

I – SIMPOSIO DE GEOTECNIA



1.- INTRODUCCION

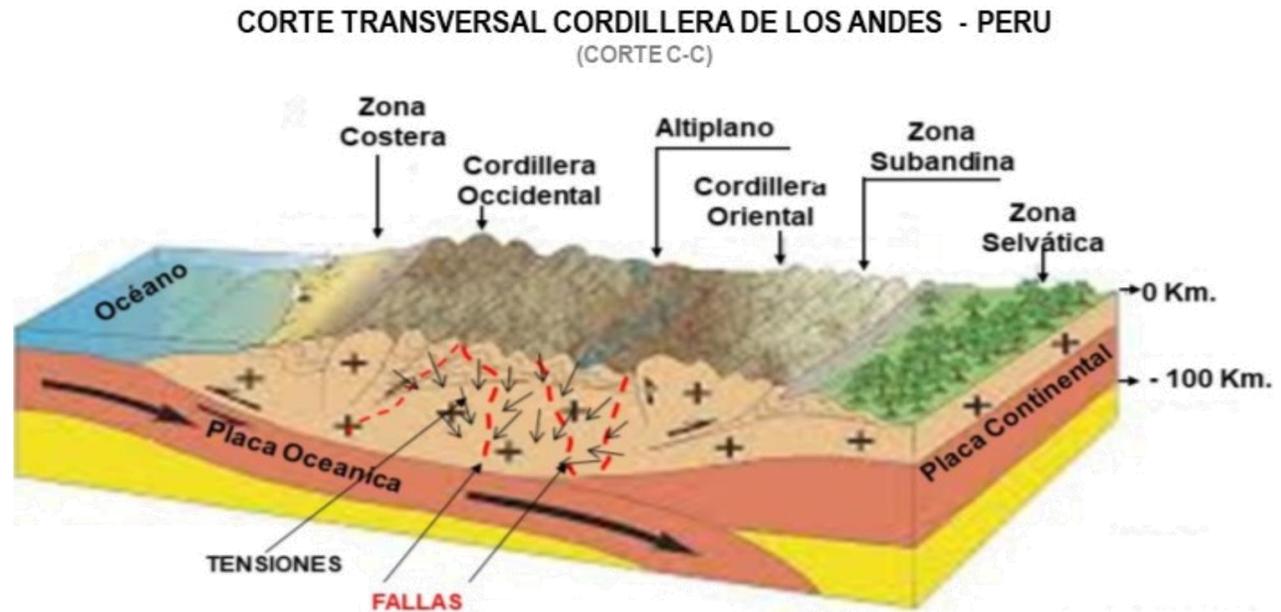
1.1. La Cordillera de los Andes.



1.- INTRODUCCION

1.1. La cordillera de los Andes.

- ❖ Los **Andes** son el resultado del movimiento de las placas tectónicas, el que ocurre desde la era Cenozoica. Los **Andes** se han levantado por la subducción de placas oceánicas por debajo de la placa Sudamericana.
- ❖ La formación de la Cordillera de los Andes es joven (60 millones de años).

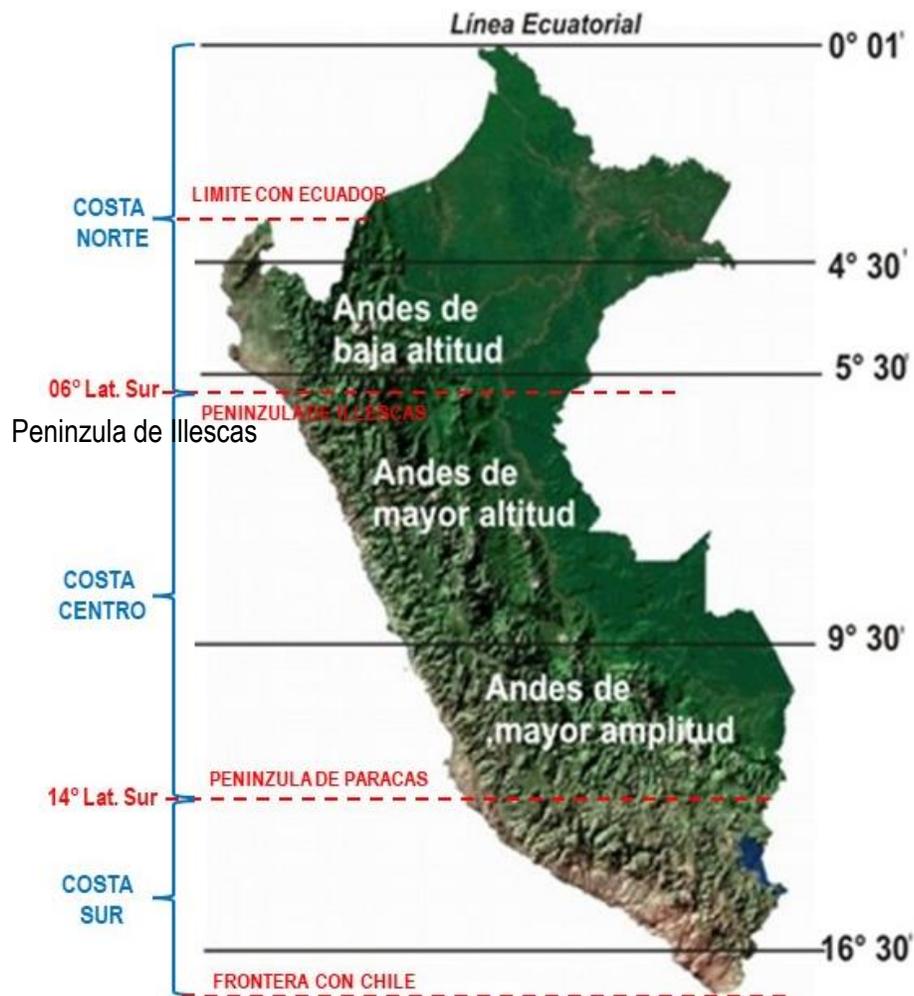


- ❖ La Cordillera de los Andes impone una topografía muy accidentada al territorio peruano.
- ❖ La construcción de plataformas para carreteras afecta necesariamente los taludes naturales de la Cordillera.
- ❖ Los Andes, según los científicos, es especialmente importante por cuanto esta cadena montañosa regula en gran medida el clima de la región que, de hecho, repercute en todas las actividades humanas, sobre todo en las económicas.

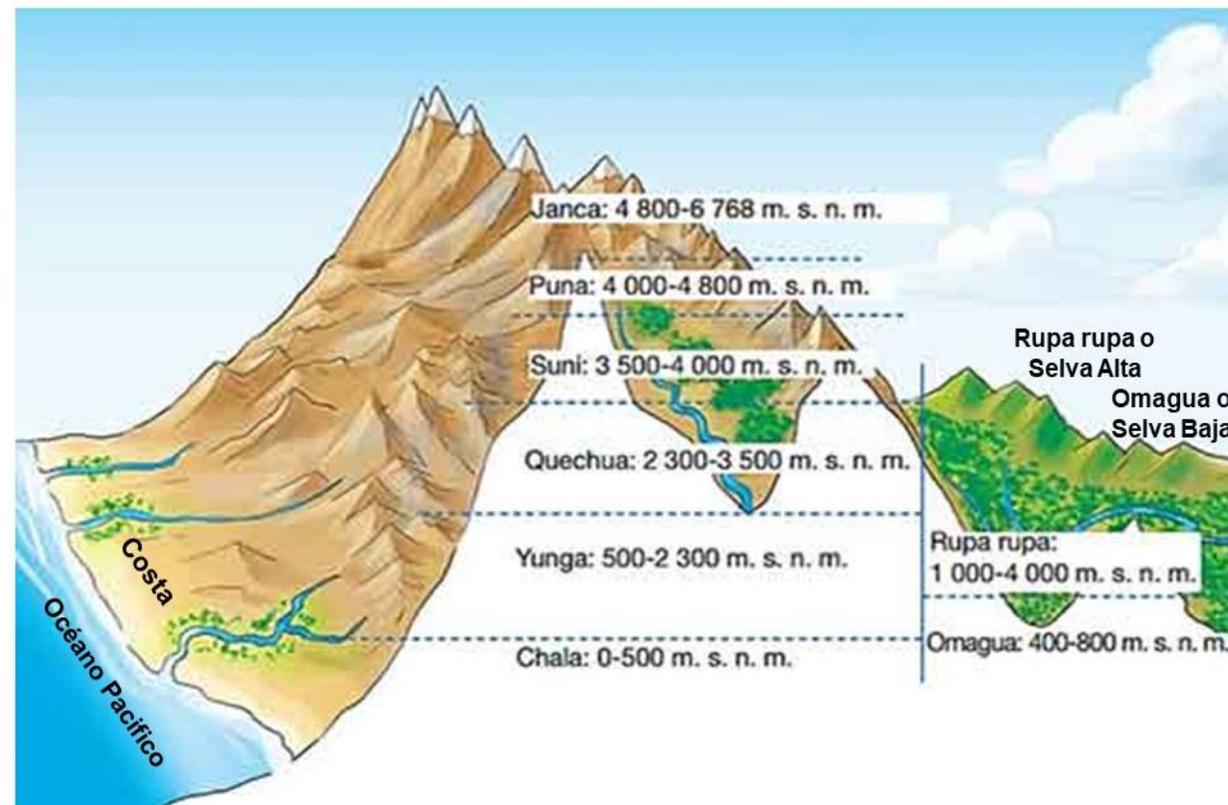
1.- INTRODUCCION

1.2. Geografía - Geomorfología del territorio peruano

GEOMORFOLOGIA DEL TERRITORIO PERUANO



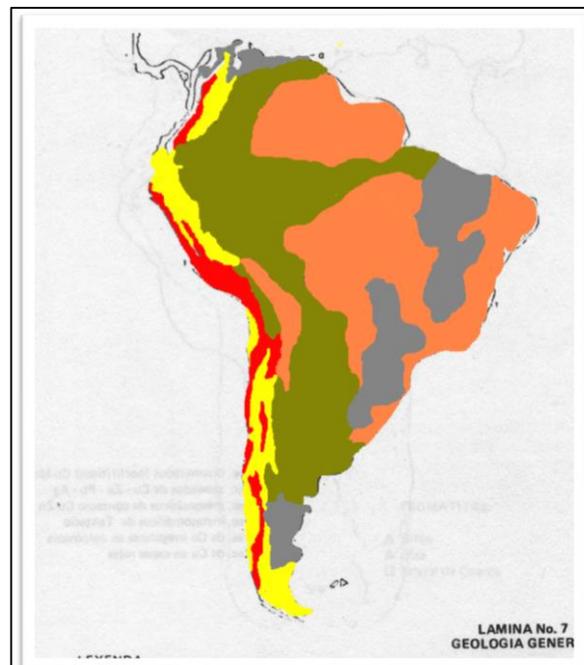
GEOGRAFIA DEL TERRITORIO PERUANO – CORTE TRANSVERSAL



Las Siete Regiones Geomorfologicas del territorio Peruano

1.- INTRODUCCION

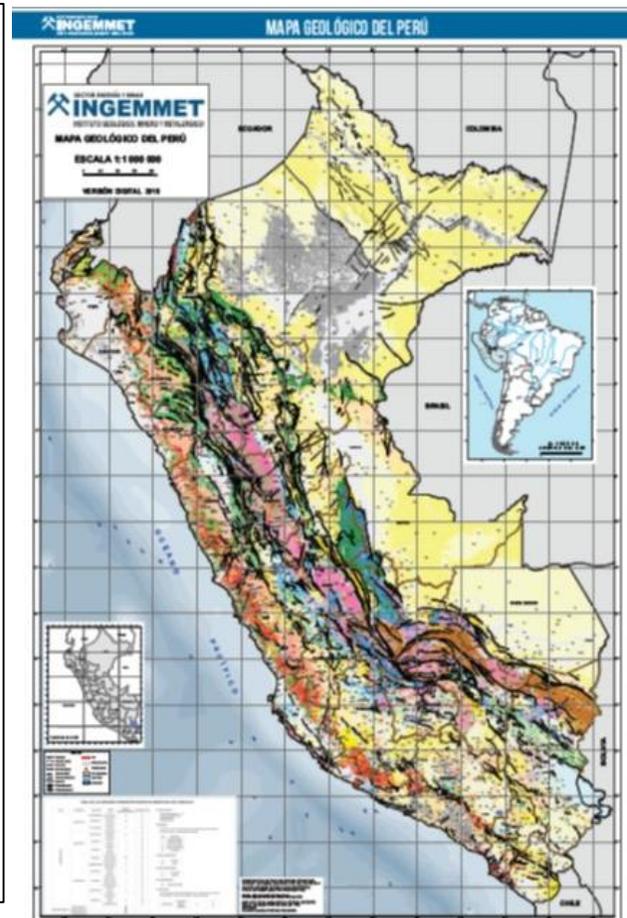
1.3. Geología en el Territorio Peruano



- Sedimentos Paleozoicos y Mesozoicos
- Paleozoico inferior-metamórfico
- Terciario - Cuaternario
- Volcánicos - Terciario - Cuaternario
- Intrusivos Cretáceos Terciarios

Vista del Contexto geológico de América del Sur

Fuente: EL PERÚ EN EL CONTEXTO DE AMÉRICA DEL SUR



Mapa geológico del Peru

Fuente: INGEMET

Los Andes peruanos se caracterizan por presentar dos cambios notables en su rumbo:

1. **La Deflexión de Huancabamba**, en el Norte.
2. **La Deflexión de Abancay**, en el Sur, ubicadas a los 6° y 14° de Latitud Sur, respectivamente. Dichas estructuras coinciden con los Cerros de Illescas en el Norte y la Península de Paracas en el Sur.

Las formaciones geológicas constituidas en el territorio peruanos son:

- ❖ Formación Volcánicos del Terciario y Cuaternario en Centro – Norte
- ❖ Intrusivos cretácicos y terciarios a lo Largo de la Zona Sur Oeste del territorio peruano.
- ❖ Sedimentos Paleozoicos y Mesozoicos en el Oriente

1.- INTRODUCCION

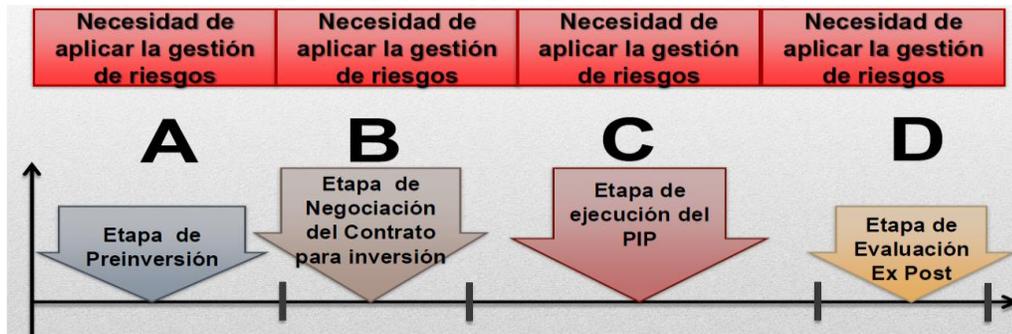
1.4.- Incertidumbre - riesgos – Consecuencias

- ❖ **INCERTIDUMBRE.-** Falta de capacidad para estimar una variable, que no puede ser determinada con precisión.
- ❖ **RIESGO.-** De forma general es conocido como el producto de la probabilidad de un acontecimiento y de sus posibles consecuencias.

$$\text{RIESGO} = \text{PROBABILIDAD} \cdot \text{CONSECUENCIA}$$

- ❖ Antes y durante de la construcción de un túnel existen una serie de factores inciertos relativos a las condiciones del terreno a lo largo de su trazo. Sin embargo cuando concluye su construcción, todas estas condiciones son perfectamente conocidas.

CICLO DE VIDA DE LOS PROYECTOS



Desde la perspectiva de la Matemática...



Que está sometido al azar y que es objeto de análisis estadístico.

