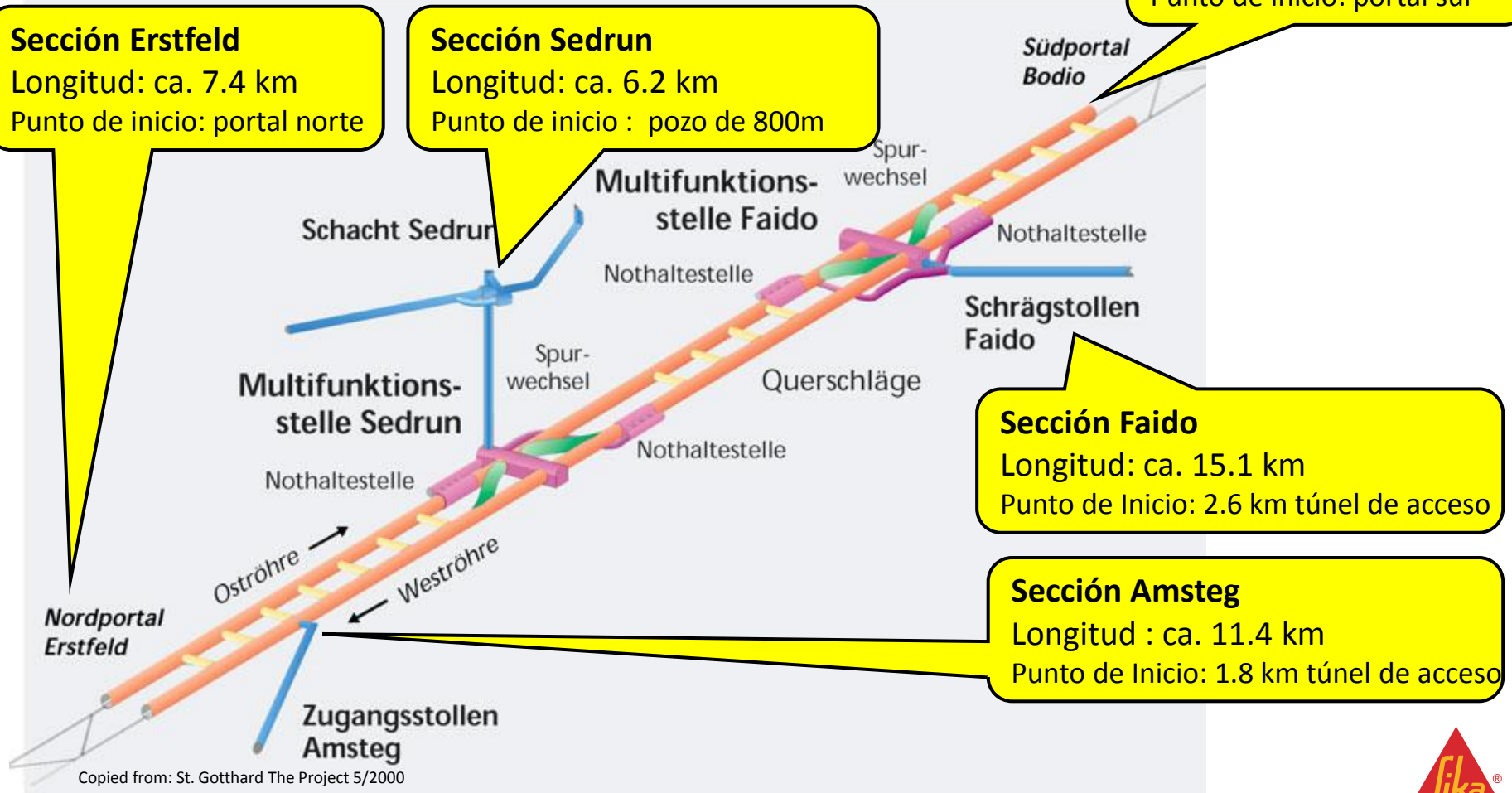
Longitud: ca. 6.2 km

Punto de inicio : pozo de 800m

Sección Bodio

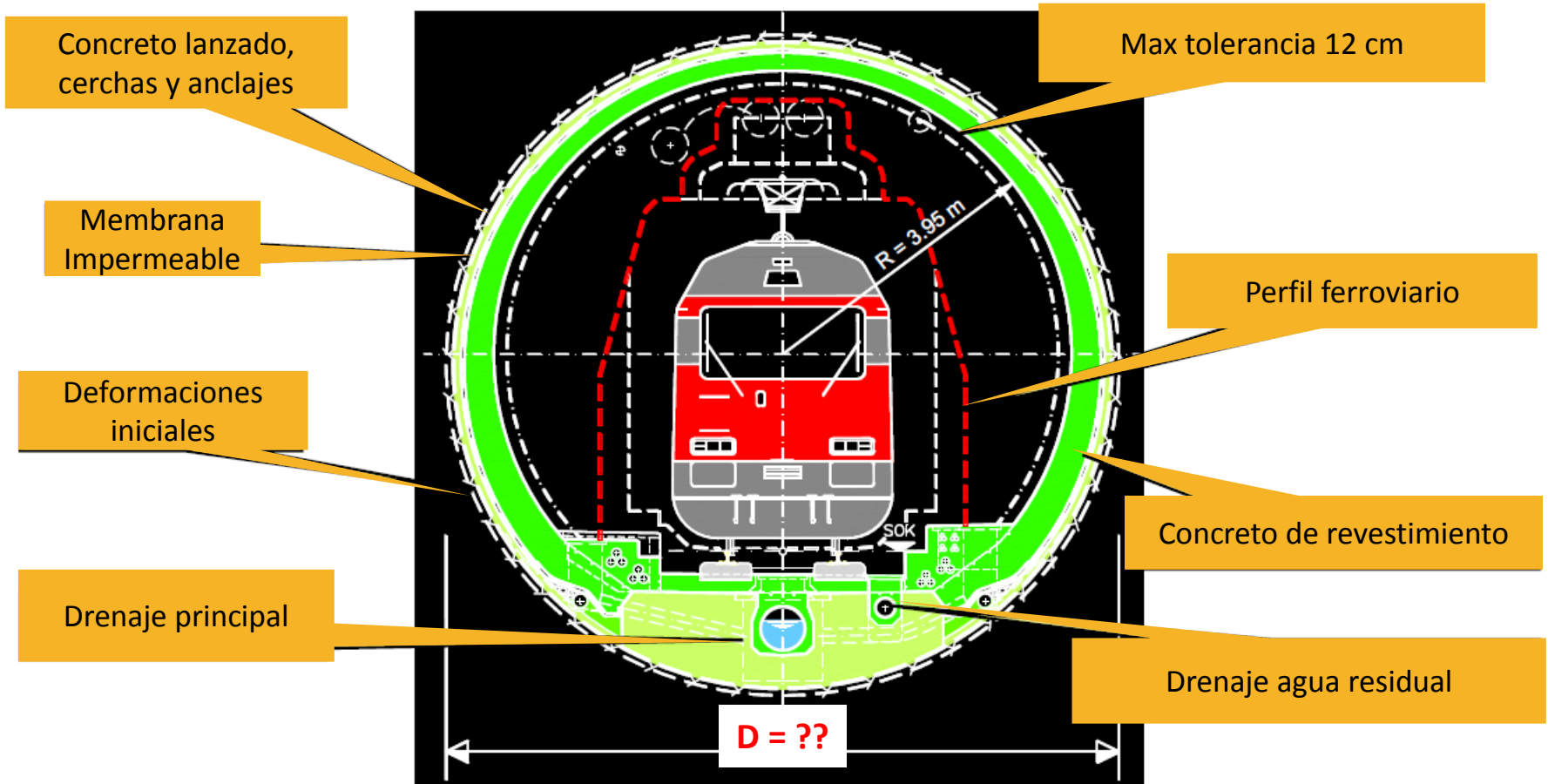
Longitud: ca. 16.6 km

Punto de inicio: portal sur



EL PROYECTO SAN GOTARDO (2X 57 KM)

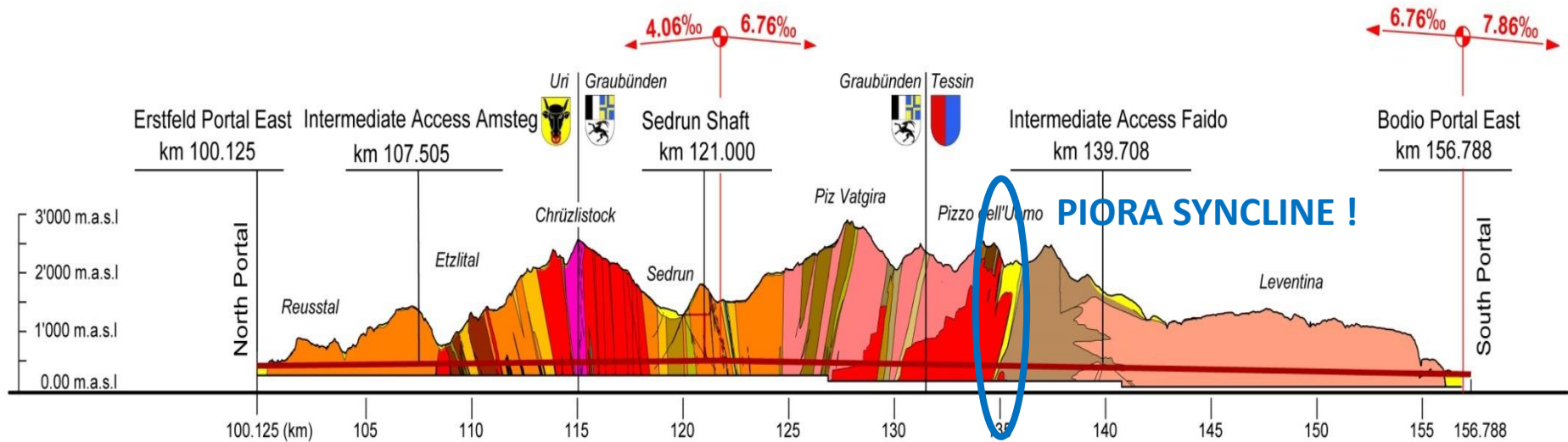
SECCIÓN NORMAL DEL TÚNEL



Excavación $\varnothing = 8.80 - 9.60$, dependiendo de la calidad de la roca y la cobertura!

RETOS DE DISEÑO

VARIACIÓN DE GEOLOGÍA / METODO DE EXCAVACIÓN



Section length (east tunnel)	Erstfeld 7.778 km	Amsteg 11.330 km	Sedrun 8.569 km	Faido 13.456 km	Bodio 15.971 km	
Direction of advance	TBM	TBM	conventional tunnelling	TBM	CT	TBM main drives conventional tunnelling

Excavación por: **TBM = tuneladora** - **CT = convencional (perforación y voladura)**

Aare massif
 Urseren-Garvera zone
 Piora syncline

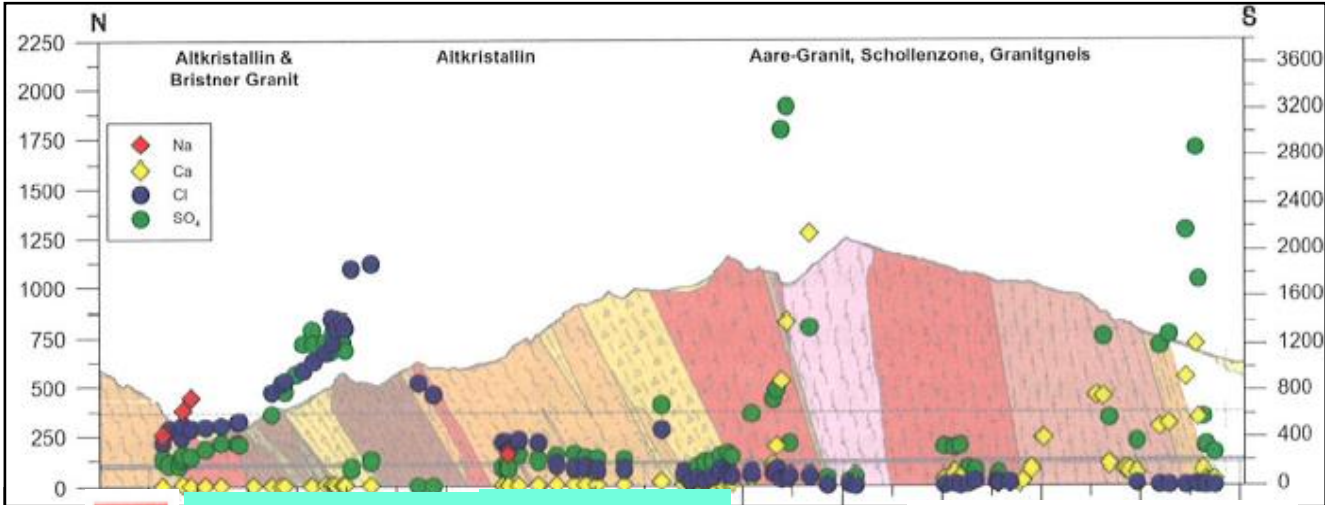
 Tavetsch intermediate massif
 Gotthard massif
 Pennine gneiss zone

