

# CASOS HISTÓRICOS

*CONGRESO SUELOS DISPERSIVOS Y SULFATADOS*

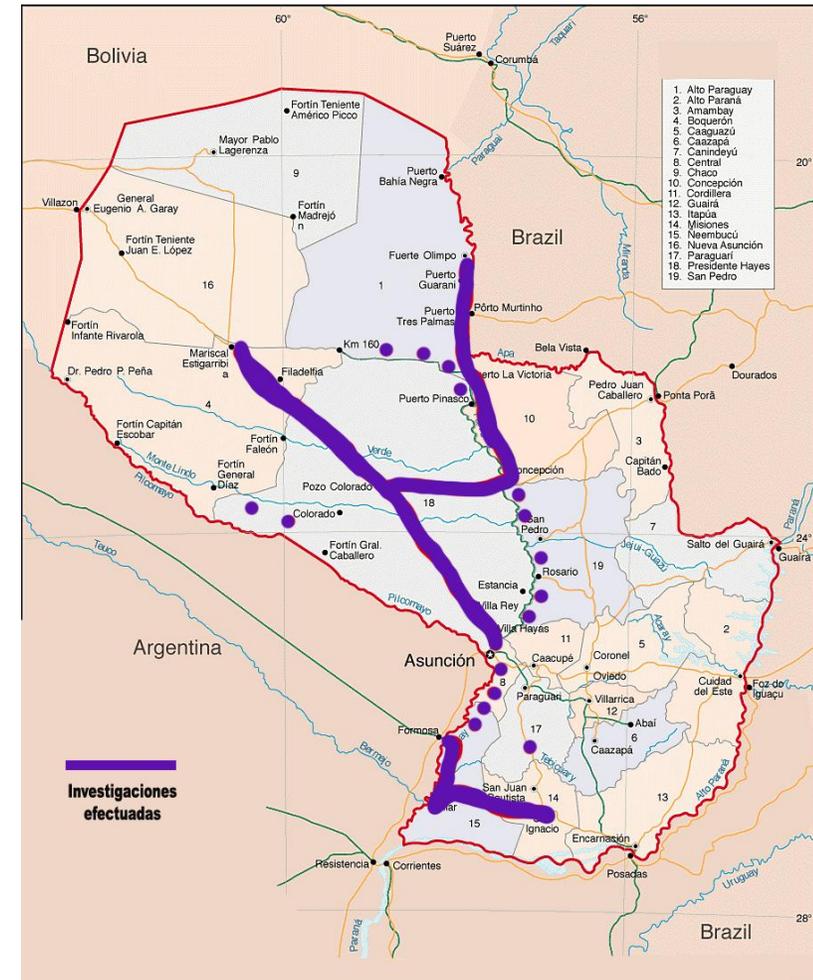
*APC – SPG -ASUNCIÓN – OCTUBRE 2.019*

*Ing. Felipe Ramírez Cantero – Ing. Cesar López Bosio*

# INVESTIGACIONES REALIZADAS

SUELOS DISPERSIVOS

INVESTIGACIONES REALIZADAS  
DESDE EL AÑO 1997



# **RUTA N° 4: SAN IGNACIO – PILAR**

**PRIMER CASO DE SUELOS DISPERSIVOS EN PARAGUAY**



Pilar Pilar

San Ignacio

4

## RUTA N° 4: SAN IGNACIO – PILAR

UBICACIÓN GENERAL

# RUTA N° 4: SAN IGNACIO – PILAR

PRIMERA VISITA TÉCNICA  
DURANTE CONSTRUCCIÓN  
DEL SEGUNDO TRAMO

1997

ANDRADA GUTIERREZ



# RUTA N° 4: SAN IGNACIO – PILAR

PRIMERA VISITA TÉCNICA  
DURANTE CONSTRUCCIÓN  
DEL SEGUNDO TRAMO

1997

ANDRADA GUTIERREZ



# RUTA N° 4: SAN IGNACIO – PILAR

PRIMERA VISITA TÉCNICA  
DURANTE CONSTRUCCIÓN  
DEL SEGUNDO TRAMO

1997

ANDRADA GUTIERREZ



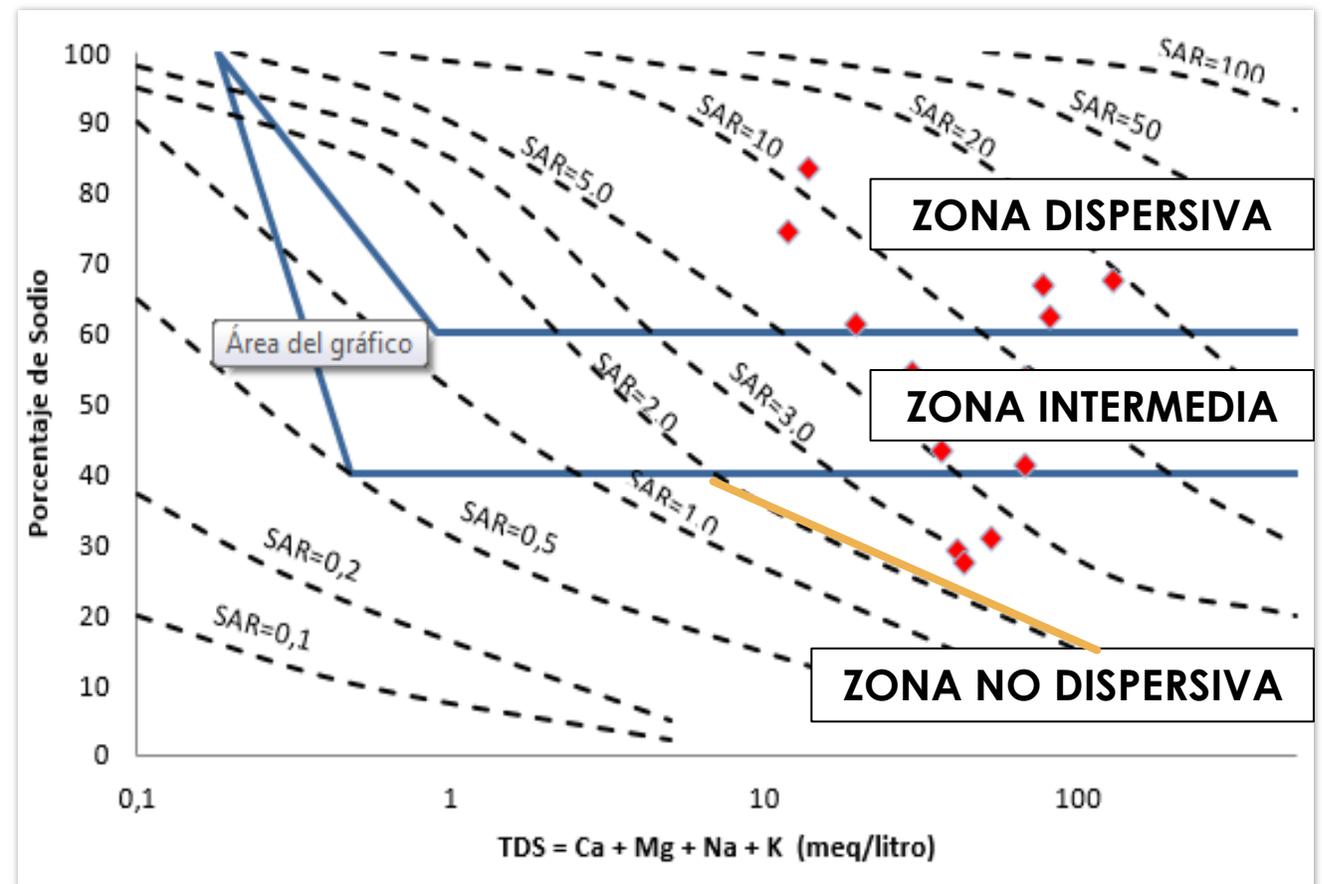
# RUTA N° 4: SAN IGNACIO – PILAR

PRIMERA VISITA TÉCNICA  
DURANTE CONSTRUCCIÓN  
DEL SEGUNDO TRAMO

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{0,5(Ca + Mg)}}$$

1997

ANDRADA GUTIERREZ



# RUTA N° 4: SAN IGNACIO – PILAR

AL CONCLUIR LA OBRA NO SE DIO CUMPLIMIENTO EFECTIVO A LAS RECOMENDACIONES TÉCNICAS CUBRIENDO SOLO LOS TALUDES EN FORMA PARCIAL

1999



# RUTA N° 4: SAN IGNACIO – PILAR

DETERIORO DE CARRETERA  
Y TERRAPELENES,  
APARICIÓN DE CÁRCAVAS  
PROFUNDAS EN LAS  