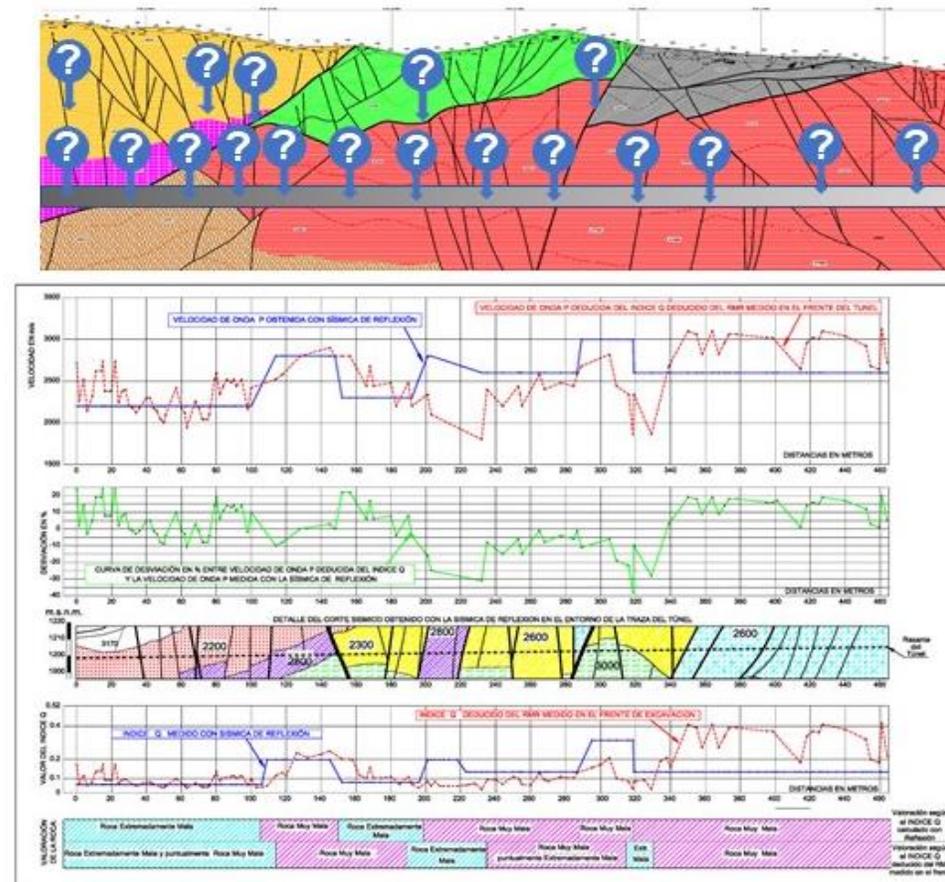
1.- INTRODUCCION

1.4.- Incertidumbre - riesgos – Consecuencias

Debido a una configuración Geológica tan variada en el subsuelo del territorio peruano, los proyectos subterráneos están sujetos a una serie de incertidumbres, riesgos los cuales finalmente generan impactos negativos y/o positivos que pueden catalogarse entre los siguientes:

- ❖ Incumplimientos de plazo
- ❖ Sobrecostos
- ❖ Reclamaciones, las cuales puede llegar a controversias, y finalmente generar procesos arbitrales
- ❖ Finalmente en ciertos casos incluso se llegaría a la resolución del contrato

PERFIL LONGITUDINAL – GEOLOGICO GEOTECNICO – DE TUNEL



1.- INTRODUCCION

1.4.- Incertidumbre - Riesgos – Consecuencias

“Aquellos que ignoran su historia vivirán para repetir sus errores”

Harold Harding

Para todo tipo de obras en roca o suelo como túneles, presas, carreteras, etc. La calidad y detalle de los estudios, investigaciones, información geológica, geotécnica, hidrogeológica disponible permite la realización de un diseño apropiado, una selección óptima de la tecnología de construcción, un proceso constructivo con menor riesgo e incertidumbre y una obra de mejor calidad en un menor plazo y con un menor costo.

!LAS INVERSIONES EN ESTUDIOS E INVESTIGACIONES TIENEN UNA RENTABILIDAD MAYOR A 10 VECES!

PLATAFORMA TECNOLÓGICA PARA REGISTROS DE RIESGOS
PROYECTOS SUBTERRÁNEOS



Inicio de sesión



Usuario



Contraseña

INGRESAR

¿Olvidaste tu contraseña?

1.- INTRODUCCION

1.5. Importancia de la Geotecnia

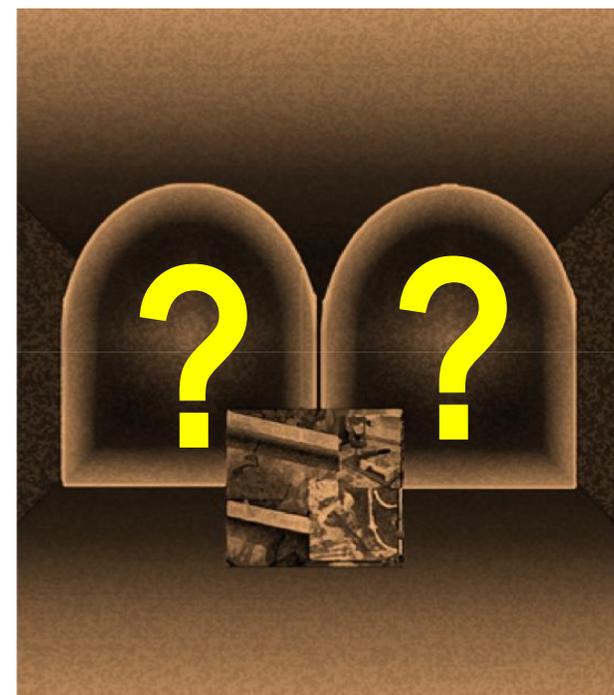
- ❖ La aplicación de principios geológicos y de ingeniería en el comportamiento de suelos, rocas, aguas **subterráneas**, se denomina **geotecnia**, la que además se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la tierra para diseñar cimentaciones, carreteras, puentes, presas **túneles** etc.



Los tres Pilares de Apoyo de la Geotecnia

“¿ Que hay Delante de Cara”

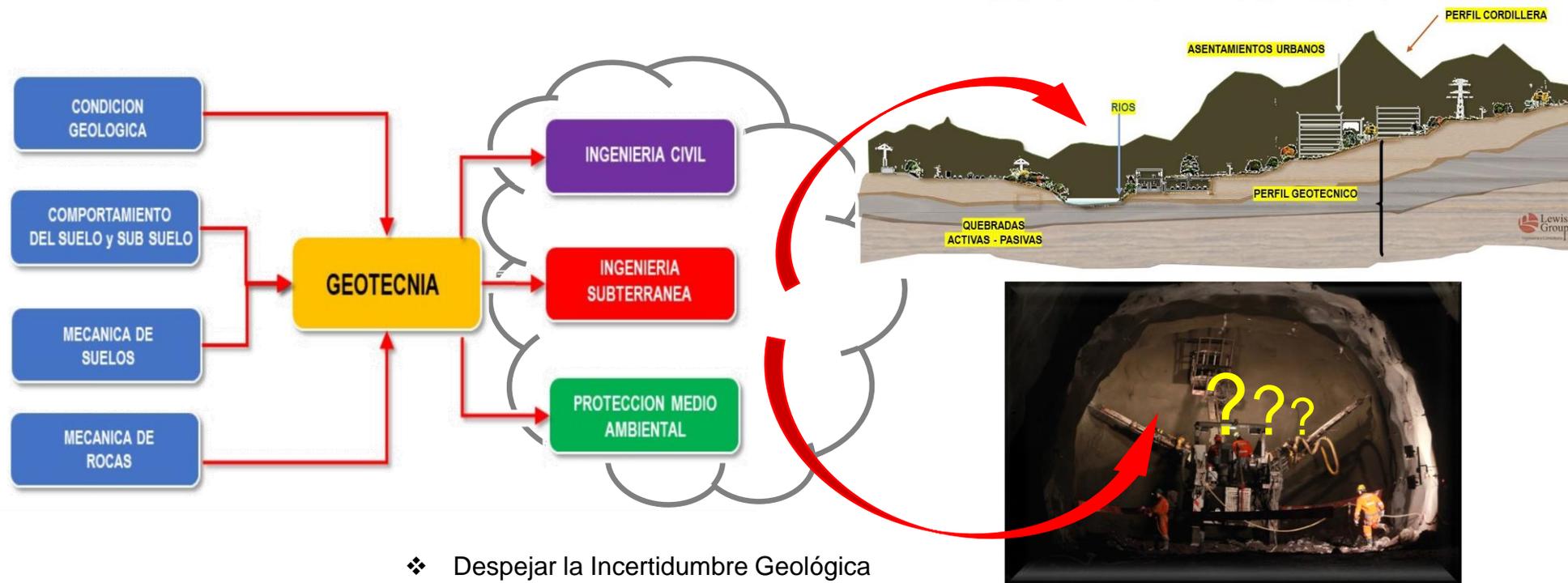
Fuente: Sir. Ronald Murr



1.- INTRODUCCION

1.5. Importancia de la Geotecnia

FACTORES DE INCERTIDUMBRE ASOCIADOS A LA GEOLOGIA - GEOTECNIA



- ❖ Despejar la Incertidumbre Geológica
- ❖ Aplicar las mejores Practicas de la Ingeniería
- ❖ Seguridad para los usuarios de la infraestructura
- ❖ Proteger / conservar ell medio ambiente

I – SIMPOSIO DE GEOTECNIA



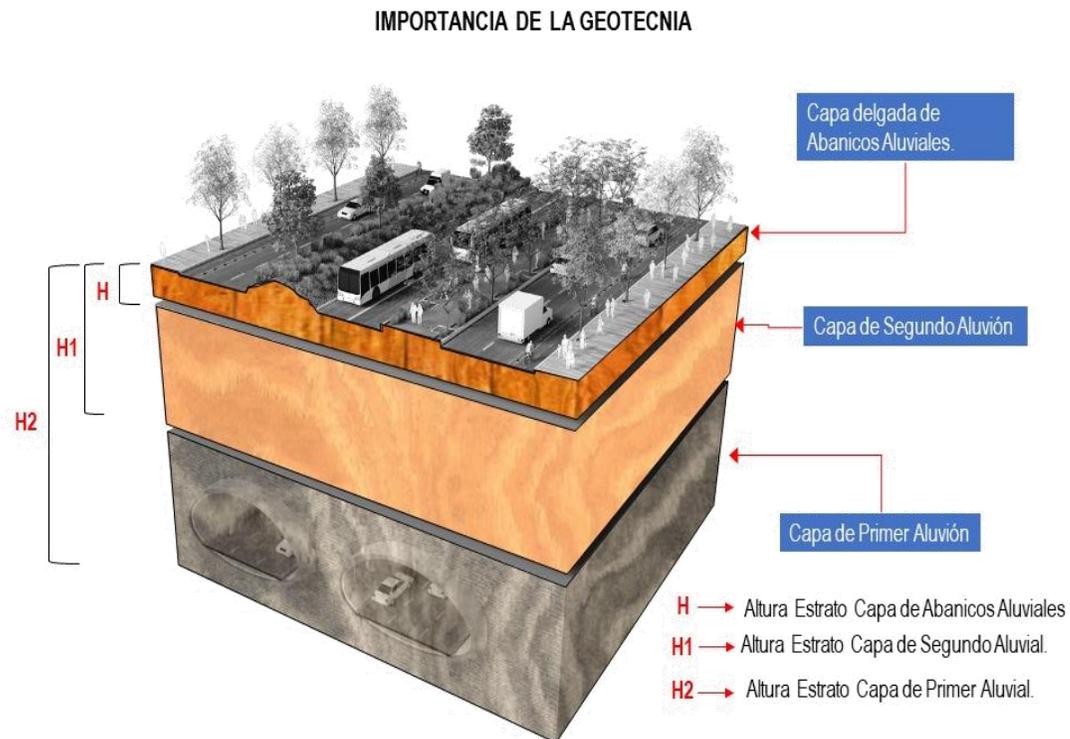
2.- ESCENARIO GEOLOGICO PARA LA INFRA ESTRUCTURA EN EL PERU.

2.- ESCENARIO GEOLOGICO PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PERU.

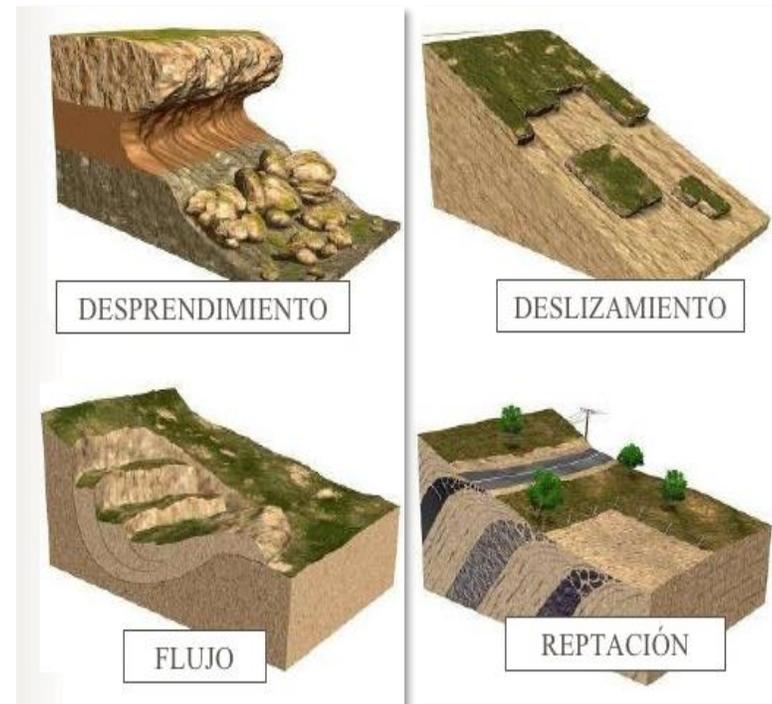
2.1.- Movimiento en Masa.

Tipos de Movimientos en Masa – Clasificaciones

El termino movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos suelos o de tierras por efectos de la gravedad



Esquema de Distribución de Aluviones de la Corteza Terrestre

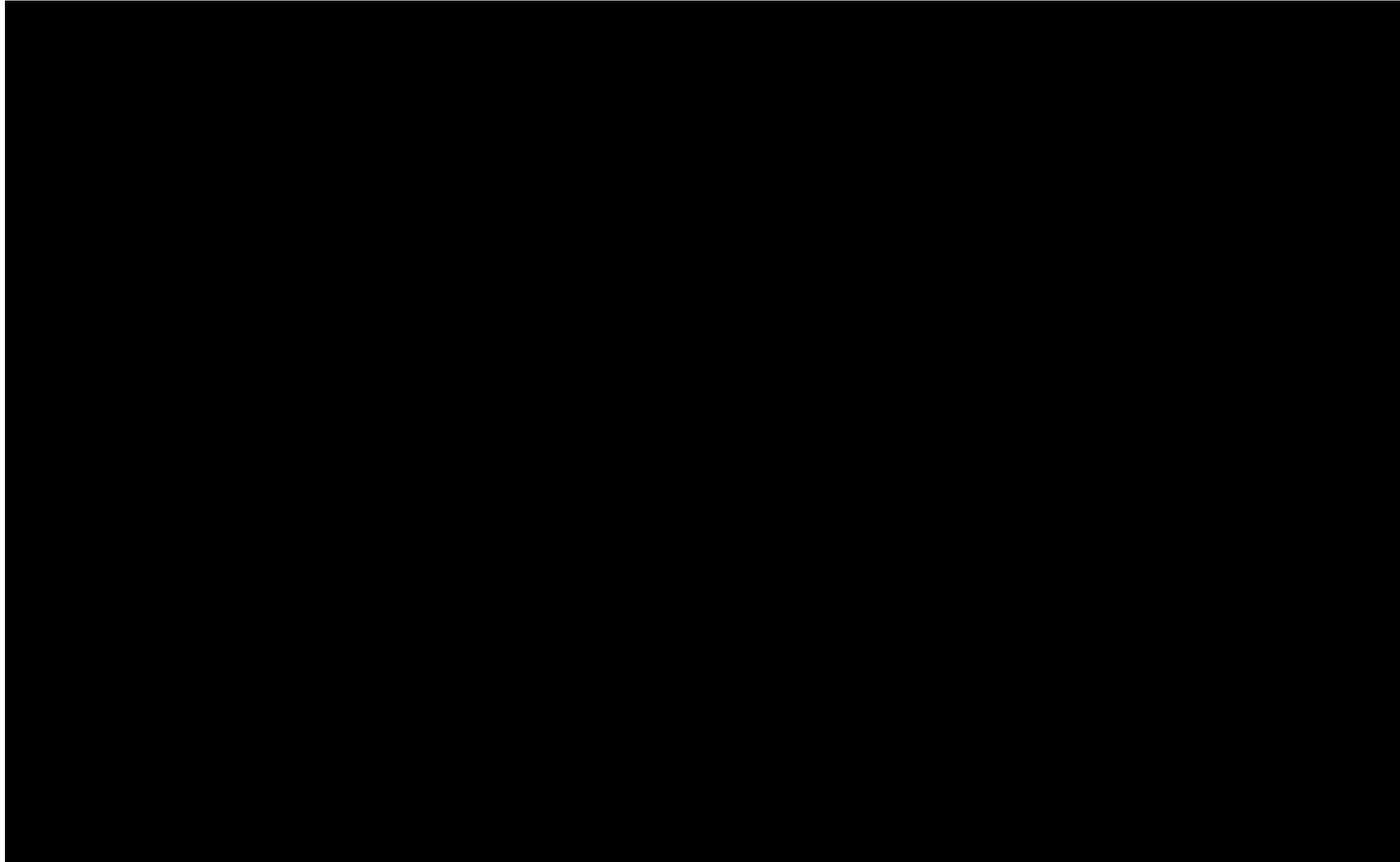


FUENTE DE INFORMACION : S E R V I C I O NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
PUBLICACIÓN GEOLÓGICA MULTINACIONAL No. 4, 2007

2.- ESCENARIO GEOLOGICO PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PERU.

2.1.- Tipos de movimiento de Masas.

Tipos de Movimientos en Masa – Clasificaciones



FUENTE DE INFORMACION :
S E R V I C I O N A C I O N A L D E G E O L O G Í A Y M I N E R Í A P U B L I C A C I Ó N G E O L Ó G I C A M U L T I N A C I O N A L N o . 4 , 2 0 0 7

2.- ESCENARIO GEOLOGICO PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PERU.

2.2.- Zonas Vulnerables .