RETOS DE DISEÑO

AGUA SUBTERRÁNEA: SULFATOS

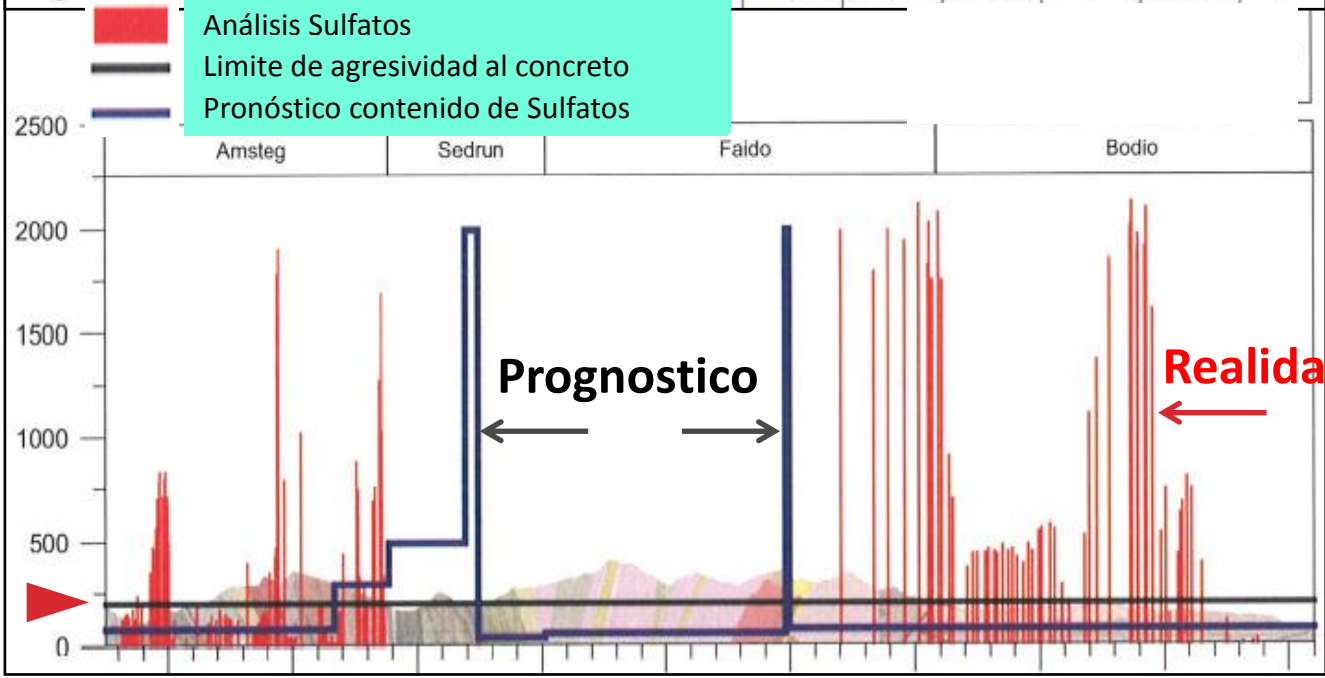
Ionos

Concentración [mg/lt]



Sulfatos

Concentración [mg/lt]



200 mg/lt

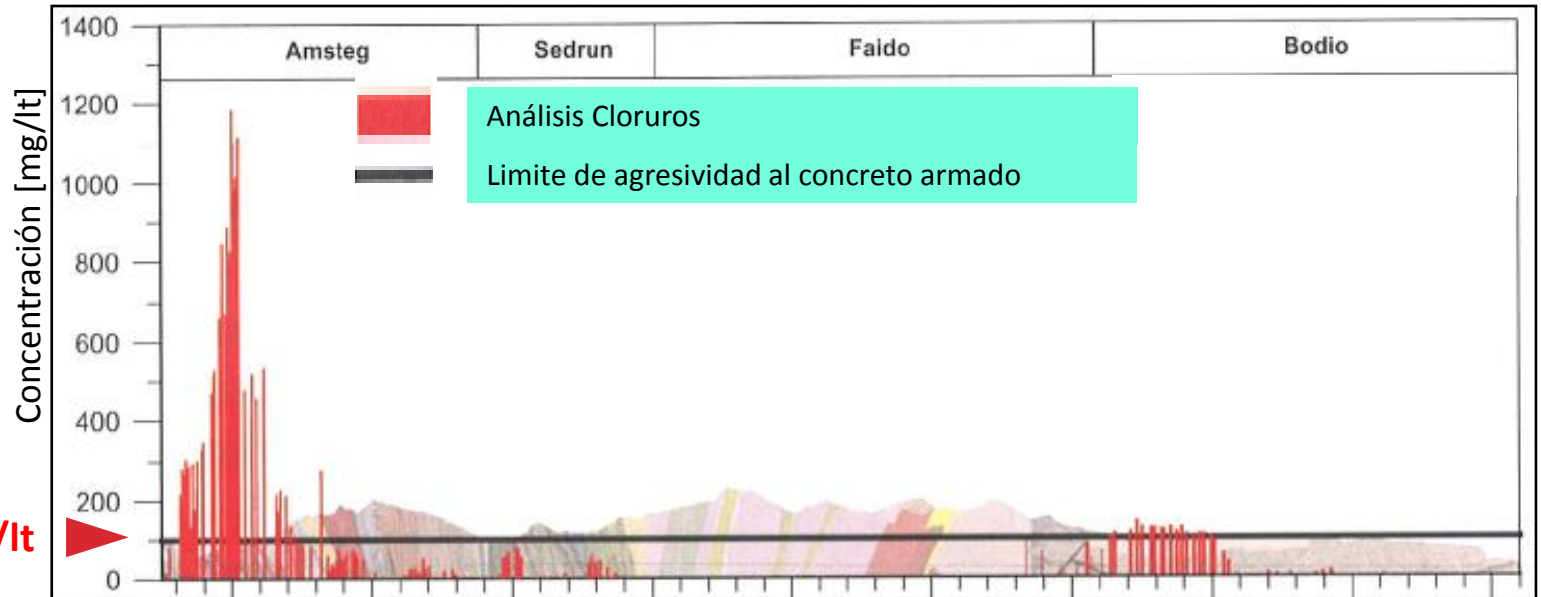
Realidad

Prognostico

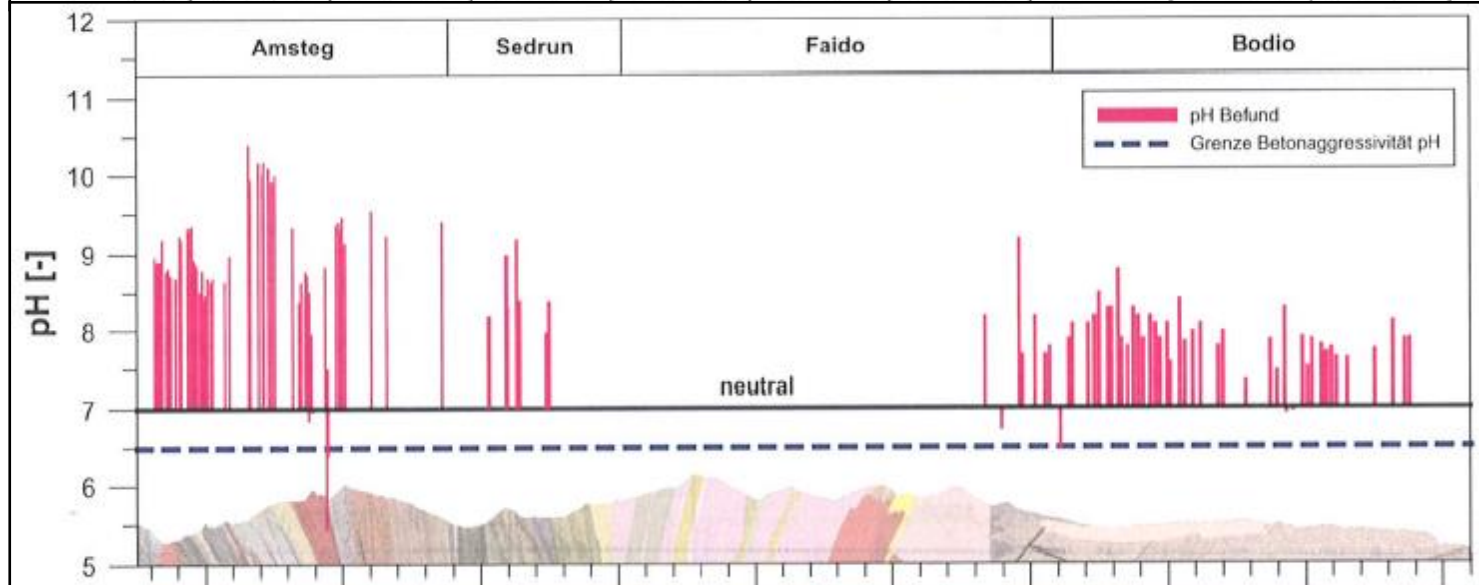
RETOS DE DISEÑO

AGUA SUBTERRÁNEA: CLORUROS

Cloruros



pH



PRE-CALIFICACIÓN 1996 -2002

ENSAYOS DE CONCRETO PARA 100 AÑOS DE DURABILIDAD

■ **Etapas 1: Certificado de Aptitud (EOI)**

Certificación de competencia técnica y de capacidad de producción por el volumen previsto

■ **Etapas 2: Ensayos preliminares**

Ensayos de concreto con agregados originales pero sin cumplir con las altas exigencias de temperatura, sulfatos etc

■ **Etapas 3: Ensayos principales**

- **Sociedad con responsabilidad limitada entre el productor de cemento y el productor de aditivos garantizando la calidad del concreto**
- Producción de concretos tipo OB 1&2 y SB 1&2 bajo la directa supervisión del propietario Alptranit y cumpliendo con todas las condiciones externas (**sulfatos**, temperatura etc.)

Después de superar con éxito la Etapa 3 de las pruebas , los diseños de mezcla aprobados fueron incluidos en los pliegos de la licitación para la construcción

PRE-CALIFICACIÓN 1996 -2002

DURABILIDAD

Requerimientos para 100 años de durabilidad vs. Sulfatos, permeabilidad y retracción (1996)

Tipo de concreto (OB = producido en obra)	OB 1	OB 2
Tipo de Resistencia SIA 162/1, ensayos no. 1 / 2	B 45/35	B 45/35
Permeabilidad (conductividad de agua) SIA 162/1, ensayos no. 5 / 7	$\leq 12 \text{ g/m}^2\text{h}$	$\leq 8 \text{ g/m}^2\text{h}$
Resistencia química (sulfatos) XA2 de acuerdo con prEN206, 1997 Evaluación final después de 720 días	---	$\leq 0.50 \text{ ‰}$ (1 año)
Retracción SIA 162/1, test no. 4	---	Lo menor posible
Contenido de cemento minimo	$\geq 325 \text{ kg/m}^3$	$\geq 330 \text{ kg/m}^3$
Máxima relación Agua / cemento	≤ 0.50	≤ 0.50

Sistema de ensayos para mezclas de concreto : Documentación Etapas 2 y 3 [1996]

PRE-CALIFICACIÓN 1996 -2002

MANEJABILIDAD / DESARROLLO DE RESISTENCIAS

Tipos de concreto (OB = fundido en sitio) OB 1 y OB 2

Requerimientos de manejabilidad: 6 horas

- Distancia de bombeo: 100 metros (después de **6 horas**)
- Temperatura del concreto fresco: sin incrementos significativos después de **6 horas**
- Temperatura de almacenamiento del concreto fresco: 25 a 30 °C
- Agregados: material excavado del túnel del San Gotardo

Requerimientos de resistencia Inicial : $> 5 \text{ N/mm}^2$ - 12 horas después de colocar: $6+12=18\text{h}$ (caso optimo) o $1+12=13\text{h}$ (caso mínimo)

- Producción de especímenes después de 4 y 6 horas
- Temperatura de almacenamiento de los especímenes : 35 °C

Sistema de ensayos para mezclas de concreto : Documentación Etapas 2 y 3 [1996]

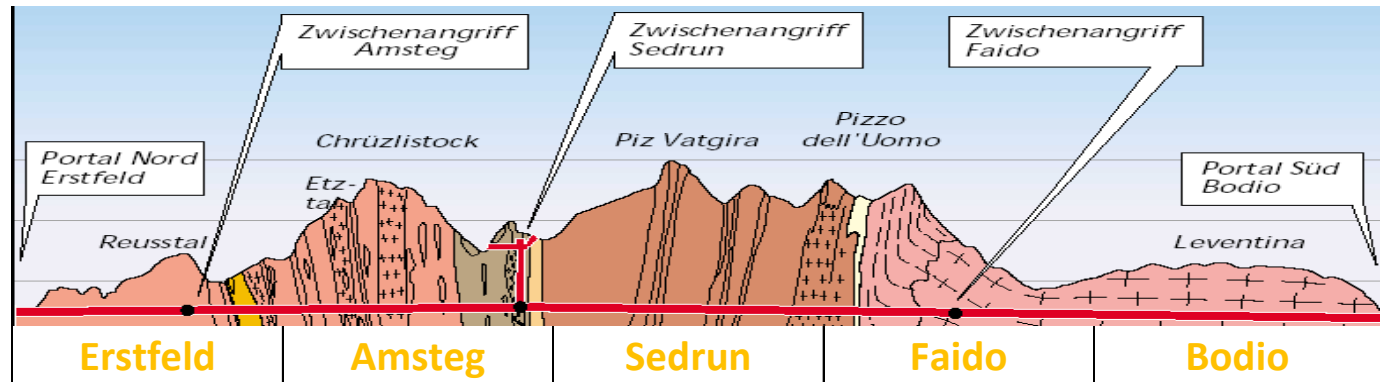
PRE-CALIFICACIÓN 1996 -2002

ENSAYO DE MANEJABILIDAD (BOMBEO DESPUÉS DE 9H)



