



Conferencia Internacional de Construcción e Infraestructura

05 de Julio de 2017



PROTECCIÓN DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA EN MEDIOS FLUVIALES



JULIO KUROIWA ZEVALLOS
LABORATORIO NACIONAL DE HIDRÁULICA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA



PREGUNTAS QUE SE RESPONDERÁN EN ESTA PRESENTACIÓN

- ¿CUÁLES SON LOS MEJORES MÉTODOS PARA CONTROLAR LA EROSIÓN EN RÍOS DE FUERTE PENDIENTE COMO LOS DE LA VERTIENTE DEL PACÍFICO?
- ¿PORQUÉ SE DESESTABILIZARON LOS PUENTES BELLA UNIÓN Y DUEÑAS (AV. UNIVERSITARIA).?
- ¿QUÉ MÉTODOS SON EFECTIVOS PARA IMPEDIR/MITIGAR LA PROFUNDIZACIÓN DEL CAUCE EN RÍOS DE FUERTE PENDIENTE?



Perú 21. 22 de marzo de 2013

INTRODUCCIÓN

- LAS OBRAS CIVILES EN MEDIOS FLUVIALES AFECTAN LA MORFOLOGÍA DE LOS RÍOS EN EL CORTO Y LARGO PLAZO.
- EL CASO MÁS NOTABLE SON LAS PRESAS QUE REGULAN EL CICLO DEL AGUA, ATRAPAN SEDIMENTOS Y CONSTITUYEN BARRERAS INFRANQUEABLES PARA ESPECIES MIGRATORIAS.
- MENOS ATENCIÓN SE HA PRESTADO A OTROS TIPOS DE OBRAS CIVILES COMO PUENTES Y BOCATOMAS (TOMAS), QUE PUEDEN CAUSAR DRÁSTICOS CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS Y SER DESTRUIDOS POR DEGRADACIÓN EXCESIVA DEL CAUCE.

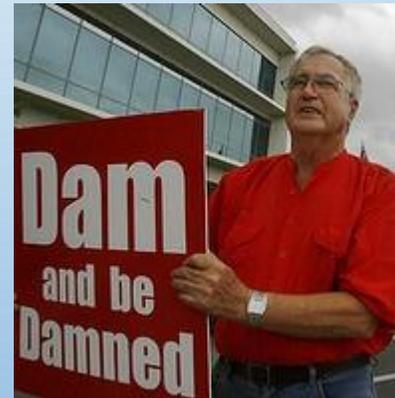
MANIFESTACIONES CONTRA LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS ALREDEDOR DEL MUNDO



Fuente: <http://www.internationalrivers.org/campaigns/baram-dam>



Fuente: <http://firstpeoples.org/wp/tag/hydropower/>



Fuente: <http://www.smh.com.au/environment/water-issues/nsw-opposition-dumps-plan-for-tillegra-dam-20100519-vddc.html>

Sin embargo, los que protestan no proponen soluciones para lidiar con la escasez del agua

ANTECEDENTES

- EN EL AÑO 2001 FUNCIONARIOS DE INVERSIONES METROPOLITANAS DE LIMA (INVERMET), ADVIRTIÓ LA SOCAVACIÓN EXCESIVA DEL “ESTRIBO DERECHO” DEL PUENTE DUEÑAS, QUE COMPROMETÍA LA ESTRUCTURA DE CRUCE.
- EN REALIDAD LO QUE SE HABÍA EROSIONADO ERA EL PILAR CENTRAL. EL CAUCE SE HABÍA DEGRADADO SOLO POR EL VANO DERECHO DEL PUENTE, ABANDONANDO PARTE DEL CAUCE.

RÍO RÍMAC
(1966)
AGUAS
ARRIBA DEL
PUENTE
DUEÑAS



Fuente: A. Mansen (1966)

PUENTE DUEÑAS MIRANDO AGUAS ABAJO (2001)

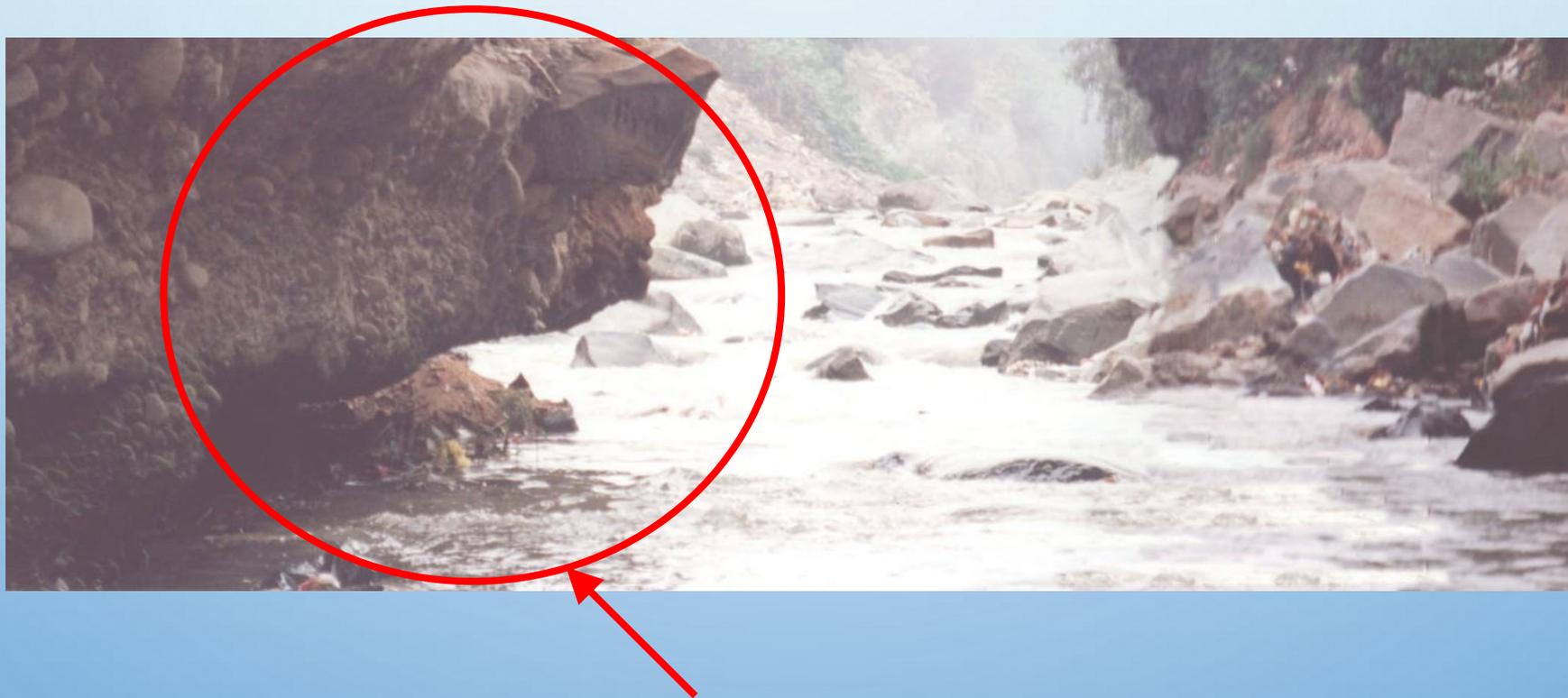
Nótese que el
agua pasa por
un solo vano



PUENTE DUEÑAS (2001)

