



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

CURSO SOBRE APLICACIONES DE UNA MECÁNICA DE ROCAS NO LINEAL A LA INGENIERÍA CIVIL (CEDEX, MARZO 2003)



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

EMBOQUILLES CON PREBÓVEDA A CIELO ABIERTO (TÚNELES “TORTUGA”)



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACION
DE OBRAS PÚBLICAS

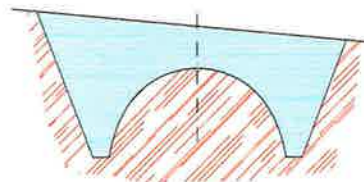
TÚNEL DE TORRELAVEGA



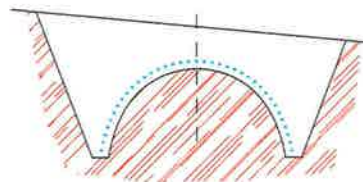


CONSTRUCCIÓN: FASES CONSTRUCTIVAS

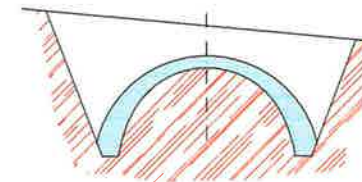
FASES DE EJECUCION DE FALSO TUNEL TORTUGA



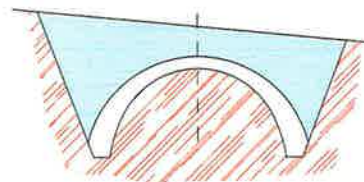
I.- EXCAVACION HASTA LA MEDIA SECCION
CON REFINO DE LA BOVEDA



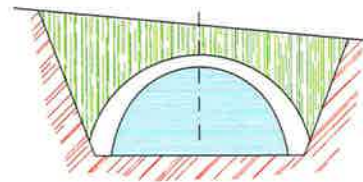
II.- COLOCACION DE MICROPILOTES



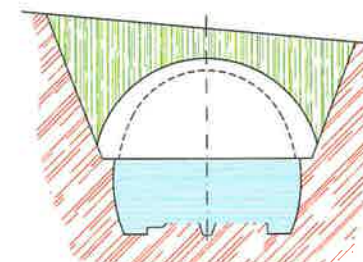
III.- CONSTRUCCION DE UN FALSO TUNEL (TORTUGA)
DIRECTAMENTE SOBRE EL TERRENO REFINADO



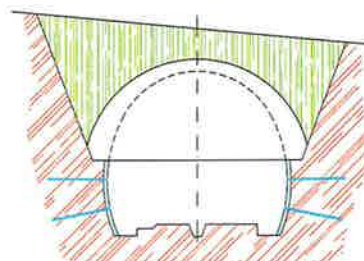
IV.- RELLENO DE TIERRAS



V.- EXCAVACION DEL AVANCE DEL TUNEL BAJO
LA PREBOVEDA EN FASES SUCEATIVAS



VI.- EXCAVACION DE LA DESTROZA



VII.- SOSTENIMIENTO DE HASTIALES (HORMIGON
PROYECTADO CON FIBRAS Y BULONES)



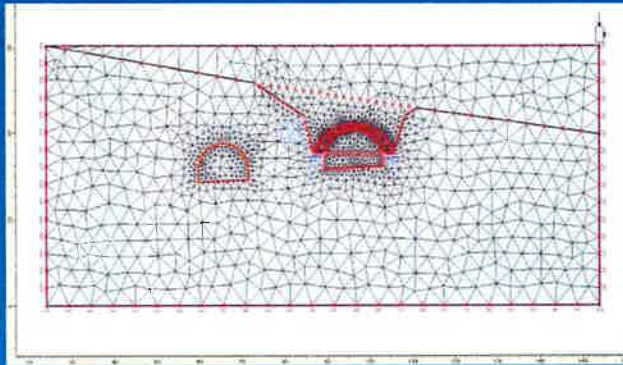


MINISTERIO
DE FOMENTO

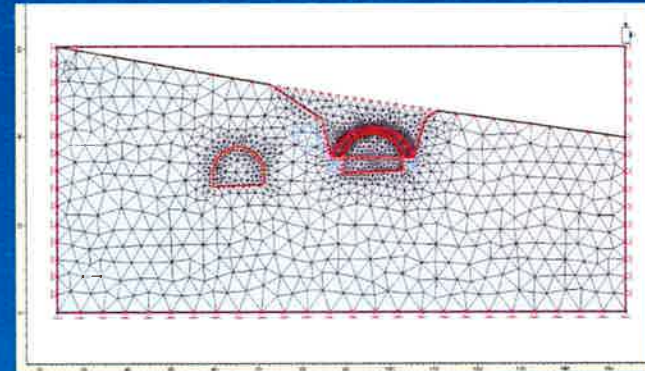
CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

CÁLCULO MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS: FASES CONSTRUCTIVAS (I)

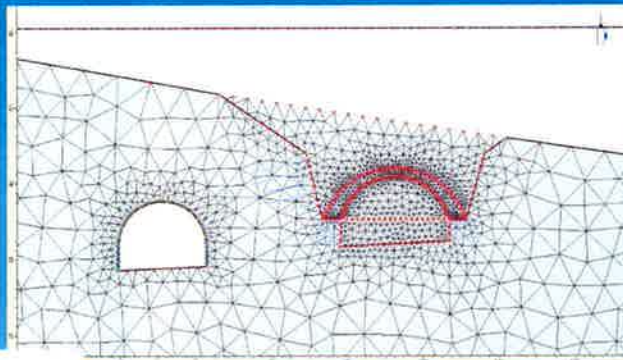
SITUACIÓN INICIAL DE LA LADERA



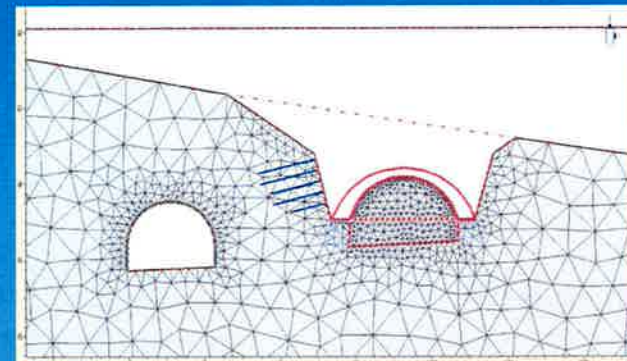
EXCAVACIÓN DE LADERA
SITUACIÓN TENSIONAL INICIAL



EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO TÚNEL EXISTENTE



EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO DE LA TRINCHERA



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES

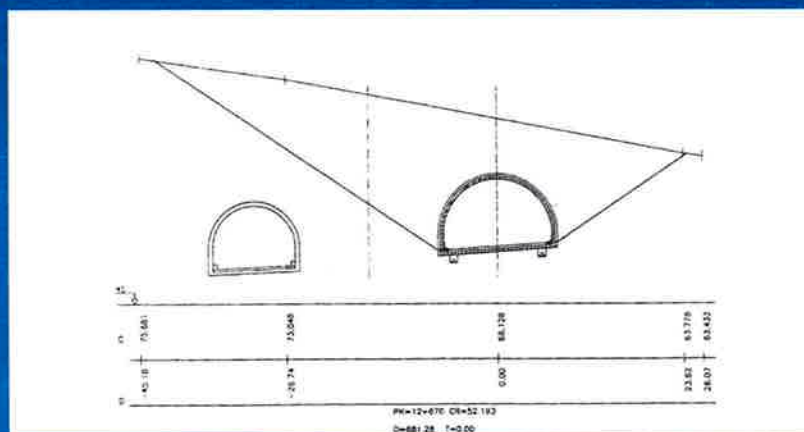


MINISTERIO
DE FOMENTO

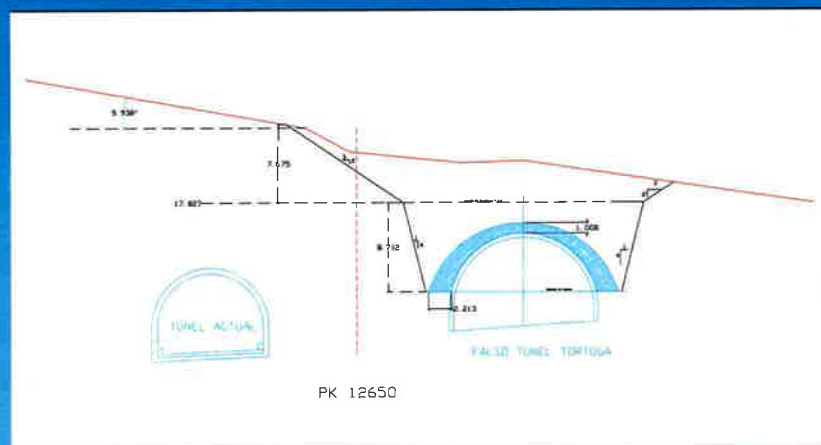
CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

DISEÑO DEL TÚNEL

SOLUCIÓN PROYECTADA



SOLUCIÓN ADOPTADA



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES

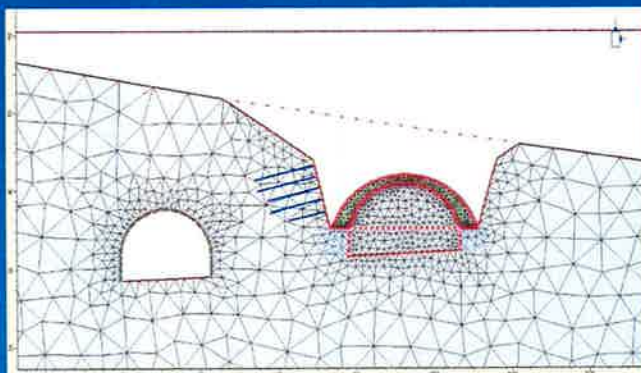


MINISTERIO
DE FOMENTO

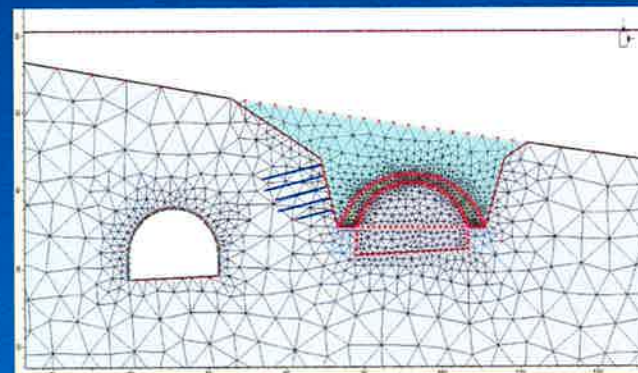
CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