BANQUINAS HASTA EL  
PAQUETE ESTRUCTURAL

2003



# RUTA N° 4: SAN IGNACIO – PILAR

DETERIORO DE CARRETERA  
Y TERRAPELENES,  
APARICIÓN DE CÁRCAVAS  
PROFUNDAS EN LAS  
BANQUINAS HASTA EL  
PAQUETE ESTRUCTURAL

2003



# RUTA N° 4: SAN IGNACIO – PILAR

PRIMERA INTERVENCIÓN:  
SE REPARARON LOS  
BACHES CON ASFALTO  
MICROAGLOMERADO  
PERO NO SE EFECTUÓ UNA  
REPARACIÓN INTEGRAL

2010



# RUTA N° 4: SAN IGNACIO – PILAR

PRIMERA INTERVENCIÓN:  
SE REPARARON LOS  
BACHES CON ASFALTO  
MICROAGLOMERADO  
PERO NO SE EFECTUÓ UNA  
REPARACIÓN INTEGRAL

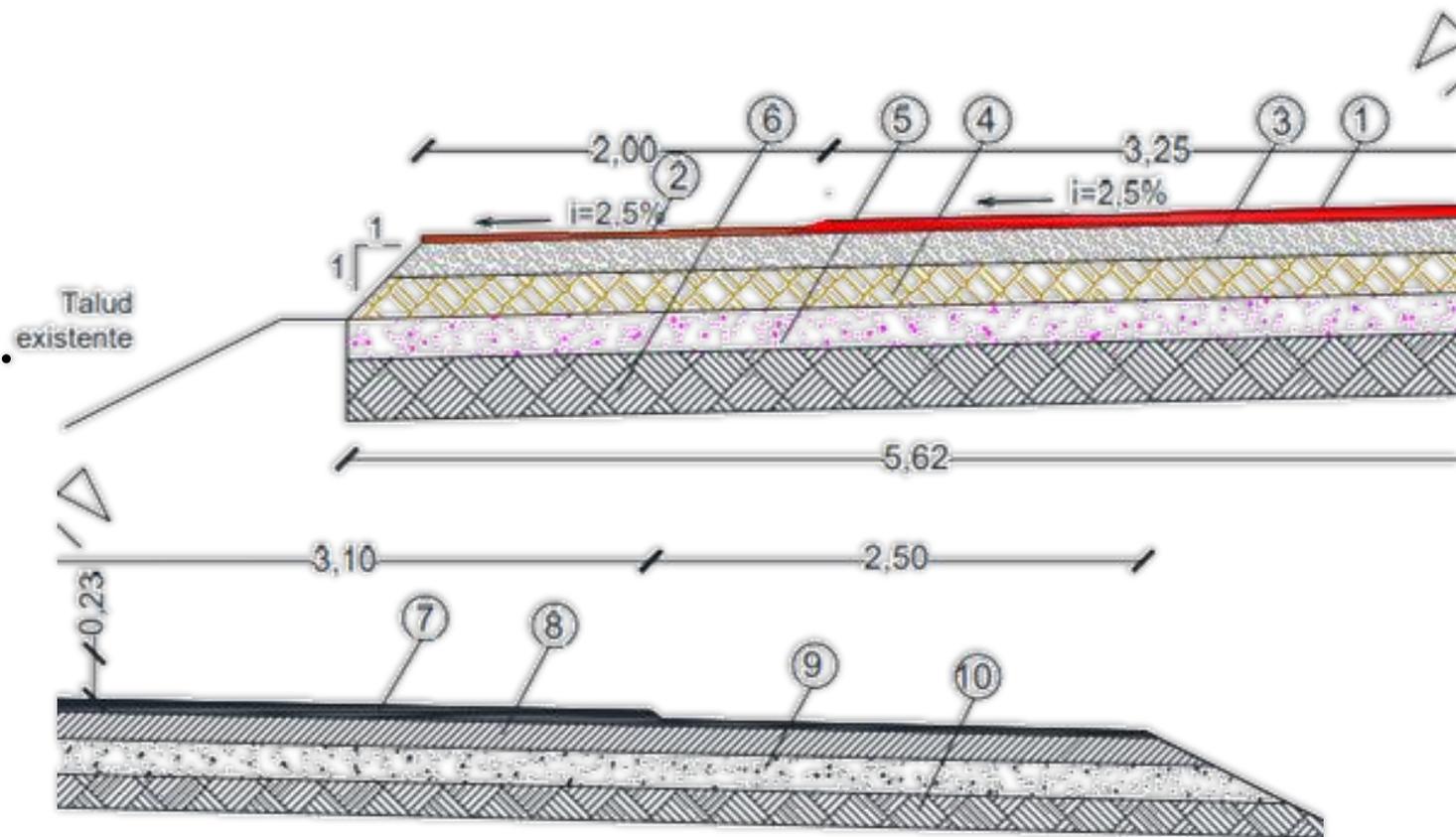
2010



# RUTA N° 4: SAN IGNACIO – PILAR

SEGUNDA INTERVENCIÓN:  
SE RECONSTRUYÓ  
SUBRASANTE, SUB – BASE,  
BASE Y CARPETA ASFÁLTICA.  
SE CORRIGIERON Y  
PROTEGIERON LOS TALUDES

T&C – SA. 2015 - 2017



# RUTA N° 4: SAN IGNACIO – PILAR

SEGUNDA INTERVENCIÓN:  
SE RECONSTRUYÓ  
SUBRASANTE, SUB – BASE,  
BASE Y CARPETA ASFÁLTICA.  
SE CORRIGIERON Y  
PROTEGIERON LOS TALUDES

T&C – SA. 2015 - 2017



# RUTA N° 4: SAN IGNACIO – PILAR

SEGUNDA INTERVENCIÓN:  
SE RECONSTRUYÓ  
SUBRASANTE, SUB – BASE,  
BASE Y CARPETA ASFÁLTICA.  
SE CORRIGIERON Y  
PROTEGIERON LOS TALUDES

T&C – SA. 2015 – 2017



# RUTA N° 4: SAN IGNACIO – PILAR

## SEGUNDA INTERVENCIÓN:

El contrato es del tipo  
CREMA:

- Dos años de reconstrucción (62Km) por AJUSTE ALZADO.
- Cinco años de mantenimiento.