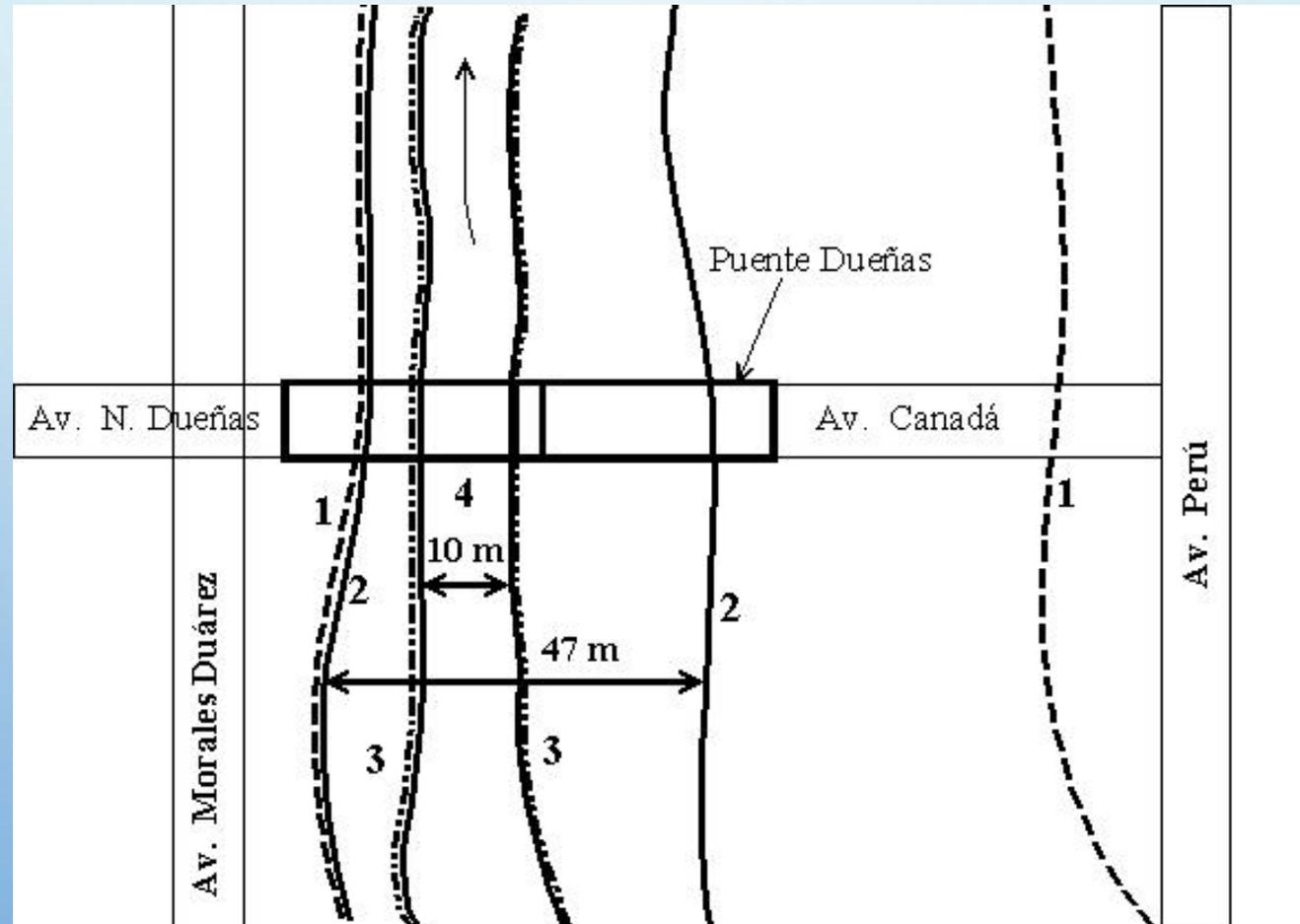


DETALLE DE SOCAVACIÓN EN ESTRIBO DERECHO



Socavación por debajo de cimentación de pilar

SECUENCIA DE EVOLUCIÓN DEL RÍO RÍMAC EN LA ZONA DEL PUENTE DUEÑAS - ANGOSTAMIENTO DEL CAUCE QUE SE PROPAGA EN DIRECCIÓN AGUAS ABAJO

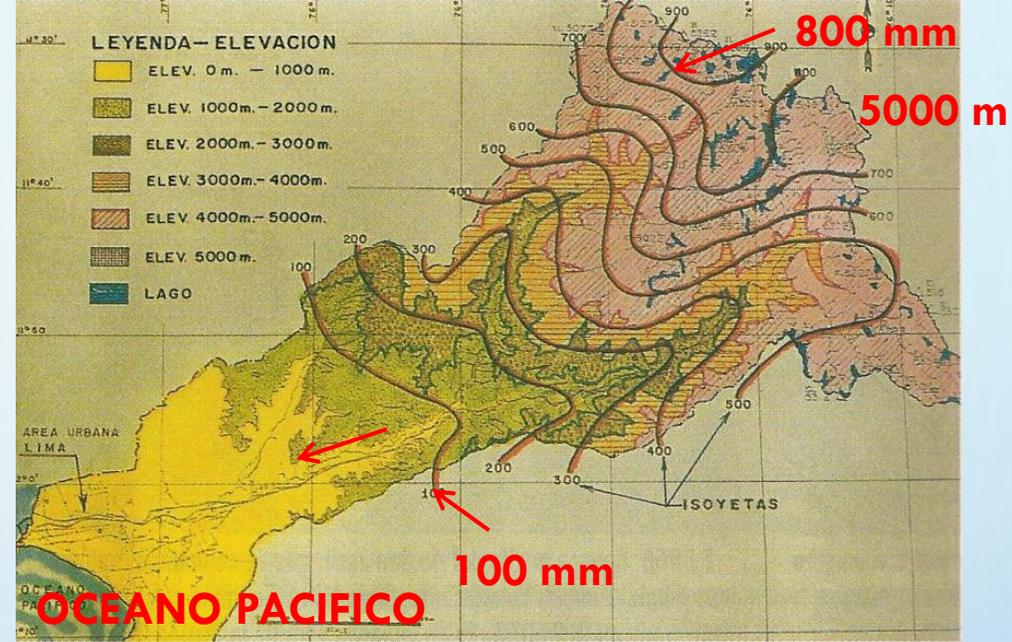


RÍO RÍMAC

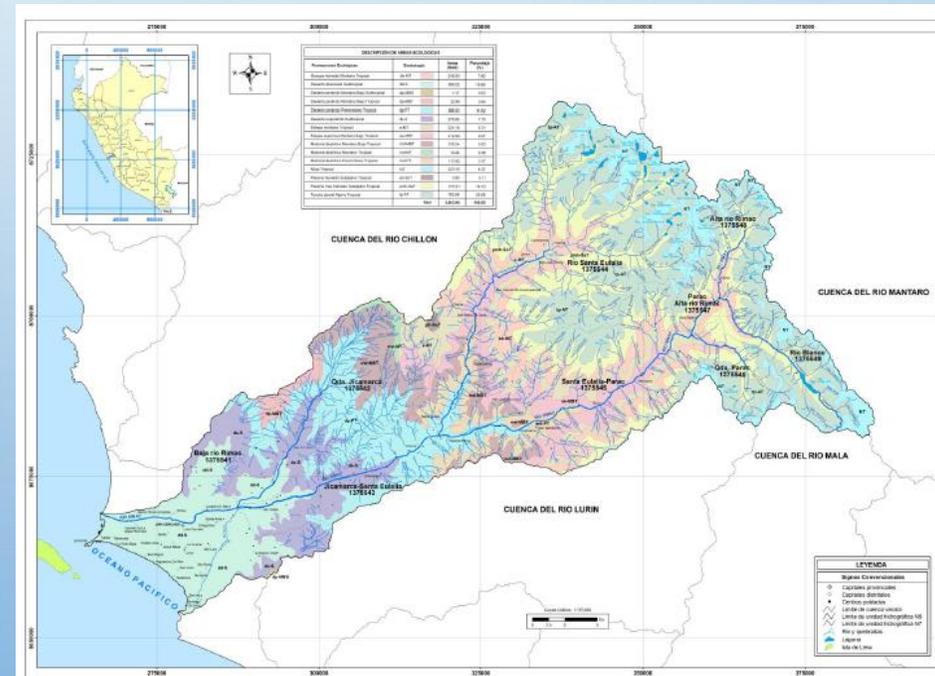
- COSTA CENTRO DEL PERÚ.
- OESTE DE LA DIVISORIA CONTINENTAL (CORDILLERA OCCIDENTAL).
- ÁREA: 3502 KM².
- ÁREA ÁRIDA / SEMIÁRIDA
- 66 % CUENCA HÚMEDA (2 302 KM²)
- RÍO CORTO Y DE FUERTE PENDIENTE.
- LONGITUD = 127 KM.
- PENDIENTE MEDIA, $S = 2.93 \%$.
- TRAMO SUPERIOR, $S \rightarrow 5 \%$
- CERCA DE LIMA, $S = 1.7\%$



ISOYETAS – CUENCA DEL RÍO RÍMAC Y MAPA DE ZONAS ECOLÓGICAS



Source: Kuroiwa (2002)



Fuente: ANA (2010)