ZONAS VULNERABLES

- ❖ Son aquellas zonas donde se tiene condiciones geológicas, topográficas, hidrológicas extremadamente adversas para la construcción de plataformas.
- ❖ Para efecto de estudios preliminares se pueden considerar en el rango del **10% a 15%** de la longitud del tramo en estudio



2.- ESCENARIO GEOLOGICO PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PERU.

2.2.- Condiciones adversas - Zonas Vulnerables.



2.- ESCENARIO GEOLOGICO PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PERU.

2.2.- Condiciones adversas - Zonas Vulnerables.

INFLUENCIA DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES EN EL TERRITORIO PERUANO

Zonas Vulnerables – Condiciones Adversas



- ❖ TRAZO GEOMÉTRICO DE LA PLATAFORMA
- ❖ SEGURIDAD EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN
- ❖ SOLUCIONES DE INGENIERÍA CON ALTOS COSTOS
- ❖ DIFERENCIA ENTRE CANTIDADES BASE CON CANTIDADES REALES

- ❖ MAYOR PROBABILIDAD DE IMPACTO AMBIENTAL
- ❖ MAYOR PROBABILIDAD DE IMPACTO SOCIAL
- ❖ MAYOR INSEGURIDAD EN EL PROCESO DE OPERACIÓN DE LA CARRETERA

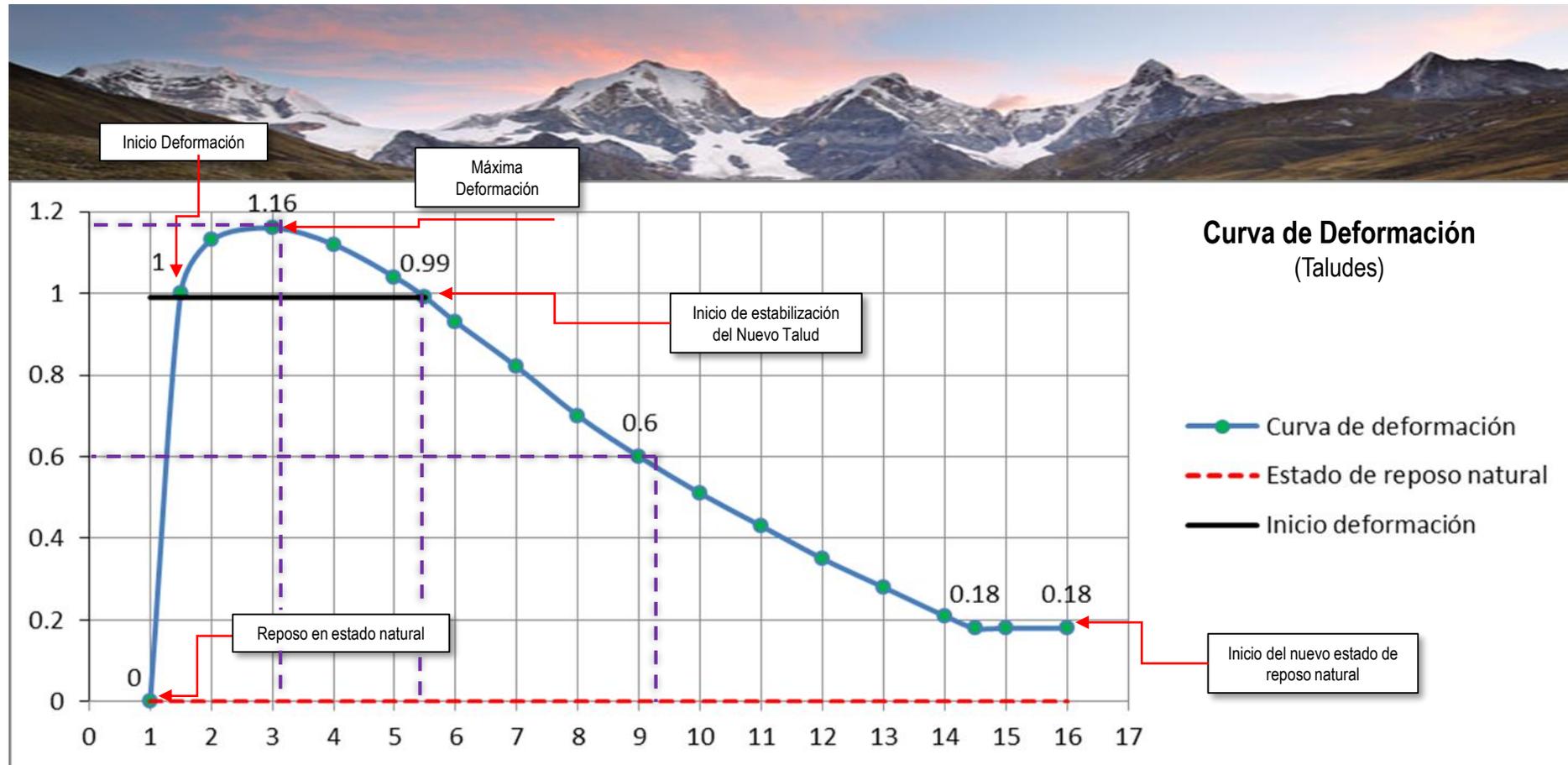
2.- ESCENARIO GEOLOGICO PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PERU.

2.3.- Desestabilización de Taludes



2.- ESCENARIO GEOLOGICO PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PERU.

2.3.- Desestabilización de Taludes



Fuente: Dpto. Ing.. LewisGroup

2.- ESCENARIO GEOLOGICO PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PERU.

2.4.- Impacto de la construcción de infraestructura vial al medio ambiente.

CUESTIONES DE SOSTENIBILIDAD – DEBILITAMIENTO DE LOS GLASIARES



2.- ESCENARIO GEOLOGICO PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PERU.

2.4.- Impacto de la construcción de infraestructura vial al medio ambiente.

DEMANDA A LA INGENIERIA

- ❖ Debido a su importancia para las comunidades del país y dentro del marco de respeto al medio ambiente, la red de carreteras debe ser una infraestructura cuyo trazo, construcción y uso, incorpore criterios ambientales
- ❖ .Ello tendrá como finalidad contar con caminos construidos de manera integrada al ambiente y con mayor durabilidad, seguridad para beneficio de la población del país.



FUENTE DE INFORMACIÓN : La Visión para la Ingeniería Civil en 2025 - ASCE

LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

- ❖ En la década de 1980, surgió un nuevo concepto llamado el “**Desarrollo Sostenible**”, que hoy en día es una de las bases de la política socioeconómica. Nace con la finalidad de garantizar la continuidad del desarrollo económico y social, pero sin agotar los recursos naturales y proteger el medio ambiente.

2.- ESCENARIO GEOLOGICO PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PERU.

2.5.- Impacto en los Costos de Mantenimiento



Fuente: Mantenimiento de Via 2.50 Km. INTERSUR Año 2,010

VOLUMEN MENSUAL PROMEDIO	77,000 m ³ /mes
COSTO PROMEDIO US\$ (m ³)	8.50 US\$
TOTAL US\$ = 385,000 x 8.50 = 3'272,500	
COSTO DE REMOSION POR Km.= 1'309,000	
EQUIVALE A 125 @ 130 m DE CONST. DE TUNEL	

VOLUMEN TOTAL REMOVIDO 385,000 m³
LONGITUD DE CARRETERA TRATADA = 2.5 Km.



LEYENDA GENERAL

- DIC 2009
- ENE 2010
- FEB 2010
- MAR 2010
- ABR 2010

2.- ESCENARIO GEOLOGICO PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PERU.

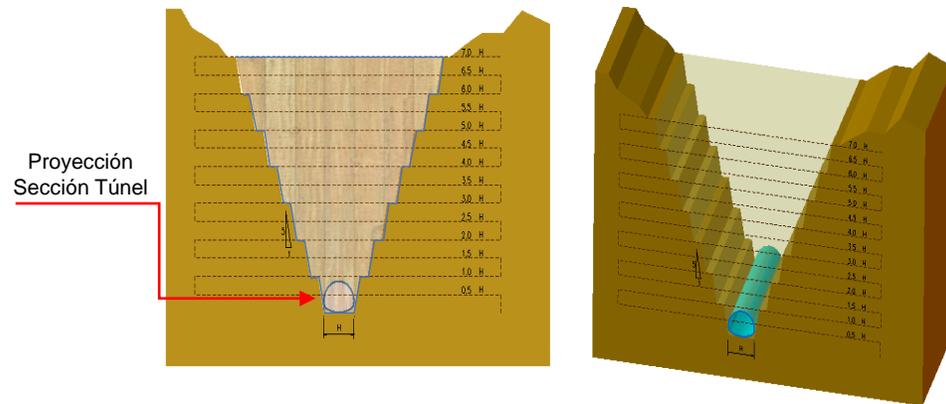
2.5.- Impacto en los Costos de Construcción.

INGENIERÍA SUBTERRÁNEA COMO APOORTE A LA SOLUCIÓN

Relación Volúmenes de Excavación Plataforma Vs. Túnel

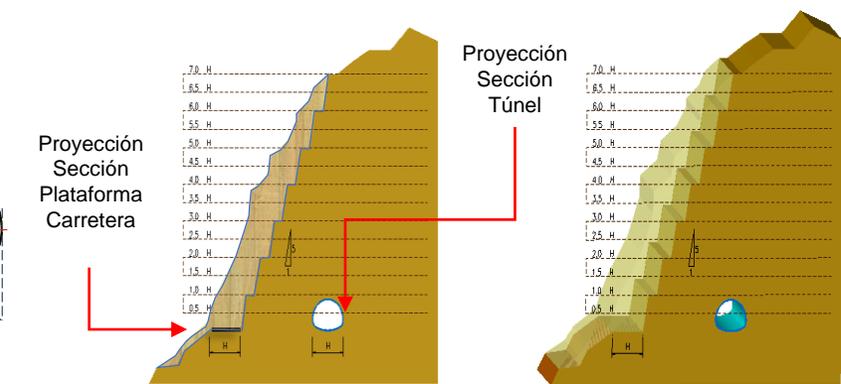
SECCIÓN TRANSVERSAL DE EXCAVACIÓN CORTE CERRADO

Valores comparativos de Excavación de Corte Cerrado vs Excavación de Túnel



SECCIÓN TRANSVERSAL DE EXCAVACIÓN MEDIA LADERA

Valores comparativos de Excavación Media Ladera vs Excavación de Túnel

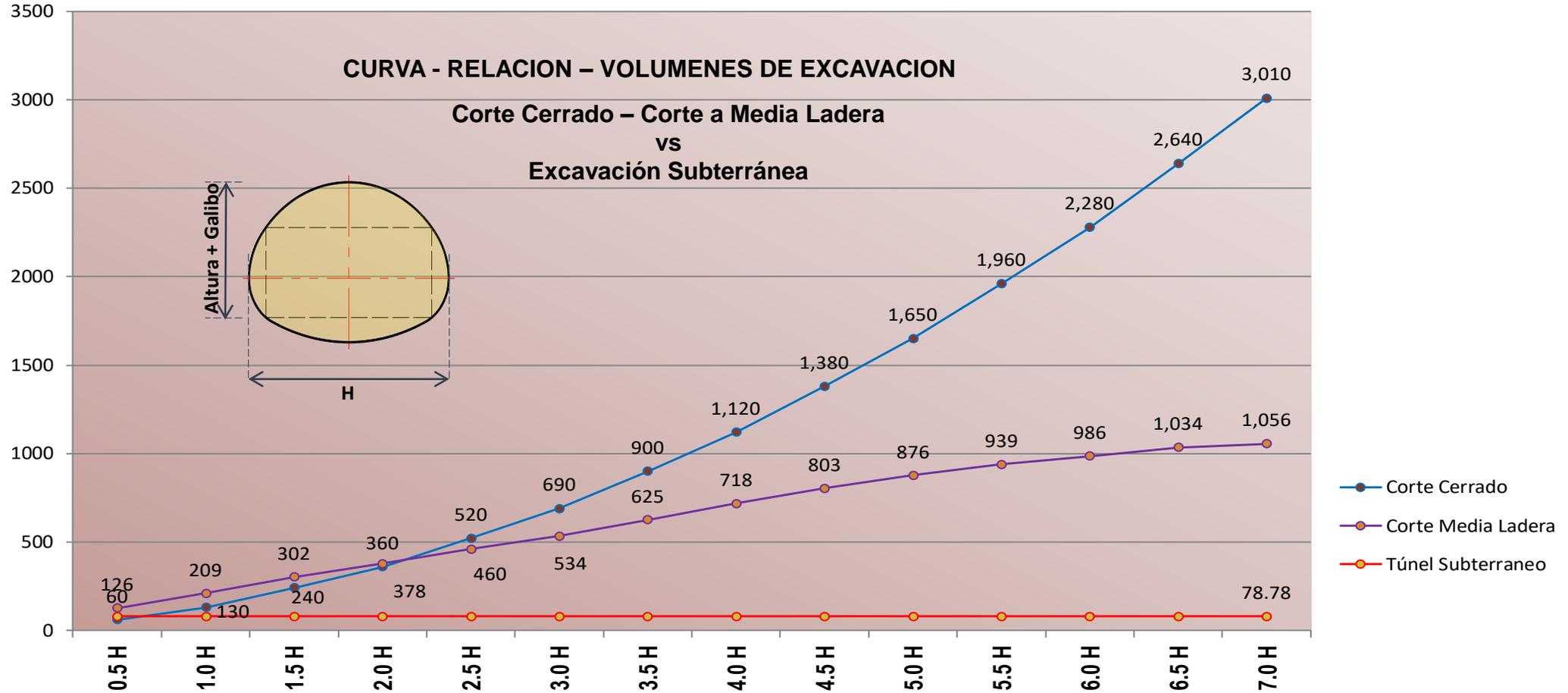


FUENTE DE INFORMACIÓN :Archivos Dpto. de Ingeniería Lewis Group

2.- ESCENARIO GEOLOGICO PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PERU.

2.5.- Impacto en los Costos de Construcción.

Relación Volúmenes de Excavación Plataforma Vs. Túnel



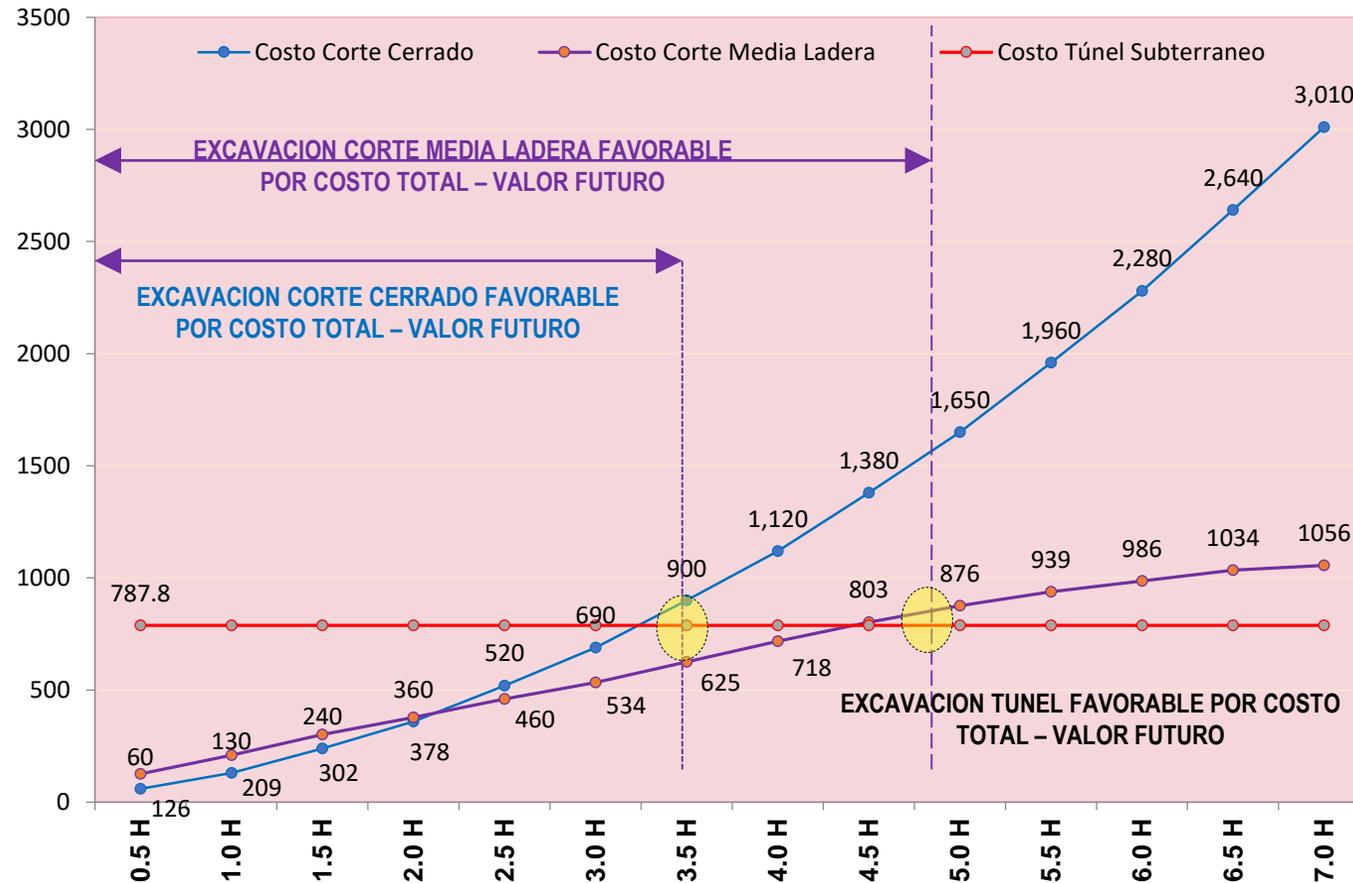
FUENTE DE INFORMACIÓN : Archivos Dpto. de Ingeniería Lewis Group

2.- ESCENARIO GEOLOGICO PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PERU.