CÁLCULO MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS: FASES CONSTRUCTIVAS (II)

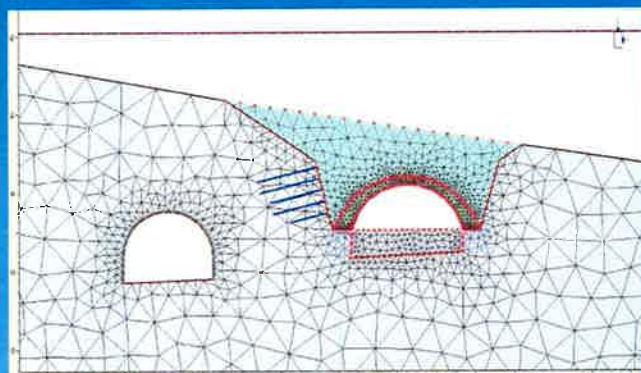
CONSTRUCCIÓN DE LA PREBÓVEDA



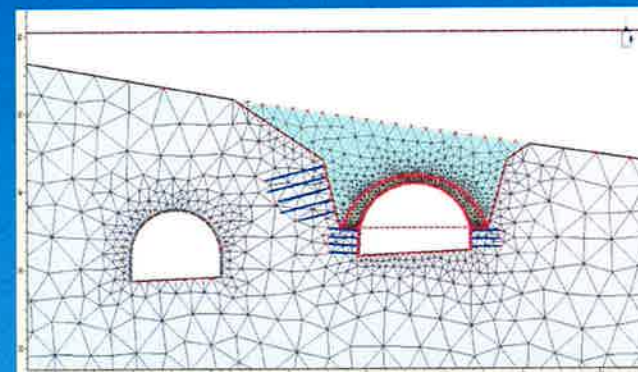
RELLENO DE LA TRINCHERA



EXCAVACIÓN DEL AVANCE BAJO LA PREBÓVEDA



EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO DE LA DESTROZA



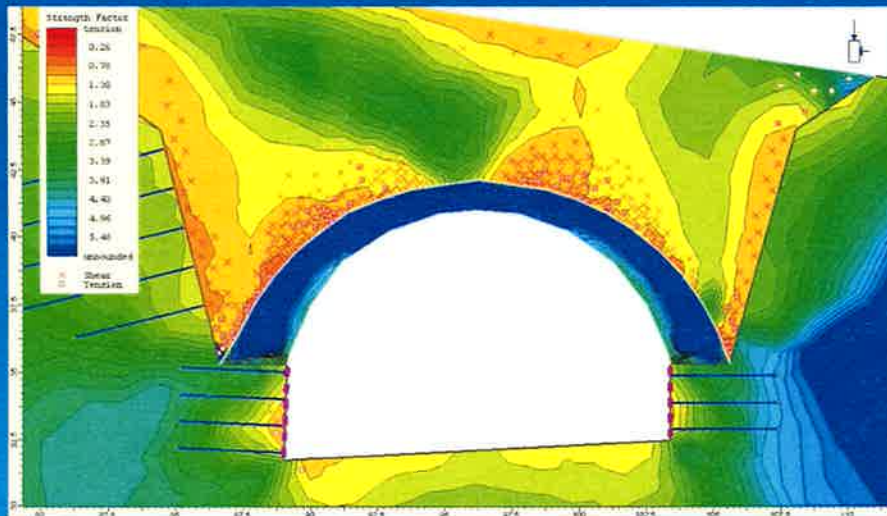


MINISTERIO
DE FOMENTO

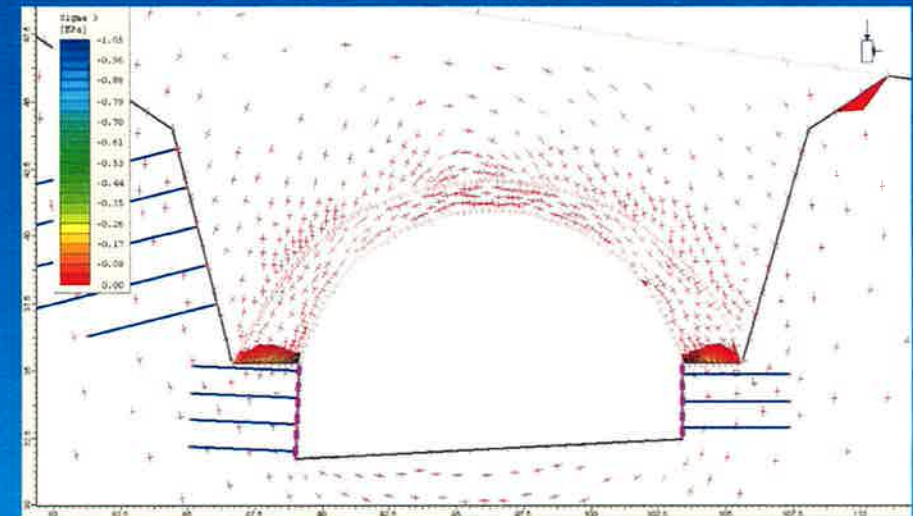
CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

CÁLCULO MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS: RESULTADOS DEL CÁLCULO

GRADO DE SOLICITACIÓN



DISTRIBUCIÓN DE TRACCIONES



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

CONSTRUCCIÓN: DESARROLLO DE LA OBRA



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

CONSTRUCCIÓN: DESARROLLO DE LA OBRA



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE AZPIROZ



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE AZPIROZ

PROBLEMÁTICA



CAVIDAD KÁRSTICA EN
EMBOQUILLE



PROXIMIDAD DE FALSO TÚNEL A
EMBOQUILLE INESTABLE



IMPOSIBILIDAD DE RETALUZADO
DEL EMBOQUILLE



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE AZPIROZ

PROBLEMÁTICA



HASTIAL DERECHO RETRASADO.
APOYO EN ROCA INESTABLE

IMPOSIBILIDAD DE
CUADRAR O SANEAR

HASTIAL IZQUIERDO DENTRO DE
CAVERNA



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE AZPIROZ

SOLUCIÓN (I)

FASE I
EJECUCIÓN DE TAPE INTERIOR EN EXTREMO FINAL
DEL FALSO TÚNEL CONSTRUIDO MEDIANTE
ESCOLLERA



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE AZPIROZ

SOLUCIÓN (II)

FASE 2

RELLENO DEL TRAMO A CONTINUACIÓN DEL FALSO
TÚNEL, HASTA EL CONTACTO CON LAS PAREDES DE
LA CAVERNA, MEDIANTE ESCOLLERA



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE AZPIROZ

SOLUCIÓN (III)

FASE 3

CONSTRUCCIÓN DE BÓVEDA DE HORMIGÓN ARMADO.
TUBOS EMBEBIDOS (GUÍA PARAGUAS POSTERIOR)



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

GEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE AZPIROZ

SOLUCIÓN (IV)

FASE 4
PARAGUAS DE MICROPILOTES A TRAVÉS DE LOS
TUBOS EMBEBIDOS ANTERIORMENTE
(PROTECCIÓN TOTAL DE UNOS 20 METROS)



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE AZPIROZ

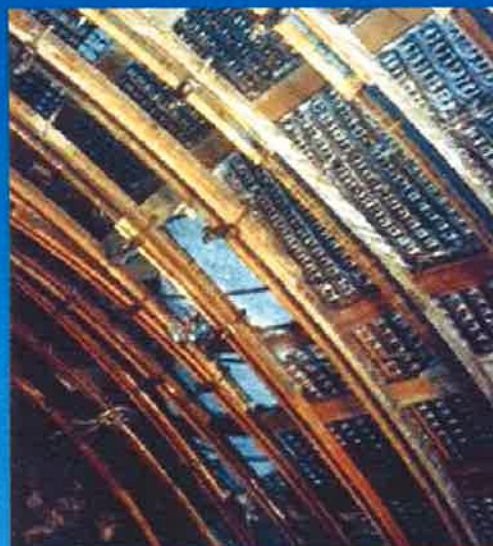
SOLUCIÓN (V)

FASE 5
RELLENO DE PREBÓVEDA
(PROTECCIÓN PREBÓVEDA Y ESTABILIZACIÓN PARCIAL)
EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO
(HORMIGÓN PROYECTADO, TH-29 Y CHAPA BERNOLD)

ENTRONQUE
FALSO TÚNEL-SOSTENIMIENTO



SOSTENIMIENTO TIPO BAJO
PREBÓVEDA



PASO BAJO PARAGUAS A
CONTINUACIÓN DE PREBÓVEDA
(HASTIAL DERECHO)



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE AZPIROZ

SOLUCIÓN (VI)

FASE 6
RELLENO DEFINITIVO DE FALSO TÚNEL



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACION
DE OBRAS PUBLICAS

TÚNELES EN ROCA CON COMPORTAMIENTO CONFLICTIVO



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



TÚNELES DE SAN PEDRO Y PIEDRAFITA

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LOS TÚNELES					
TÚNEL	LONGITUD PROYECTADA	LONGITUD CONSTRUIDA	Nº TUBOS	MONTERA MAX.	ANCHURA
SAN PEDRO	275 metros	275 metros	2	40 metros	15 m (3 carriles)
PIEDRAFITA	2675 metros	600 metros	2	100 metros	15 m (3 carriles)

GEOLOGÍA

- ESTRUCTURA DESFAVORABLE, AL HILO DE LAS OBRAS
- LITOLOGÍA:
 - PIZARRAS CON NIVELES ESPORÁDICOS DE CALCOESQUISTOS (2A)
 - PIZARRAS ARENOSAS AMARILLENTAS, CON NIVELES DE ARENISCAS Y CUARCITAS (2B)
 - PIZARRAS ARENOSAS OCRE CON INTERCALACIONES DE BANCOS DE ARENISCAS (3A)
 - PIZARRAS, METAARENISCAS Y CUARCITAS (3B).