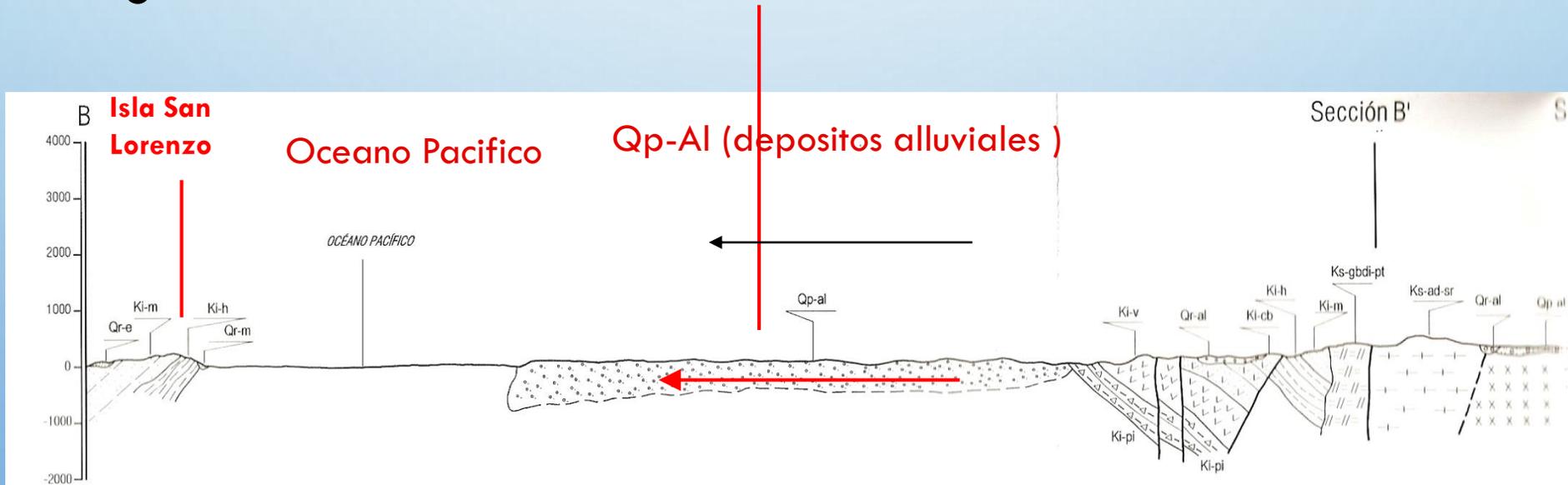
PLANO – LIMA SE ASIENTA SOBRE DEPÓSITOS ALUVIALES DEL RÍO RÍMAC QUE SE HAN SEDIMENTADO SOBRE UNA DEPRESIÓN PRE-EXISTENTE.

Fuente: Boletín 43. Serie A. Carta Geológica Nacional. Geología de los Cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica. Palacios, Caldas y Vela (1992) – INGEMMET.



PERFIL GEOLÓGICO (O A E)

Los depósitos aluviales en la planicies costeras donde se asienta Lima. Una depresión pre-existente fue rellena con gravas, cantos, bolones, areas y arcillas, formando un conglomerado.

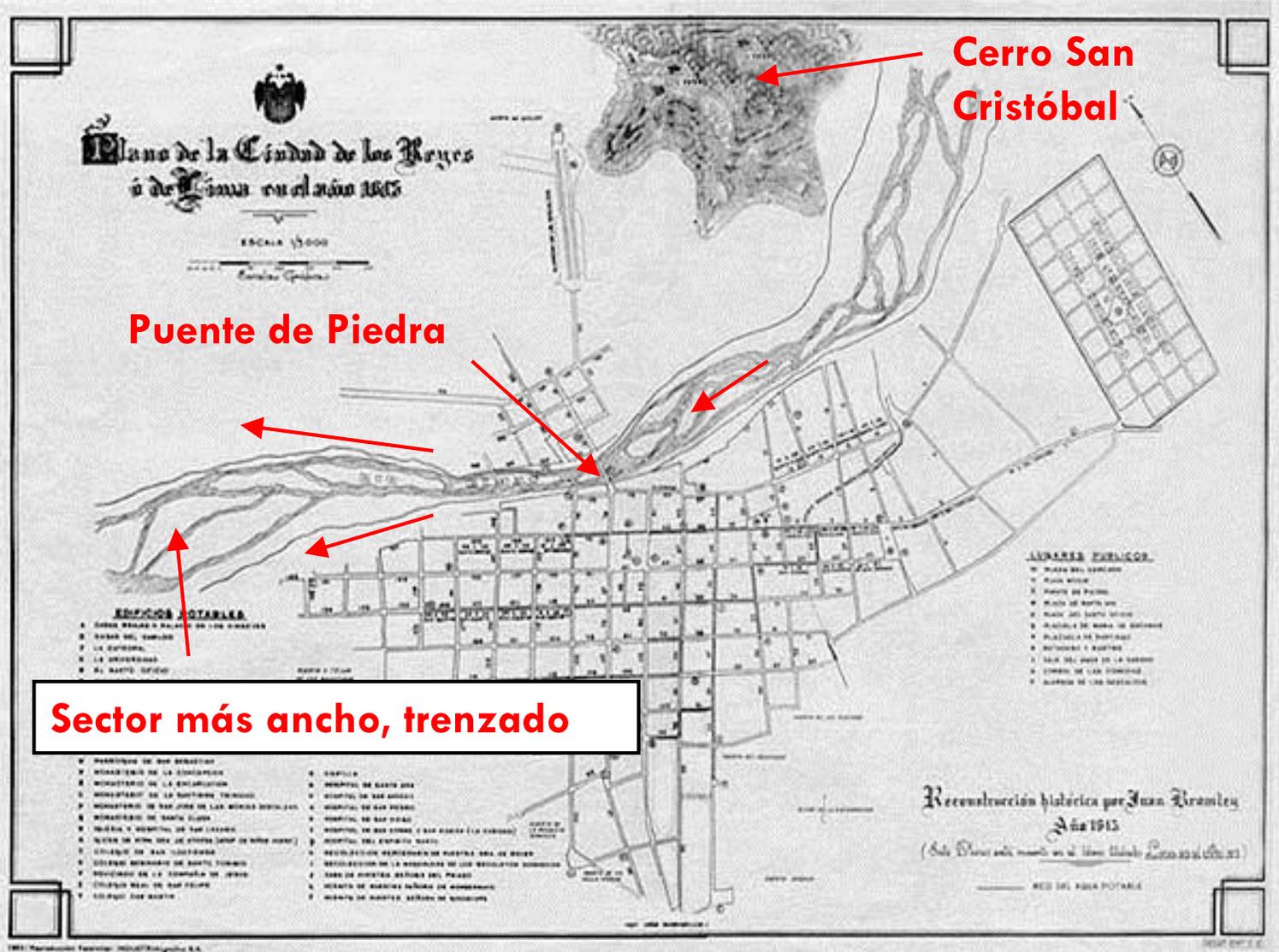


Fuente: Boletín 43. Serie A. Carta Geológica Nacional. Geología de los Cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica. Palacios, Caldas y Vela (1992) – INGEMMET.

• POSIBLES CAUSAS DE DEGRADACIÓN DEL CAUCE

- CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE DE PIEDRA (1610)
- CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO PARA LA VÍA DEL FERROCARRIL. (1870 – 1910)
- CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE DEL EJÉRCITO (1936).
- CONSTRUCCIÓN DE LA VÍA DE EVITAMIENTO – CARRETERA PANAMERICANA (1968).
- INCORPORACIÓN DE SEDIMENTOS POR CAMIONES DE BASURA.
- ESTRUCTURAS RÚSTICAS DE CONTROL DE EROSIÓN (POR OCUPANTES PRECARIOS).
- TODAS LAS ANTERIORES?.

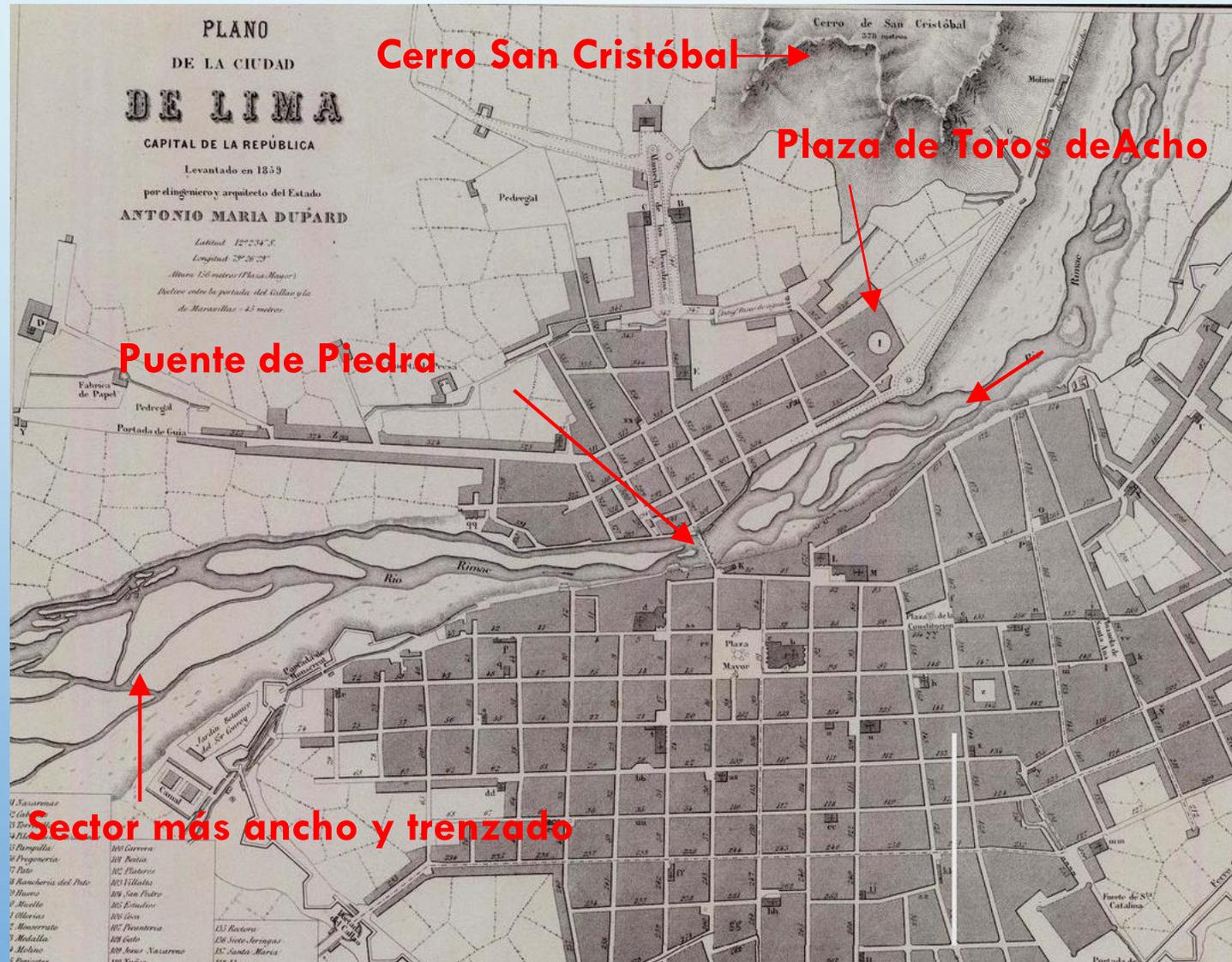
RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA DEL ORDENAMIENTO DE LIMA (1613)