PRE-CALIFICACIÓN 1996 -2002

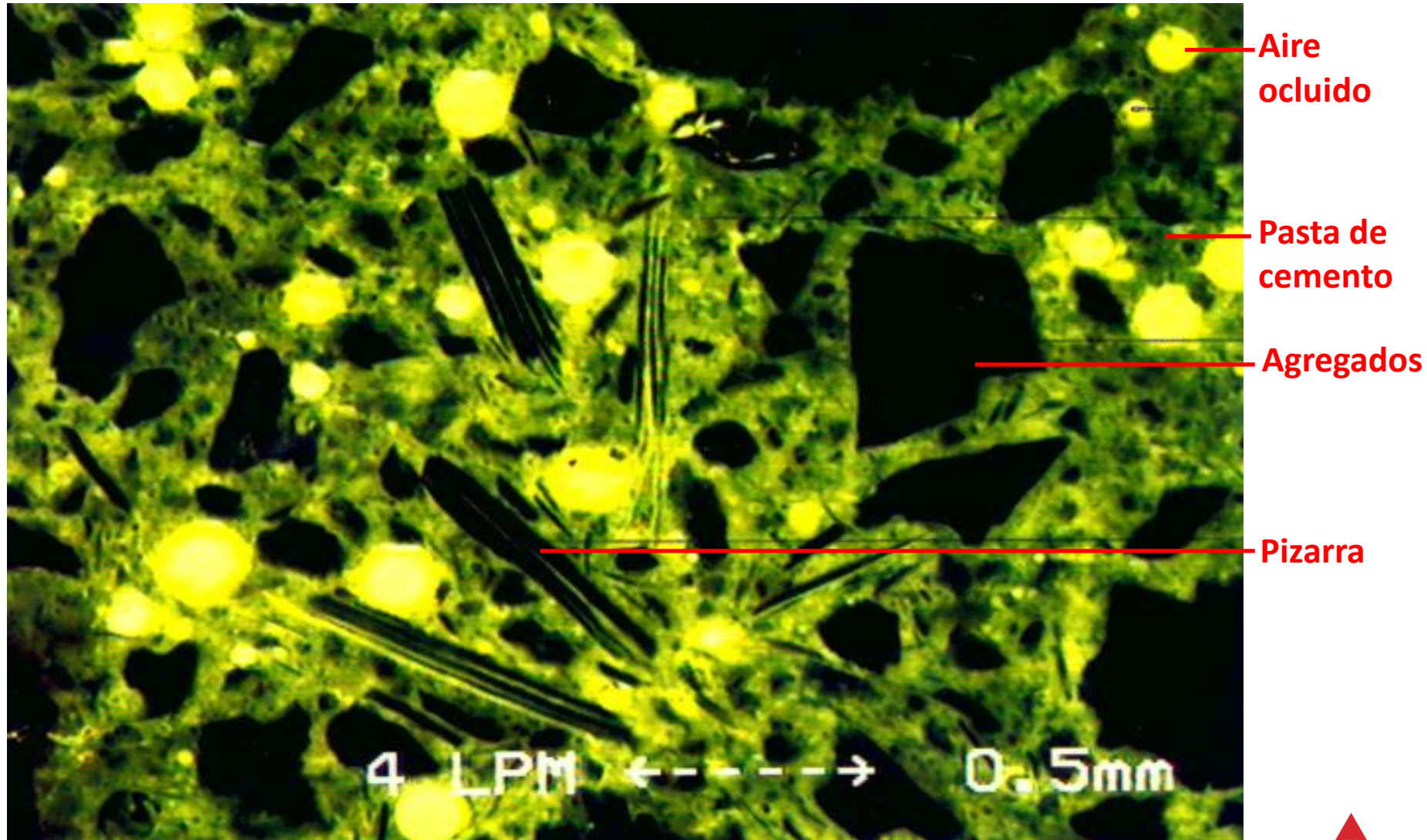
AGREGADOS (100% MATERIAL EXCAVADO DEL TÚNEL)



Aggregates	100% Agregados excavados del túnel (TBM chips)	
Rock temperature	Roca a muy alta temperatura (46°C)	
Test temperature		
Water Chemistry	Kaum aggressive Wasser	Ataque de sulfatos medio a alto

PRE-CALIFICACIÓN 1996 -2002

PREPARACIÓN MICROSCÓPICA DE CONCRETO – SECCIÓN SEDRUN



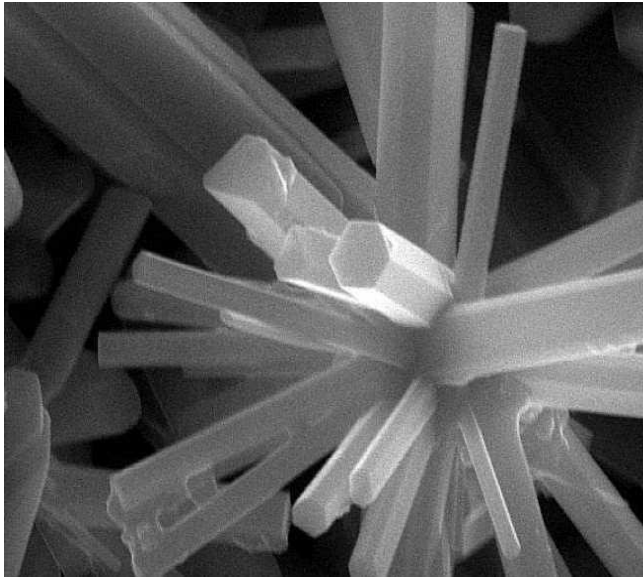
Source: LPM Beinwil AG; Laboratory for building materials

PRE-CALIFICACIÓN 1996 -2002

RESISTENCIA A SULFATOS

- 100% agregado excavado, triturado (TBM chips)
- Algún material con alto contenido de mica
- Alta proporción de finos en los agregados
- Máximo tamaño de agregado 22 mm (TBM chips)

Parámetros de la pantalla:
11 cementos
3 curvas granulométricos
2 tecnologías de plastificantes
4 aditivos especiales

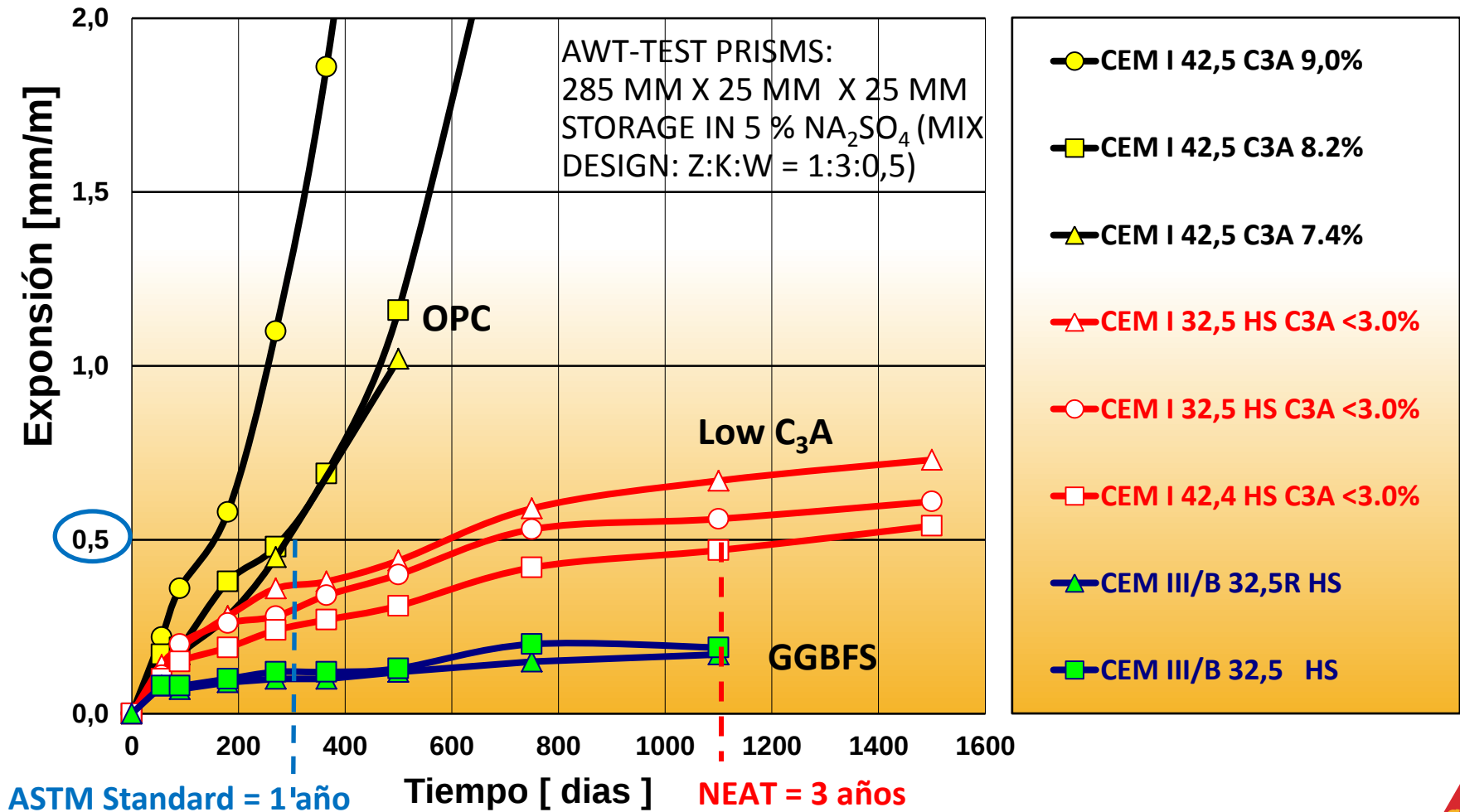


89 diseños de mezclas ensayados en la primera ronda
28 mezclas optimizados para la segunda ronda

PRE-CALIFICACIÓN 1996 -2002

RESISTENCIA A SULFATOS

Concepto de Cementos (XA2 según prEN206, 1997)



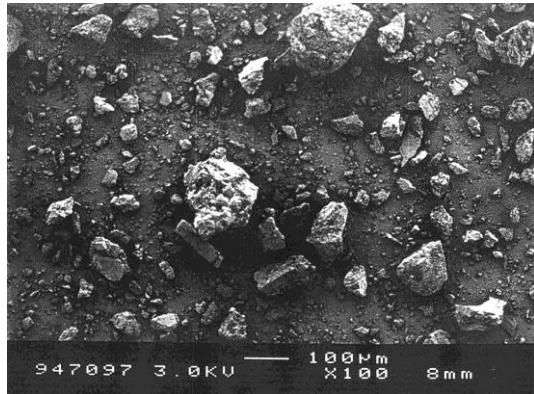
PRE-CALIFICACIÓN 1996 -2002

RESISTENCIA A SULFATOS VS MANEJABILIDAD VS RESISTENCIA INICIAL

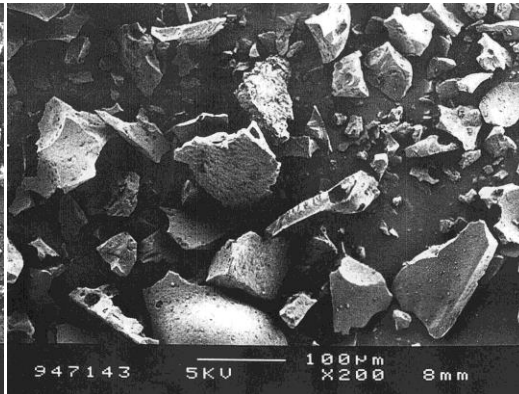
Efecto de adiciones SCM al Cemento de concreto

(SCM = Materiales Cementicios Secundarios)

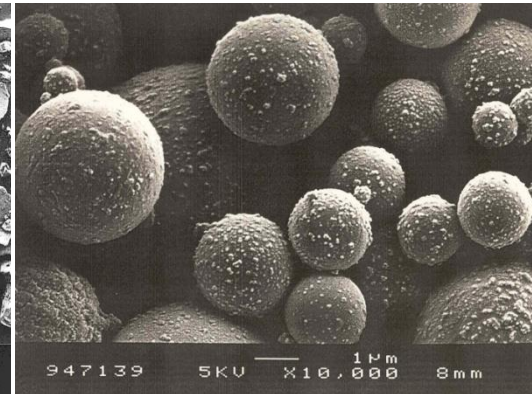
Filler Calizo



Escoria de alto horno



Cenizas volantes



■ Humos de Sílice	k_{factor} 1.0 - 2.0	Resistencia final/ cohesión / durabilidad
■ Escoria de alto horno	k_{factor} 0.60	Resistencia final / durabilidad
■ Cenizas volantes	k_{factor} 0.40	Resistencia final / fluidez/ durabilidad
■ Filler Calizo	k_{factor} 0.20*	Costo / trabajabilidad/ cohesión

* EN 206-1 k_{factor} Filler Calizo (NF EN206-1) France

Pero que pasa con la resistencia inicial?