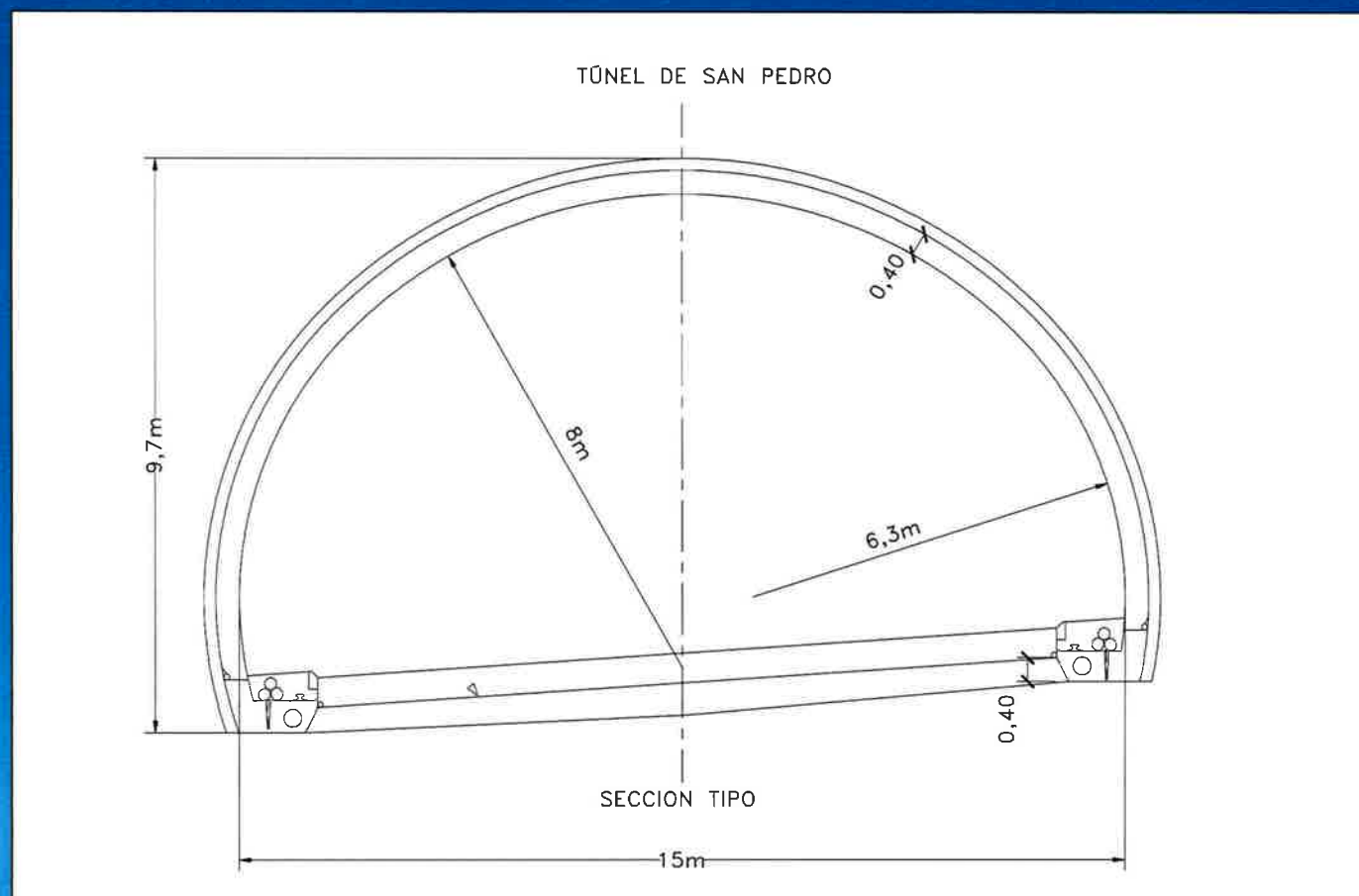


MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE SAN PEDRO

SECCIÓN TIPO



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



TÚNEL DE SAN PEDRO DESARROLLO DE LA OBRA (I)

- HASTA DICIEMBRE DE 1998

- CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS DEL MATERIAL

- RMR DE 30 A 40
- 10 KG/CM² A 100 KG/CM²

- SOSTENIMIENTO

- CERCHAS (TH-29)
- HORMIGÓN PROYECTADO (25 CM APROX.)
- BULONES CONVENICIONALES (SENSIBLEMENTE SISTEMÁTICOS)

- ANOMALÍAS DETECTADAS DURANTE EL AVANCE

- DESCENSO APRECIABLE EN CLAVE SIN INDICIOS EN SOSTENIMIENTO DE SOLICITACIÓN.
- "CLAVADO" DE CERCHAS EN EL TERRENO



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACION
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE SAN PEDRO DESARROLLO DE LA OBRA (II)

● 21 DE ENERO DE 1999

CALE DE CALZADA IZQUIERDA



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE SAN PEDRO DESARROLLO DE LA OBRA (III)

● ENERO-FEBRERO DE 1999

AUMENTO ASIENTOS EN CLAVE
DEFECTOS MENORES EN SOSTENIMIENTOS



CONTRABÓVEDA CURVA (AMBAS CALZADAS)
BULONES EN HASTIAL DERECHO (C. IZQUIERDA)

ÚLTIMOS METROS (CALZADA IZQUIERDA)



FRENTE DE DESTROZA (CALZADA DERECHA)





MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE SAN PEDRO DESARROLLO DE LA OBRA (IV)

● FEBRERO-MARZO DE 1999

AUMENTO DE FENÓMENOS DE EXTRUSIÓN EN EL
FRENTES EN CALZADA DERECHA



CALE DE CALZADA DERECHA (26-2-1999)

CAMPANA EN CLAVE



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE SAN PEDRO DESARROLLO DE LA OBRA (V)

● 2 DE MARZO DE 1999

CALZADA IZQUIERDA

(A FALTA DE 50 M DE DESTROZA)

PÉRDIDA DE PLACAS DE BULONES

DESCONCHES EN SOLAPE AVANCE-DESTROZA

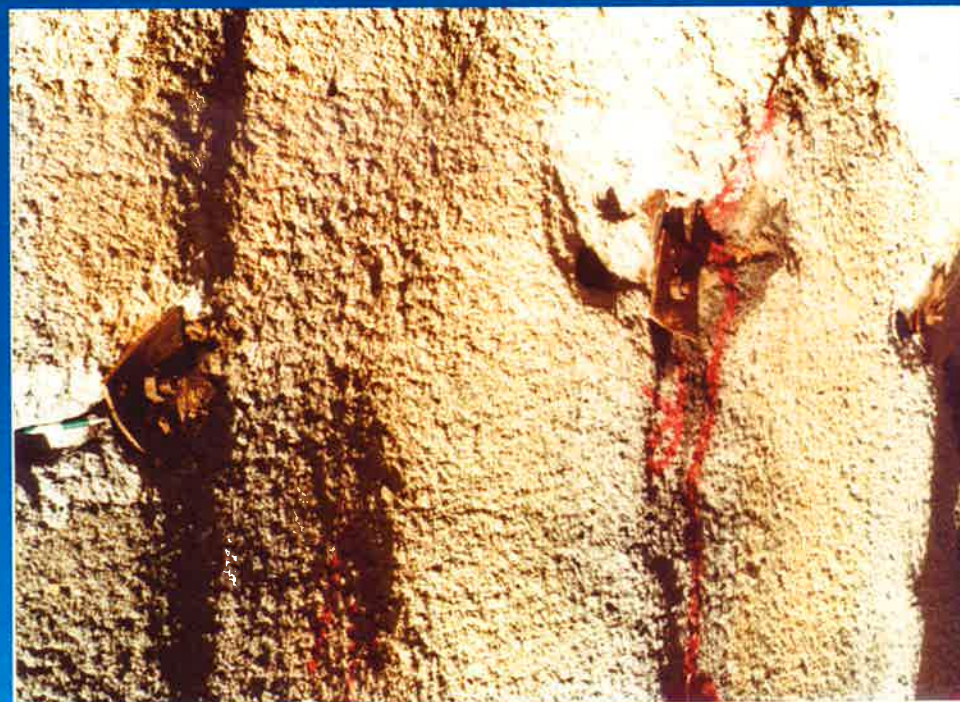
DESCONCHES EN BÓVEDA Y HOMBRO IZQUIERDO



TRATAMIENTO

REFUERZO DE BULONES DE 4 METROS

SANEO + REPOSICIÓN HORMIGÓN PROYECTADO



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



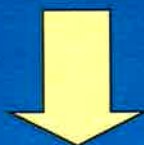
MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE SAN PEDRO DESARROLLO DE LA OBRA (VI)

● 2 DE MARZO DE 1999

PORTAL DE EMBOQUILLE LADO SUR
MOVIMIENTO DE DESPEGUE DEL TALUD



TRATAMIENTO
CIERRE DE SECCIÓN EN LA BOCA
CONTRABÓVEDA 10M



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACION
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE SAN PEDRO DESARROLLO DE LA OBRA (VII)