VISTA DEL PUENTE DE PIEDRA (CONSTRUIDO EN 1610)



MAPA TOPOGRAFICO DE LIMA (A.M. DUPARD, 1859)



DATOS SOBRE EL PUENTE DEL EJÉRCITO

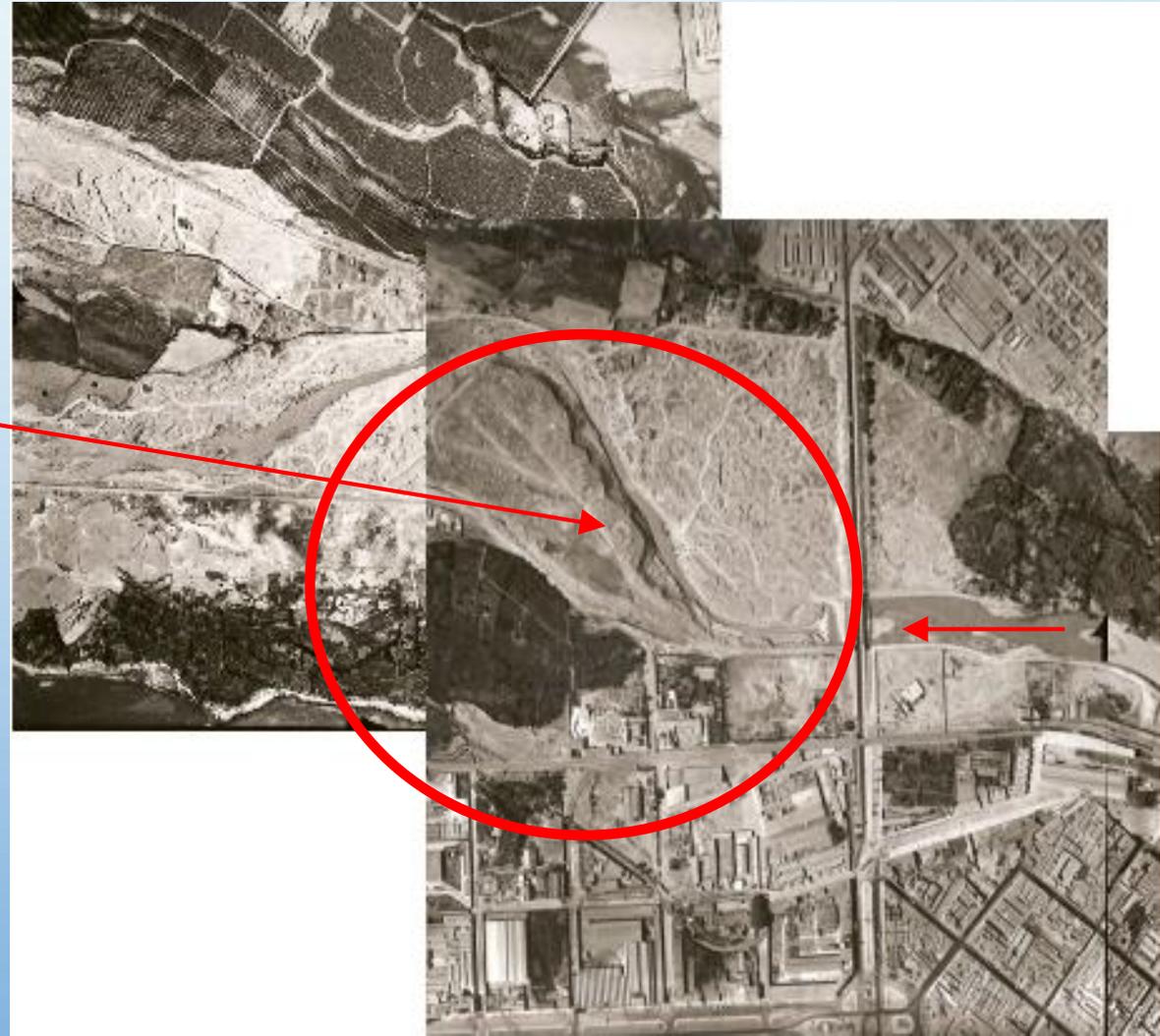
- EL PUENTE DEL EJÉRCITO FUE CONSTRUIDO POR FERROSTAL-ESSEN, UNA EMPRESA ALEMANA EN 1936 EMPLEANDO UNA SUPERESTRUCTURA FABRICADA POR GUTE HOFFNUNGHHUSTE EN ALEMANIA.
- LONGITUD Y ANCHO: 60 M Y 13 M, RESPECTIVAMENTE.
- LAS PLANICIES DE INUNDACIÓN DE LA MARGEN DERECHA → OCUPADAS POR UN RELLENO QUE DABA ACCESO AL PUENTE.
- EL ESTRECHAMIENTO DE LA SECCIÓN DEL RÍO CONDUJO A UNA ALTA CONCENTRACIÓN DE DESCARGA EN UNA SECCIÓN MUY ANGOSTA Y UN AUMENTO EN LOS ESFUERZOS CORTANTES EN LA BASE DEL RÍO.
- ESTO INDUJO, A LA VEZ, UNA INCISIÓN QUE SE PROPAGÓ EN DIRECCIÓN AGUAS ABAJO. SE FORMÓ UN CANAL PILOTO DENTRO DE LA SECCIÓN ORIGINAL DEL RÍO Y CON EL TIEMPO EL RÍO SE VOLVIÓ MÁS ANGOSTO Y MÁS PROFUNDO, FORMANDO UN CAÑÓN. HACIA 1941, SE FORMÓ UNA CAÍDA DE AGUA DE 4 M DE ALTO EN LA SECCIÓN DEL PUENTE DEL EJÉRCITO.