T&C – SA. 2015 - 2017



# MURO FUERTE OLIMPO

Muro

# MURO FUERTE OLIMPO

EROSIÓN  
GENERALIZADA



# MURO FUERTE OLIMPO

CÁRCAVAS EN EL  
CORONAMIENTO



# MURO FUERTE OLIMPO

CÁRCAVAS EN  
LOS TALUDES



# MURO FUERTE OLIMPO

CÁRCAVAS EN  
LOS TALUDES



# MURO FUERTE OLIMPO

DESLIZAMIENTO



# MURO FUERTE OLIMPO

SOCAVACIÓN  
EN LA BASE



**PILAR**

Muro y Puerto

# MURO PILAR

EROSIÓN  
RETRÓGRADA



# MURO PILAR

EROSIÓN  
RETRÓGRADA



# MURO PILAR

PROTECCIÓN SIN  
MANTENIMIENTO



# MURO PILAR

PROTECCIÓN SIN  
MANTENIMIENTO



# PUERTO PILAR

CÁRCAVAS



# PUERTO PILAR

TUBIFICACION  
EROSIÓN RETROGRADA



**PILAR**

PROYECTO E INTERVENCIONES EN EL MURO

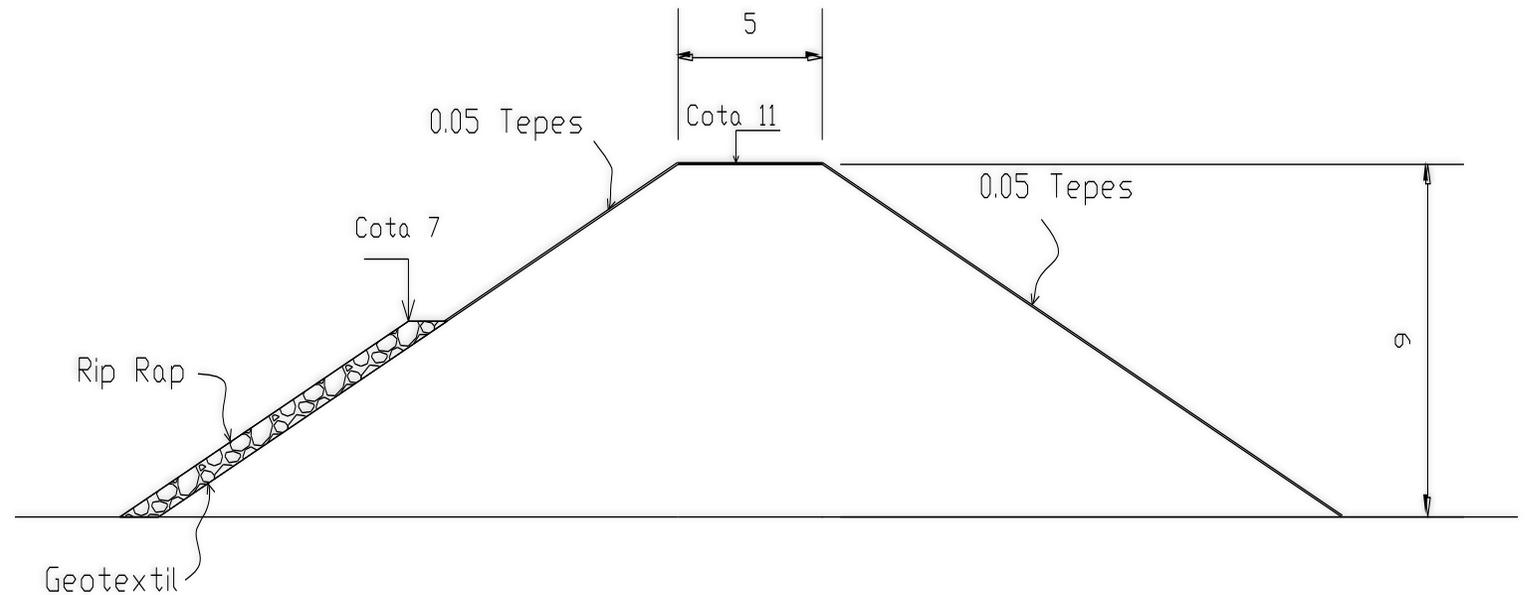


# MURO PILAR

UBICACIÓN GENERAL

# MURO PILAR

PROYECTO ORIGINAL

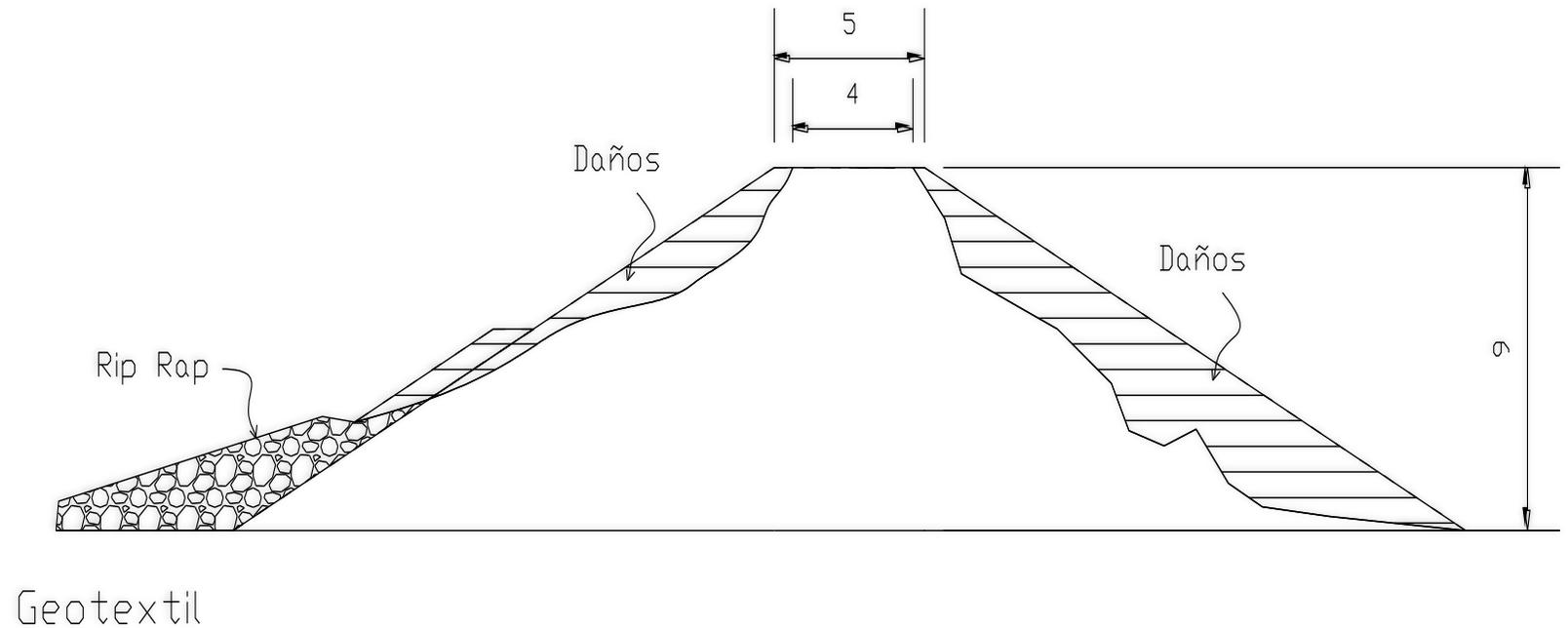


2001

Proyecto Construido

# MURO PILAR

## PROYECTO EROSIONADO



2005

Octubre 2005 (en 4 años)