● 25 DE MARZO DE 1999

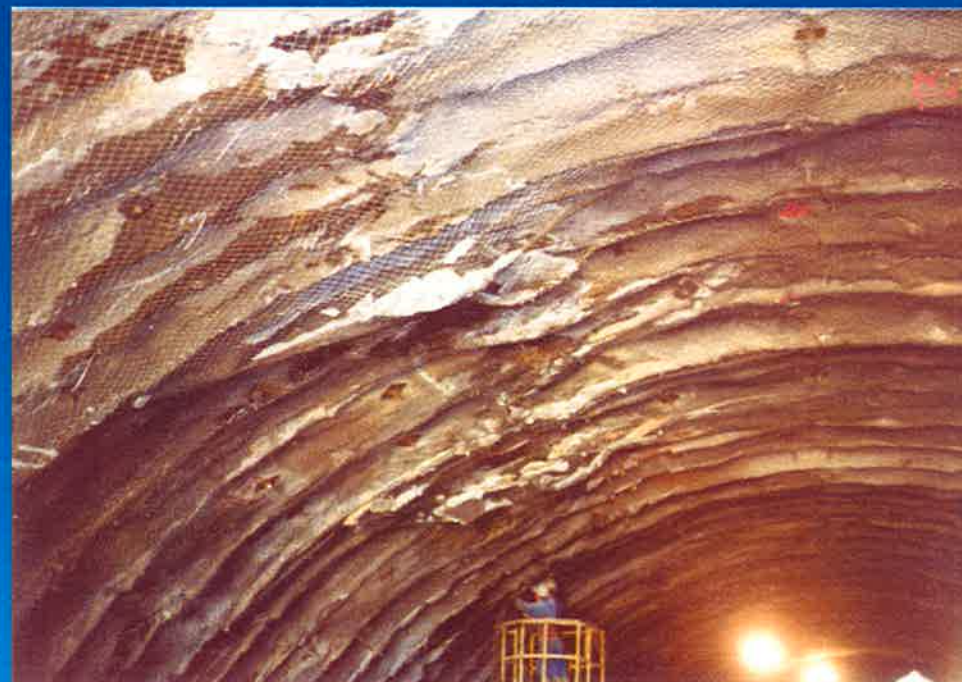
CALZADA DERECHA (502+600 A 502+648)
BASCULAMIENTO DE LA SECCIÓN
ROTURA TRACCIÓN (HOMBRO DERECHO)



TRATAMIENTO URGENTE (MEDIOS DE OBRA)
HORMIGÓN PROYECTADO (10 A 15 CM)
4 BULONES DE 4M (HOMBRO Y HASTIAL DCHO.)



TRATAMIENTO ADICIONAL
BULONES 6 M (CUANTÍA ANTERIOR X2)
BULONES AUTOPERFORANTES 9 M (2 X 1 M)



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES

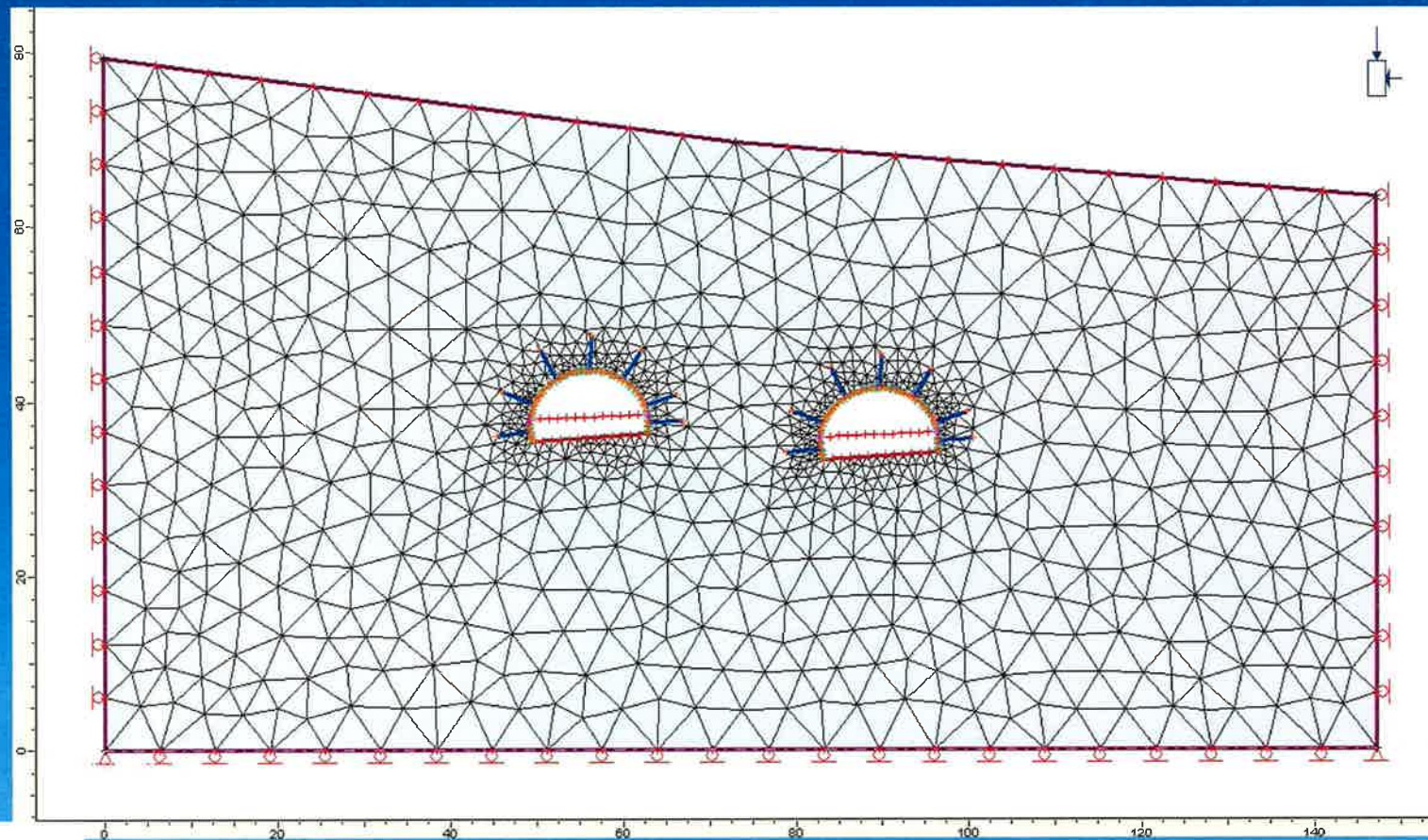


MINISTERIO
DE FOMENTO

GEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE SAN PEDRO MODELO NUMÉRICO (I)

MALLA DE ELEMENTOS FINITOS



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES

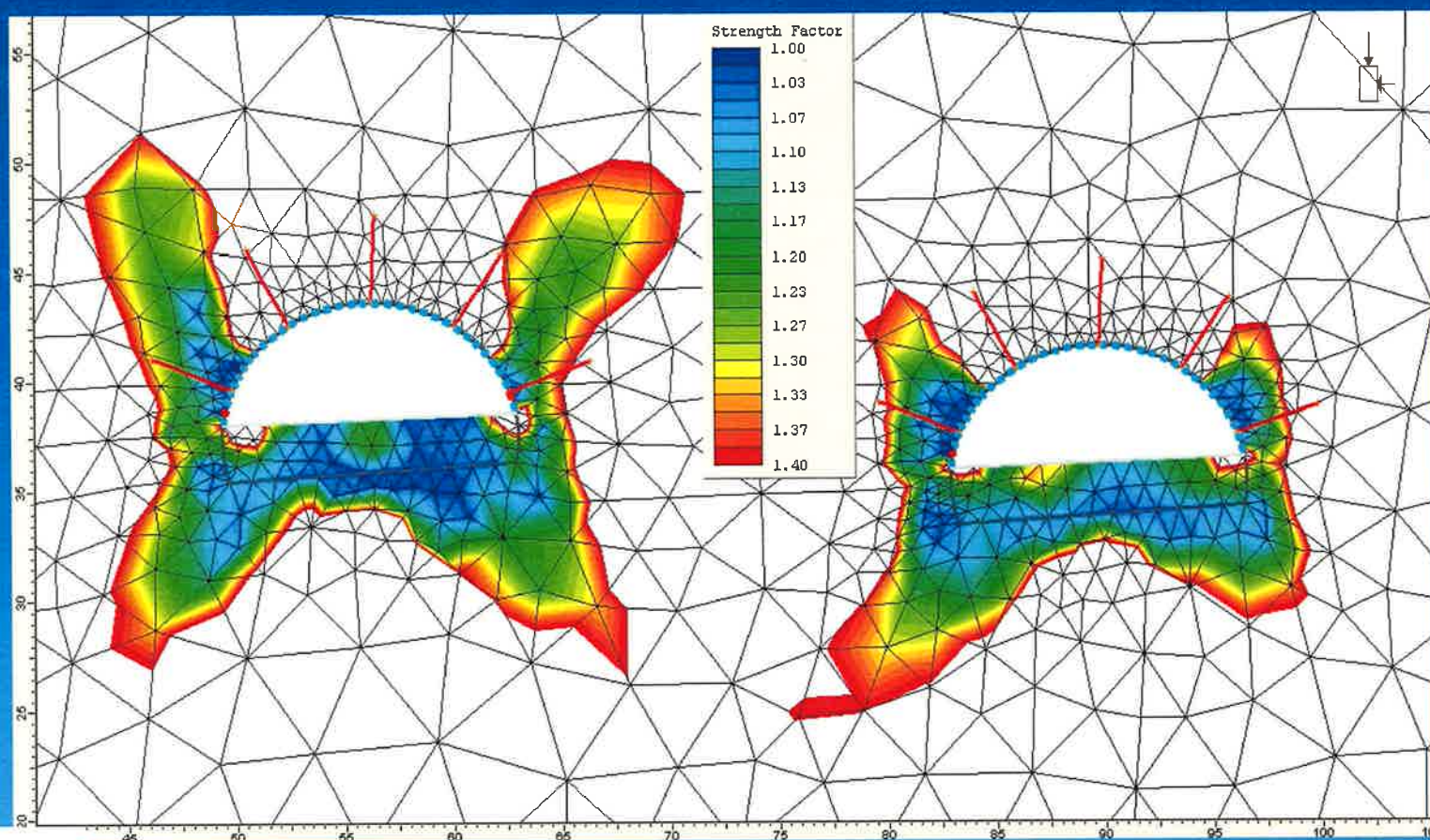


MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE SAN PEDRO MODELO NUMÉRICO (II)