FOTOGRAFÍAS AÉREAS DE LIMA (SAN, 1944)



DETALLE – FOTOS AÉREAS DEL RÍO RÍMAC AGUAS ABAJO DEL PUENTE DEL EJÉRCITO – 1944 – SE FORMA EL “ENCAÑONAMIENTO”

El proceso de incisión empieza aguas abajo del puente del Ejército recientemente construido (1936)



**CASCADA EN EL
PUENTE DEL
EJÉRCITO Y
FORMACIÓN DE
UN CAÑÓN
URBANO DE 20 M
DE ALTO AGUAS
ABAJO DEL
PUENTE DEL
EJÉRCITO**



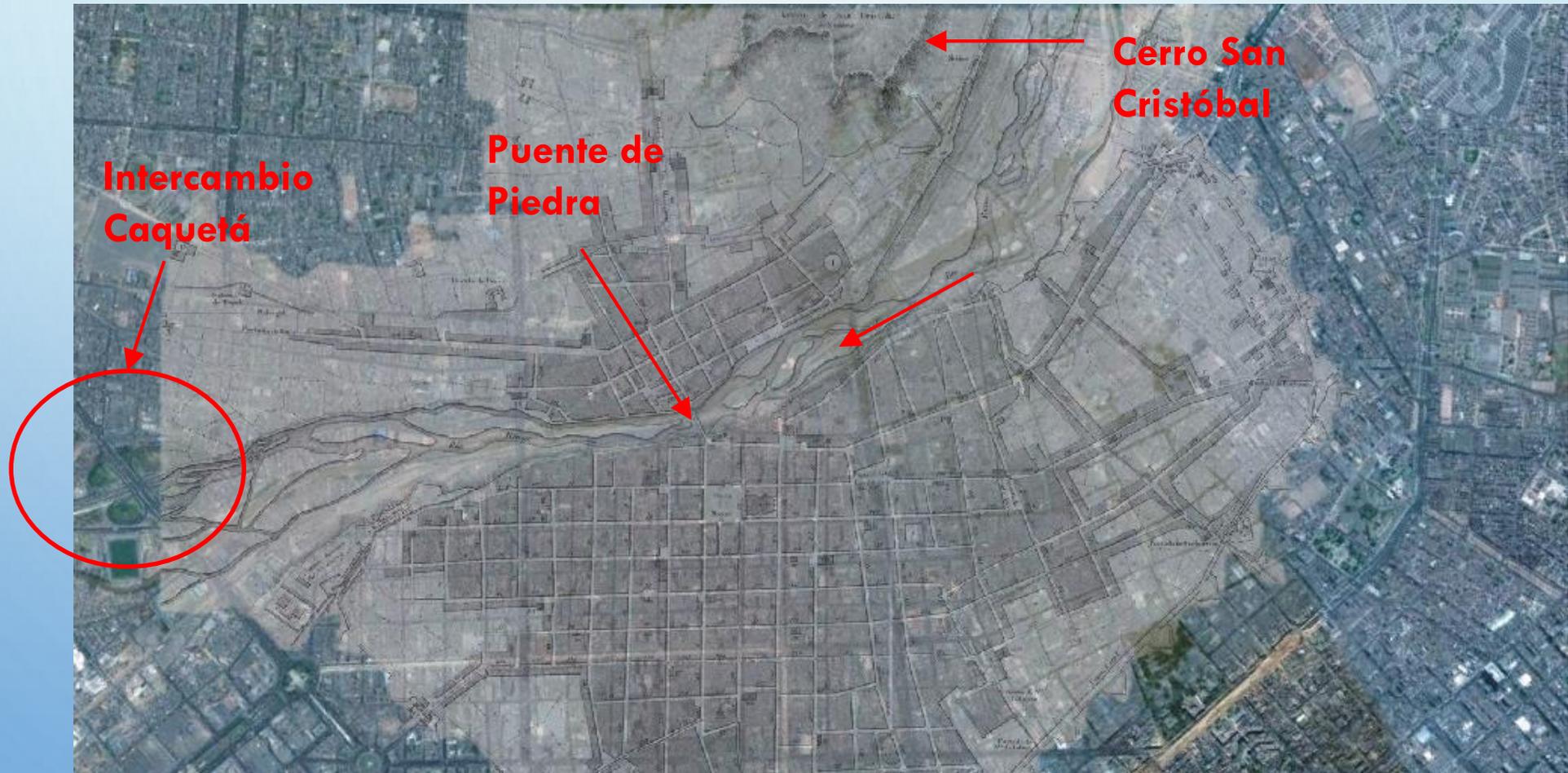
CAMBIOS MORFOLÓGICOS AGUAS ABAJO DEL PUENTE DEL EJÉRCITO

- LA FORMACIÓN DE LA CAÍDA DE AGUA, CUYA ALTURA AUMENTÓ CON EL TIEMPO, CONLLEVÓ A LA DESAPARICIÓN DEL CAMARÓN DE RÍO EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC.
- ESTA BARRERA FÍSICA, CUYA FORMACIÓN ES ANTROPOGÉNICA, DESCONECTÓ LAS SECCIONES BAJAS DEL RÍO DE LA CUENCA MEDIA, INTERRUMPIENDO LA RUTA MIGRATORIA DEL CAMARÓN DE RÍO. NO SE HAN HECHO ESFUERZOS PARA REINTRODUCIR ESTA ESPECIE EN EL RÍO RÍMAC.
- ESTE RÍO AÚN SIGUE SIENDO AFECTADO POR NUEVAS CONSTRUCCIONES

VISTA AÉREA DEL INTERCAMBIO VIAL CAQUETÁ EN LA VÍA DE EVITAMIENTO



MAPA OF LIMA (DUPARD, 1859) SOBREPUESTO CON IMAGEN SATELITAL (2009)



INVASION DEL CAUCE DEL RÍO RÍMAC (1968 – 2012)

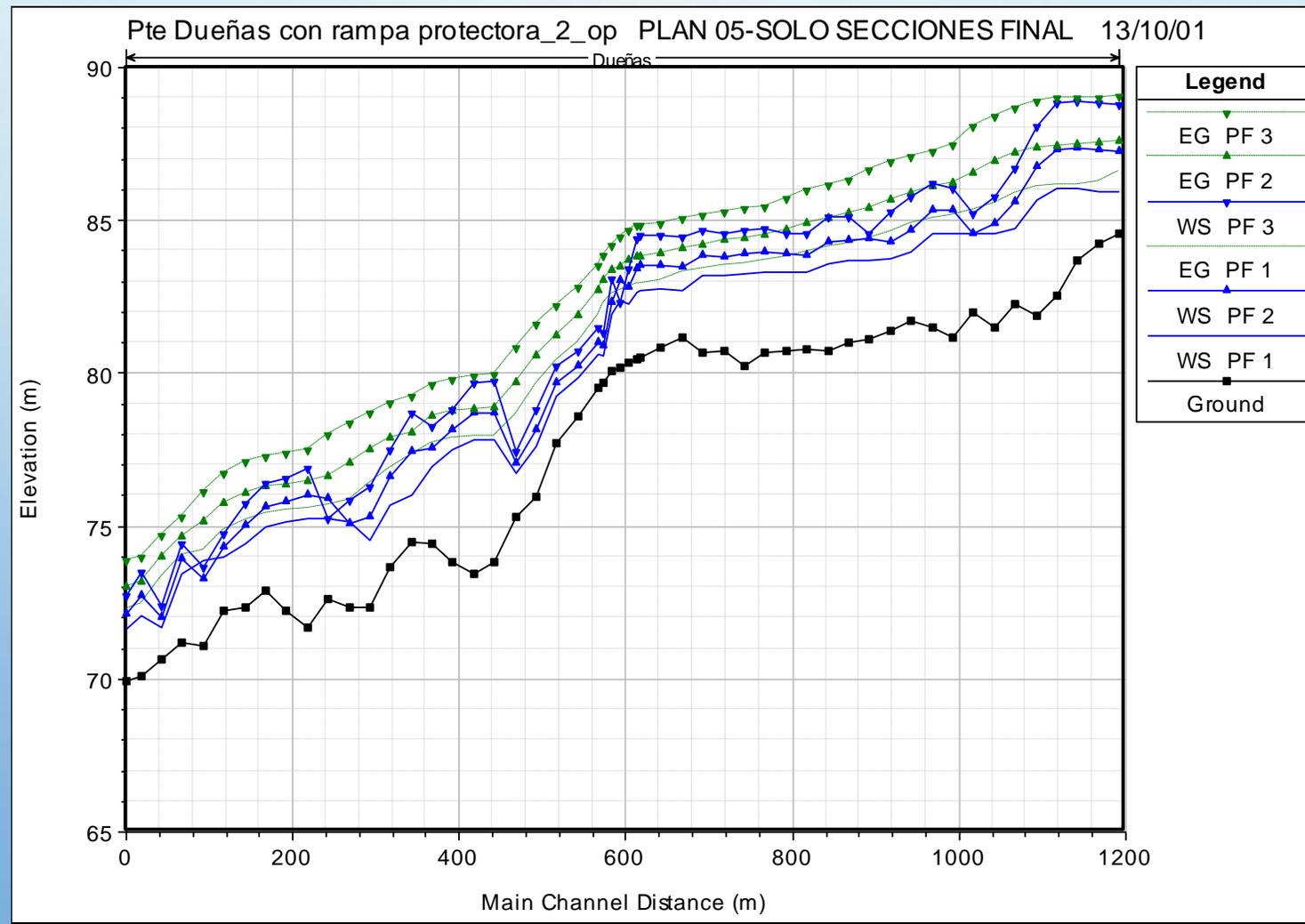


CONTROL DE EROSIÓN EN CUENCA BAJA DEL RÍO RÍMAC – SECTOR PUENTE DEL EJÉRCITO – AV. UNIVERSITARIA

PROTECCIÓN DE ELEMENTOS DE APOYO Y DEL CAUCE

- SE EFECTUARON TRABAJOS DE INYECCIÓN DEBAJO DEL PILAR CENTRAL.
- SE REALIZÓ UN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.
- CON CAUDALES DE DISEÑO DE ESTACIÓN R-2 (1920 - 2001) $T = 2$ AÑOS, $Q = 128.97 \text{ M}^3/\text{S}$; $T = 5$ AÑOS, $Q = 197.55 \text{ M}^3/\text{S}$.
- CON EL PROGRAMA HEC - RAS 2.2 B SE DETERMINARON:
 - NIVELES DE AGUA.
 - ESFUERZOS CORTANTES.