# MURO PILAR

VISITA TÉCNICA



CÁRCAVAS

# MURO PILAR

VISITA TÉCNICA

DESPRENDIMIENTOS



# MURO PILAR

VISITA TÉCNICA

EROSIONES



# MURO PILAR

VISITA TÉCNICA

CÁRCAVAS



# MURO PILAR – SOLUCIÓN

Criterio:

1. Empleo de materiales disponibles en la región.
2. Construcción de emergencia, para dar solución temporal a la problemática y resguardar a la población.
3. Implementación de bolsas de suelo-cemento.

# MURO PILAR

PROCEDIMIENTO  
CONSTRUCTIVO

REMEDIACIÓN



# MURO PILAR

PROCEDIMIENTO  
CONSTRUCTIVO

REMEDIACIÓN



# MURO PILAR

PROCEDIMIENTO  
CONSTRUCTIVO

BOLSAS S.C. (5%)



# MURO PILAR

PROCEDIMIENTO  
CONSTRUCTIVO

SUELO ORGÁNICO



# MURO PILAR

PROCEDIMIENTO  
CONSTRUCTIVO

LADO INTERNO



# MURO PILAR

INTERVENCIÓN  
EMPLEANDO  
BRACHIARIA  
BRIZANTHA



# MURO PILAR

PROYECTO DE  
INTERVENCIÓN  
FINALIZADO



# **SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES**

**RELLENO PARA SUB ESTACIÓN**

# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

PROYECTO ORIGINAL

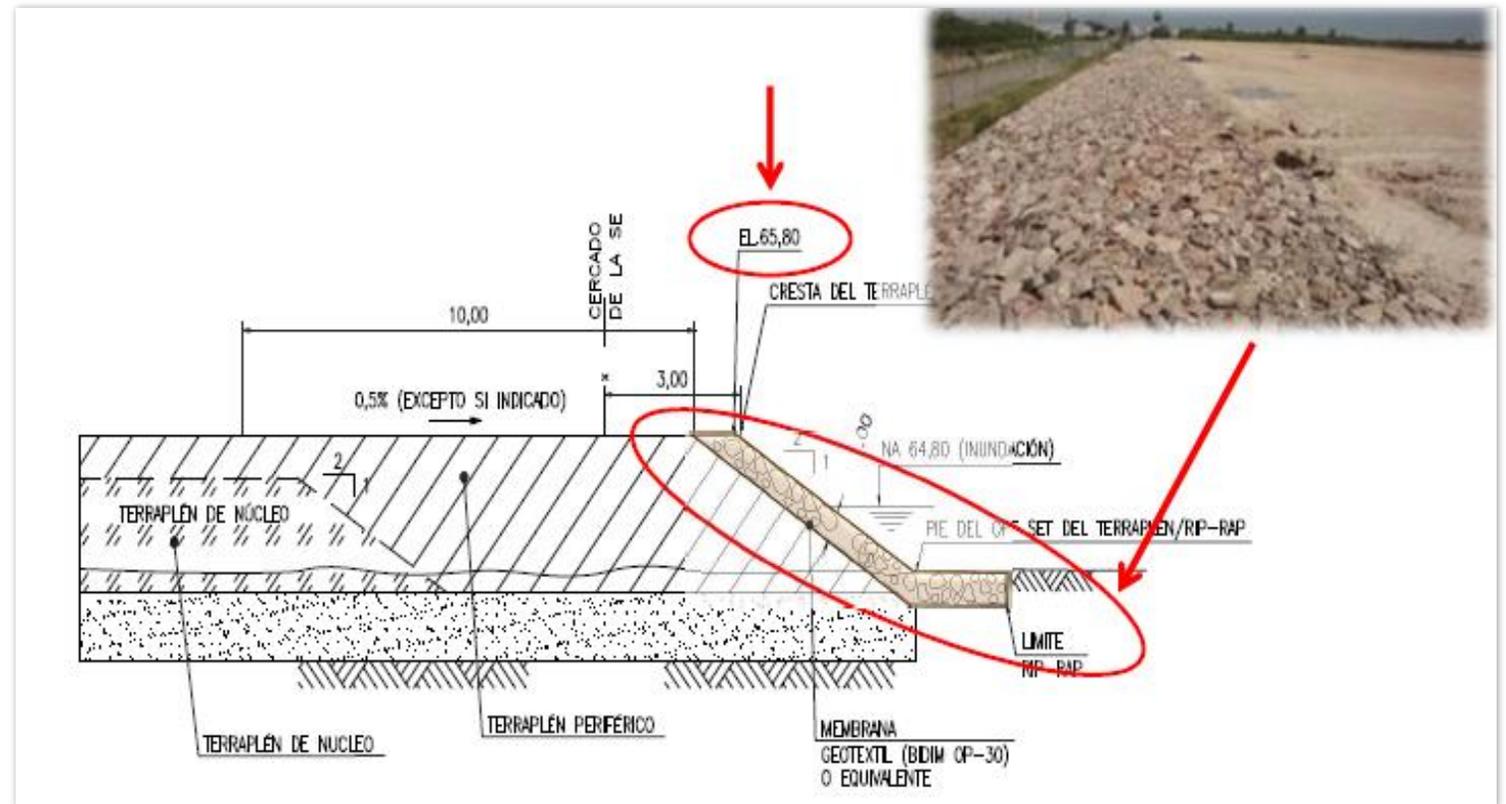
30 Ha

1.000.000 m<sup>3</sup>



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

PROYECTO ORIGINAL



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

PROCESO  
CONSTRUCTIVO



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

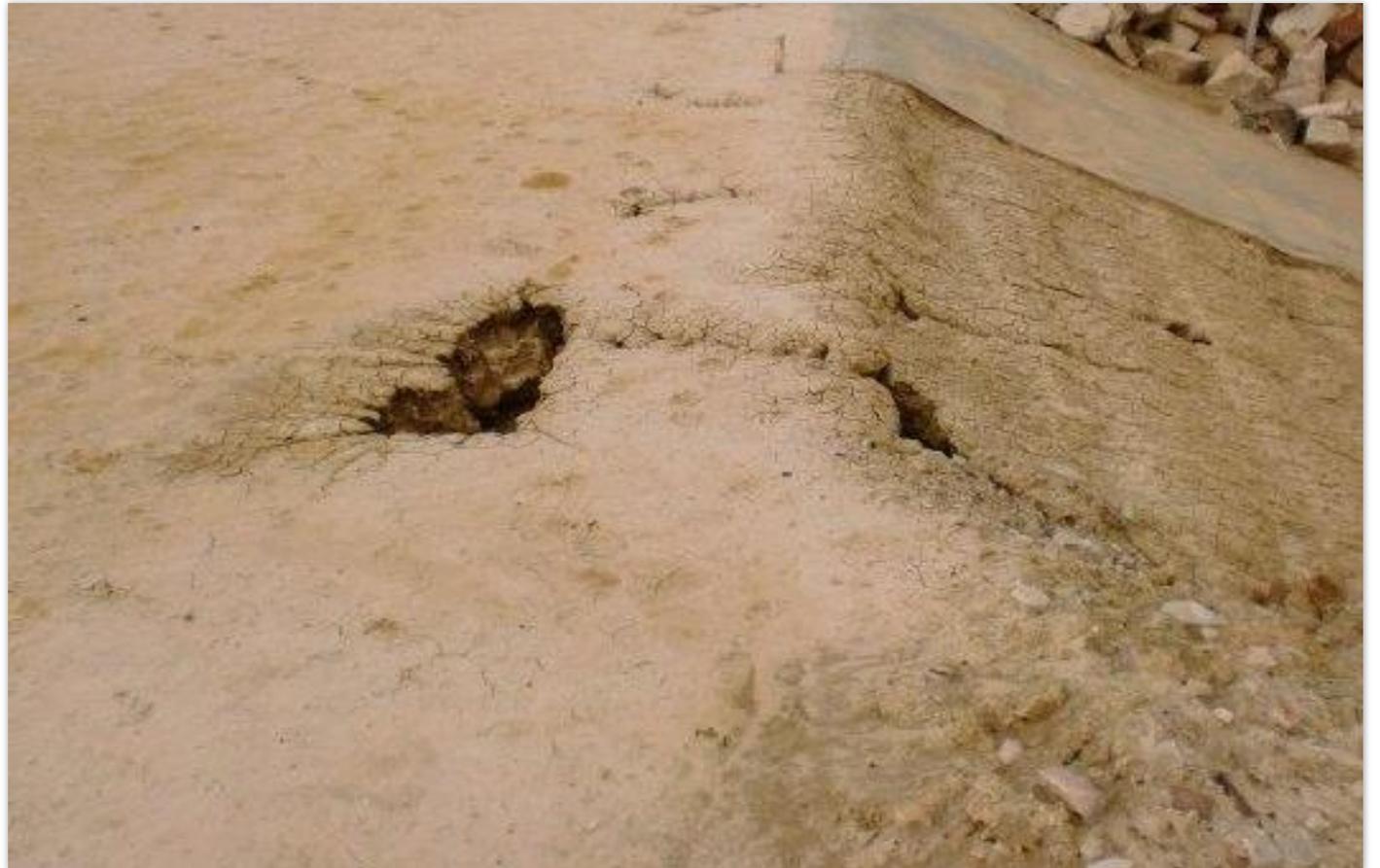
PROCESO  
CONSTRUCTIVO



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

PRIMERAS LLUVIAS

ALERTAS EN EL PROCESO  
CONSTRUCTIVO



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

PRIMERAS LLUVIAS

ALERTAS EN EL PROCESO  
CONSTRUCTIVO



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

PRIMERAS LLUVIAS

ALERTAS EN EL PROCESO  
CONSTRUCTIVO



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN TÉCNICA  
POSTERIOR A  
FINALIZACIÓN DE OBRA

TUBIFICACIONES Y  
CÁRCAVAS



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN TÉCNICA  
POSTERIOR A  
FINALIZACIÓN DE OBRA

TUBIFICACIONES Y  
CÁRCAVAS



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN TÉCNICA  
POSTERIOR A  
FINALIZACIÓN DE  