PRE-CALIFICACIÓN 1996 -2002

CONCLUSIONES (1/2)

Antes de 1995, los expertos creían que los cementos con bajo contenido de aluminato tricalcico (C3A) eran suficientemente resistente al ataque elevado de sulfatos (sólo se concentraban en la formación de **Etringita**)

Pero la formación de **Taumasita** destruye la pasta de cemento en mayor grado, aún utilizando cementos bajos en C3A

Conclusión para concretos de alta resistencia a sulfatos

1. Uso de cementos Tipo Cem III con GGBFS (Escoria de alto horno) o el
Uso de cementos Tipo Cem II con MS (Microsilice) o el
Uso de cementos Tipo Cem I con adición de por lo menos 5-8% Sikafume
(aditivo especial)
2. Baja relación agua / cemento ≤ 0.45 usando Superplastificantes
3. Matriz de concreto densa (curva granulometría continua) y una superficie de concreto sin fisuras (concepto de curado perfecto)

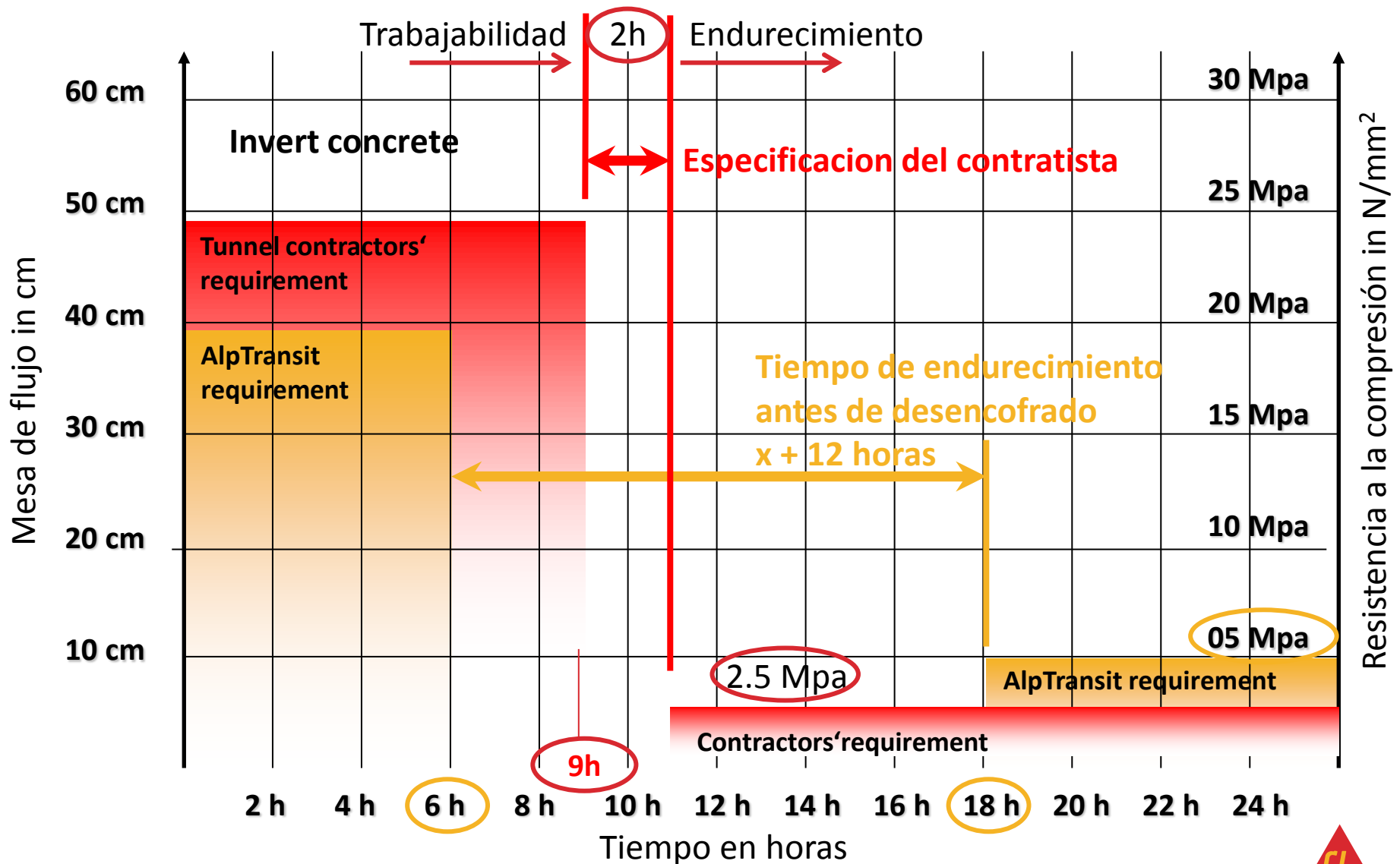
PRE-CALIFICACIÓN 1996 -2002

CONCLUSIONES

4. Para las dovelas (tubbing): mantener la temperatura del núcleo del concreto $\leq 65^{\circ}\text{C}$ y aplicar un recubrimiento epoxidico justo después del desencofrado
5. Mantener la diferencia de temperatura entre el núcleo y la superficie $\leq 20^{\circ}\text{C}$
6. La Norma ASTM C 1012 es en principio apropiada para los ensayos de resistencia a sulfatos ($\Delta \ell \leq 0.5\%$ después de 1 año) siempre y cuando:
 - Se extienda el tiempo de ensayos a 3 años y
 - Se complementa con una inspección visual de los especímenes (fisuración superficial)

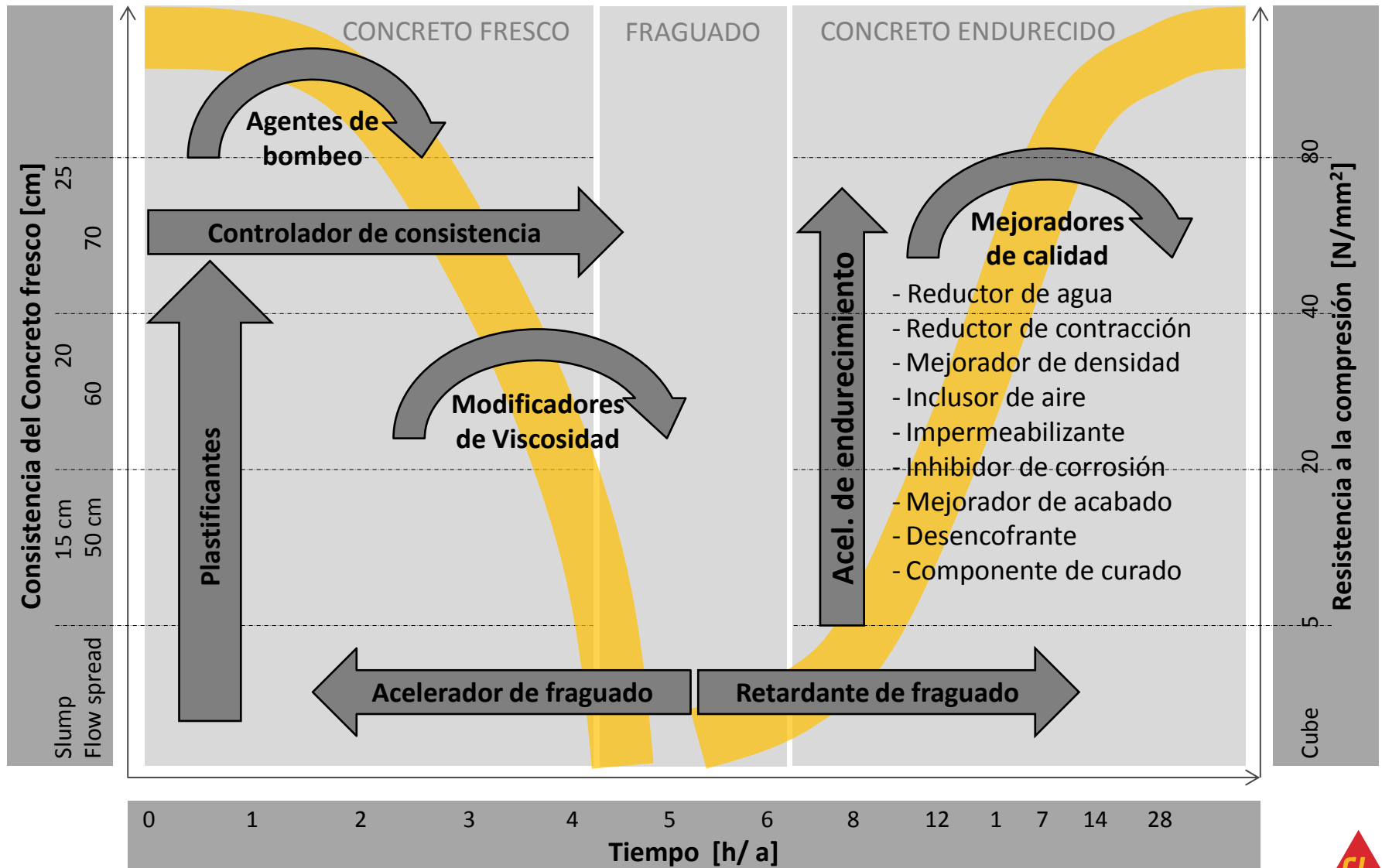
RETOS DURANTE LA EJECUCIÓN

MANEJABILIDAD VS. DESARROLLO DE RESISTENCIA



RETOS DURANTE LA EJECUCIÓN

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO INFLUENCIADAS POR ADITIVOS



EJECUCIÓN 2002 - 2011

ALIANZA ESTRATÉGICA DE CEMENTO Y ADITIVOS



EJECUCIÓN 2002 - 2011

SECCIÓN SEDRUN (PERFORACIÓN Y VOLADURA)

Sección Sedrun

Longitud:
ca. 6.2 km

Punto de inicio :
pozo de 800m

Excavación:
Perforación y
voladura

Cobertura:
> 2000 metros!!



PROYECTO VS REALIDAD

ENTRADA DE AGUA

- Ingreso de agua 100 l/ s
- Tubería de drenaje Ø 600mm
- No era problema de flujo sino de temperatura 48°C!
- Reducción de capacidad de avance



PROYECTO VS REALIDAD

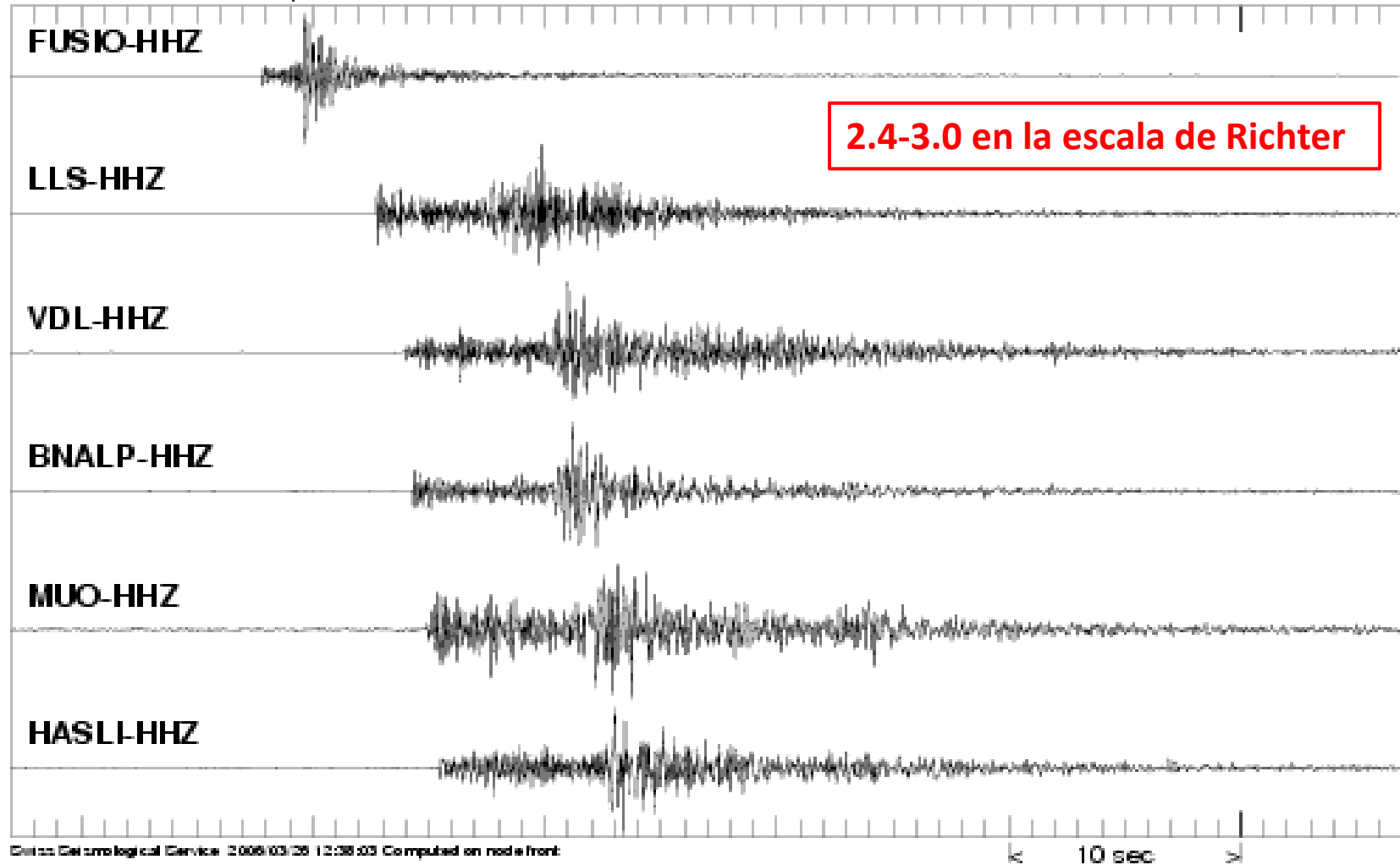
ESTALLIDO DE ROCA



PROYECTO VS REALIDAD

EPISODIO SISMICO DURANTE LA EXCAVACIÓN (TERREMOTO)

Seismograms start at 2006/03/25 21:42: 7.00 UTC Seismic Event File: KP200603252141
Manual Location: 2006/03/25 21:42:15.1 46.505N 8.815E M= 2.4 Qual:A Ambri Piotta / Switzerland
Filters: BP 3.ord: 1.00Hz, 20.00Hz