GRADO DE SOLICITACIÓN EN FASE DE AVANCE (ENTRE 1 Y 1,4)



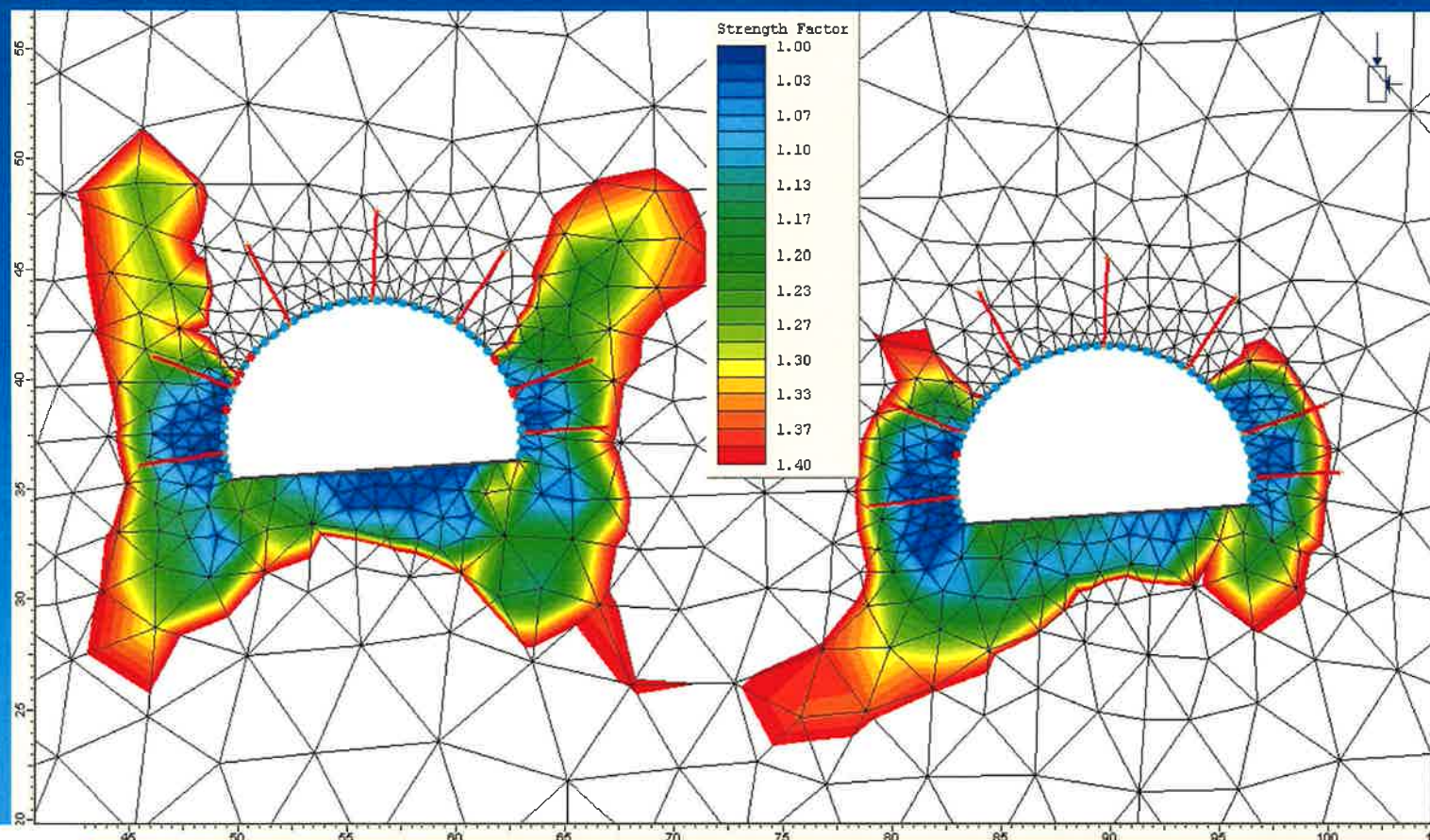


MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE SAN PEDRO MODELO NUMÉRICO (III)

GRADO DE SOLICITACIÓN EN FASE DE DESTROZA (ENTRE 1 Y 1,4)



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES

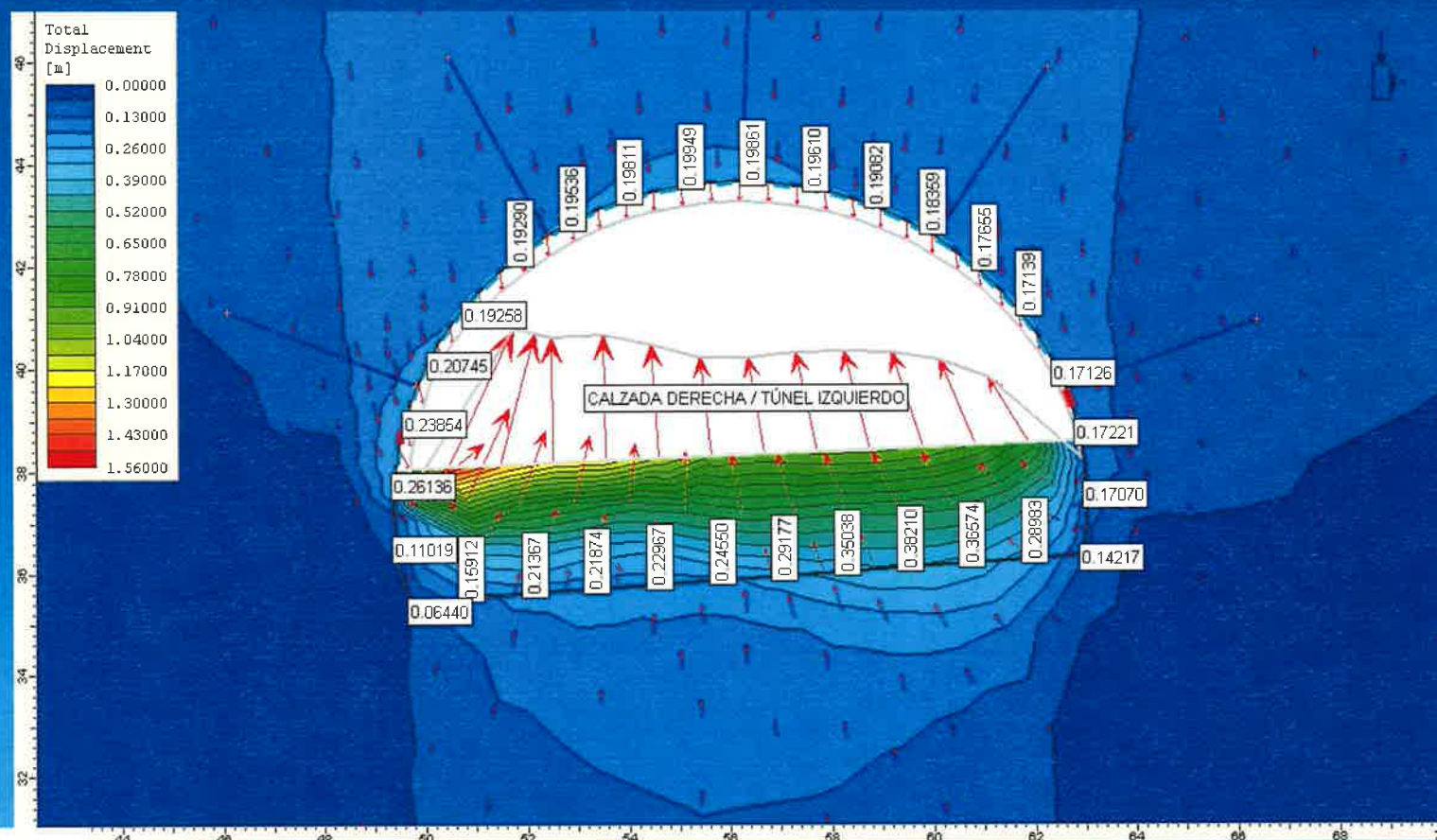


MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACION
DE OBRAS PUBLICAS

TÚNEL DE SAN PEDRO MODELO NUMÉRICO (IV)