2.5.- Impacto en los Costos de Construcción.



Relación Costo de Excavación Plataforma Vs. Túnel



FUENTE DE INFORMACIÓN :Archivos Dpto. de Ingeniería Lewis Group

Consideraciones para Costo

- ❖ "Valor de 1.00 Und/ m3 para Excav. en corte cerrado y a media ladera.
- ❖ 10 Und/m3 para excav. subterránea

$$RC = (RESup:(1)) / (RSub: (10))$$

RC = Relación Costo
 RESup. = Costo Exc. Superficie
 RSub. = Costo Exc. Subterránea

2.- ESCENARIO GEOLOGICO PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN PERU. 2.5.- Impacto en los Costos de Construcción.



Valor Presente Vs. Valor Futuro PROYECTO CARRETERA

CDT (Costo Directo Total)

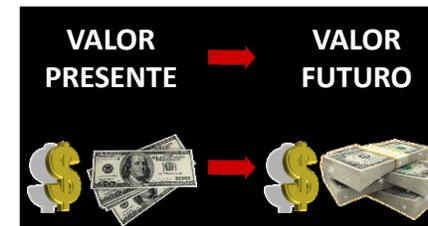
$$\text{CDT} = \text{CDC} + (\text{ST} + \text{DTN} + \text{RCLR} + \text{RS} + \text{MAN} + \text{IA} + \text{IS} + \text{AP} \dots)$$

CDC (Costo Directo de Construcción)
VALOR PRESENTE

ACR (Análisis Cuantitativo de Riesgos)
VALOR FUTURO

Factores de Riesgo:

- ST** Factor relacionado con el sostenimiento de Taludes (Superficie)
- DTN** Factor de Desestabilización de Taludes Naturales, se calcula en función de curva de deformación de taludes naturales.
- RCLR** Factor relacionado a la Relación Curva Línea Recta, se calcula en función del desarrollo de la carretera.
- RS** Recuperación Sostenimiento, calculado por datos históricos
- MAN** Mantenimiento carretera, especialmente luego de temporada de lluvias.
- IA** Impacto Ambiental
- IS** Impacto Social
- AP** Factor relacionado con la presencia de áreas pobladas cercanas.



I – SIMPOSIO DE GEOTECNIA



3.- CONSTRUCCION DE TUNELES EN EL PERU

3.1.- Conceptos Generales – Demandas a la Ingeniería Peruana



3.- CONSTRUCCION DE TUNELES EN EL PERU

3.1.- Conceptos Generales – Demandas a la Ingeniería Peruana

TÚNEL

“Espacio Subterráneo abierto artificialmente para establecer una comunicación a través del monte por debajo de un río u otro obstáculo”

(Fuente Diccionario de la Real Academia de la lengua)

LA INGENIERÍA SUBTERRÁNEA ES MULTIDISCIPLINAR

- ❖ Geología – Geotecnia - Geomecánica
- ❖ Ingeniería Civil
- ❖ Ingeniería de Minas
- ❖ Ingeniería Hidrogeológica
- ❖ Análisis Estructural Tecnología de Materiales
- ❖ Ingeniería Mecánica - Eléctrica – Electrónica
- ❖ Ingeniería Hidráulica
- ❖ Ingeniería de Telecomunicaciones
- ❖ Arquitectura
- ❖ Ingeniería Ferroviaria
- ❖ Ingeniería Medio Ambiental
- ❖ Ingeniería de Seguridad
- ❖ Ingeniería de Transportes
- ❖ Psicología Medicina Laboral

Demandas a la Ingeniería Peruana

EL MUNDO DEL INGENIERO CON VISION DE FUTURO

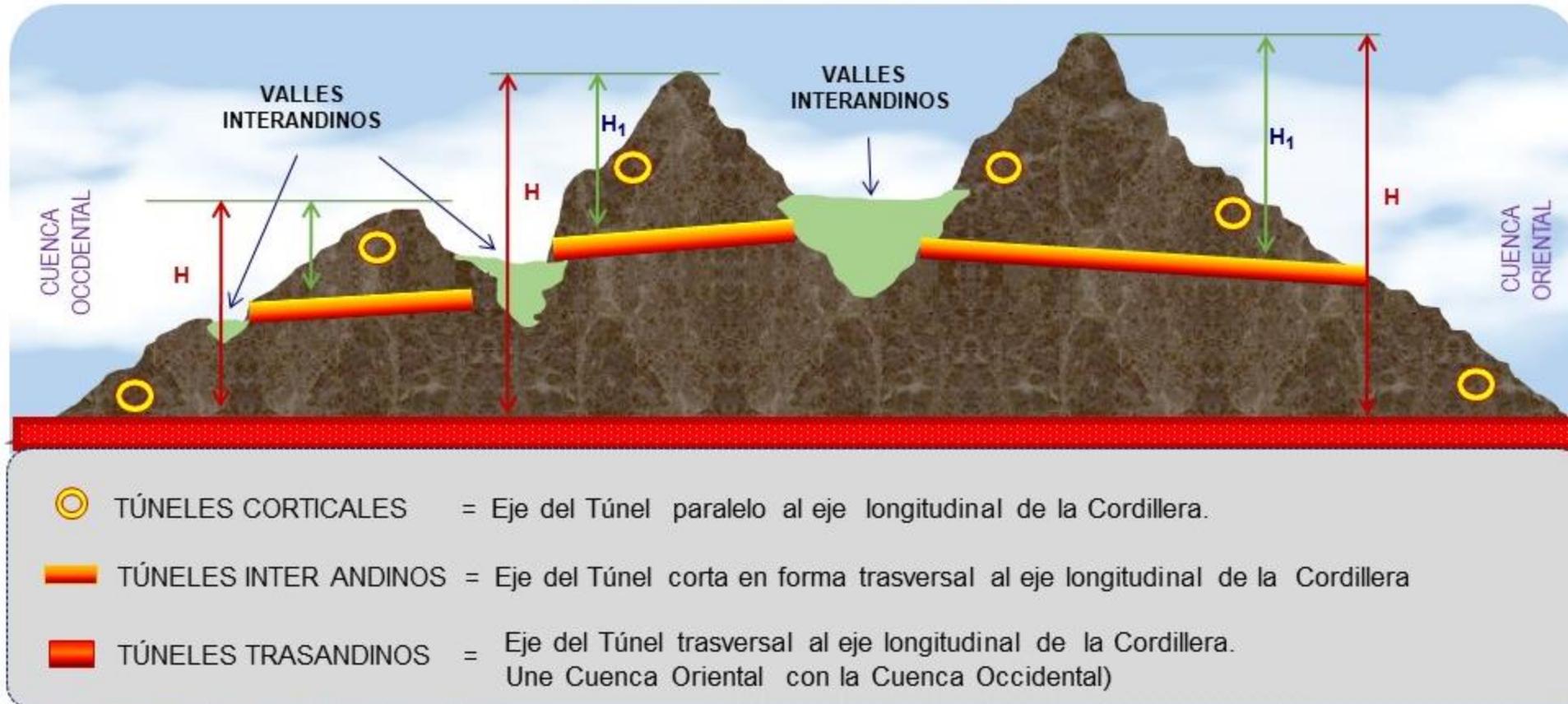


FUENTE DE INFORMACIÓN :Archivos Dpto. de Ingeniería Lewis Group

3.- CONSTRUCCION DE TUNELES EN EL PERU

3.2.- Tipos de Túneles – Zonas Vulnerables en Túneles

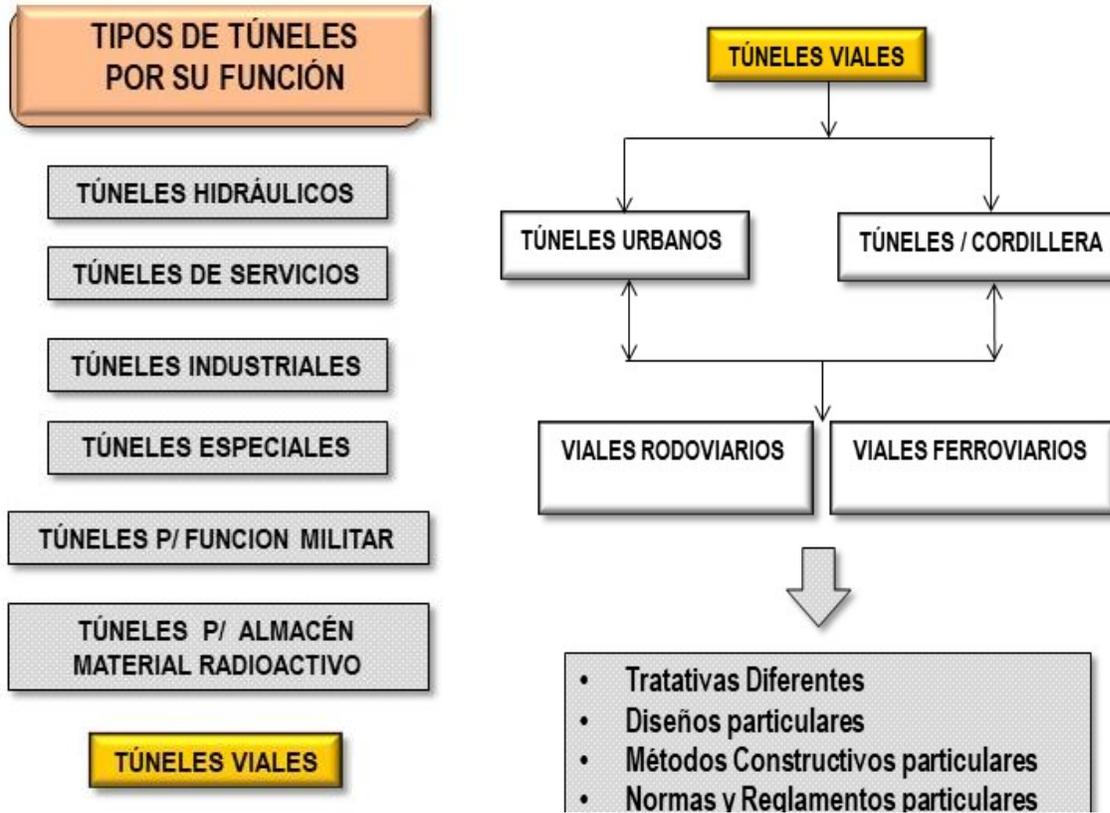
TIPOS DE TUNELES CON RELACION AL EJE LONGITUDINAL DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES



FUENTE DE INFORMACIÓN :Archivos Dpto. de Ingeniería Lewis Group

3.- CONSTRUCCION DE TUNELES EN EL PERU

3.2.- Tipos de Túneles – Métodos de Excavación



MÉTODOS DE EXCAVACION

MÉTODOS CONVENCIONALES

Perforación y Voladura (Drill & Blast) |

- Perforación Manual (Equipo neumático).
- Jumbos Convencionales.
- Jumbos Semi - Robotizados.
- Jumbos Robotizados.

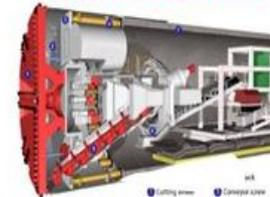


MÉTODOS MECANIZADOS

Ataque Puntual

- Demoledoras hidráulicas.
- Escudos protectores.
- Rozadoras.

A plena sección Tuneladora TBM

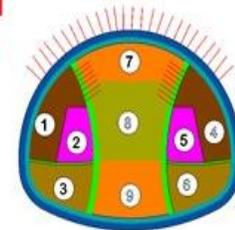


MÉTODOS NO CONVENCIONALES:

NATM / NATM – SEM / NMT /NGT

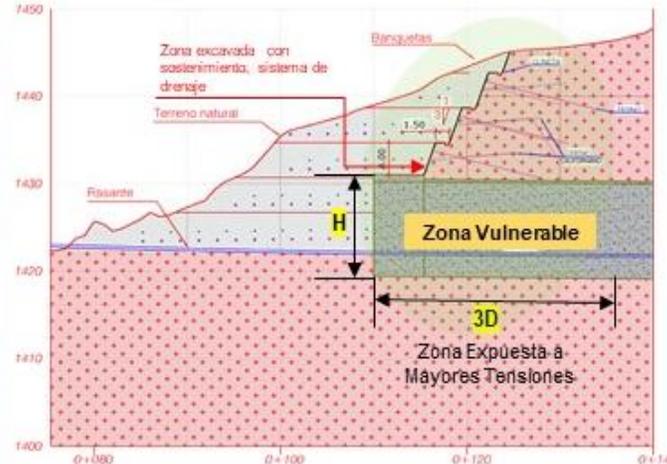
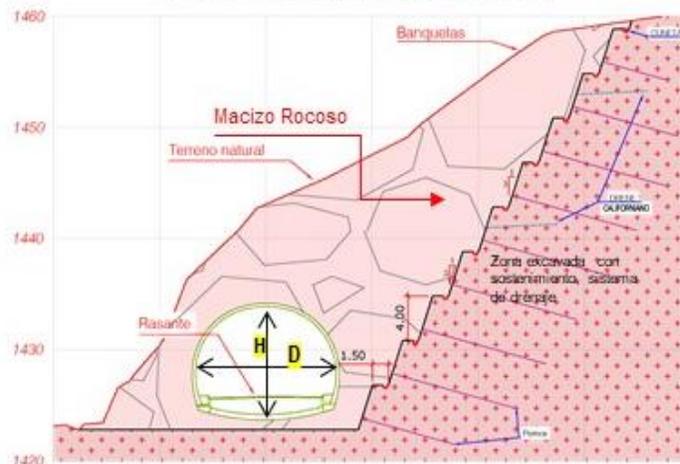
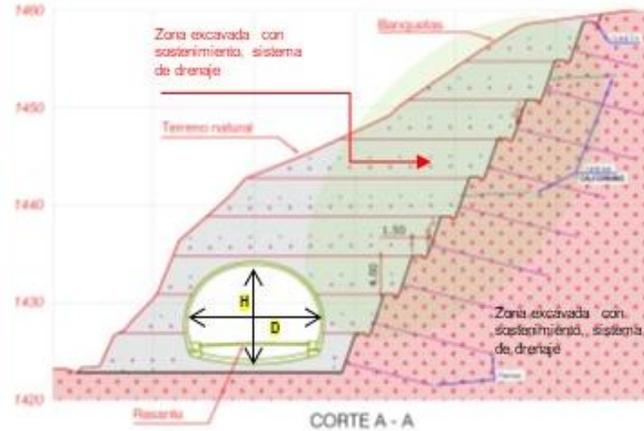
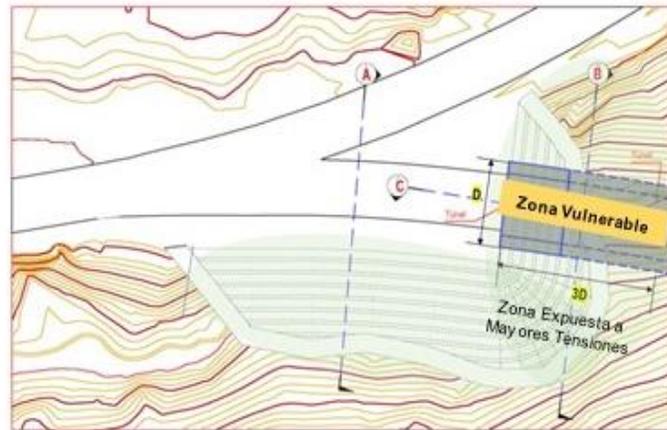
A plena Sección – Túnel piloto

- Excavadoras hidráulicas
- Martillos Hidráulicos
- Rock Splitter
- New Rock Cracker



3.- CONSTRUCCION DE TUNELES EN EL PERU

3.3.- La Geotecnia en la Construcción Subterránea. – Zonas Vulnerables en Túneles



H Altura del Túnel (m) **D** Diámetro de Túnel (m) **3D** Mínima extensión a ser considerada como Zona Crítica (m)

- ❖ En la configuración de las partes de una estructura subterránea esta los portales (bocas) de entrada y salida de los túneles.
- ❖ En estas zonas normalmente se encuentra material de formación geológica reciente, la cual ha estado expuesta al intemperismo por lo tanto requiere de un tratamiento especial de sostenimiento (Taludes).
- ❖ En estas zonas la fuerzas sísmicas actúan con mayor intensidad que en el interior del tunel

I – SIMPOSIO DE GEOTECNIA



4.0. CASOS IMPORTANTES EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.1.- TUNEL VIAL RODOVIARIO “PUNTA OLIMPICA”

TÚNEL PUNTA OLÍMPICA
Longitud : 1,384 m.
Altitud : 4,680 m.s.n.m.
Altura Máx. Vehículo : 4,30 m.