OBRA

TUBIFICACIONES Y  
CÁRCAVAS



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN TÉCNICA  
POSTERIOR A  
FINALIZACIÓN DE  
OBRA

EROSIÓN  
RETRÓGRADA



28.01.2012 09:40

# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN TÉCNICA  
POSTERIOR A  
FINALIZACIÓN DE  
OBRA

FUGA DE MATERIALES



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN TÉCNICA  
POSTERIOR A  
FINALIZACIÓN DE OBRA

FUGA DE MATERIALES



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN TÉCNICA  
POSTERIOR A  
FINALIZACIÓN DE OBRA

DEPOSICIÓN DE  
MATERIALES



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN TÉCNICA  
POSTERIOR A  
FINALIZACIÓN DE OBRA

FUGA Y DEPOSICIÓN  
DE MATERIALES



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN TÉCNICA  
POSTERIOR A  
FINALIZACIÓN DE OBRA

TUBIFICACIONES



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN  
TÉCNICA POSTERIOR  
A FINALIZACIÓN DE  
OBRA

TUBIFICACIONES



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN  
TÉCNICA POSTERIOR  
A FINALIZACIÓN DE  
OBRA

TUBIFICACIONES



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN  
TÉCNICA POSTERIOR  
A FINALIZACIÓN DE  
OBRA

TUBIFICACIONES



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN  
TÉCNICA POSTERIOR  
A FINALIZACIÓN DE  
OBRA

TUBIFICACIONES



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN  
TÉCNICA POSTERIOR  
A FINALIZACIÓN DE  
OBRA

TUBIFICACIONES



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN  
TÉCNICA POSTERIOR  
A FINALIZACIÓN DE  
OBRA

EFFECTO DEL AGUA  
EN EL SUELO



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN  
TÉCNICA POSTERIOR  
A FINALIZACIÓN DE  
OBRA

EROSIÓN Y FALLA EN  
EXCAVACIÓN DE  
CIMENTACIONES



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INSPECCIÓN  
TÉCNICA POSTERIOR  
A FINALIZACIÓN DE  
OBRA

EROSIÓN Y FALLA EN  
EXCAVACIÓN DE  
CIMENTACIONES



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

## ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES PROPUESTAS:

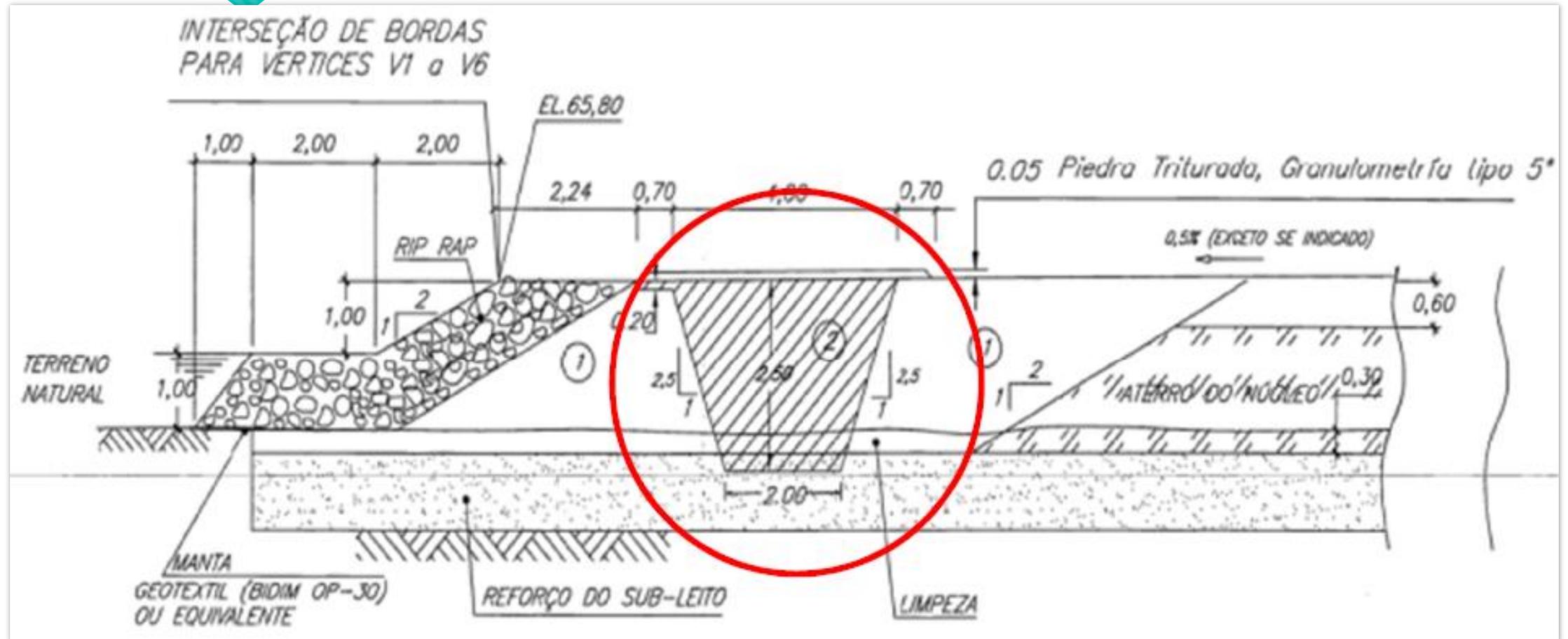
### 1. Criterio:

Mínimo impacto en el programa de construcción

Uso de recursos disponibles en la obra

### 2. Implementación de suelo-cal en los bordes de los terraplenes para evitar el progreso de las tubificaciones y cárcavas

# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INTERVENCIÓN

EXCAVACIÓN DE  
TRINCHERA  
PERIMETRAL



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INTERVENCIÓN

PREPARACIÓN DEL  
SUELO CAL



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INTERVENCIÓN

MEZCLA DEL SUELO  
CAL



07.05.2012 10:29

# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INTERVENCIÓN

COLOCACIÓN DEL  
SUELO CAL EN LA  
TRINCHERA



# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

INTERVENCIÓN

COMPACTACIÓN  
DEL SUELO CAL EN  
LA TRINCHERA



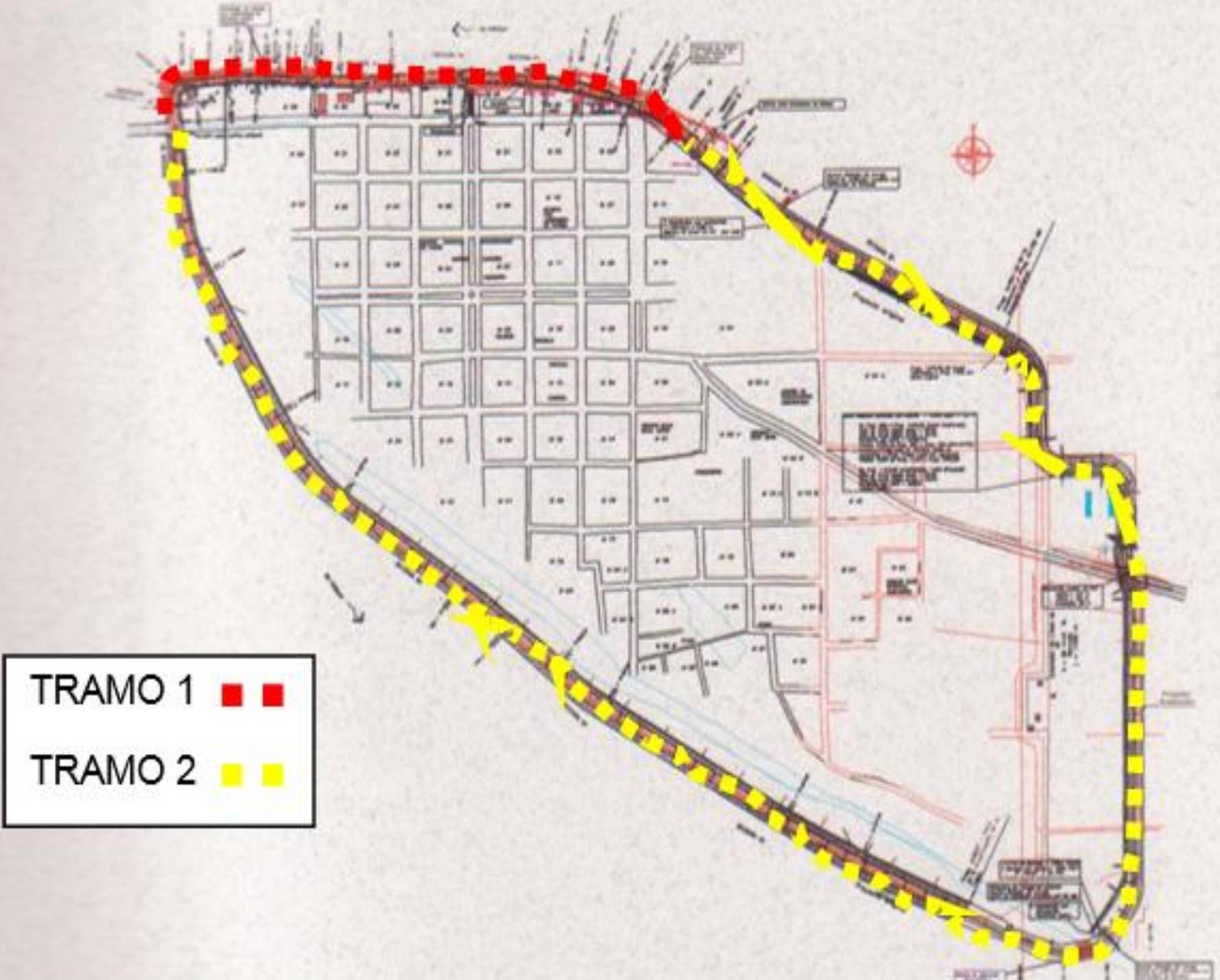
# SUB – ESTACIÓN VILLA HAYES

RECUBRIMIENTO  
CON TRITURADA



# DEFENSA COSTERA EN ALBERDI

Terraplén para defensas contra inundaciones