MOVIMIENTOS EN FASE DE AVANCE



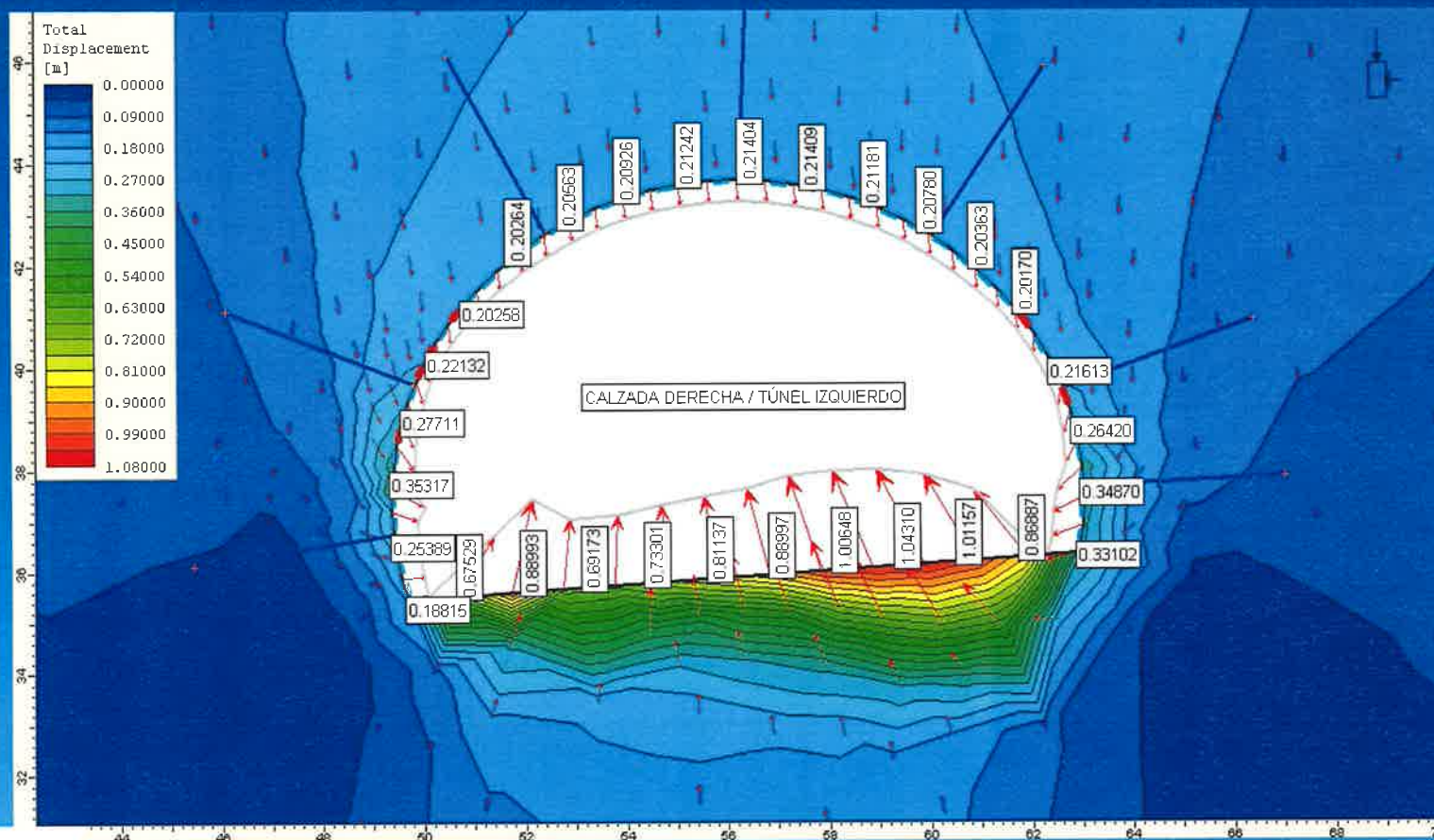


MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACION
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE SAN PEDRO MODELO NUMÉRICO (V)

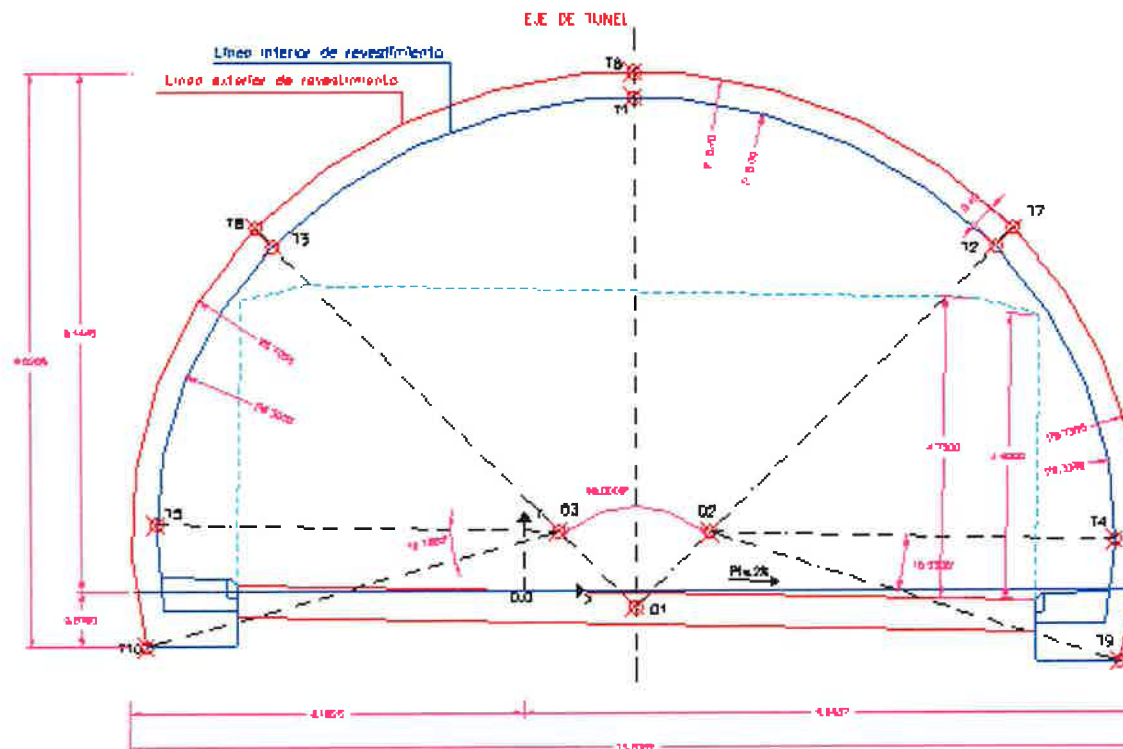
MOVIMIENTOS EN FASE DE DESTROZA





TÚNEL DE PIEDRAFITA

SECCIÓN TIPO





MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

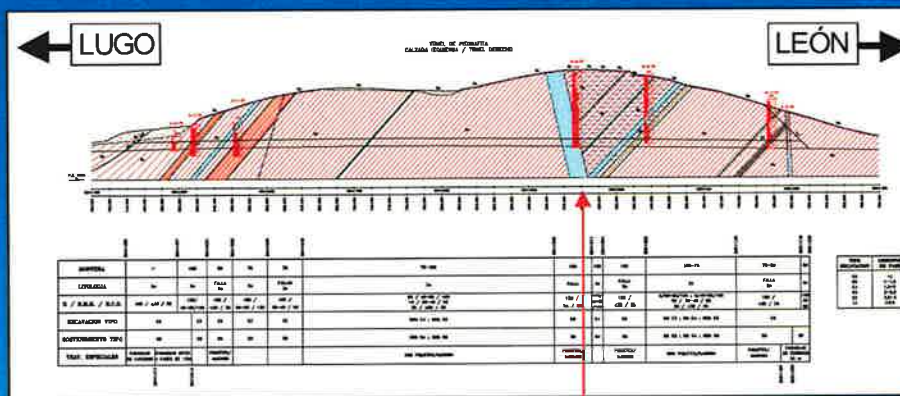
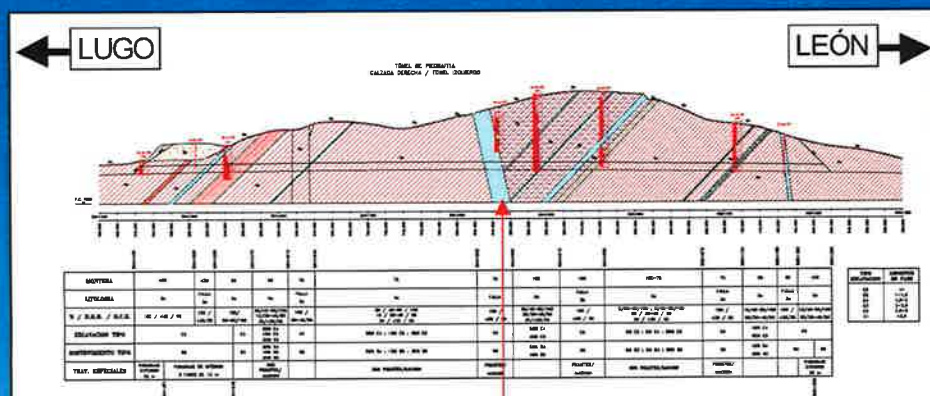
TÚNEL DE PIEDRAFITA

MATERIALES DEL TÚNEL

P.K. INICIO	P.K. FINAL	LITOLOGÍA	RMR
504+435	504+950	pizarras, areniscas y cuarcitas poco meteorizadas	45 a 65
504+950	505+239	Pizarras muy meteorizadas con intercalaciones esporádicas de calcoesquistos	35 a 45

CALZADA DERECHA

CALZADA IZQUIERDA



FALLA VERTICAL Y
ORTOGONAL AL TÚNEL



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE PIEDRAFITA

EMBOQUILLE NORTE (LADO LUGO) (I)

CONTACTO RELLENO-ROCA EN CLAVE DE TÚNEL



DOBLE CORONA DE MICROPILOTES

PREPARACIÓN DE EMBOQUILLE EN TUBO IZQUIERDO
CONTACTO RELLENO-ROCA



DOBLE PARAGUAS TERMINADO



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

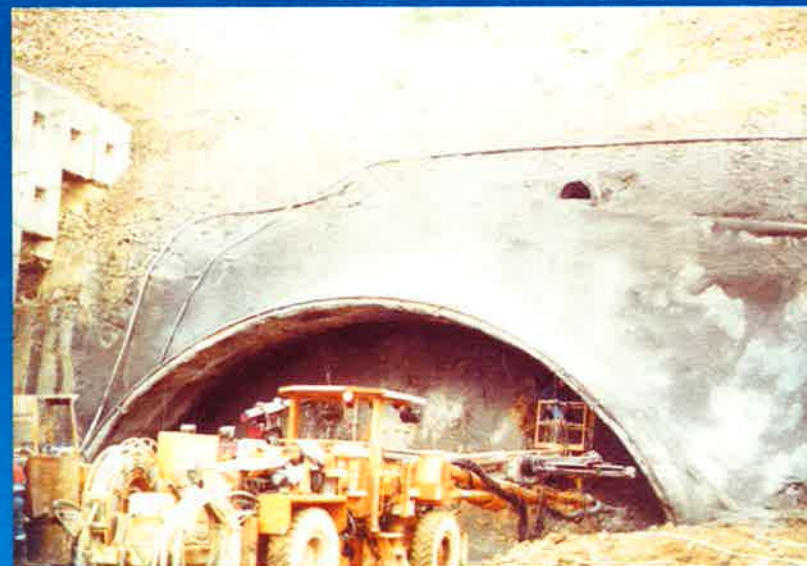
TÚNEL DE PIEDRAFITA

EMBOQUILLE NORTE (LADO LUGO) (II)