SALIDA GRÁFICA DE SIMULACIÓN HIDRÁULICA



CRITERIOS DE DISEÑO

- PROTECCIÓN DEL CAUCE: ENROCADO / ESPESOR: $2 D_{50}$. (CRITERIOS: FHWA, USACOE, CSU).
- AL PROTEGER EL CAUCE --> SE ELEVA LA RASANTE EN LA SECCIÓN DEL PUENTE.
- AGUAS ABAJO, ES NECESARIO LLEGAR AL CAUCE CON LA RASANTE NATURAL.
- AL FINAL SE FORMA UN SALTO HIDRÁULICO, SE INSTALA UN “PIE”.
- RAMPA PROTECTORA CON 2 PENDIENTES: AGUAS ARRIBA: 1.33 % Y AGUAS ABAJO: 3.65 %.

DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

- ESTABILIDAD DE MOMENTOS MODIFICADO (1971).
- $D_{50} = 5.23 S^{0.43} Q_D^{0.56}$ (ABT YJOHNSON, 1991)
 - D_{50} = TAMAÑO DE LA PARTÍCULA EN PULGADAS.
 - S = PENDIENTE EN PIES / PIE.
 - Q_D = CAUDAL UNITARIO

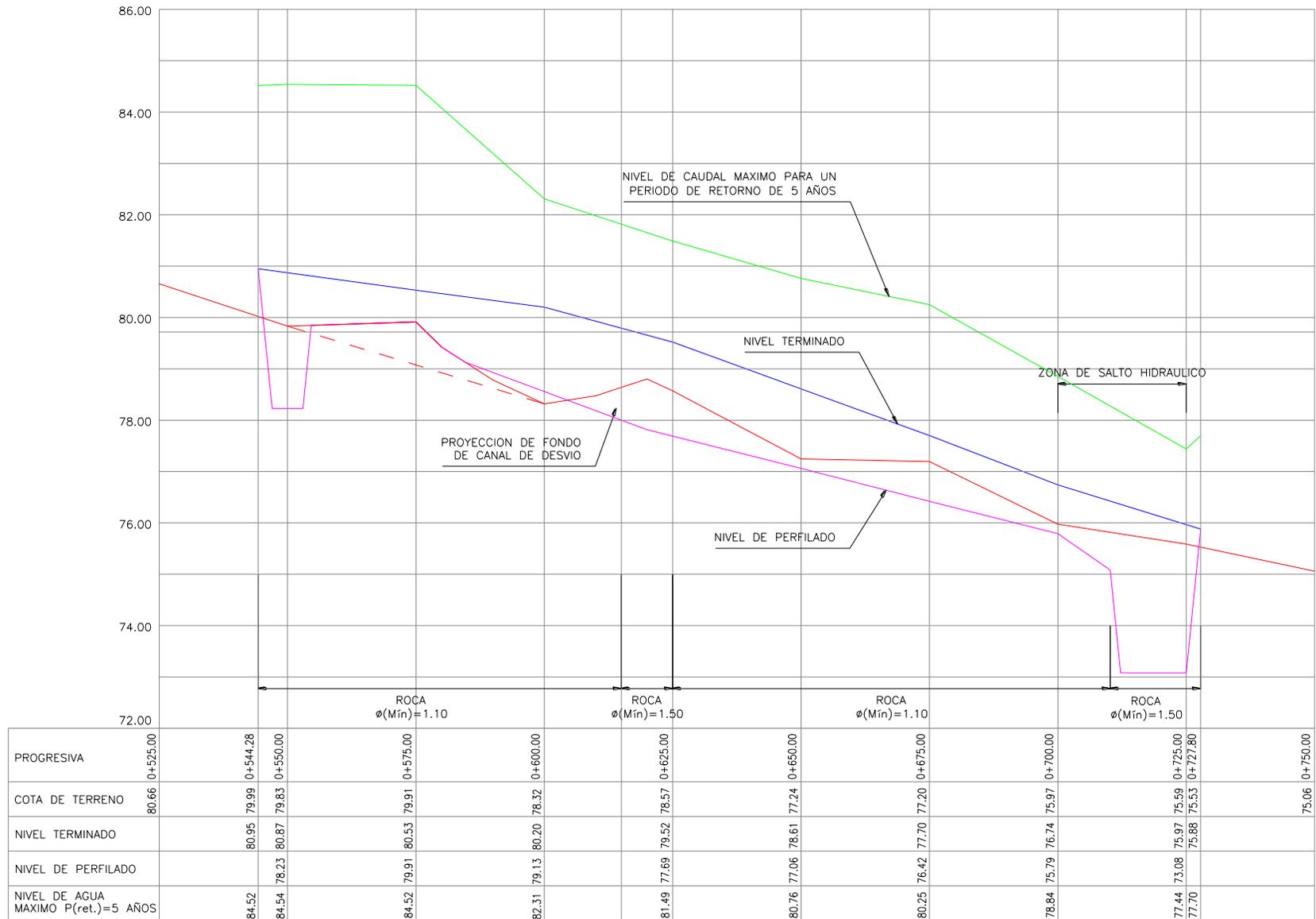
RESULTADOS - MÉTODO DE ESTABILIDAD DE MOMENTOS

Progresiva	T (años)	Esfuerzo Máximo (N/m²)	Diámetro (m)	Factor de seguridad
620	5	716.88	1.50	1.51
620	5	596.37	1.10	1.34
Demás	5	450	1.10	1.75

DISEÑO CON MÉTODO DE ABT Y JOHNSTON (1991)

Q (m ³ /s)	197.55
b(m)	9.50
q (m ² /s)	20.80
Factor de falla	1.35
Factor de concentración	2.50
q _f (m ² /s)	70.18
q _f (cfs/ft)	755.45
S	0.0365
D50 (pulg)	51.53
D50 (m)	1.31

DISEÑO DE RAMPA PROTECTORA



RAMPA PROTECTORA



1) Aguas Arriba



2) Puente



3) Aguas Abajo

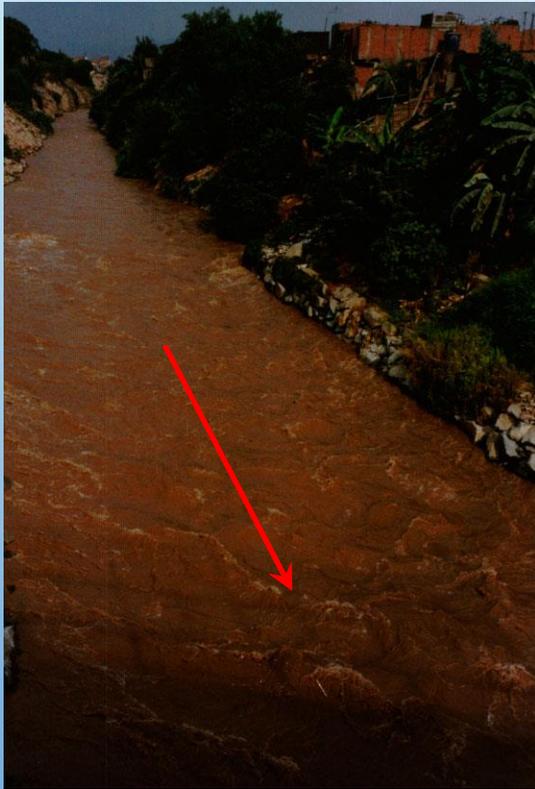
VISTA AGUAS ABAJO DE PUENTE DUEÑAS



COMPORTAMIENTO DE LA RAMPA

- EN LA TEMPORADA 2001-2002 EL CAUDAL PICO FUE $94 \text{ M}^3/\text{S}$.
- EN LA TEMPORADA 2002 -2003 EL CAUDAL PICO FUE $124 \text{ M}^3/\text{S}$.
LA ESTRUCTURA RESISTE EL PASO DEL AGUA.
- AGUAS ARRIBA DE LAS ESTRUCTURAS EL FLUJO ES SUAVE.
- AL LLEGAR AL QUIEBRE DE LA RAMPA EL FLUJO SE VUELVE TURBULENTO.