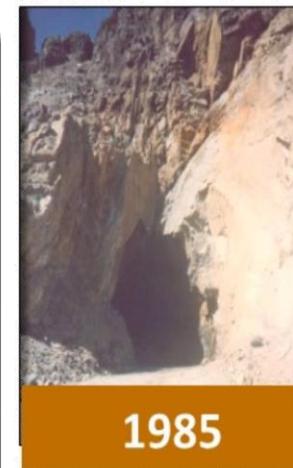
4.- CASOS IMPORTANTES EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.1.- Túnel Vial Punta Olímpica

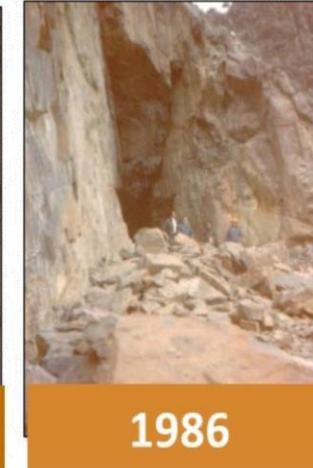


TUNEL VIAL RODOVIARIO PUNTA OLIMPICA

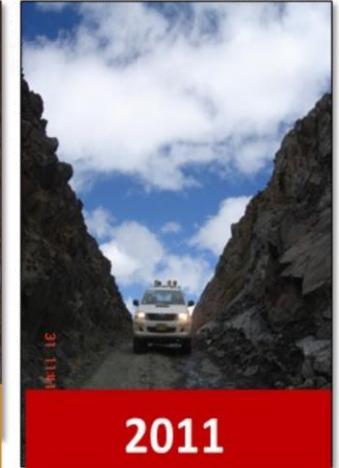
PROCESO CRONOLÓGICO DEL CRUCE CORDILLERA BLANCA (Carretera Carhuaz – San Luis)



Vista del Portal del túnel Punta Olímpica (4,900 m.s.n.m.) Frente Carhuaz, actualmente se ha generado un tajo abierto sobre la plataforma



Vista del Portal del túnel Punta Olímpica (4,900 m.s.n.m.) Frente Chacas, este portal ha sido cubierto por los continuos derrumbes en la zona.



Condición en el año 2011 del abra Punta Olímpica (4,900 m.s.n.m.)

4.- CASOS IMPORTANTES EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.1.- Túnel Vial Punta Olímpica



DISEÑO EXPEDIENTE BASE

FRENTE CARHUAZ



FRENTE CHACAS



Características Técnicas

Túnel Longitud = 510 m. - N° Vías = 1 vía - Altitud de Cruce = 4,792 m.s.n.m - Longitud de desarrollo Carretera Frente Carhuaz = 2,750 m. Longitud Desarrollo Carretera Frente Chacas = 750 m. . Cobertura sobre bóveda de Tunel = menor a 3D – Glaseares con tendencia hacia boca de salida frente Chacas -

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.1.- Túnel Vial Punta Olímpica

CRITERIOS PARA DEFINICION DE ALTERNATIVA MAS PROBABLE

- ❖ Seguridad en el proceso de construcción
- ❖ Seguridad en proceso de operación
- ❖ Geología/ Glaciología de la zona
- ❖ Conservación del entorno (PNH)
- ❖ Consideraciones medio-ambientales “Efecto - Invernadero”
- ❖ Consideraciones económicas



Afrontamiento Entrada

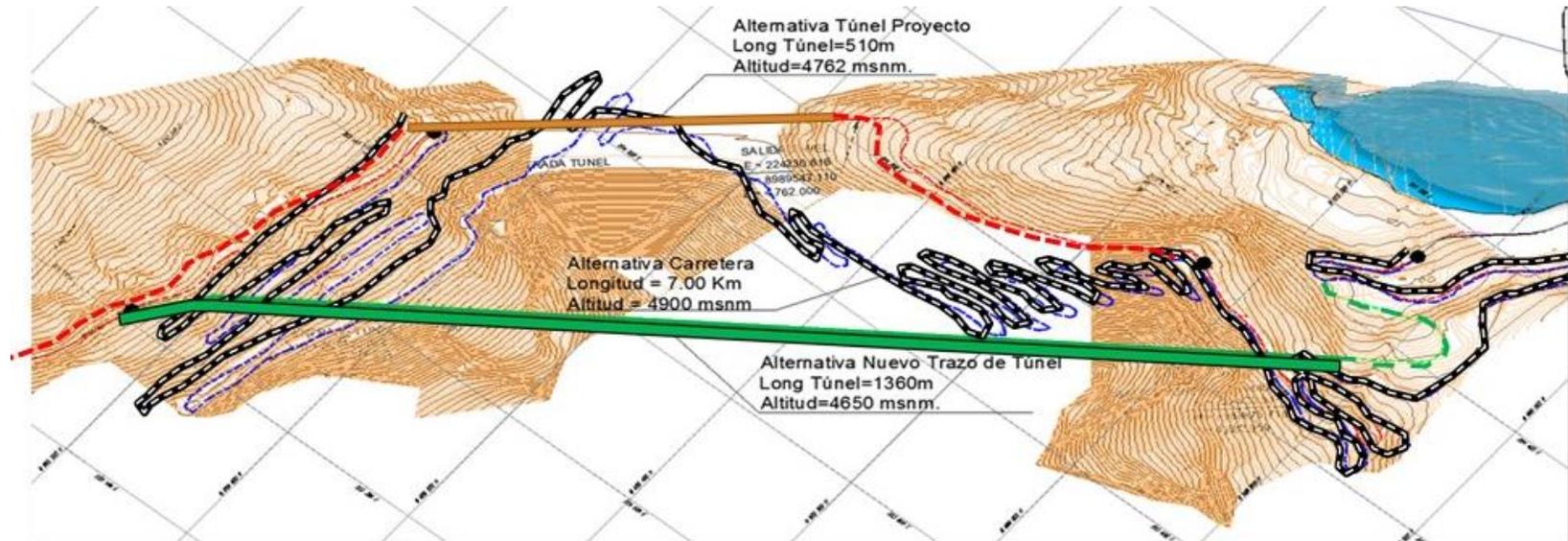


Afrontamiento Salida

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.1.- Túnel Vial Punta Olímpica

ALTERNATIVAS ESTUDIADAS PARA CAMBIO DE POSICION DEL TUNEL PUNTA OLIMPICA



ALTERNATIVA 1: CARRETERA LONG.= 7.0 km ALTITUD= 4,900 m.s.n.m. TÚNEL= 0.00 m

ALTERNATIVA 2: CARRETERA LONG.= 3.5 km ALTITUD= 4,762 m.s.n.m. TÚNEL= 510 m

ALTERNATIVA 3: CARRETERA LONG.= 0.7 km ALTITUD= 4,650 m.s.n.m. TÚNEL= 1,360 m



4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.1.- Túnel Vial Punta Olímpica



MATRIZ DE Riesgo Tunel Punta Olimpica

IRF International Road Federation

TUNEL PUNTAOLIMPICA

Evaluación Económica
Valor Presente Vs. Valor Futuro

CT = CD + ST + DTN + RCLR + RS + MAN + IS + IA

CT = Costo Directo Total (Valor Futuro).

CD = Costo Directo (Valor Presente) de Excavación (Superficie o Subterránea).

ST = Factor relacionado con el Costo de Sostenimiento en Taludes (Superficie y/o Subterránea).

DTN = Factor de Desestabilización de Taludes Naturales, que se calcula en función de curva de deformación de taludes naturales.

RCLR = Factor relacionado a la Relación Curva línea Recta (se calcula en función del desarrollo de la carretera)

RS = Recuperación Sostenimiento (calculado por datos históricos).

MAN = Mantenimiento carretera o túnel especialmente luego de temporada de lluvias, considerando la curva de deformación de taludes.

IS = Impacto Social

IA = Impacto Ambiental

Escala de Calificación IS – IA (Superficie Subterránea)	
NIVEL DE IMPACTO	FACTOR
MUY ALTO	1.00
ALTO	0.75
MEDIO	0.50
BAJO	0.25

Congreso Andino de Carreteras. 20-22 de Agosto, 2012. Lima, Peru
Fuente: Archivos Dpto. Ingeniería LewisGroup

IRF International Road Federation

TUNEL PUNTAOLIMPICA

Evaluación Económica

DISTRIBUCION DE FACTORES COSTO TOTAL (Valor Futuro)
EXCAVACION SUBTERRANEA (TUNEL)

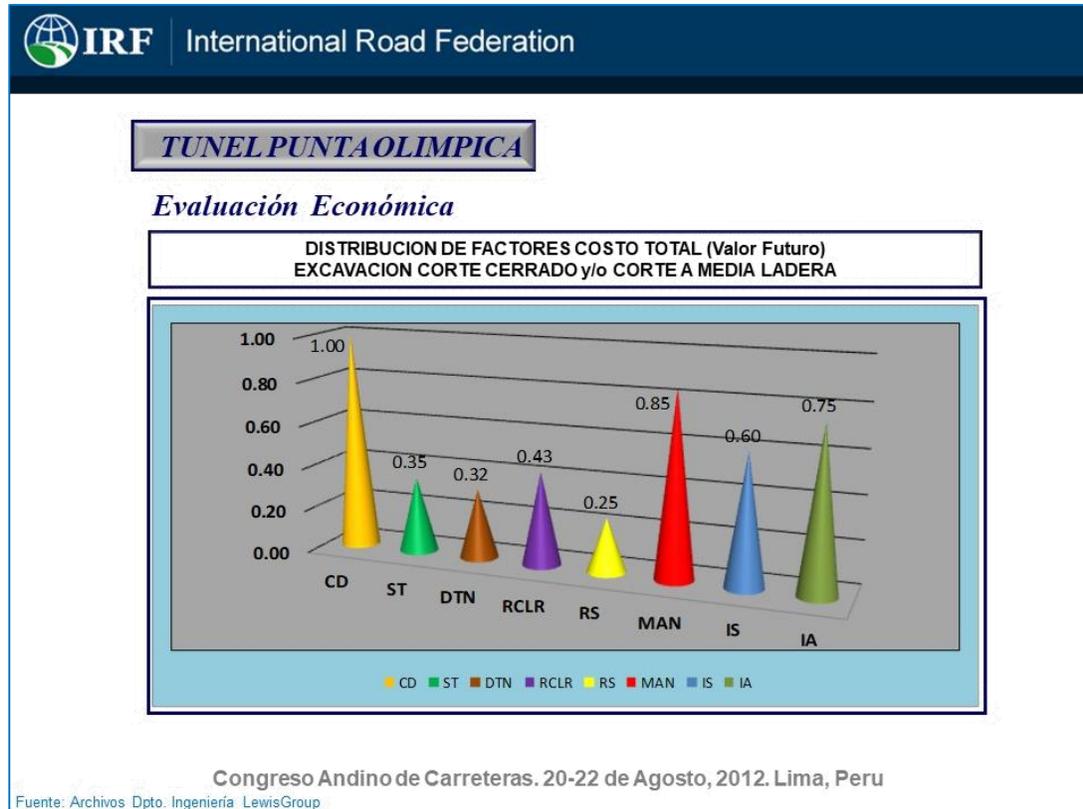
Factor	Valor
CD	1.00
ST	0.18
DTN	0.00
RCLR	0.00
RS	0.00
MAN	0.43
IS	0.30
IA	0.25

Congreso Andino de Carreteras. 20-22 de Agosto, 2012. Lima, Peru
Fuente: Archivos Dpto. Ingeniería LewisGroup

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.1.- Túnel Vial Punta Olímpica

MATRIZ DE Riesgo Tunel Punta Olimpica



IRF International Road Federation

TUNEL PUNTAOLIMPICA

Evaluación Económica

COMPONENTES COSTO TOTAL (Valor Futuro)	SIMBOLOS	FACTORES EXCAVACION CORTE CERRADO / CORTE MEDIA LADERA	FACTORES EXCAV. SUBTERRAEA TUNEL
Costo Directo	CD	1.00	1.00
Sostenimiento de Taludes	ST	0.35	0.18
Desestabilizacion de taludes Naturales	DTN	0.32	0.00
Relacion Curva-Linea Recta	RCLR	0.43	0.00
Recuperacion de Sostenimiento	RS	0.25	0.00
Mantenimiento	MAN	0.85	0.43
Impacto Social	IS	0.60	0.30
Impacto Ambiental	IA	0.75	0.25
Costo Total (CT=CD+ST+DTN+RCLR+MAN+IS+IA)	CT	4.55	2.15

Congreso Andino de Carreteras. 20-22 de Agosto, 2012. Lima, Peru
Fuente: Archivos Dpto. Ingeniería LewisGroup

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Trasandino Olmos

RESUMEN:

- ❖ OBRAS SUBTERRANEAS POCO PROFUNDAS
 - Vs.
 - ❖ OBRAS SUBTERRANEAS MUY PROFUNDAS
- REALIDADES TOTALMENTE DIFERENTES**
- ❖ **OBRAS SUBTERRANEAS PROFUNDAS REQUIEREN ENFOQUES Y TRATATIVAS ESPECIALES EN:**
 - INVESTIGACION, DISEÑO , PLANEAMIENTO , LOGISTICA , PROGRAMA DE CONSTRUCCION
 - ESTIMACION DE COSTOS , PRESUPUESTO , ESTIMACION FINANCIERA .
 - DISEÑO DE MATRICES DE RIESGO, PROPUESTA DE CONTRATO, ADMINISTRACION CONTRACTUAL

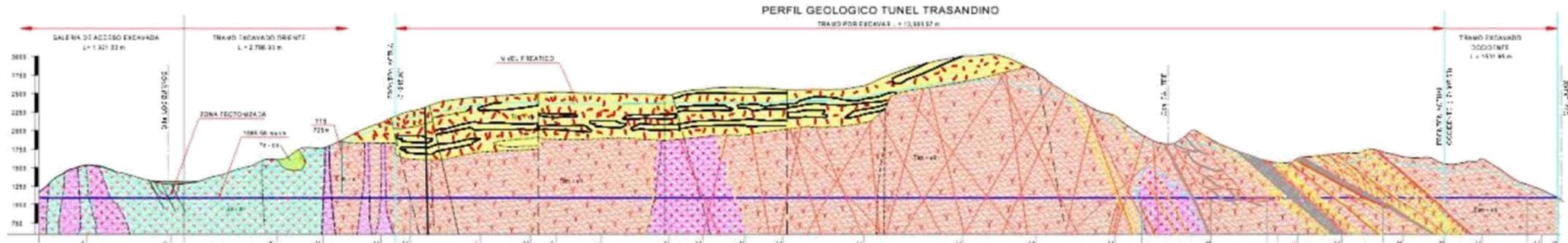
INSERTIDUMBRE

- ❖ ¿ CUAL ES EL ESCENARIO GEOLOGICO PARA EL DESARROLLO DE OBRAS SUBTERRANEAS PROFUNDAS.?
- ❖ ¿ QUE EXISTE DELANTE DE LA CARA?
- ❖ *LO DESCONOCIDO NO ES POSIBLE SER MEDIDO*

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Trasandino Olmos

GEOLOGIA DISEÑO BASICO TUNEL TRASANDINO OLMOS



1. FORMACIONES VOCANICAS

Tim - vp



FORMACION PORCULLA DEL Terciario inferior medio (Tim-vp) CONSTITUIDA POR TOBAS ANDESITICAS Y RIOLITICAS, INTERCALADAS CON BRECHAS PIROCLASTICAS.

Ti - vii



FORMACION LLAMA DEL Terciario inferior (Ti - vii) CONSTITUIDA POR UNA ALTERANCIA DE BANCOS GRUESOS DE ANDESITAS DACITAS, TOBAS ACIDAS Y BRECHAS PIROCLASTICAS. ALGUNAS CAPAS PRESENTAN LIGERA MINERALIZACION.

Ti - vii



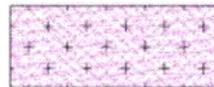
LAVAS DE TOBA, BRECHA CON TOBA DE COMPOSICION DACITICA, ANDESITICA Y DACITA LIPARITICA.

Jz - o



FORMACION OYOTUN DEL JURASICO (Jz - o) CONSTITUIDA POR ANDESITAS PORFIRITICAS CON INTERESTRATIFICACIONES DE CONGLOMERADOS EN LA PARTE SUPERIOR.

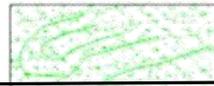
2. COMPLEJO INTRUSIVO CRETACEO Terciario inferior



PORFIDOS CUARZOSOS Y PORFIDOS LIPARITICOS

3. COMPLEJO METAMORFICO DEL PALEOZOICO (EVENTUAL)

Pz - co



FORMACION OLMOS CONSTITUIDOS POR ESQUISTOS CARBONO - ARCILLOSOS Y CUARZO MICACEOS.