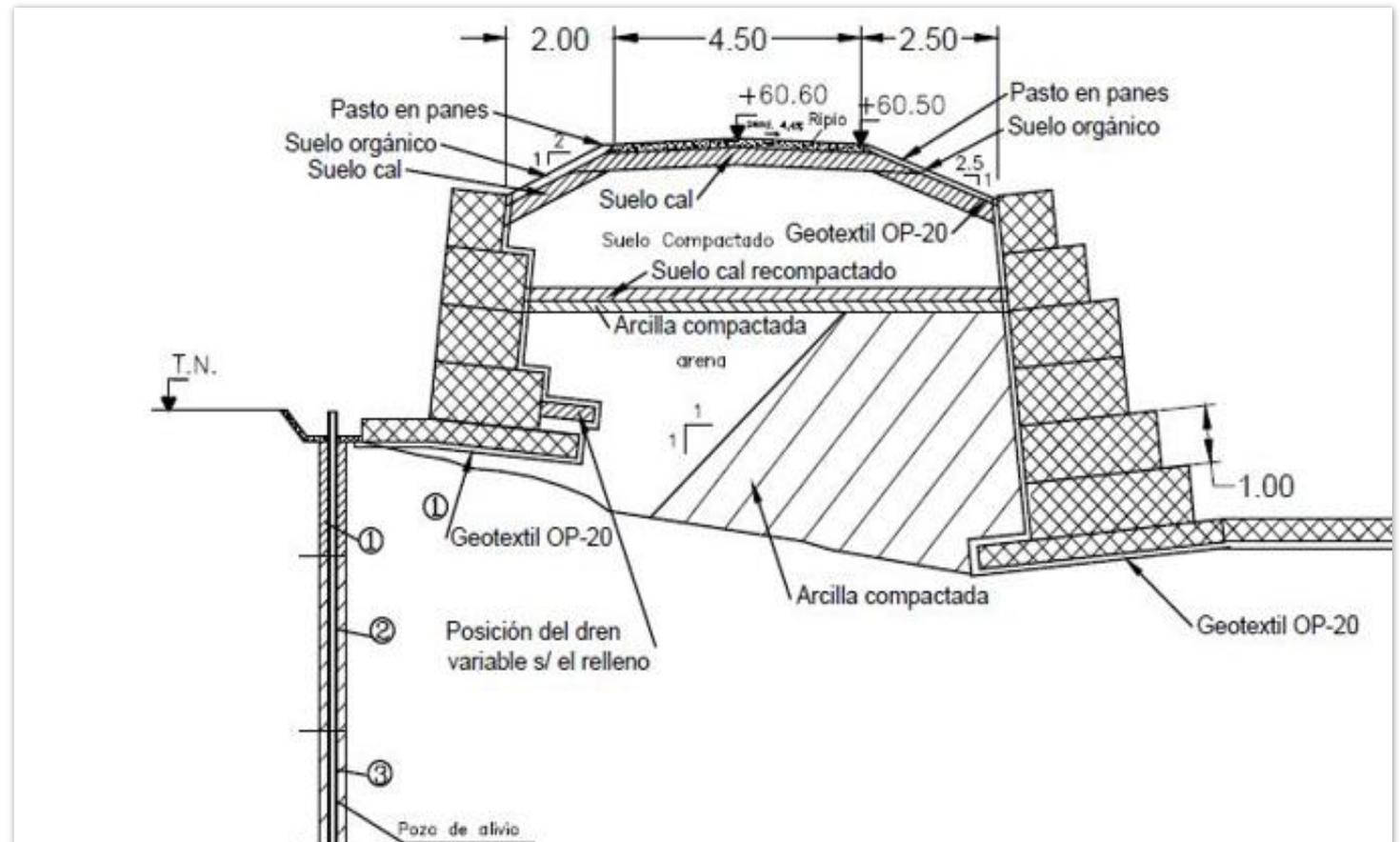


TRAMO 1 ■ ■  
TRAMO 2 ■ ■

# DEFENSA COSTERA ALBERDI

# DEFENSA COSTERA EN ALBERDI

PROYECTO ORIGINAL



# DEFENSA COSTERA EN ALBERDI

FALLA DE MURO

2014



# DEFENSA COSTERA EN ALBERDI

FALLA DE MURO

2014



# DEFENSA COSTERA EN ALBERDI

FALLA DE MURO

2014



# DEFENSA COSTERA EN ALBERDI

FALLA DE MURO

2014



# DEFENSA COSTERA EN ALBERDI

FALLA DE MURO

2014



# DEFENSA COSTERA EN ALBERDI

FALLA DE MURO

DEFICIENTE  
COMPACTACIÓN  
2014



# DEFENSA COSTERA EN ALBERDI

FALLA DE MURO

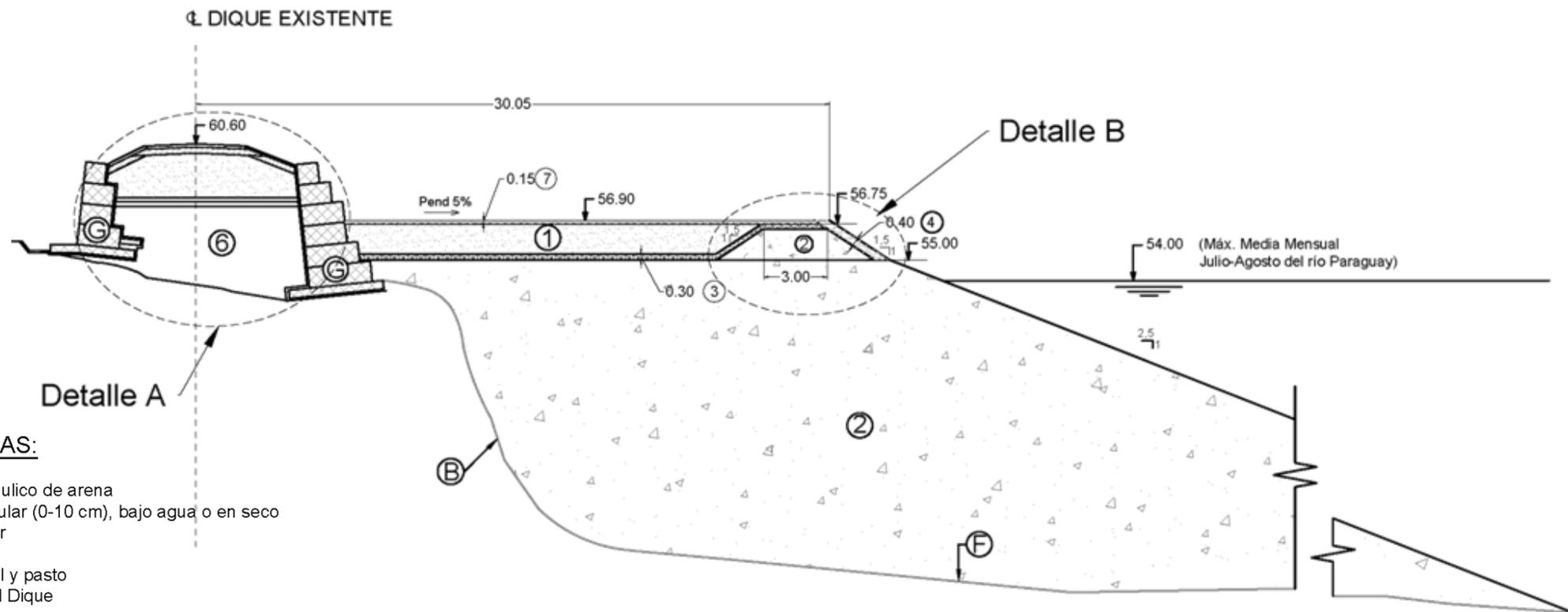
CÁRCAVAS  
2014





# DEFENSA COSTERA EN ALBERDI

## SOLUCIÓN PROPUESTA



### REFERENCIAS:

- ① Relleno hidráulico de arena
- ② Relleno granular (0-10 cm), bajo agua o en seco
- ③ Filtro granular
- ④ Rip Rap
- ⑤ Suelo vegetal y pasto
- ⑥ Terraplén del Dique
- ⑦ Ripio
- Ⓑ Barranco
- Ⓕ Fondo del río
- Ⓖ Muro de gaviones