PROYECTO VS REALIDAD

ESTALLIDO DE ROCA/CONVERGENCIAS DURANTE EL SISMO



PROYECTO VS REALIDAD

DEFORMACION POR ALTA PRESIÓN DE LA MONTAÑA

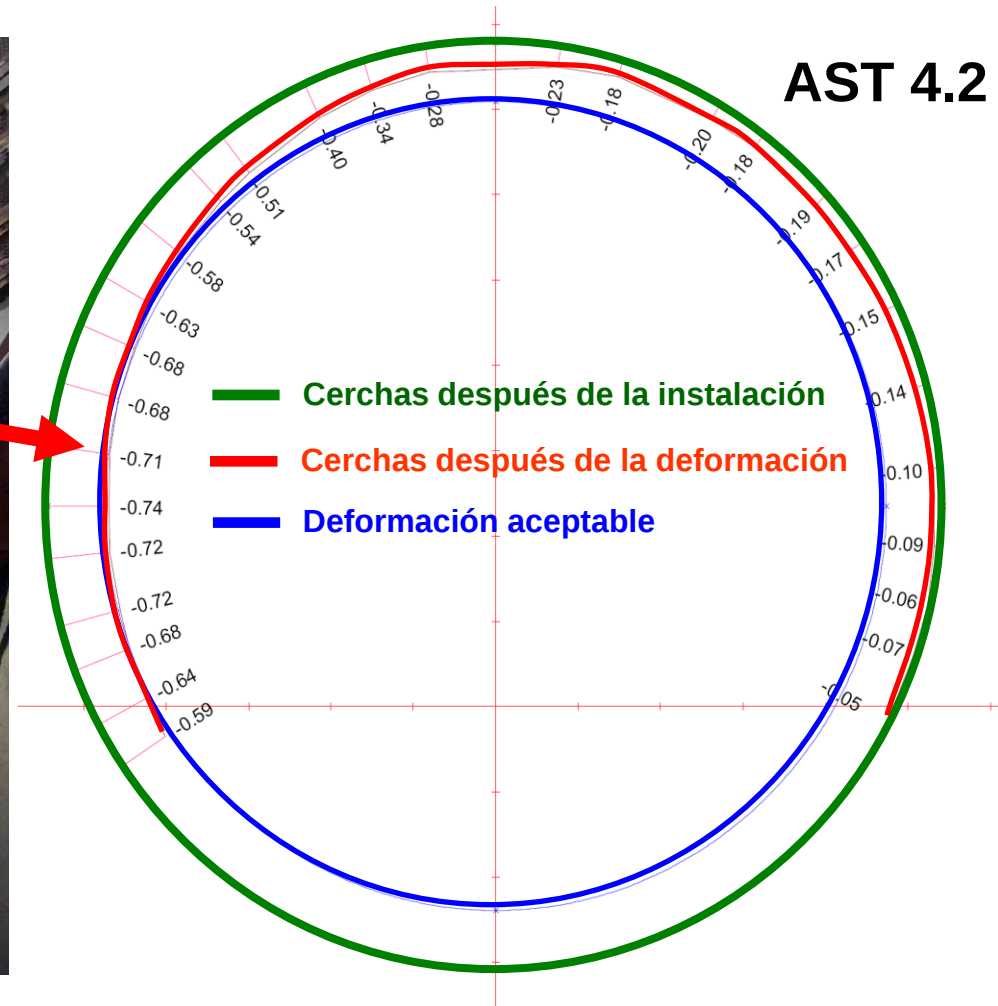
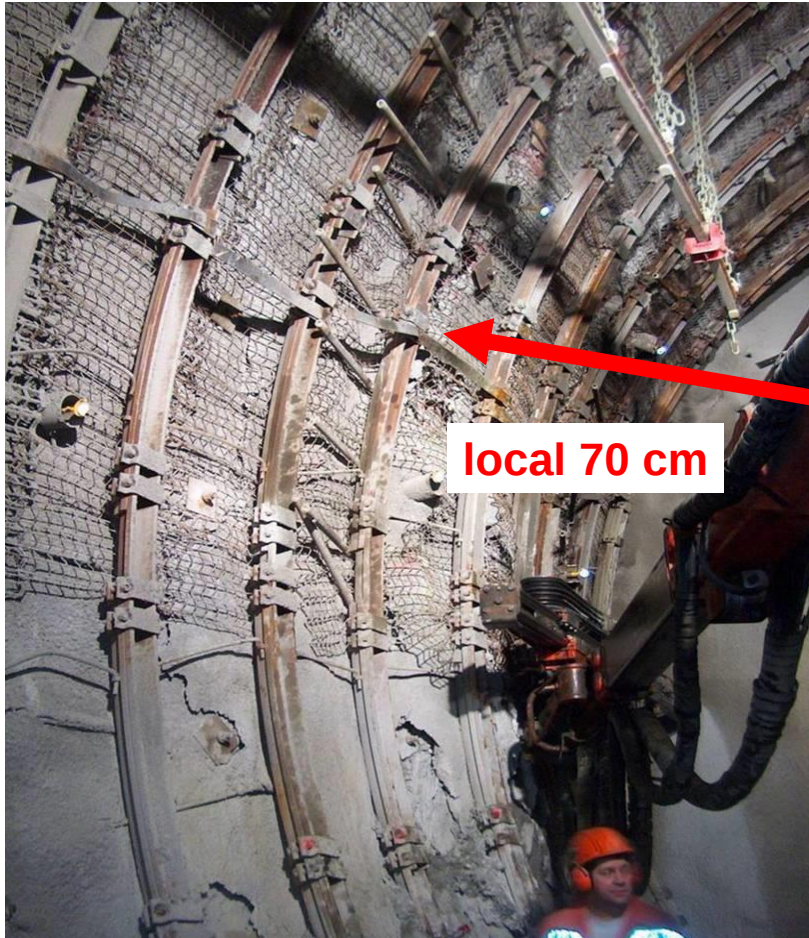


SEDRUN



PROYECTO VS REALIDAD

CONVECCIÓN EN SUELO TIPO IV: CERCHAS/ARCOS FLEXIBLES

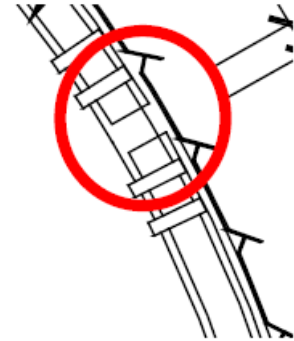


PROYECTO VS. REALIDAD

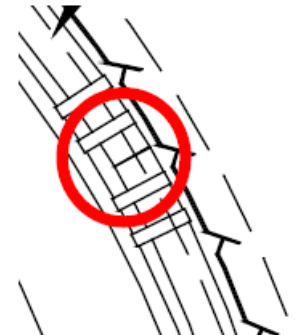
CONCEPTO DE DEFORMACIÓN – CERCHAS/ARCOS FLEXIBLES



Antes de la Deformación



Despues de la Convergencia



PROYECTO VS REALIDAD

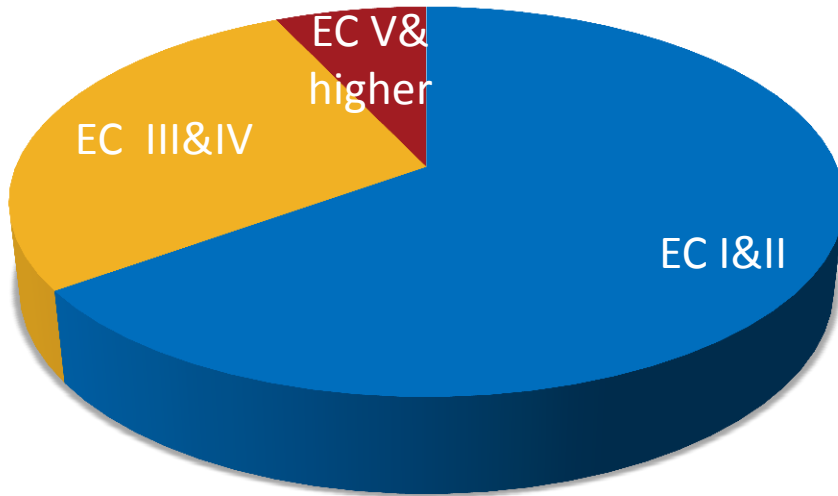
SUELO TIPO IV: MALLA, ANCLAJE, ARCOS DE ACERO Y CONCRETO LANZADO



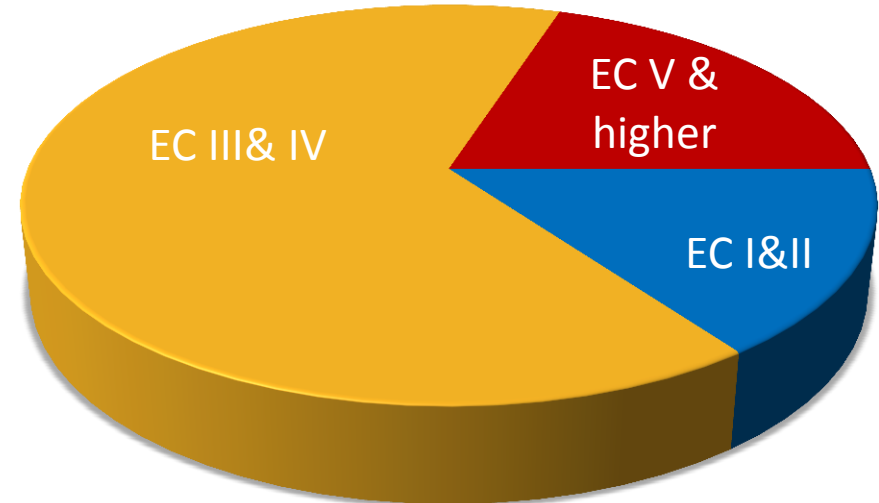
PROYECTO VS REALIDAD

CAMBIOS EN EL CONCEPTO DE SOPORTE – SECCIÓN SEDRUN

Proyecto (Plan)



Actual (Real)



-  **Suelo Tipo I & II**
Shotcrete/ + Anchor (4-5/ m')
-  **Suelo Tipo III & IV**
More anchors/ m' + Shotcrete/ steel arches
-  **Suelo Tipo V & mayor**
Steel arches, Mesh, Shotcrete, anchors

	Proyecto	Actual
Arcos de acero en ambos túneles	190 un	4.700 un
Concreto lanzado	10.298 m ³	17.000 m ³

EJECUCIÓN 2002 - 2011

ALIANZA ESTRATÉGICA DE CONTRATISTAS PARA LAS
SECCIONES BODIO / FAIDO (TUNELADORA)

	Tunnel AlpTransit – Ticino Bodio Lotto 554 / Faido Lotto 452			
				

SECCIONES BODIO / FAIDO = 32km (56% del San Gotardo)

EJECUCIÓN 2002 - 2011

CONTRATO DE TRABAJO PARA LAS SECCIONES BODIO/ FAIDO

 **1580 mio CHF**

Werkvertrag

VERGABESUMME (exkl. MWSt.)	CHF	1'480'979'323.00
TOTAL (inkl. Skonto 1% inkl. MWSt. 7.6%)	CHF	1'577'598'414.00

☐ Exemplar ATG
☒ Exemplar Unternehmer
☐ Kopie Bauleitung

Luzern, 10.10.2001
TEIL IA-5319.2-R-3A-011010.doc / cia

Auf jeder Rechnung anzugeben:
Vertrag Nr. 2001.30.3083
Referenz: ATG / Flury

Objekt: Tunnel Faido und Bodio Lose 452 / 554
Abschnitt: Gotthard-Basistunnel, Teilabschnitte Faido und Bodio

45 dossier (folders)