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

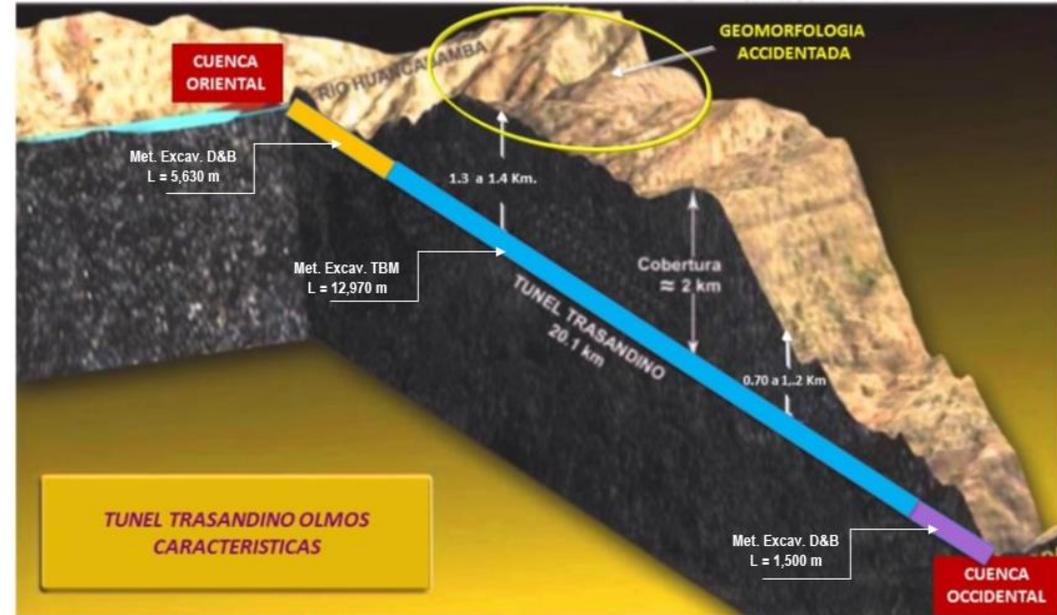
4.2.- Túnel Trasandino Olmos



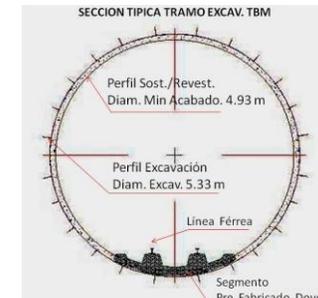
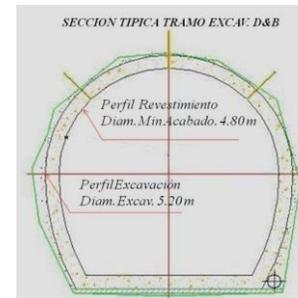
CARACTERISTICAS TUNEL TRASANDINO OLMOS



Distribución Proyecto Traslase Olmos

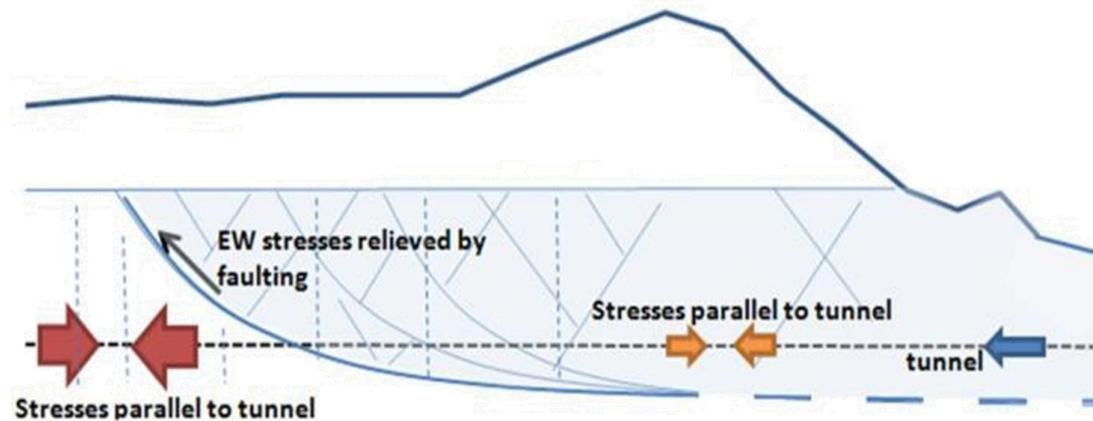


Características Túnel Trasandino Olmos

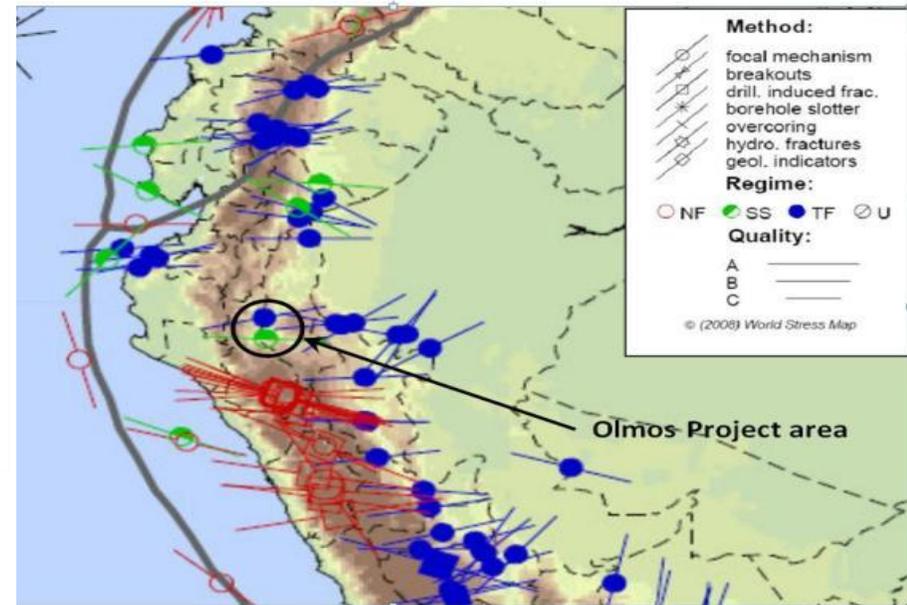


4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Trasandino Olmos



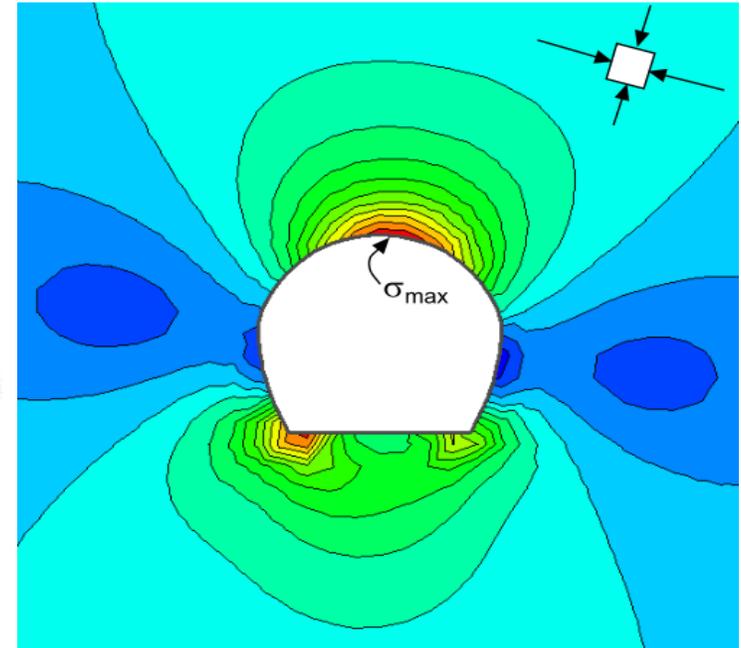
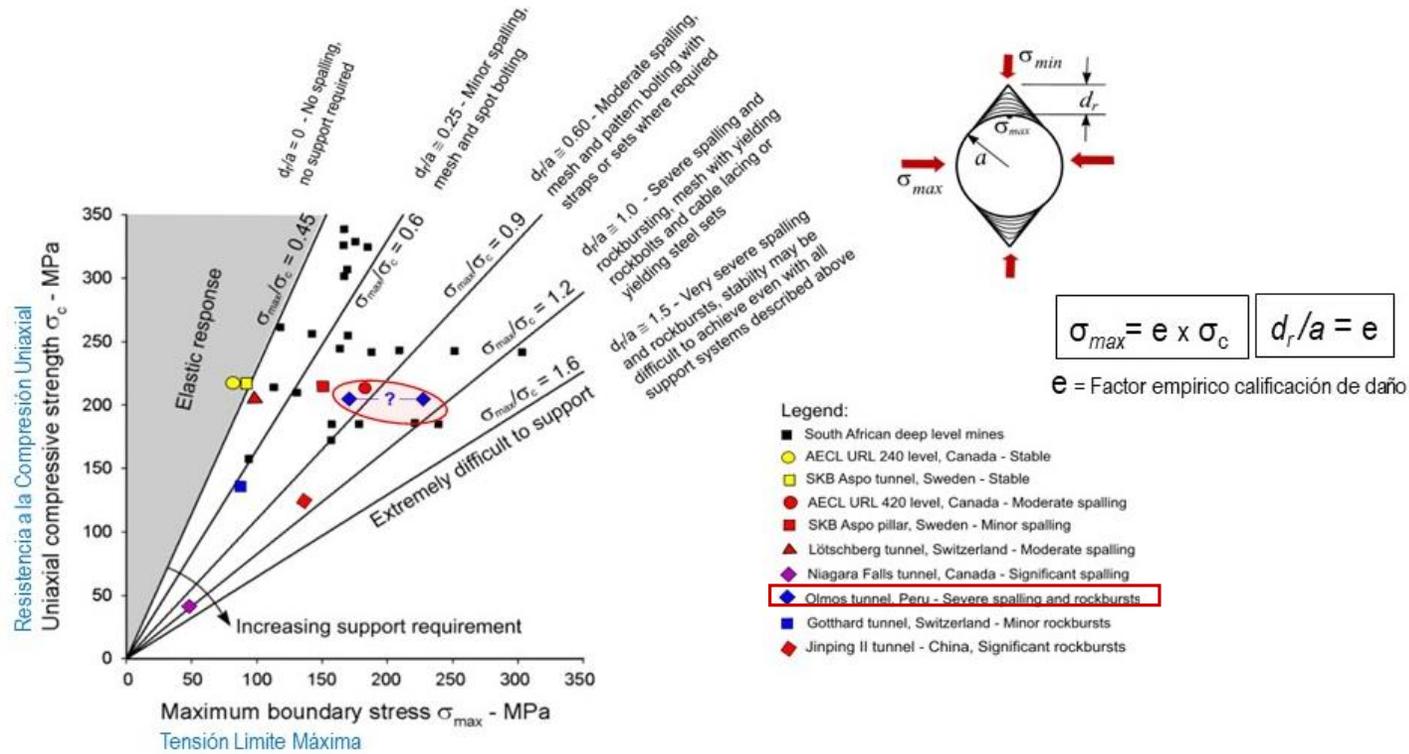
Las tensiones se presentan por las fallas inducidas debido la subducción de la placa de Nazca debajo de la placa sudamericana



- ❖ La medición directa de tensiones en el sitio no es posible en altas profundidades > a 500 m. de altura
- ❖ La orientación de la dirección de las tensiones horizontales es paralela o semi paralela al trazo del túnel Olmos en toda su longitud

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Trasandino Olmos



Fuente: Notas Túnel Trasvase Olmos Evert Hoek (Año 2013)

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Trasandino Olmos



Spilling Popin Rock

$$0.45 < \sigma_{\max} / \sigma_c < 0.9$$



Se produce una ruptura de menor a moderada en roca masiva cuando $0.45 < \sigma_{\max} / \sigma_c < 0.90$. La sobre excavación aproximadamente es de 40% en volumen y puede estar asociado con este desprendimiento, es importante limitar este abultamiento y mantener la roca fracturada en su lugar. La Malla, que se instala de manera apretada contra la roca y se mantiene en su lugar mediante pernos de anclaje tensores totalmente sellados, generalmente hace un muy buen trabajo para estabilizar estas pequeñas incrustaciones. En túneles de ingeniería civil, el hormigón proyectado generalmente se aplica como revestimiento final.

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Trasandino Olmos



“Rock Bursting”

“Estallido de Rocas”

$$\sigma_{\max} / \sigma_c > 0.90$$

$$\sigma_{\max} / \sigma_c \approx 1.2$$



DEFORMACION DE CILINDRI HIDRAULICO DE LOS “GRIPERS”



DEFORMACION DE PERFIL METALICO W-10 POR EFECTO DEL ESTALLIDO



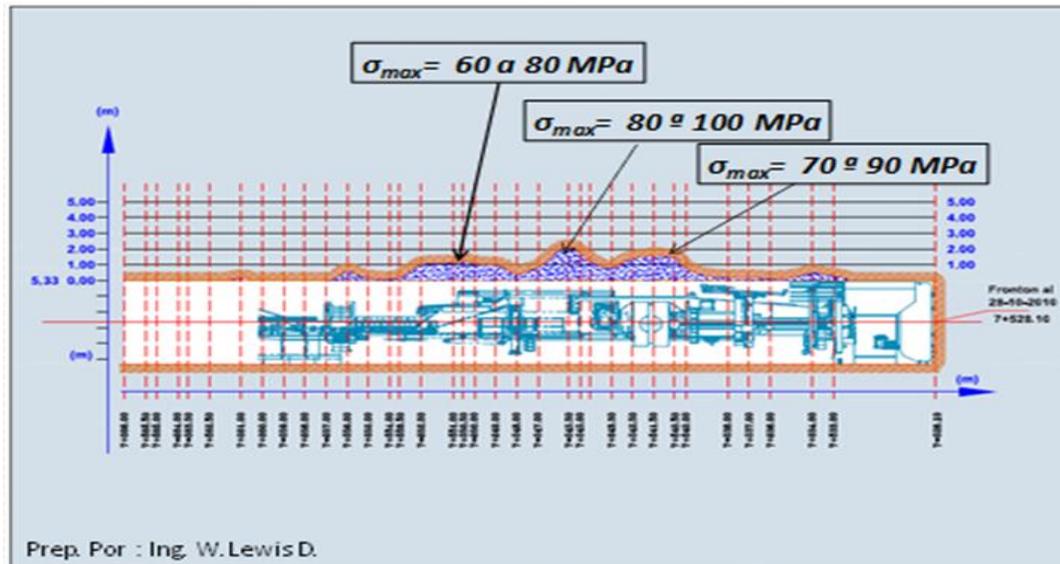
DEFORMACION DEL PERFIL DE EXCAVACION SOSTENIDO

De acuerdo con la intensidad de la explosión se producirá el daño que en el presente caso corresponde a la deformación y/o destrucción de la estructura del sostenimiento colocado esto se produce cuando $\sigma_{\max} / \sigma_c \approx 1.20$ y/o al Equipo mecánico

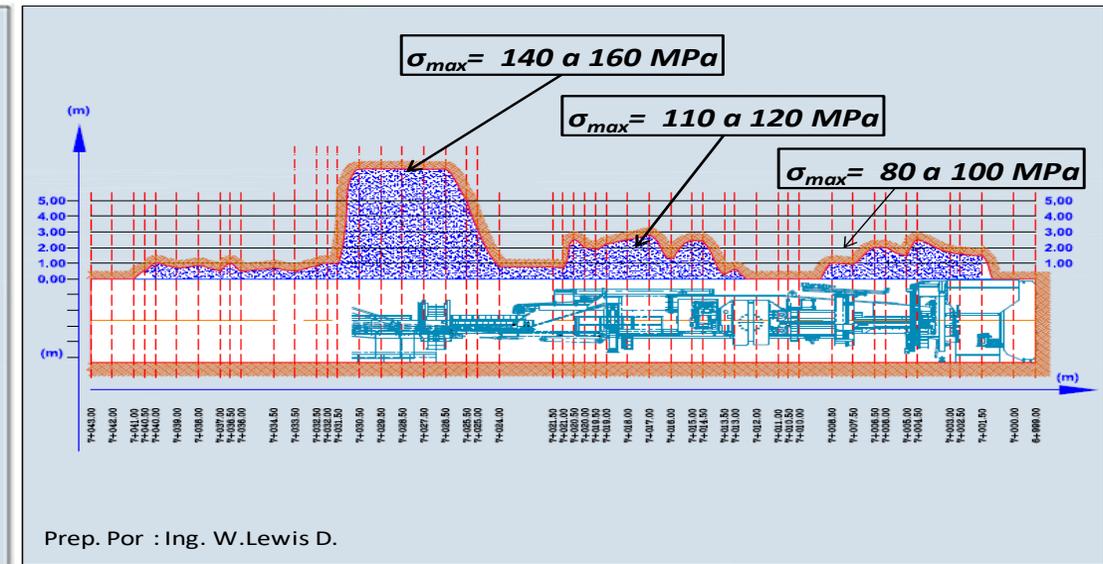
4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Trasandino Olmos