# DEFENSA COSTERA EN ALBERDI

PROCESO  
CONSTRUCTIVO

2016



# DEFENSA COSTERA EN ALBERDI

PROCESO  
CONSTRUCTIVO

2016



# DEFENSA COSTERA EN ALBERDI

PROCESO  
CONSTRUCTIVO  
TRANSPORTE DE  
ENROCADO CON  
BARCAZAS.  
COLOCACIÓN BAJO  
AGUA

2016



# DEFENSA COSTERA EN ALBERDI

CONSTRUCCIÓN  
DEL PROYECTO DE  
INTERVENCIÓN  
FINALIZADO



# RESERVORIO ESTANCIA URUGUAYA CHACO CENTRAL

Reservorio en Estancia del Uruguay

Bahía Negra

# RESERVORIO ESTANCIA URUGUAYA UBICACIÓN GENERAL

© 2018 Google

Google Earth

Image Landsat / Copernicus

# RESERVORIO ESTANCIA URUGUAYA

VISTA AÉREA



# RESERVORIO ESTANCIA URUGUAYA

FALLA SÚBITA POR  
TUBIFICACIÓN



# RESERVORIO ESTANCIA URUGUAYA

FALLA SÚBITA POR  
TUBIFICACIÓN



# RESERVORIO ESTANCIA URUGUAYA

FALLA SÚBITA POR  
TUBIFICACIÓN



# RESERVORIO ESTANCIA URUGUAYA

FALLA SÚBITA POR  
TUBIFICACIÓN



# RESERVORIO ESTANCIA URUGUAYA

DADO EL ELEVADO  
COSTO DE  
REPARACIÓN EL  
PROPIETARIO  
DECIDIÓ NO  
REPARAR EL  
RESERVORIO



# RUTA CONCEPCIÓN - VALLEMÍ

TRAMO 3 (Cercano a Vallemí)

An aerial photograph showing a proposed road project. The road is a light-colored, straight line that curves to the right in the middle of the frame. It runs through a dense green forest and a grassy area. To the right of the road, there is a large body of water, likely a river or lake, with a sandy bank. In the background, there are some buildings and a small pond. The overall scene is a mix of natural and developed land.

**RUTA  
CONCEPCIÓN - VALLEMÍ**  
VISTA AÉREA

# RUTA CONCEPCIÓN - VALLEMÍ

CÁRCAVAS



# RUTA CONCEPCIÓN - VALLEMÍ

TUBIFICACIÓN Y  
EROSIÓN  
RETRÓGRADA  
PROGRESIVA



# RUTA N° 9 – TRANSCHACO

# RUTA N° 9 – TRANSCHACO

CERCANÍA A PUENTE  
REMANSO

CÁRCAVAS  
PROFUNDAS



# RUTA N° 9 – TRANSCHACO

Puente Falcón – Remanso  
Hasta Infante Rivarola



# RUTA N° 9 – TRANSCHACO

Puente Falcón – Remanso  
Hasta Infante Rivarola



# RUTA N° 9 – TRANSCHACO

Puente Falcón – Remanso  
Hasta Infante Rivarola  
Zona La Patria



# RUTA N° 9 – TRANSCHACO

Puente Falcón – Remanso  
Hasta Infante Rivarola  
Zona La Patria



# RUTA N° 9 – TRANSCHACO

Puente Falcón – Remanso  
Hasta Infante Rivarola  
Zona La Patria



# RUTA N° 9 – TRANSCHACO

Acceso a Filadelfia



# RUTA N° 9 – TRANSCHACO

Acceso a Filadelfia



**RUTA**

**POZO COLORADO - CONCEPCIÓN**

# RUTA POZO COLORADO - CONCEPCIÓN

CÁRCAVAS  
PROFUNDAS



**LOMA PLATA**

# LOMA PLATA

CÁRCAVAS  
PROFUNDAS



# CONCLUSIONES

# CONCLUSIONES

## **INVESTIGACIÓN DEFICIENTE:**

- Desconocimiento de la problemática de los suelos dispersivos.
- Campaña geotécnica mal planificados e insuficiente para ese tipo de suelos.
- Deficiencia en la extracción de muestras para los ensayos especiales.

# CONCLUSIONES

## **PROYECTO DEFICIENTE:**

- Desconocimiento de la problemática e ubicación de suelos dispersivos.
- Desarrollo de proyectos en función a datos erróneos.
- Soluciones en función al tipo de suelo y no al comportamiento de los mismos ante los agentes físicos.

# CONCLUSIONES

## **CONSTRUCCIÓN DEFICIENTE:**

- Construcción por estratos.
- Falta de protección contra la lluvia de los suelos dispersivos.
- Falta de protección adecuada en los taludes.
- Falta de mantenimiento.

# CONCLUSIONES

## **CONTROL DEFICIENTE:**

- Control inadecuado de la construcción.
- Control inadecuado de los materiales a ser utilizados.
- Falta de conocimiento de los fiscalizadores de la problemática de los suelos dispersivos.

# RECOMENDACIONES

# RECOMENDACIONES

## CAPACITACIÓN DE LOS OPERADORES DE CAMPO



### NATURALEZA

- Paisaje chaqueño.
- Presencia de palmas.

### ENSAYOS EXPEDITIVOS

- Crumb Test.

### REGISTRO

- Coordenadas.
- Registro fotográfico.

# RECOMENDACIONES

## CAPACITACIÓN DE LOS OPERADORES DE CAMPO



Presencias de cárcavas y  
tubificaciones en taludes.

# RECOMENDACIONES

## CAPACITACIÓN

### ESTUDIANTES

- Inclusión en el plan de estudios de las universidades, lo referente a los suelos dispersivos.
- Incentivar tesis de grado y trabajos de investigación sobre suelos dispersivos.
- Publicación y difusión de los mismos.

### PROFESIONALES

- Invertir en la capacitación de los profesionales, tanto del sector público como el privado, con la participación de los mismos en cursos y congresos sobre suelos dispersivos.

# RECOMENDACIONES

## POLÍTICAS PÚBLICAS

- Estudio y revisión de proyectos que contemplen este tipo de suelos.
- Capacitación del equipo de fiscalización del Ministerio.
- Propiciar un banco de datos en conjunto con las Universidades para poder definir mejor la ubicación de este tipo de suelos.
- Preparar políticas de mantenimiento de las rutas construidas con este tipo de suelos.

# RECOMENDACIONES

## MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

- Redefinir la etapabilidad (construcción por tramos terminados) en la construcción de las rutas construidas con este tipo de suelo.
- Tener en cuenta la calidad de la cal a ser utilizada (Concepto de Cal Útil Vial).
- Diseñar los taludes y sus protecciones en función a este tipo de suelos.
- Planificar una buena campaña de mantenimiento.

# RECOMENDACIONES

## MÉTODO CONSTRUCTIVO – CONTACTO ESTRIBOS - TERRAPLENES



# RECOMENDACIONES

## MÉTODO CONSTRUCTIVO – OBRAS DE ARTE - TALUDES



# RECOMENDACIONES

## MANTENIMIENTO



Ruta N° 4 – CREMA – año 2019 – Ejemplo de que un buen mantenimiento es posible



*«No hay duda que todo conocimiento empieza en la experiencia».*

Immanuel Kant

MUCHAS GRACIAS