65 TAT plans/ dossier

158 IGBS/ per dossier

10.035 copies

23 files/ dossier

382.500 sheets



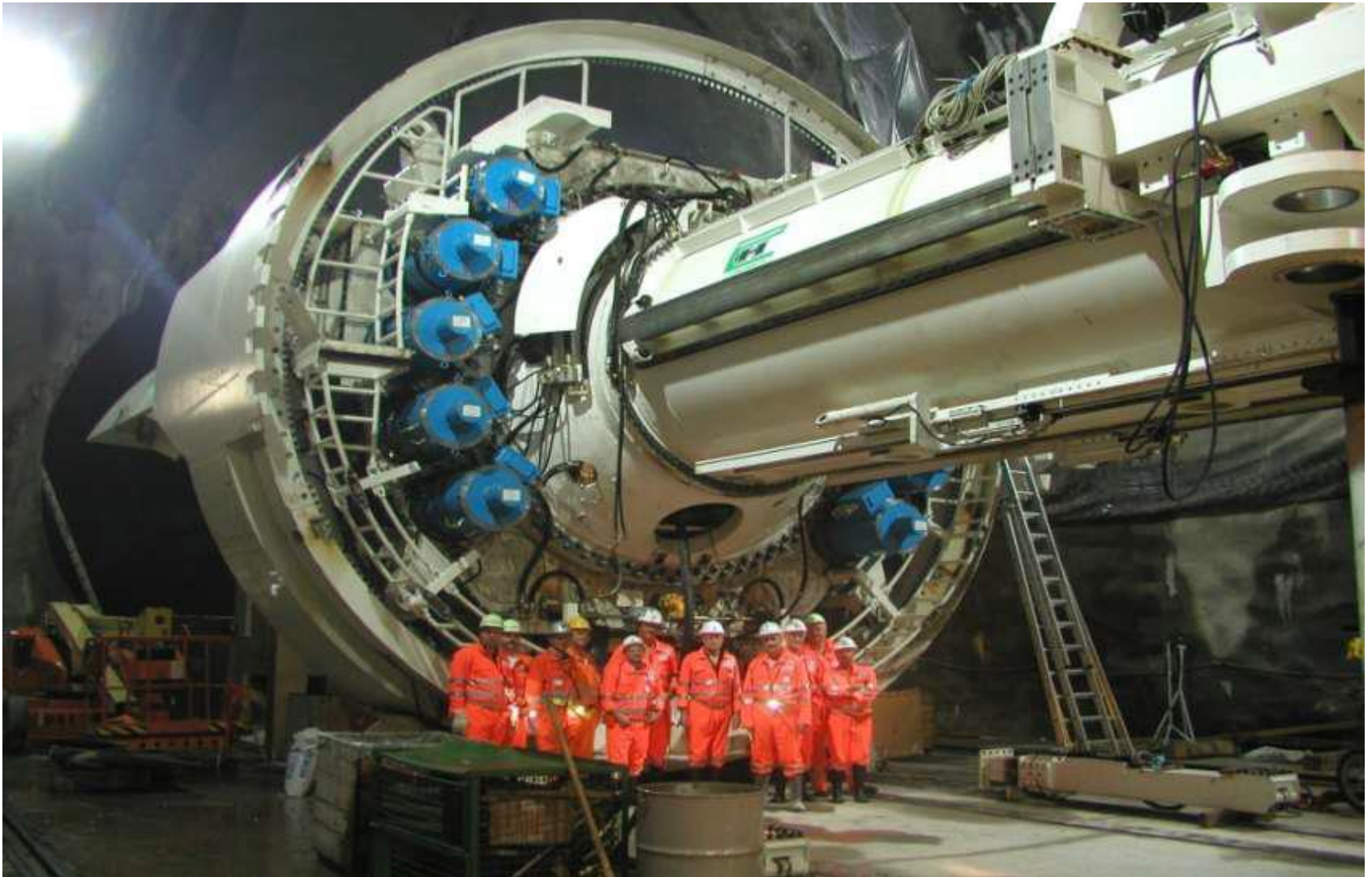
EJECUCIÓN 2002 - 2011

TUNELADORA (TBM) DONDE EL FABRICANTE



TBM ENSAMBLADA EN EL TUNEL DEL SAN GOTARDO

PESO: 3000 TONS



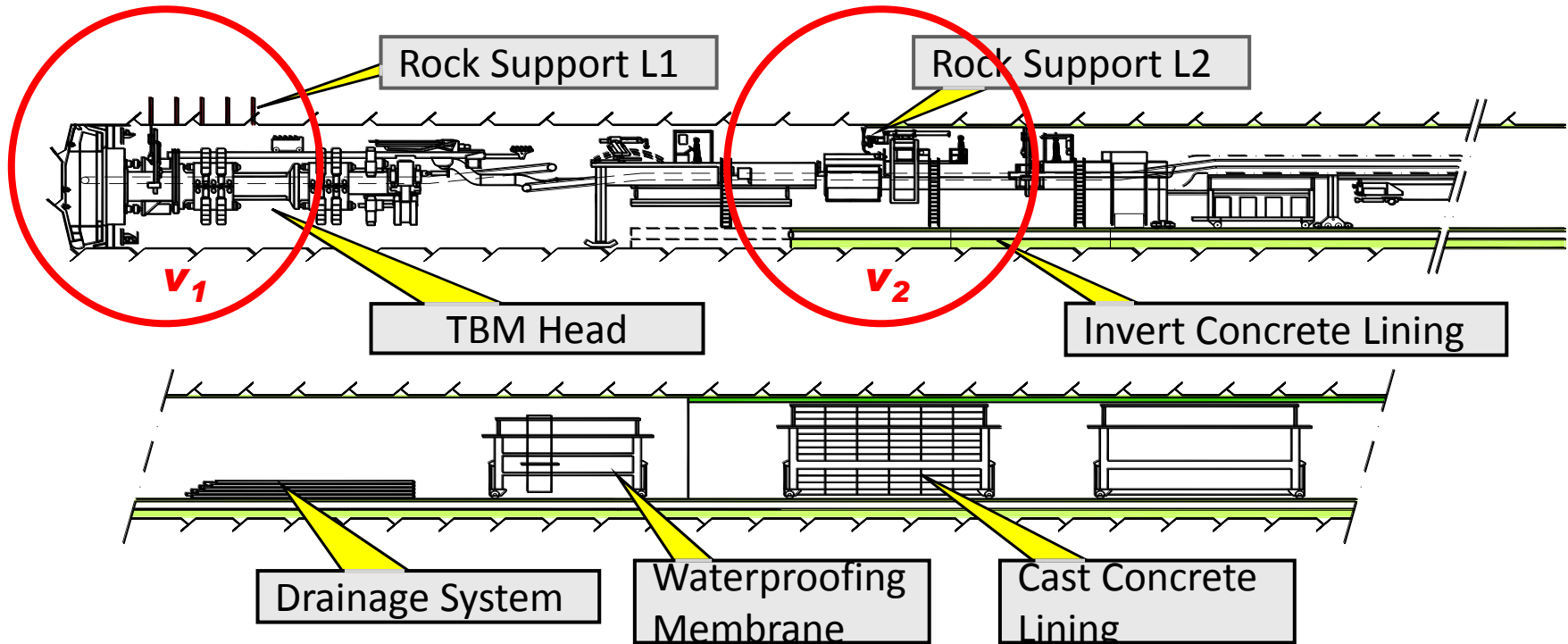
TBM ENSAMBLADA EN EL TUNEL DEL SAN GOTARDO

LONGITUD: 475 MTS



HARD ROCK TBM

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

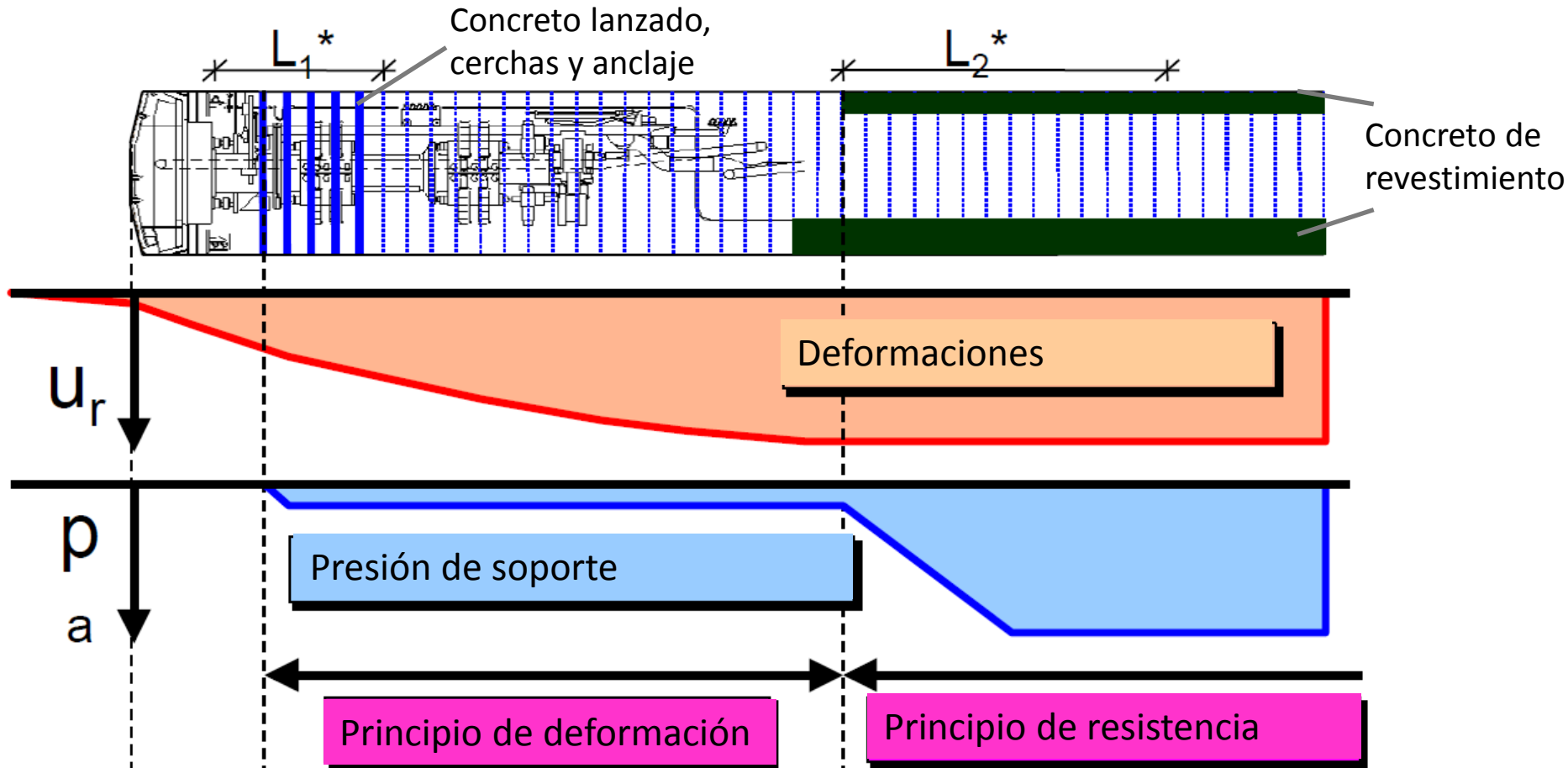


V_1 : El tipo de roca define la velocidad de la excavación

V_2 : La resistencia inicial del concreto de la solera define la velocidad de la excavación

PROYECTO VS. REALIDAD

CONCEPTO DE SOPORTE – CONVERGENCIA DE LA ROCA



SOPORTE DE LA ROCA (SECCIÓN L1)

MALLA DE REFUERZO/ ANCLAJE/ CONCRETO LANZADO



SOPORTE DE LA ROCA (SECCIÓN L1)

SISTEMA PARA CONCRETO LANZADO (TIPO ALIVA)



CONCRETO LANZADO



SOPORTE DE LA ROCA (SECCIÓN L2)

PREPARACIÓN DE LA SOLERA PARA EL CONCRETO DE REVESTIMIENTO



SOPORTE DE LA ROCA (SECCIÓN L2)

COLOCACIÓN DEL CONCRETO DE SOLERA



SECCIÓN »REMOLQUE» DEL TBM

LOGÍSTICA PARA MATERIAL Y PERSONAL

Transporte
para
concreto

Tren de
Pasajeros



PROYECTO VS REALIDAD

AVANCE PROMEDIO DE LA TUNELADORA – SECCIÓN BODIO

38 metros/ día (max. desempeño)	38.0 m/día
174 metros/ semana	Ø 24.9 m/día
619 metros/ mes (un túnel)	Ø 24.0 m/día
1.160 metros/ mes ambos túneles	Ø 18.7 m/día
9.457 metros/ año ambos túneles	Ø 15.6 m/día

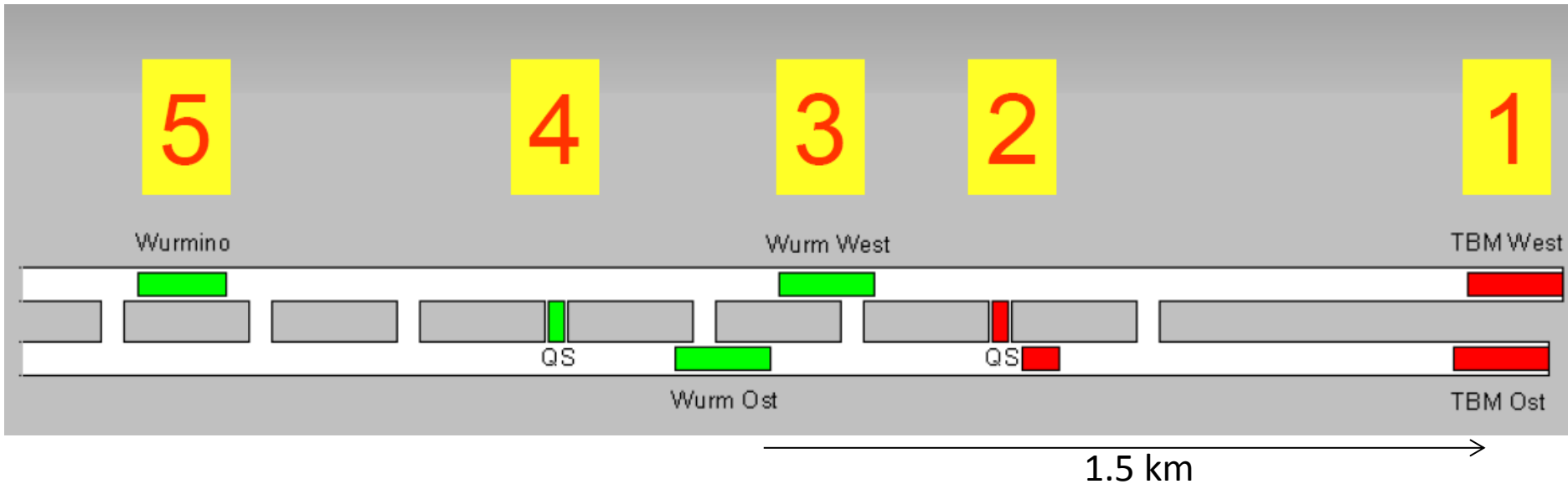
EL TUNEL BASE DEL SAN GOTARDO 57KM

ULTIMO CORTE DEL SAN GOTARDO, 23 DE MARZO 2011



CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL

LOGISTICA DE CONSTRUCCION DEL SAN GOTARDO (VISTA GENERAL)



- 1: Gripper TBM (Excavación, arcos de acero, concreto lanzado, anclajes, logística de excavación)
- 2: Excavación de tuneles de conexión
- 3: Remolque (re perfilando, impermeabilizando, aplicando concreto, curando, reparando, instalaciones...)
- 4: Impermeabilizando y aplicando concreto a los túneles de conexión
- 5: Plataforma móvil de respaldo (trabajos de emergencia)

CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL

REMOLQUE (700M) CON 19 ESTACIONES DE TRABAJO



CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL

DETALLE DE LAS DOS ESTACIONES DE CONCRETO

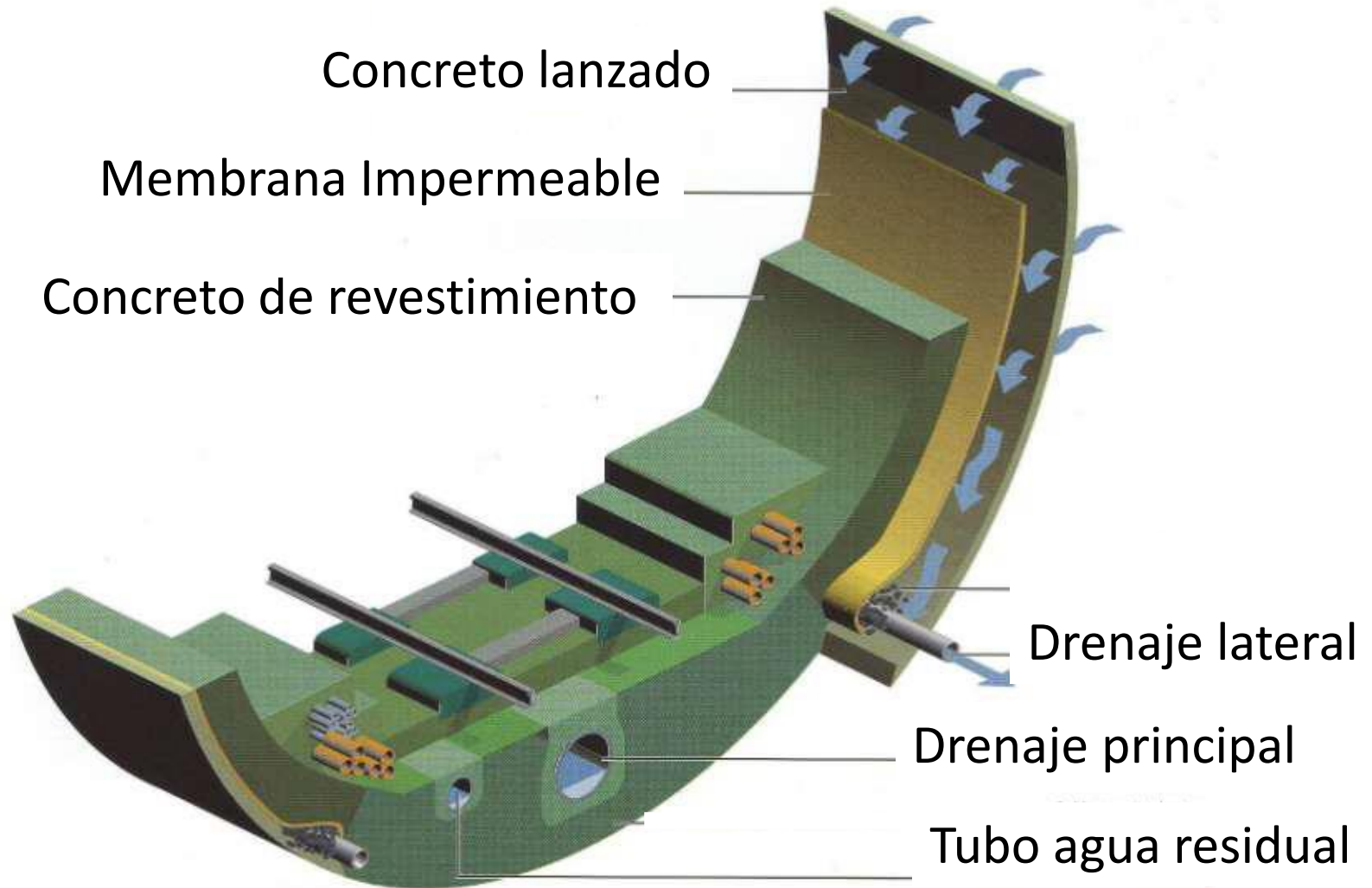


CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL EL «GUSANO» – REMOLQUE FLEXIBILIZADO



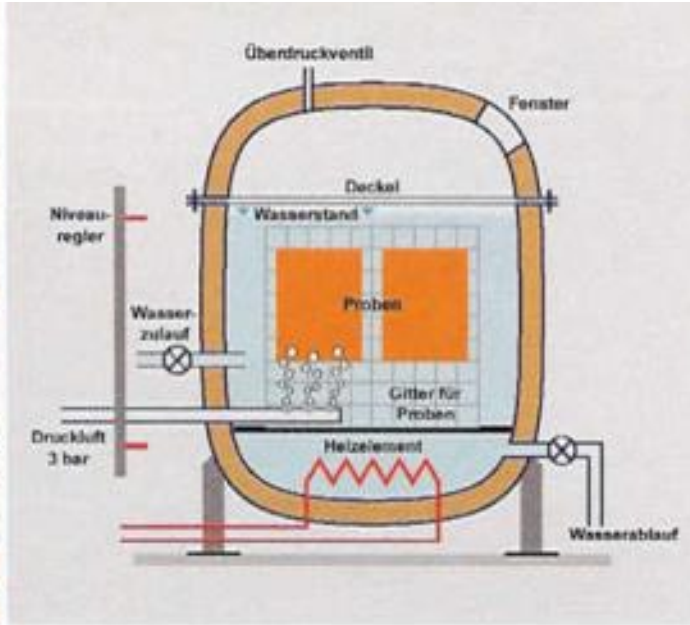
IMPERMEABILIZACIÓN DEL TÚNEL

IMPERMEABILIZACIÓN Y SISTEMA DE DRENAJE

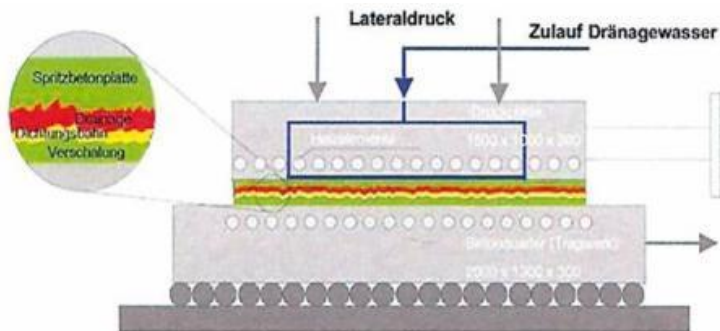


PRE-CALIFICACIÓN 1998 -2002

ENSAYO DE MEMBRANA PARA DURABILIDAD DE 100 AÑOS



Roxi-Test: aguas ácidas, 50-70°C, 3 Mpa, 2 años



Waterproofing Test:
Bajo compresión y
fuerzas cortantes,
45°C, 2 Mpa, 2 años

Materiales ensayados:



Sikaplan PVC-P
PP-geotextile/ PP-drainage



Sarnafil FPO, PP-drainage



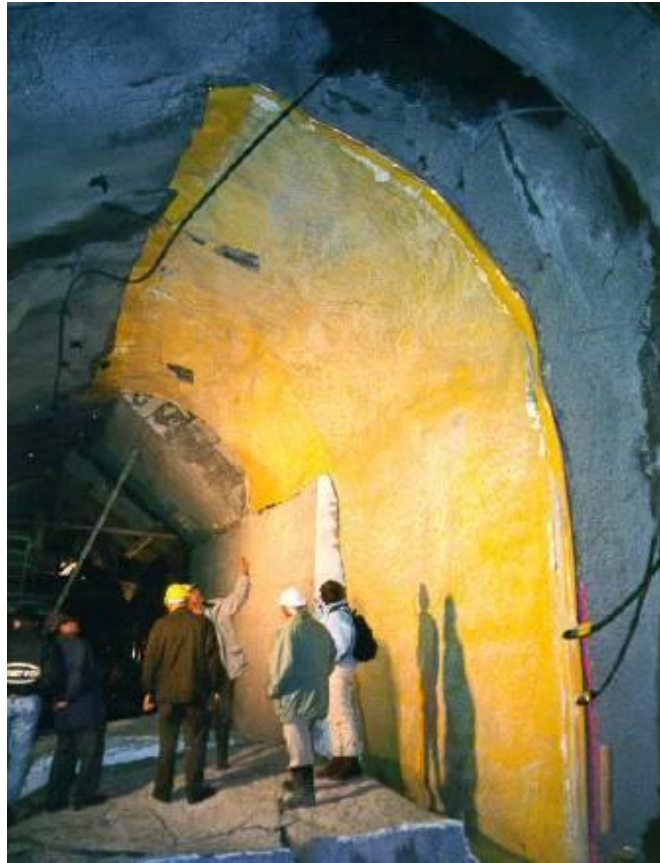
Sikaplan PVC-P with a PP
geotextile Drainage + gravel

PRE-CALIFICACIÓN 1998 -2002

SISTEMA DE ENSAYO DE MEMBRANA POR DURABILIDAD DE 100 AÑOS

In Situ-Test:

- Aplicación
- fijación
- formación de pliegos
- 3 Proponentes
- 16 Sistemas de impermeabilización
- Solo el 50% cumplieron con los requisitos!!



Certificación de materiales



Systembeschreibung Abdichtungssystem Nr. 212

Firma: SKA AG
Adresse: Tüffenwies 16-22, CH-8048 Zürich

Produktebezeichnungen

Dichtungsbahn (DB): Skaplan 14.6 NEAT
Drainagematerial (DrM): Enkadrain 5020Z/2-1s/1200P.F

Fotoaufnahme des Systems



Materialbeschreibung / Eingangskontrolle

Dichtungsbahn	Drainagematerial
Kunststofftyp*: PVC-P	Kunststofftyp*: Polypropylen
Markenbezeichnung*: Skaplan 14.6 NEAT	Markenbezeichnung*: Enkadrain 5020 Z/2-1s/1200P.F
Träger*: weicher	Gesamtdicke: ca. 17.5 mm
Dicke: 2.34 mm	Vlies ca. 2 mm
(Mittelwert aus 10 Messungen)	0.99 kg/m²
Dicke: 2.03 mm, 2.04 mm (min., max. Wert)	Aufbau:
2000 mm (oder 1000 mm)	1. Lage: Drainkomposit (beidseitig verschweisste orientierungsfähige PP-Schicht, ca. 1 mm Durchmesser
Behrtrake*: 2.51 kg/m²	2. Lage: Vlies
Flächenbezogene Masse: zweiseitig	Drainkomposit und Vlies sind punktweise miteinander verschweisst
Aufbau: Oberseite ca. 0.8 mm	Vlies und Drainkomposit: PP natur/weiß
Unterseite ca. 1.2 mm	
Farbe: Oberseite: gelbbraun	
(ähnlich RAL 1018)	
Unterseite: schwarz (ähnlich RAL 7021)	
Oberflächenbeschaffenheit: Oberseite: matt glatt	
(keine Narbung sichtbar)	
Unterseite: leicht glänzend, glatt	
(keine Narbung sichtbar)	