“Rock Bursting - Estallido de Rocas”



$$\sigma_{max}/\sigma_c > 0.90$$

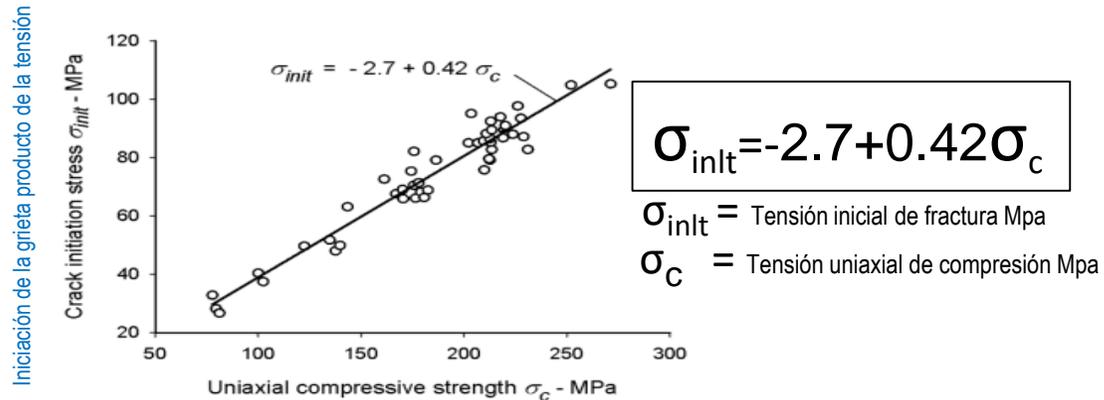


$$\sigma_{max}/\sigma_c \approx 1.2$$

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

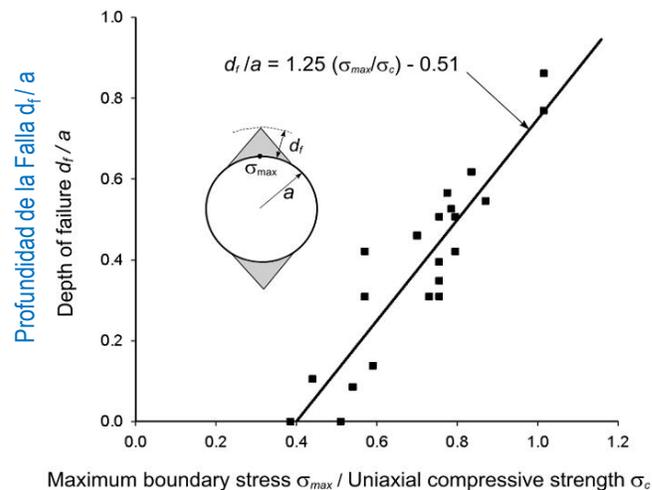
4.2.- Túnel Trasandino Olmos

CALCULO APROXIMADO PROFUNDIDAD DE FALLA



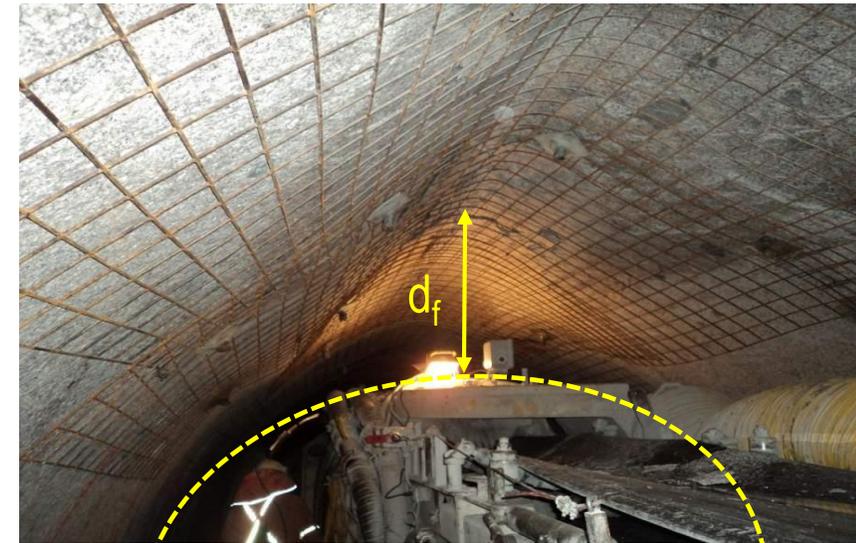
$$d_f/a = -1.25 (\sigma_{max}/\sigma_c) - 0.51$$

- d_f = Profundidad de la falla (daño)
- a = Radio del Túnel (m)
- $\sigma_{max.}$ = Tensión máxima de Stress Mpa
- σ_c = Tensión uniaxial de compresión Mpa.



Fuente: Notas: (cortesía del Profesor Derek Martin)

- ❖ La iniciación de grietas en las rocas intactas comienzan en aproximadamente al 45% de la resistencia a la compresión unidireccional



- ❖ La profundidad de desprendimiento depende de la relación entre la tensión máxima inducida en el límite de excavación y la Resistencia a la compresión unidireccional de la roca intacta.

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

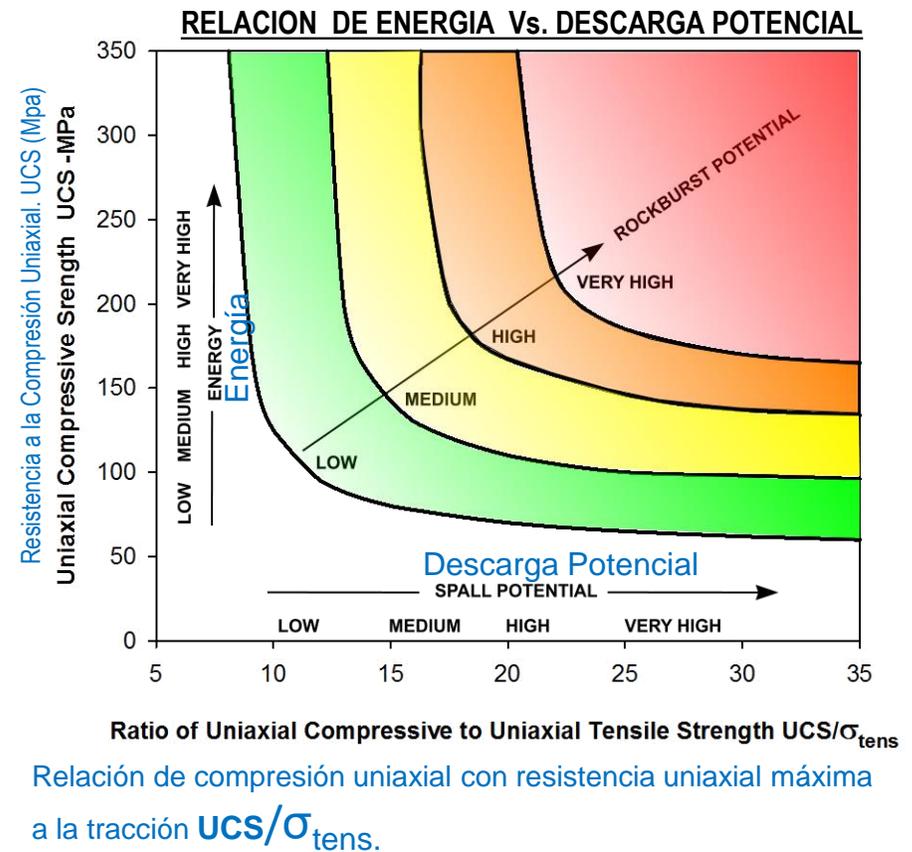
4.2.- Túnel Trasandino Olmos

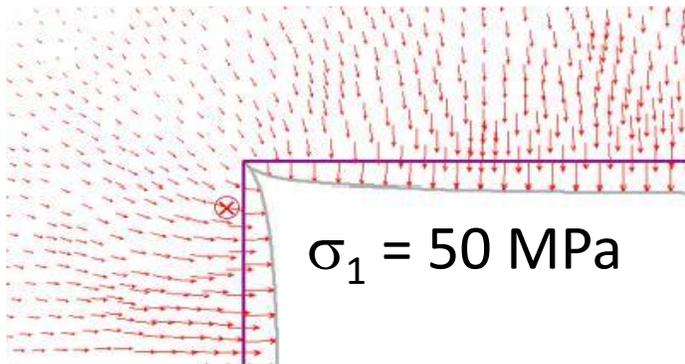
Muestra de roca intrusiva de grano grueso (luz) y roca volcánica densa de grano fino (oscura) del proyecto Olmos en Perú. La roca volcánica es más propensa a estallar.



El potencial del estallido de rocas está relacionado con el UCS de la roca intacta y con la relación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción.

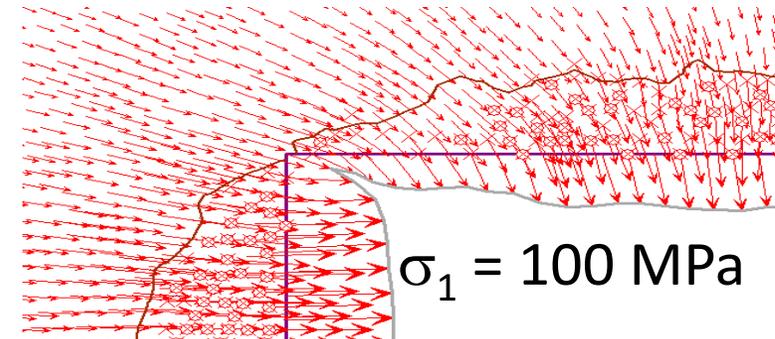
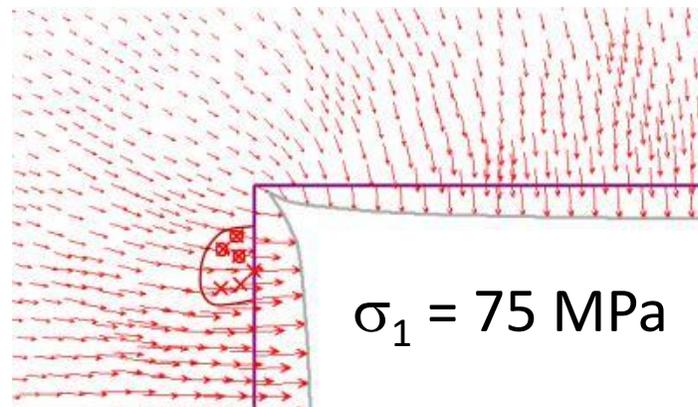
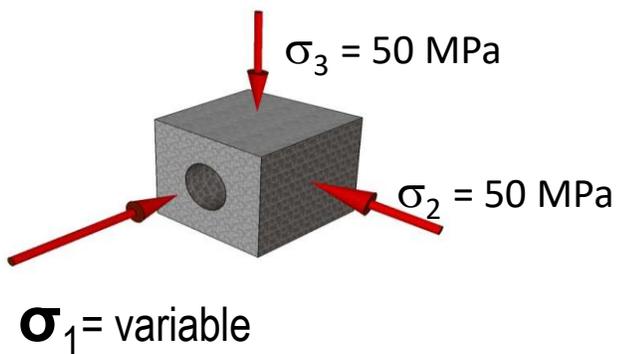
Cortesía del profesor Mark Diederichs, Queen's University, Kingston, Canadá.





Un problema adicional en el túnel de Olmos es la tensión horizontal muy alta de forma paralela al túnel. Estas figuras muestran el grado aproximado de falla frágil en el rumbo del túnel para diferentes magnitudes de tensión a lo largo del eje del túnel

A partir de un análisis asimétrico tridimensional



**Inestabilidad de la cara debido a una sobrecarga
(Covertura y geomorfología muy irregular) en el
túnel de Olmos, Perú**

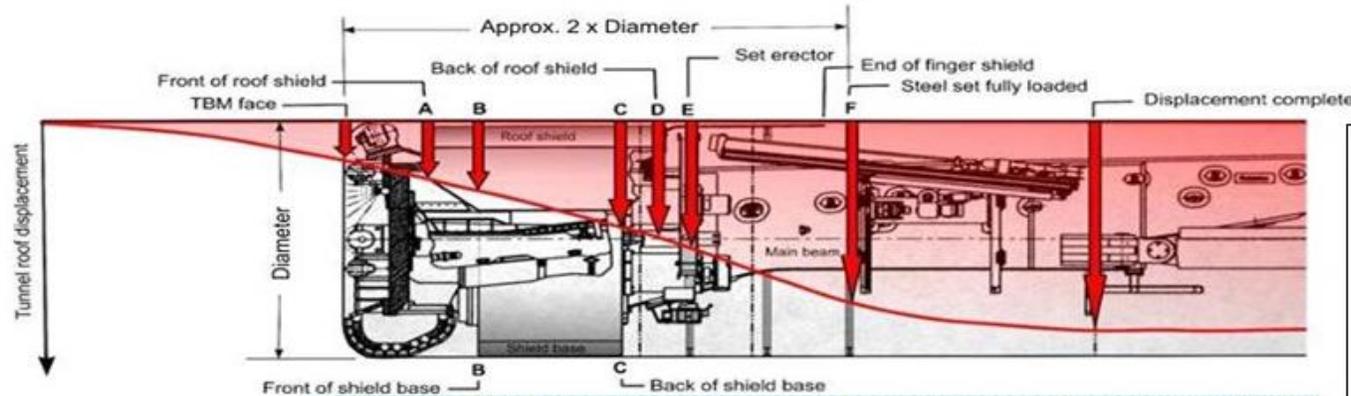


4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Trasandino Olmos

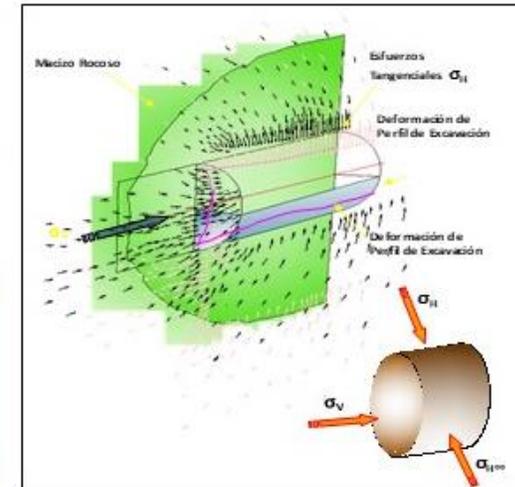


DATA OBTENIDA DE LA CONSTRUCCION DEL TUNEL TRASVASE OLMOS



	ZONA I	ZONA II	ZONA III	ZONA IV A	ZONA IV B
0.00 m	75%	10%	7%	6%	2%
4.00 m	12,112	1,643	1,100	900	345
8.00 m					
14.00 m					

Prep por Ing. W. Lewis D



- ❖ Imagen del perfil de desplazamiento típico para una TBM de roca dura de cara abierta que avanza.
- ❖ Tenga en cuenta que el primer punto en el que los conjuntos de guías se pueden cargar por completo está detrás del protector de dedos, aproximadamente 2 diámetros de túnel detrás de la cara.
- ❖ Alrededor del 80% de la deformación ya se ha producido a esta distancia. Para un túnel auto-estabilizador, significa que la carga de los conjuntos de acero suele ser pequeña.
- ❖ Un estallido de roca delante de la cara o en la masa rocosa que rodea la TBM puede tener un impacto importante en este perfil de desplazamiento.

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Trasandino Olmos



Conjunto de demostración de soporte de acero utilizando una sección en H de 4" pulgadas o nervaduras en sección en U de 6".



Detalle de los segmentos invertidos de hormigón pre-fabricado que incluyen un canal de drenaje central y abrazaderas de carril preestablecidas.

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Trasandino Olmos



- ❖ El sistema de soporte McNally, utilizado en el túnel de Olmos, proporciona una mayor productividad al tiempo que mantiene la estabilidad al proporcionar soporte inmediatamente detrás de la TBM.
- ❖ Mantener el perfil de un túnel es fundamental para la estabilidad y, para el túnel TBM, la instalación de conjuntos de acero inmediatamente detrás del escudo puede ser muy eficaz para mantener la estabilidad.
- ❖ Conjuntos de acero instalados detrás de una tuneladora de 5.3 m de diámetro en el túnel de Olmos en Perú

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Trasandino Olmos

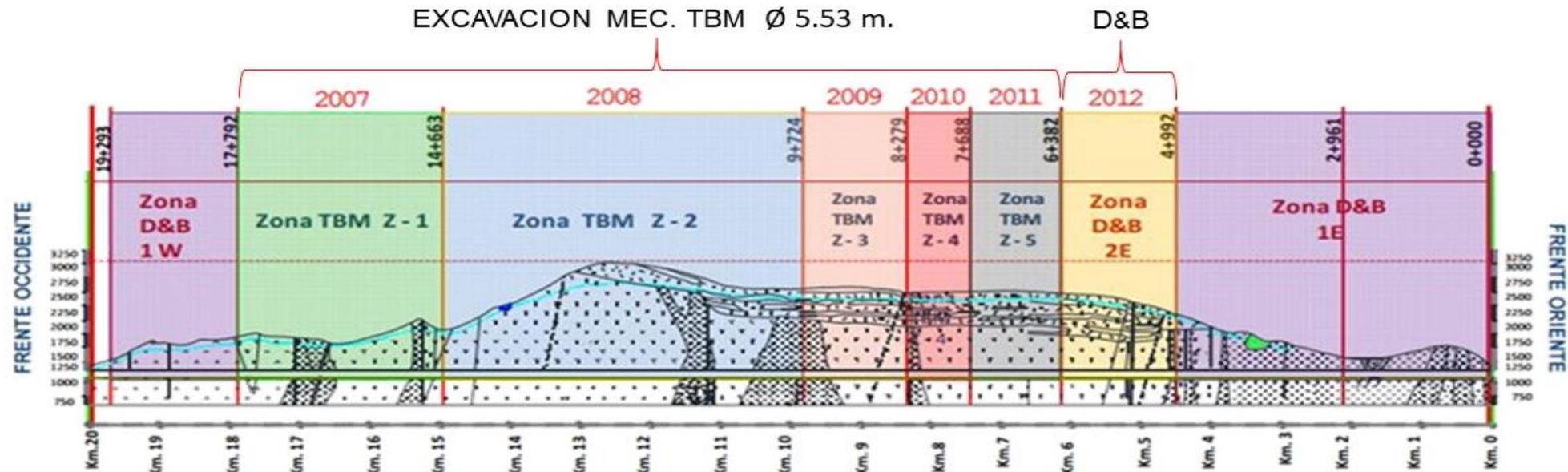


- ❖ Daño severo de estallido de roca delante de la cara de la TBM.
- ❖ Los arietes de protección (arriba a la derecha) y detrás de la máquina
- ❖ Las costillas de acero y la malla proporcionan una protección para los trabajadores en el túnel, incluso si están gravemente deformados.