COMPORTAMIENTO DE LA RAMPA EL AÑO 2003



Flujo aguas arriba del puente



Flujo aguas abajo del puente



Detalle - Flujo aguas abajo del ³⁹ puente

FUNCIONAMIENTO DE LA RAMPA (2001 – 2014)

- LA RAMPA FUNCIONÓ **SATISFACTORIAMENTE POR 14 AÑOS**, HASTA QUE FUE **REMOVIDA DURANTE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS DEL PROYECTO LÍNEA AMARILLA**.
- SE AMPLIÓ EL CAUCE POR EL LADO DERECHO DESDE UN PUNTO UBICADO AGUAS ARRIBA DEL PUENTE DUEÑAS HASTA ALGUNAS DECENAS DE METROS AGUAS ABAJO DEL PUENTE.
- AGUAS ABAJO DEL PUENTE LA MML CONSTRUYÓ UN PEQUEÑO CENTRO DEPORTIVO.
- DURANTE LAS CRECIDAS DEL RÍO RÍMAC SE EROSIONÓ, PERDIENDO PARTE DE LA PLATAFORMA.

ALTERACIONES DEL CAUCE EN EL AÑO 2015



- EN EL AÑO 2015 LA RAMPA DE ROCAS FUE DESINSTALADA PARA ABRIR EL VANO DERECHO DEL PUENTE. SIN EMBARGO, AGUAS ABAJO EL CAUCE MANTUVO EL ANCHO Y SE GENERÓ UN PATRÓN DE FLUJO QUE DESTRUYÓ UNA ZONA RECREATIVA.

ALTERACIONES AL CAUCE – VISTA DESDE AGUAS ABAJO

Remoción de enrocado de antiguas márgenes del río.

- EN LA FOTOGRAFÍA SE PUEDE VER QUE LA RAMPA FUE DESARMADA Y SE HA ENSANCHADO EL CAUCE PERMITIENDO EL PASO POR EL VANO DERECHO.

COLAPSO DE PLATAFORMA – MARGEN DERECHA DEL RÍMAC – AGUAS ABAJO DE PUENTE DUEÑAS



- EL VANO DERECHO DEL PUENTE DUEÑAS GENERÓ UN FLUJO QUE IMPACTÓ DIRECTAMENTE CON LA MARGEN DERECHA DEL RÍO RÍMAC.

Fuente: El Comercio. <http://elcomercio.pe>

CONTROL DE EROSIÓN EN OBRAS DEL METRO DE LIMA

DESARROLLADAS EN MODELO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO NACIONAL DE HIDRÁULICA

FUNCIÓN DE TRAVIESAS

- LAS TRAVIESAS SON ESTRUCTURAS CONSTRUIDAS EN EL LECHO, A LO ANCHO DE UN CAUCE (DE ORILLA A ORILLA), DE BAJA ALTURA, INCLUSO SIN SOBRESALIR QUE ACTÚAN COMO UN PUNTO FIJO SOBRE EL CUAL EL PERFIL DEL CAUCE “BASCULA”.
- FUNCIÓN: FIJAR EL CAUCE EN UNA COTA A LO LARGO DE LA SECCIÓN QUE PROTEGEN.
- AGUAS ABAJO SE GENERA UN FOSO DE EROSIÓN POR EL PASO DEL AGUA.
- ESTÁN SUJETAS A LA ABRASIÓN POR PASO DE MATERIAL DE FONDO DEL CAUCE.



Adaptación en UPC Commons: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3306/54985-5.pdf?sequence=5>



Fuente: LNH (2013)

ESTABILIZACIÓN DEL CAUCE MEDIANTE TRAVIESAS

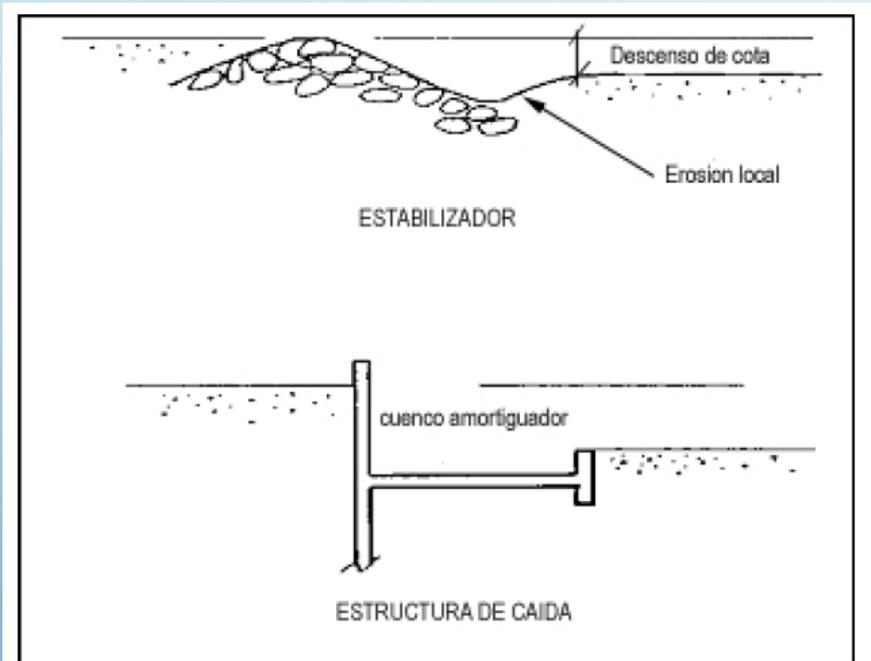


Fig. 5 Estructuras de control del perfil según el USACE (USACE, 1994).

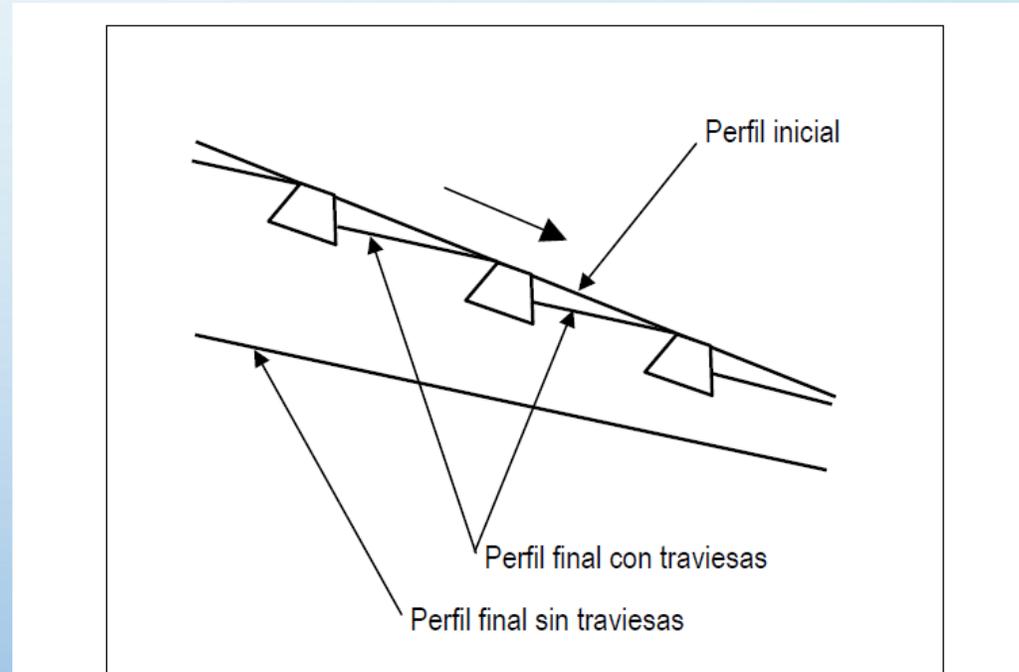


Fig. 6 Evolución del perfil con y sin la presencia de traviesas según USACE (1994).

Adaptación en UPC Commons: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3306/54985-5.pdf?sequence=5>

ESTUDIO DE UN MODELO FÍSICO A ESCALA REDUCIDA DEL PROYECTO DE LAS OBRAS COMPLEMENTARIAS QUE SE REALIZARÁN SOBRE EL RÍO RÍMAC