VISERA DE PROTECCIÓN CON LOS MISMOS
ELEMENTOS DEL SOSTENIMIENTO



DETALLE DE LA VISERA EN LOS PRIMEROS PASES
DE AVANCE



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE PIEDRAFITA TRAMO CONFLICTIVO. BOCA SUR (I)

CALIDAD DE LA ROCA

RMR 27 A 56 (VALOR MEDIO 43)
RESISTENCIA A COMPRESIÓN 25 KG/CM²
ESQUISTOSIDAD "AL HILO" DEL EJE DEL TÚNEL
MONTERA DE 100 METROS



PROBLEMAS ENCONTRADOS

SOBREEXCAVACIONES CONSTANTES
CONVERGENCIAS IMPORTANTES
(DESCENSOS DE CLAVE Y "CLAVADO" EN
HASTIALES)



REFUERZOS

BULONES DE 6M SISTEMÁTICOS (1 UD/M²)
(EN OCASIONES AUTOPERFORANTES DE 9M)
CERCHA PESADA HEB-160

BOCA SUR. ESQUISTOSIDAD DESFAVORABLE



DISPOSICIÓN TÍPICA DE LA ESQUISTOSIDAD



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE PIEDRAFITA TRAMO CONFLICTIVO. BOCA SUR (II)

SOBREEXCAVACIONES

ZONA CON EMPIQUETADOS SUCESIVOS



VACIADO DE CAMPANA (ZONA EMPIQUETADA)



TRABAJOS DE INYECCIÓN EN CAMPANA



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES

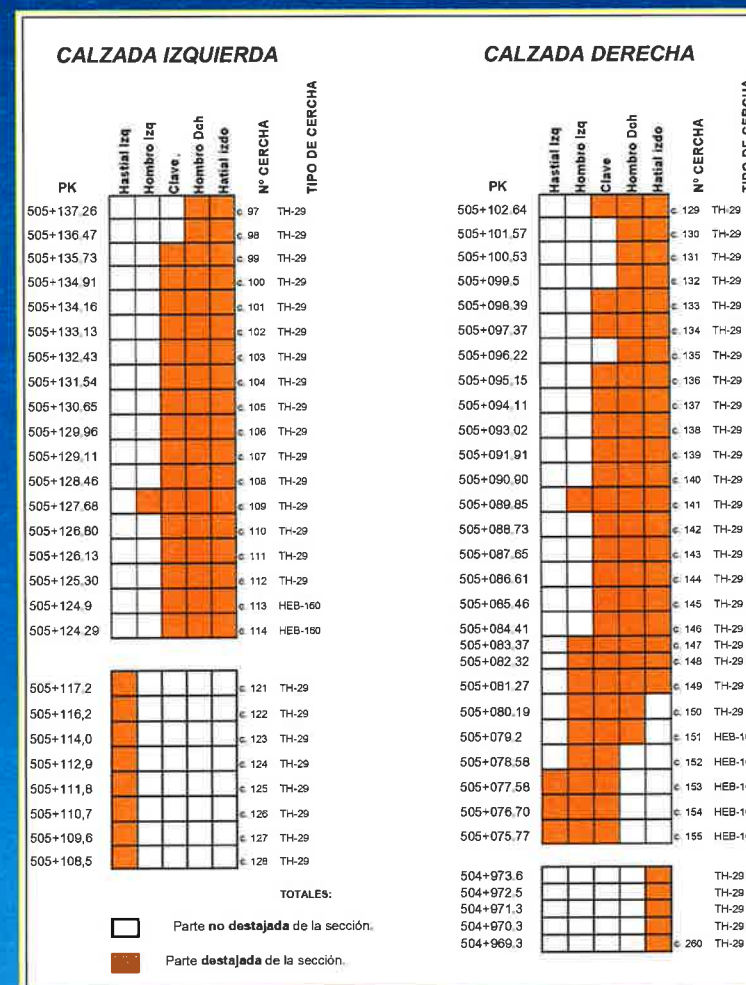


MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACION
DE OBRAS PUBLICAS

TÚNEL DE PIEDRAFITA TRAMO CONFLICTIVO. BOCA SUR (III)

TRATAMIENTOS DE REPERFILADO



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES





MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE PIEDRAFITA TRAMO CONFLICTIVO. BOCA SUR (IV)

TRABAJOS DE REPERFILADO

RELLENO DE TIERRAS PARA REPERFILADO



SANEO DEL PASE



RETIRADA DE PARTE DE LA CERCHA



REPOSICIÓN DE HORMIGÓN PROYECTADO Y BULONADO



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACION
DE OBRAS PUBLICAS

TÚNEL DE PIEDRAFITA SUBSIDENCIAS (I)

3 SECCIONES DE MEDIDA



MAYORES DEFORMACIONES EN SUPERFICIE

P.K. 505+000 => 45 cm

MONTERA 80M

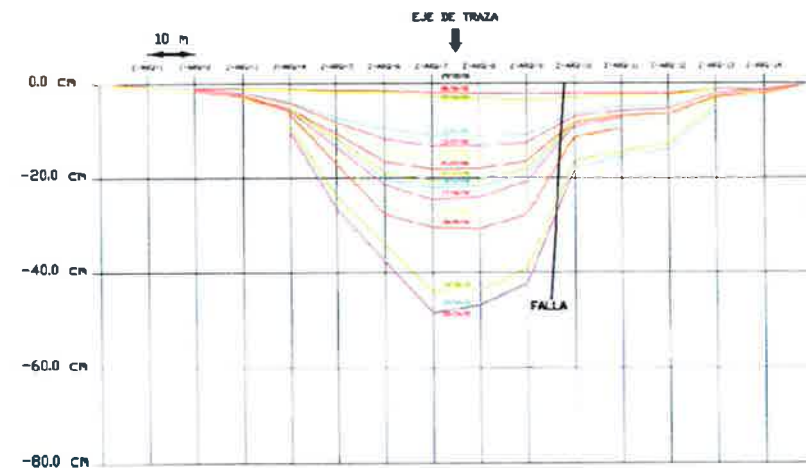


MAYORES PÉRDIDAS DE SECCIÓN

TÚNEL DE PIEDRAFITA

AUSCULTACIÓN DE SUPERFICIE

GRAFICA DE ASIENTOS EN PK 505+000 (SECCIÓN TRANSVERSAL)



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE PIEDRAFITA SUBSIDENCIAS (II)

EFFECTOS EN SUPERFICIE

GRIETAS EN CASA ABANDONADA



GRIETAS EN MURO

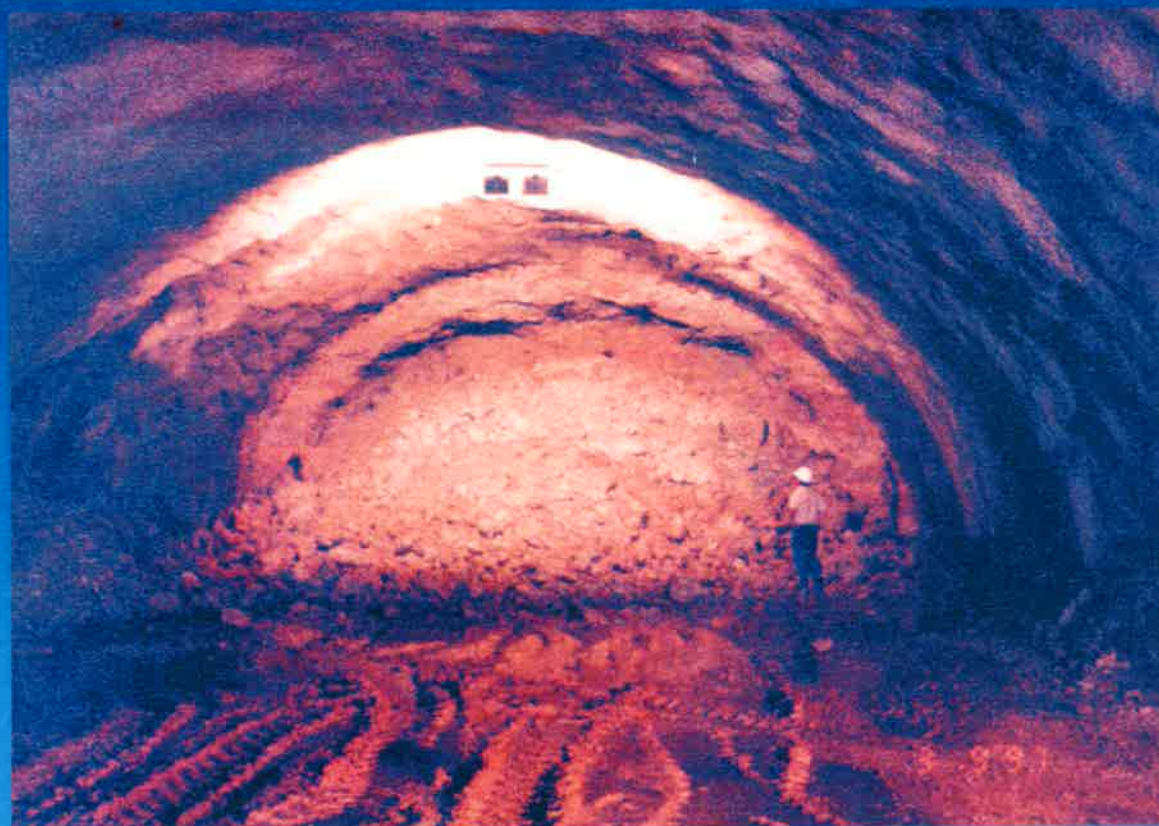




MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNELES EN MATERIALES BLANDOS CON BUEN COMPORTAMIENTO



iCYFSA

CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



TÚNEL DE MARIVELLA PROYECTO (I)