* = Angaben des Herstellers

Bericht Nr. 201116212/04.00.02

IMPERMEABILIZACIÓN DEL TUNEL

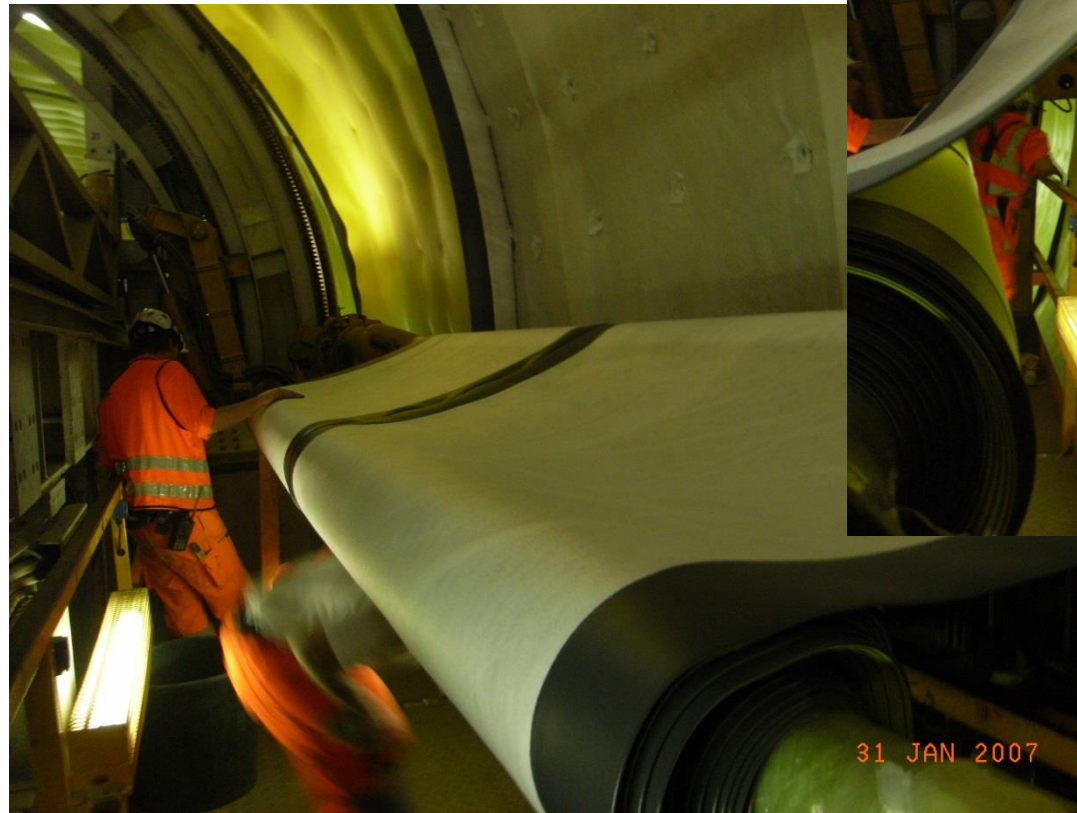
SUPPLY CHAIN PARA LA MEMBRANA DE DRENAJE Y LA MEMBRANA IMPERMEABLE



IMPERMEABILIZACIÓN DEL TUNEL

APLICACIÓN AUTOMÁTICA DE LA MEMBRANA IMPERMEABLE

Ancho de la Membrana = 4.4 m



Aplicación con sistema velcro

IMPERMEABILIZACIÓN DEL TUNEL

PRESIÓN POSTERIOR PARA GARANTIZAR ADHERENCIA Y EVITAR PLIEGOS



IMPERMEABILIZACIÓN DEL TUNEL

SOLDADURA DE LA UNION & ENSAYO DE IMPERMEABILIDAD



IMPERMEABILIZACIÓN DEL TUNEL

TÚNEL TOTALMENTE IMPERMEABLE ANTES DE APLICAR EL CONCRETO DE REVESTIMIENTO



IMPERMEABILIZACIÓN Y COLOCADO DEL CONCRETO

APPLICACIÓN DEL CONCRETO DE REVESTIMIENTO



IMPERMEABILIZACIÓN Y COLOCADO DEL CONCRETO



TÚNEL BASE DEL SAN GOTARDO TERMINADO

TÚNEL DE UNA SOLA VIA SECCIÓN NORMAL



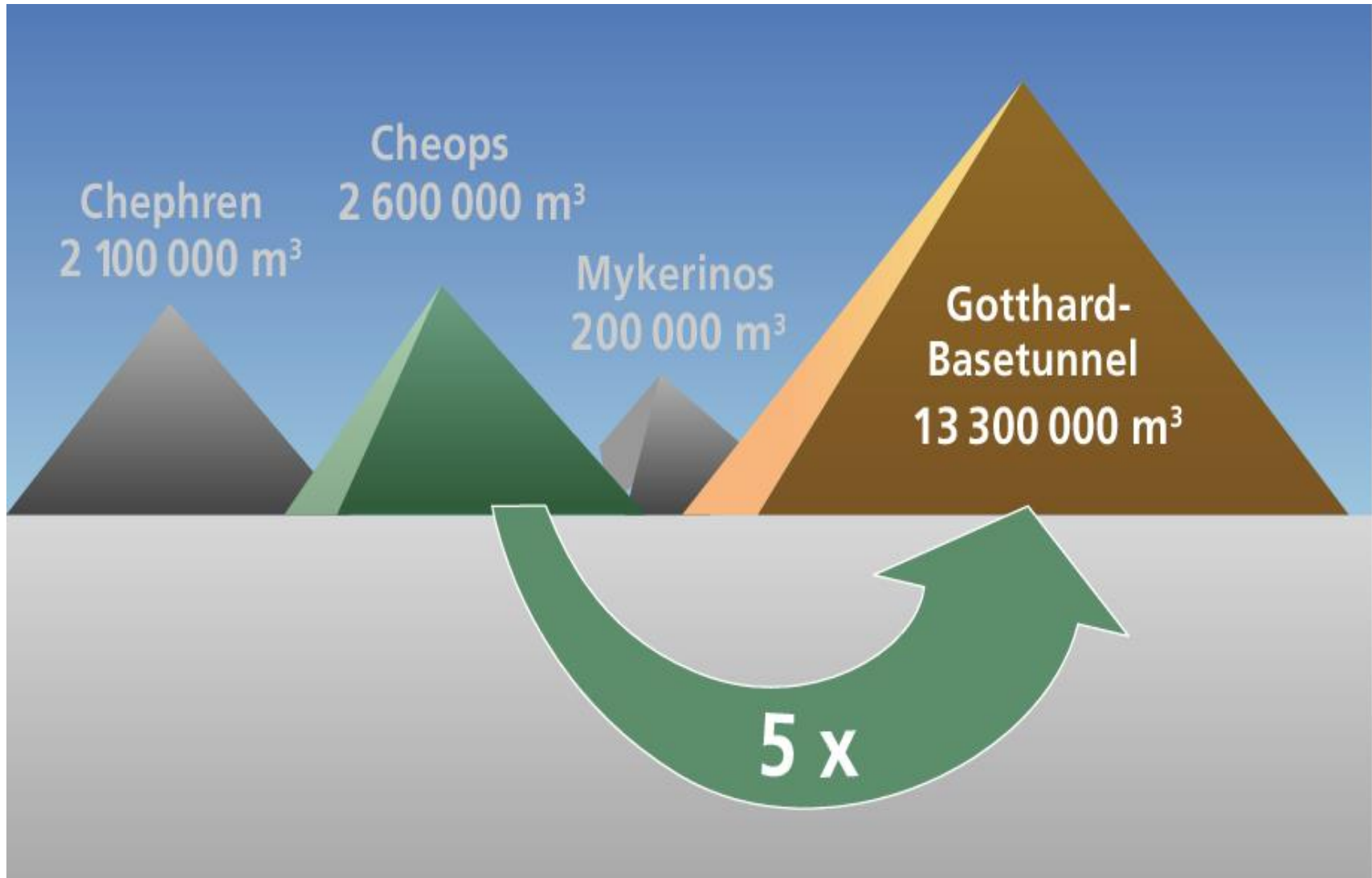
TÚNEL BASE DEL SAN GOTARDO TERMINADO

ESTACIÓN PARA PARADA DE EMERGENCIA



EXCAVACIÓN Y RECICLAJE

VOLUMEN DE EXCAVACIÓN



EXCAVACIÓN Y RECICLAJE MATERIAL DE RELLENO PARA CULTIVOS



EL TÚNEL BASE DEL SAN GOTARDO – EL PROYECTO DEL SIGLO DATOS

1. GEOMETRÍA Y RENDIMIENTO

- Longitud: 2x 57 km
- Túneles de conexión: 178
- Sistema total de túneles: 152 km
 - Excavación por perforación y voladura: 44%/ tuneladora: 56%
- Los dos túneles principales: 2x 57 km
 - Excavación por perforación y voladura: 26%/ tuneladora: 74%
- Avance promedio:
 - Excavación por perforación y voladura: max. 12m/ día
tuneladora: max. 40m/ día
- Diámetro de excavación: 8.80-9.60 m

EL TÚNEL BASE DEL SAN GOTARDO – EL PROYECTO DEL SIGLO DATOS

2. MATERIALES Y VOLUMENES

- Excavación total: 28.2 mio toneladas de roca (13.3 mio m³)
- Excavación reciclada para producción de concreto: 9.3 mio toneladas (33%)
- Volumen total de concreto: 4.0 mio m³
- Consumo de cemento: 1.4 mio toneladas
- Total de membranas de impermeabilización y drenaje: 3.3 mio m²

3. TIEMPO Y COSTE

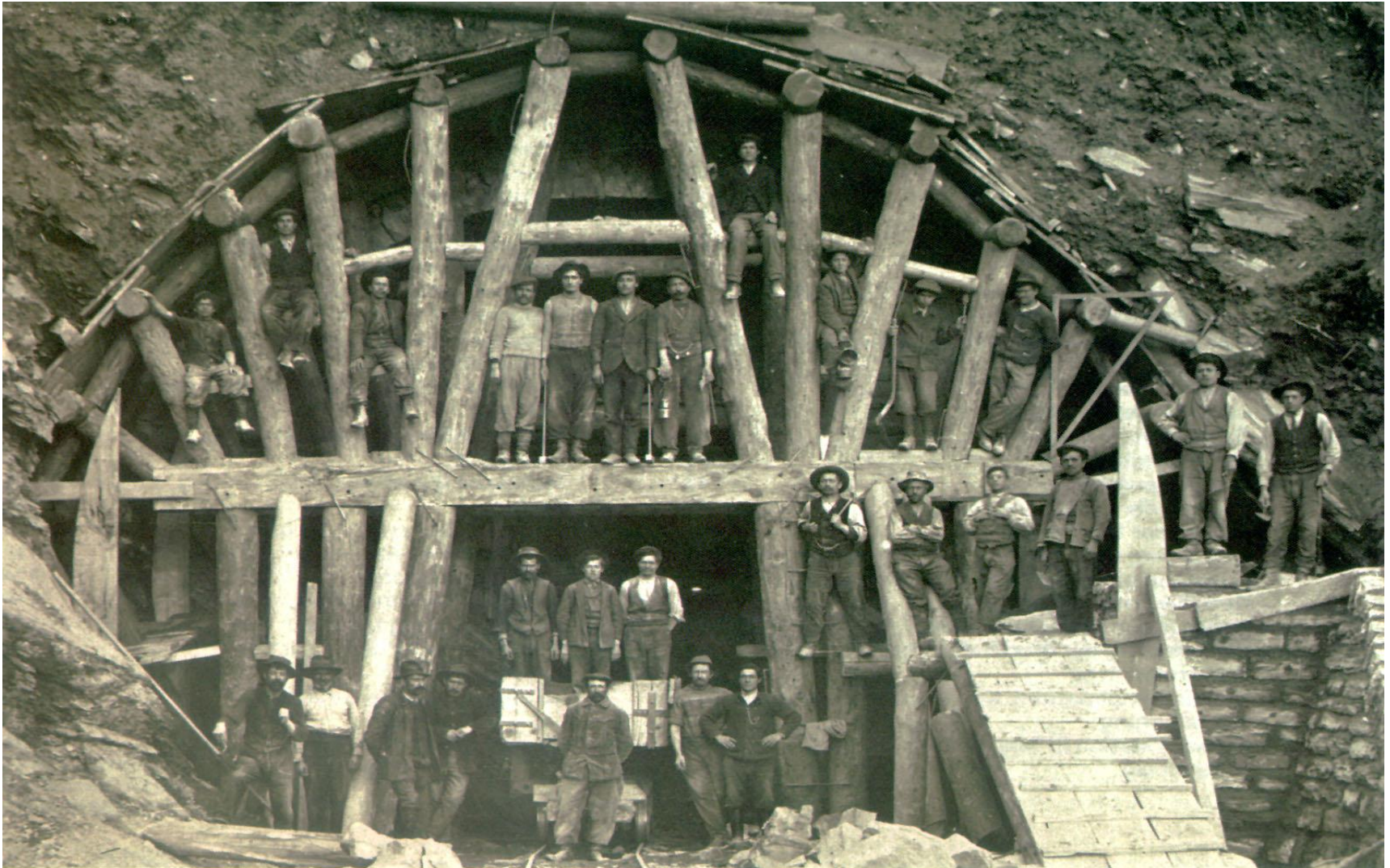
- Tiempo de excavación
 - Túneles de acceso 1999-2002
 - Túneles principales 2002-2011
- **Coste proyectado: CHF 9800 mio**
- **Coste final: CHF 12000 mio**

TUNEL BASE DEL SAN GOTARDO – EL PROYECTO DEL SIGLO FUE POSIBLE GRACIAS A 2600 EXPERTOS (9 MUERTOS)



PRIMER TUNEL DEL SAN GOTARDO (1873-1881)

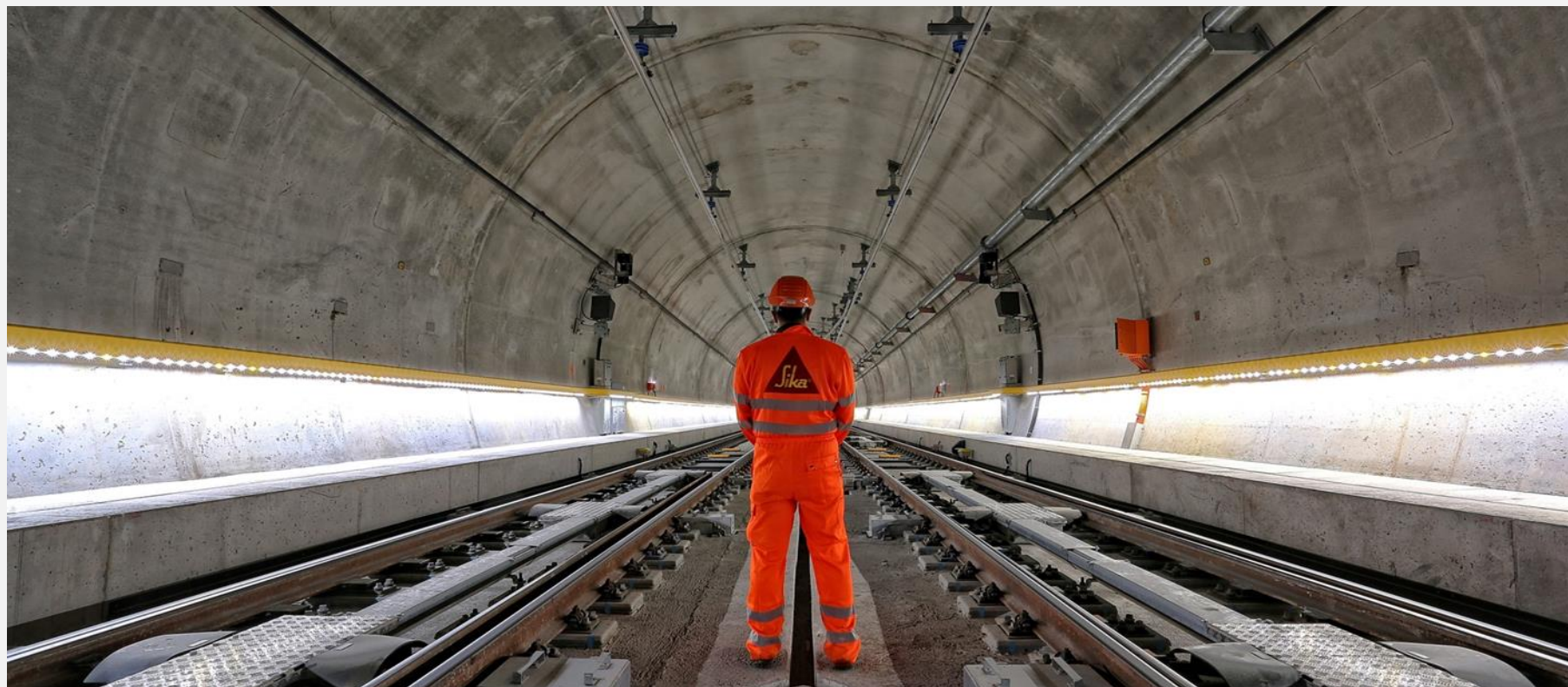
LONGITUD: 15 KM – COSTE: CHF 44.4 MIO (MUERTES > 200 !!)



TUNEL BASE DEL SAN GOTARDO – EL PROYECTO DEL SIGLO

APERTURA OFICIAL 1 JUNIO 2016





GRACIAS POR SU ATENCIÓN