4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Trasandino Olmos



Zonas	Año/Const.	Avance / Año	Avance / día	Tipo de Roca	UCS-Mpa	Cobertura (m)	Densidad Ton/m ³	Sets de Acero* Costo US\$/m	Shotcrete ** Costo US\$/m
1	2007	3,494	13 a 14	Brecha Andesítica, Riolitica, Dasítica Porfírica	50 a 70	500 a 750	1.85	310.51	253.69
2	2008	4,939	16 a 18	Brecha Andesítica, Riolitica, Dasítica Porfírica	80 a 100	700 a 2000	2.1	283.41	529.27
3	2009	1,500	5 a 7	Brecha Andesítica, Riolitica, Dasítica Porfírica	100 a 130	750	2.5	320.6	550.48
4	2009	591	2 a 4	Dacita silicificada de grano fino, pórfido granítico.	120 a 225	700	2.7	540.61	928.57
5	2011	1,306	10 a 12	Dacita silicificada de grano fino, pórfido granítico.	100 120	700	2.5	471.8	522.03

* El acero Utilizado consiste en Perfiles H de 10 cm (4 Inch) y Perfiles de sección U de 15 cm (6 Inch)

** El Concreto Lanzado Shotcrete utilizado UCS de 201 Mpa, Reforzado con Fibra de Acero, Para mejorar su Resistencia a la Traccion.

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

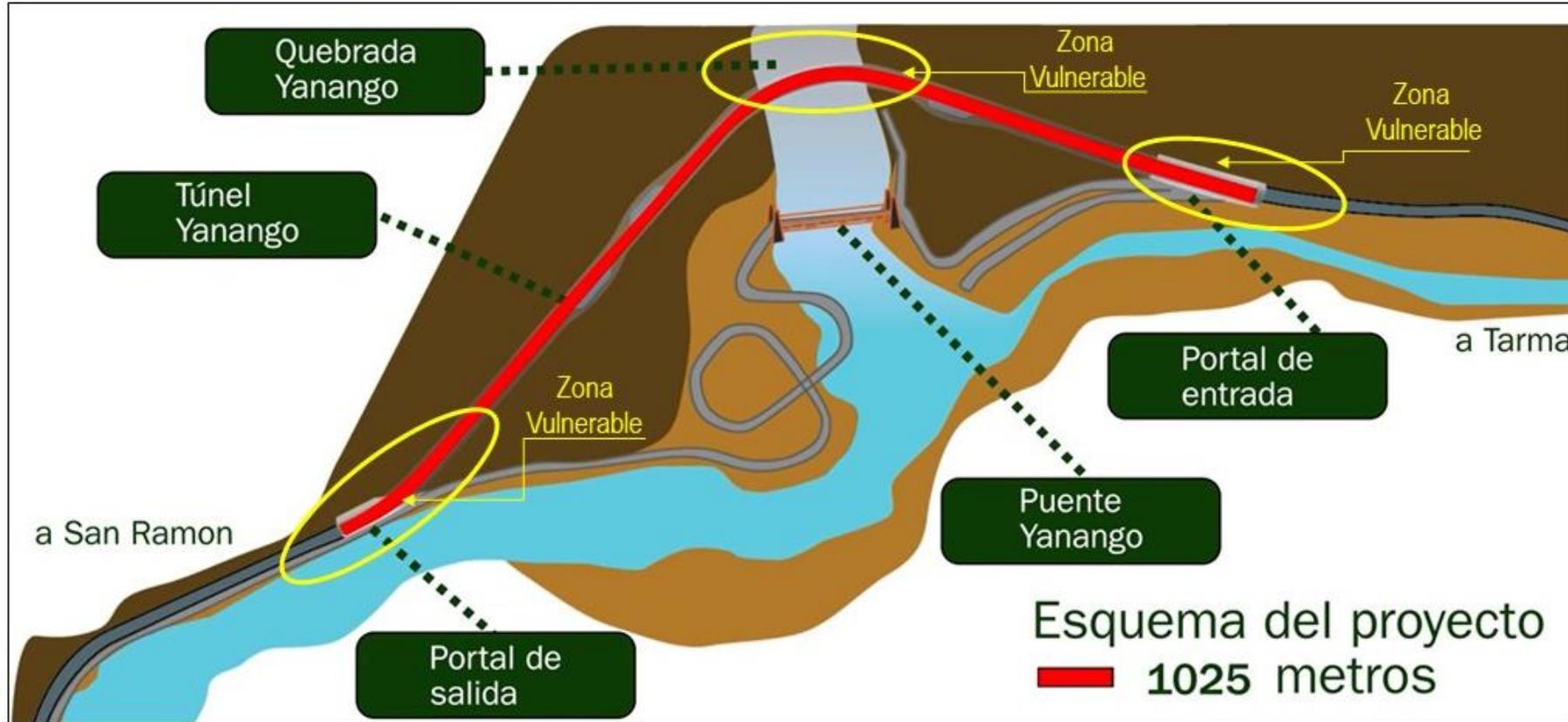
4.2.- Túnel Trasandino Olmos



4.3.- TUNEL VIAL RODOVIARIO - “YANANGO”

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Trasandino Olmos

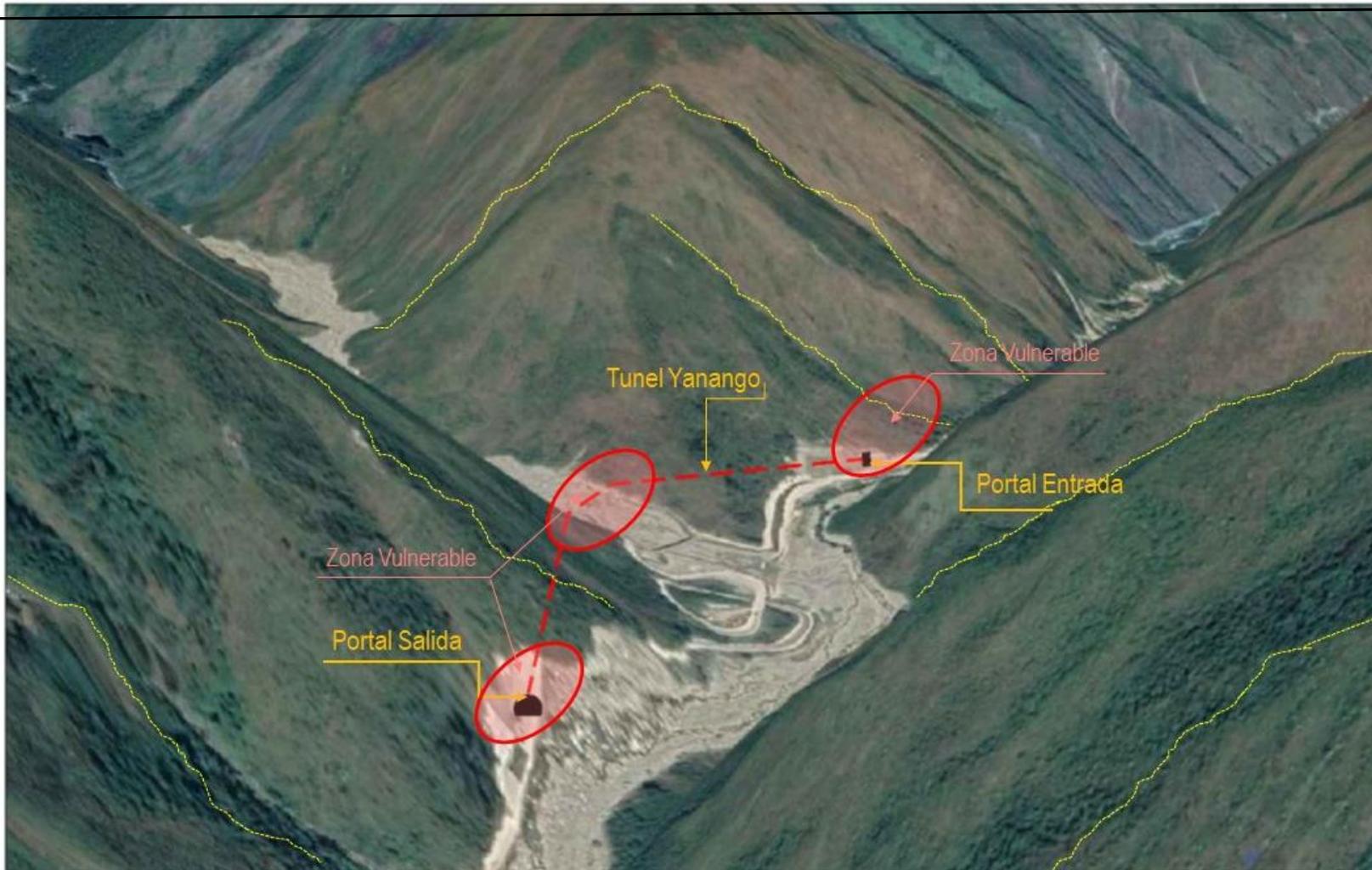


Esquema de trazo Tunel Vial Rodoviario Proyecto "Túnel Yanango"

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

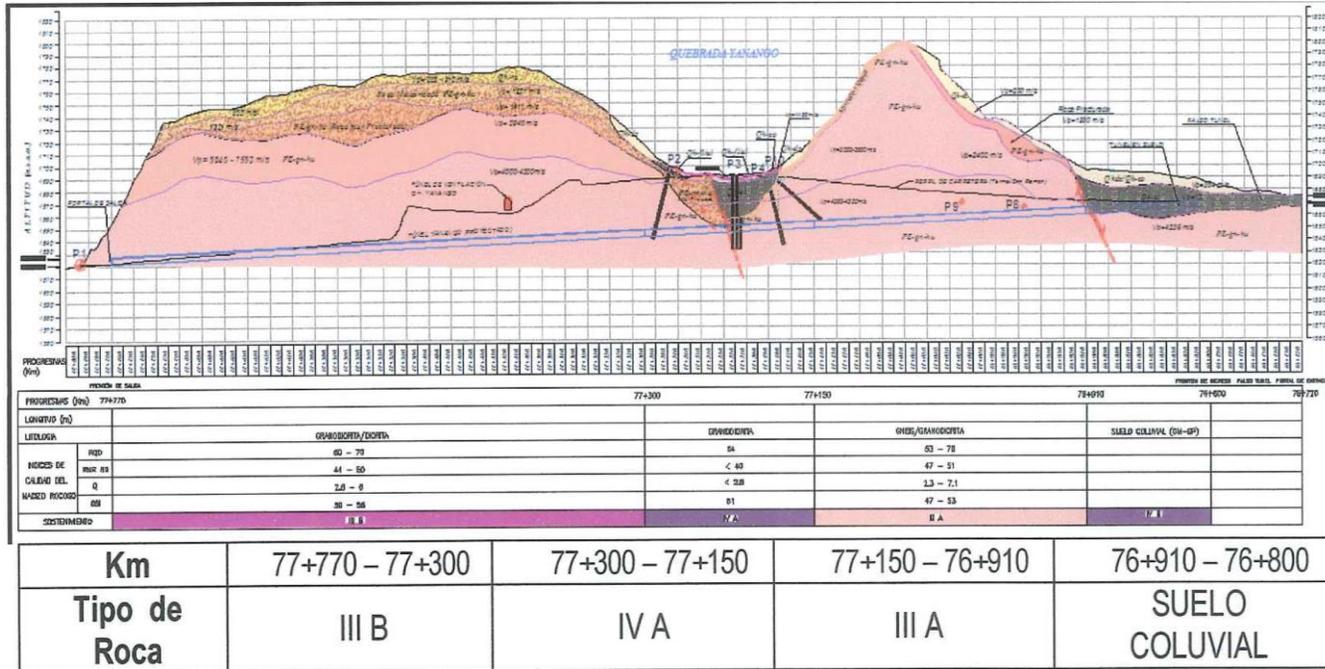
4.2.- Túnel Trasandino Olmos



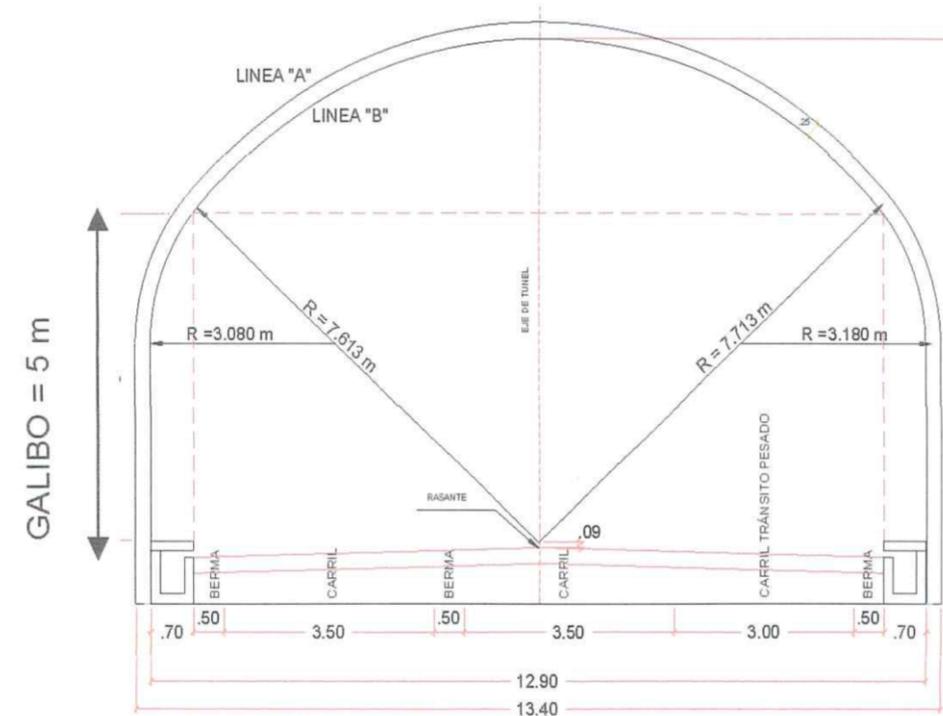


4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.3.- Túnel VIAL RODOVIARIO YANANGO



La zonificación del proyecto está definida tal como se muestra en la figura anterior, por tres tipos de roca y un tramo de suelo coluvial, según los ensayos y verificaciones de campo los tipos de roca son roca tipo IIIA, IIIB y IVA, siendo estas de buena, regular y de mala calidad respectivamente, el cuarto material se define como suelo coluvial y está presente en el portal de entrada; a continuación se muestra el cuadro resumen:



Sección Transversal Túnel Yanango Área de Excavación entre 105 m² a 125 m² Longitud

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Vial Rodoviario “YANANGO”

Tipos de Roca	
Roca Tipo III-A	25%
Roca Tipo III-B	48%
Roca Tipo IV-A	15%
Suelo Coluvial	11%
Falso Tunel Entrada ~	15 m.
Falso Tunel Salida ~	40 m.

Fuente. Estudio Básico Túnel Yanango

PROCESO DE CONSTRUCCION TUNEL - YANANGO

Ejecución desvío provisional en el portal de salida

Ejecución falso túnel en portal de entrada y salida

Ejecución de excavación del túnel y chimenea

Ejecución de trabajos de obras, relleno, pavimento y cunetas

Ejecución de trabajos de iluminación, señalización e impermeabilización



Portal – Entrada Túnel “Yanango”



Excavación en Roca Tunel “Yanango”



Portal – Salida Túnel “Yanango”

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Vial Rodoviario “YANANGO”

Huaicos debilitan túnel de Yanango y bloquean vía hacia Selva Centra

Cientos de pasajeros varados, y por necesidad de viajar recorren badén para realizar transbordo



Huaicos debilitan túnel de Yanango y bloquean vía hacia Selva Centra
Síguenos en Facebook

23 de Enero del 2019 - 04:04 » Textos: J.Ramos/J.Tineo » Fotos: Cortesía

“(El túnel) ha sufrido rajaduras y piedras han caído encima, se traerá un experto para su evaluación, para que ya el tránsito se esté habilitando”, precisó el comandante PNP Alex Cabanillas, jefe de la policía de carreteras en la zona. “Hemos visto un deslizamiento grande, proporcional al ingreso, bajando de Tarma. Esperamos que Provias pueda movilizar la maquinaria pesada para reaperturar la carretera antigua, hasta que los especialistas puedan hacer un diagnóstico”



La crítica situación de la Carretera Central en el sector de Yanango (San Ramón) y Matichacra (Tarma) se acrecienta debido a ocho huaicos que en total se registraron desde la mañana del lunes. Uno de estos cayó sobre parte de la estructura del túnel Yanango y provocó fisuras y el colapso de rocas al interior de este.

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Vial Rodoviario “YANANGO”



Fotografía, Daños Interiores luego de Primer deslizamiento”

Fuente: Información periodística 21-04-2019



Fotografía Trabajos de limpieza luego de primer deslizamiento

4.- CASOS IMPORTANTES EN PERU EN LA CONSTRUCCION SUBTERRANEA EN EL PERU.

4.2.- Túnel Vial Rodoviario “YANANGO”