● GEOLOGÍA DEL TÚNEL

- BRECHAS Y CONGLOMERADOS DE CANTOS HETEROMÉTRICOS
- MATRIZ ARENO-LIMO-ARCILLOSA ALGO CEMENTADA, CON NIVELES LENTICULARES LIMO-ARENOSOS
- ESTRUCTURA PSEUDOHORIZONTAL

● CALIFICACIÓN DE PROYECTO

- CLASIF. DE LAUFFER. CLASE D (ROCA ALTERADA, BLANDA Y DÉBIL)

● CARACTERIZACIÓN ROCA MATRIZ

- RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE: 55 KG/CM² (VALOR MEDIO)
GRAN DISPERSIÓN: CEMENTACIÓN DÉBIL Y MUY VARIABLE, INFLUENCIA DEL SONDEO
- DEFORMABILIDAD: E = 10.000-15.000 KP/CM² (VALOR MEDIO)
- RESISTENCIA AL CORTE: COHESIÓN = 1,52 KP/CM²
 $\phi' = 30^\circ$



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE MARIVELLA PROYECTO (II)

● SOSTENIMIENTO

- SISTEMA BERNOLD: CHAPA, CERCHAS, HORMIGÓN PROYECTADO (25 CM), 2 BULONES POR HASTIAL
- PARAGUAS DE EMBOQUILLE JET-GROUTING

● CÁLCULOS EN DIFERENCIAS FINITAS (FLAC)

- $E = 60.000 \text{ KP/CM}^2$
- $RCS = 150 \text{ KP/CM}^2$
- $c' = 0,9 \text{ KP/CM}^2$
- $\phi' = 27^\circ$

● RESULTADOS DEL CÁLCULO

- DEFORMACIÓN HORIZONTAL: 7CM
- DEFORMACIÓN VERTICAL: 12 CM





MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE MARIVELLA OBRA (I)

CALIDAD DE LA ROCA MEJOR QUE LA
CONTEMPLABA EN PROYECTO

PARAGUAS JET-GROUTING



PARAGUAS DE MICROPILOTES

SOSTENIMIENTO BERNOLD



SOSTENIMIENTO NATM

MÉTODO CONVERGENCIA-CONFINAMIENTO

CASO	Rc Kp/cm ²	Pi Kp/cm ²	Cierre Máxim o (mm)	BÓVEDA			HASTIALES			REV. C.S.
				H.P. (cm)	Bulones (uds/m ²)	C.S.	H.P. (cm)	Bulones (uds/m ²)	C.S.	
8500	5	0	58	12	1	1,199	0	0	7,985	1,996
8501	10	0	12	12	1	1,255	0	0	12,182	2,091
8502	15	0	1	0	0,5	1,63	Estable	-----	-----	7,973
	20	0	Elást.							



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



TÚNEL DE MARIVELLA OBRA (II)

● CRITERIOS DE APLICACIÓN DE SOSTENIMIENTOS EN OBRA

- RESISTENCIA DE LA ROCA SEA IGUAL O MAYOR DE 20 Kp/cm², E INCIDENCIA DE DISCONTINUIDADES PRÁCTICAMENTE INEXISTENTE: AUTOPORTANTE
- RESISTENCIA DE 15 Kp/cm²: SOSTENIMIENTO EN BÓVEDA. BULONADO DE 0,5 UDS/M² TIPO SWELLEX
- RESISTENCIA DE 5-10 Kp/cm²: 12 CM DE HORMIGÓN PROYECTADO Y UN BULONADO DE 1 UD/M²
- SE EVITA, SALVO QUE RESULTE IMPRESCINDIBLE, LA UTILIZACIÓN DE CERCHAS
 - (CONTINUIDAD EN DESTROZA, COSTE INNECESARIO.)
- ESTAS CUANTÍAS SE PUEDEN APLICAR POR ZONAS EN FUNCIÓN DE LAS CALIDADES DE ROCA
- AJUSTE DURANTE LA OBRA LA VALORACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE
- ÚNICO RIESGO: BOLSADAS O ESTRATOS DE MATERIALES GRANULARES, SIN COHESIÓN Y CON AGUA.

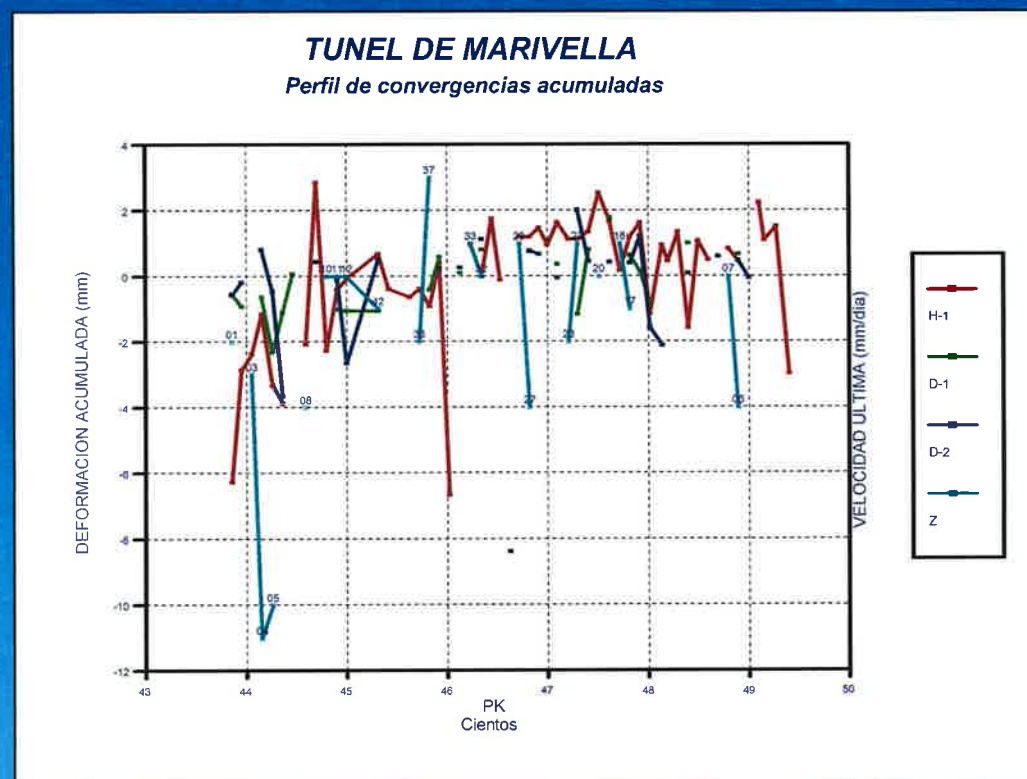


MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE MARIVELLA OBRA (III)

- RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN MEDIDAS: 42,89 KG/CM² (ENSAYOS), 27,83 KG/CM² (PLT)
- BUENA CORRELACIÓN CON DATOS DE PROYECTO
- DEFORMACIONES MEDIDAS: VARIOS MILÍMETROS



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE MARIVELLA

FRENTE DE EXCAVACIÓN BOCA NORTE



EMBOQUILLE SUR



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES

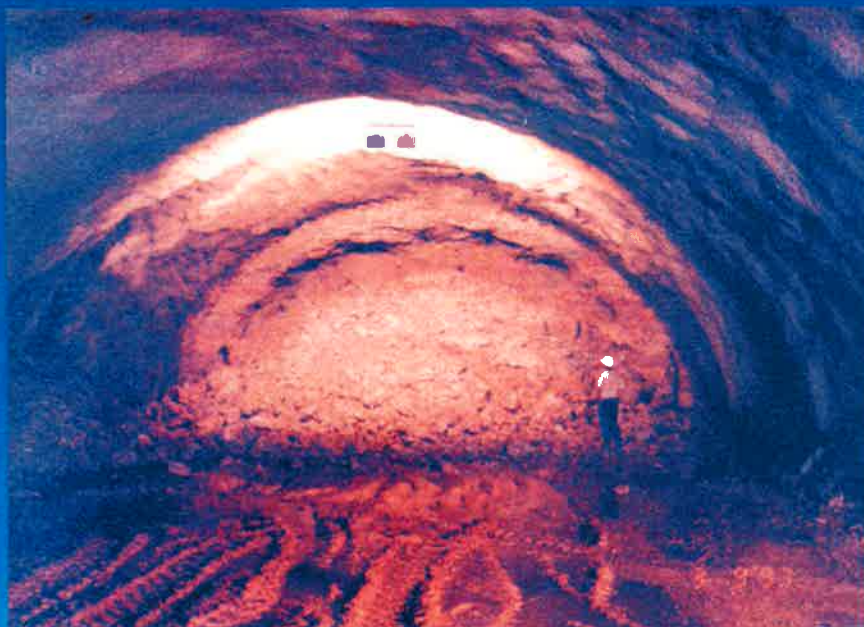


MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACION
DE OBRAS PUBLICAS

TÚNEL DE MARIVELLA

ASPECTO DE ESCOMBRO DE UN PASE



MATERIAL EN EL INICIO DE LA DETROZA NORTE



CASOS PRÁCTICOS: TÚNELES



MINISTERIO
DE FOMENTO

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TÚNEL DE MARIVELLA

ASPECTO DEL FRENTE DE DESTROZA



BOCA NORTE FALSO TÚNEL