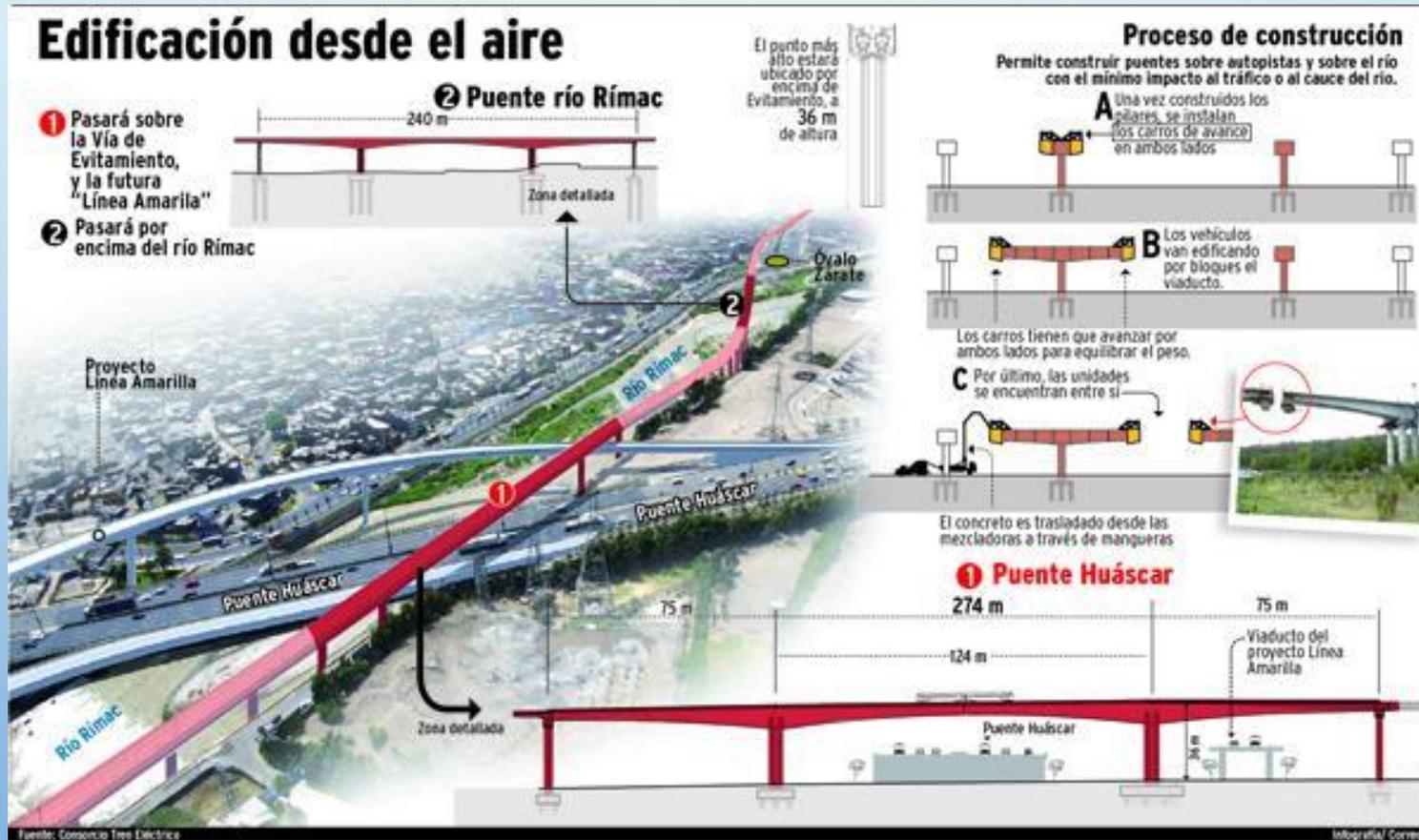
- EL OBJETIVO FUE ESTUDIAR, MEDIANTE UN MODELO FÍSICO A ESCALA REDUCIDA, EL PROYECTO DE LAS OBRAS COMPLEMENTARIAS QUE SE REALIZARÁN SOBRE EL RÍO RÍMAC.
- ESTAS OBRAS TIENEN LA FINALIDAD DE PROTEGER, ANTE LA OCURRENCIA DE AVENIDAS EXTRAORDINARIAS, A LA SUBESTRUCTURA DEL VIADUCTO ELEVADO DEL METRO DE LIMA, QUE SE DESARROLLARÁ EN EL CAUCE DEL RÍO RÍMAC PARALELO Y PRÓXIMA A LA RIBERA IZQUIERDA, A LOS PILARES DEL PUENTE DEL TREN QUE SE PROYECTARÁ SOBRE LA VÍA DE EVITAMIENTO, Y A LOS ESTRIBOS Y PILARES DEL PUENTE HUÁSCAR EXISTENTE, Y A LAS RIBERAS DEL RÍO EN EL TRAMO DE INTERÉS.
- EL MODELO FUE CONTRATADO POR EL CONSORCIO METRO DE LIMA.

SIMILITUDES A ESCALA

- SIMILITUD GEOMÉTRICA
- SIMILITUD CINEMÁTICA
- SIMILITUD DINÁMICA

MAGNITUD	SÍMBOLO	VALOR NUMÉRICO
Longitud	$L_p/L_m = L^{1,0}$	40,00
Velocidad	$V_p/V_m = L^{0.5}$	6,33
Tiempo	$T_p/T_m = L^{0.5}$	6,33
Caudales	$Q_p/Q_m = L^{5/2}$	10 119,29

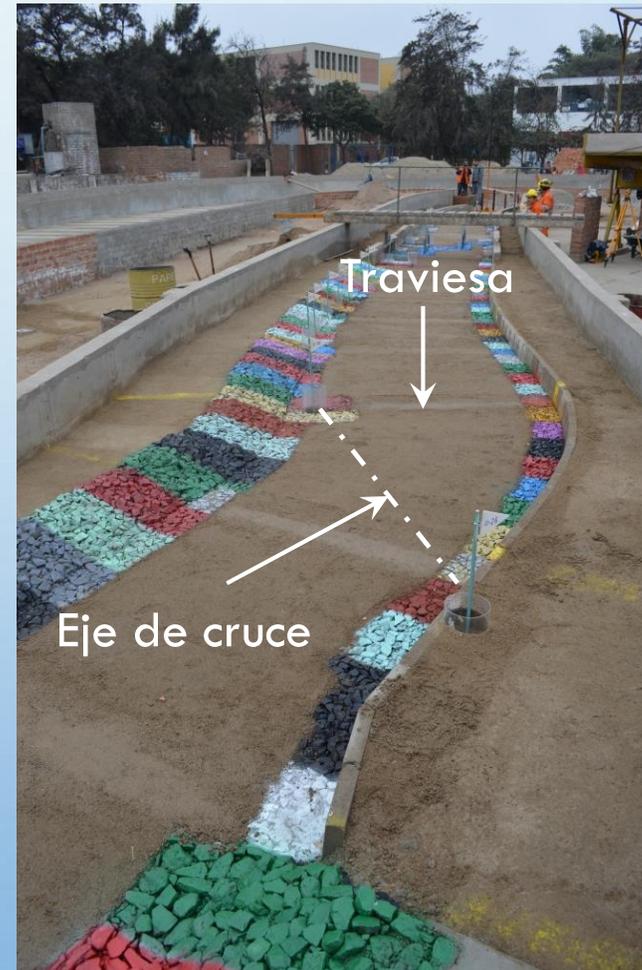
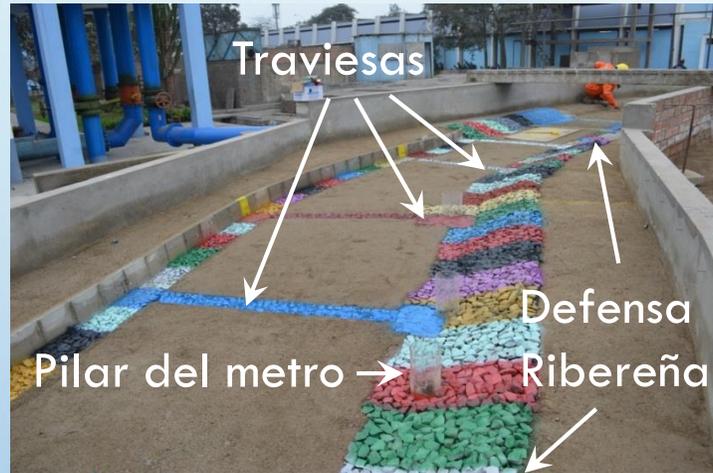
REPRESENTACIÓN A ESCALA DE OBRAS DE CRUCE



OBRAS DE CONTROL DE EROSIÓN EN EL METRO DE LIMA

- EL DISEÑO DE LA PROTECCIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL METRO DE LIMA FUE PROBADO EN MODELO HIDRÁULICO EN EL LABORATORIO NACIONAL DE HIDRÁULICA.
- LA PROTECCIÓN CONSISTIÓ EN UNA SERIE DE OBRAS DE CONTROL DE EROSIÓN, ENTRE ELLAS, TRAVIESAS PARA IMPEDIR LA PROFUNDIZACIÓN DEL CAUCE, DEFENSAS RIBEREÑAS PARA IMPEDIR LA EROSIÓN DE LA MARGEN DERECHA Y OBRAS DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA ALREDEDOR DE ALGUNAS CIMENTACIONES DE PUENTES.
- VÉASE LAS SIGUIENTES VISTAS

MODELO HIDRÁULICO – CRUCE DEL TREN ELÉCTRICO



ENSAYOS EN MODELO HIDRÁULICO



ZONA DE CRUCE DEL METRO DE LIMA



Fuente: <http://ojo.pe/noticias/metro-de-lima/>

16 de marzo de 2016

Sin embargo, el gerente de Relaciones Institucionales del Metro de Lima, Rodrigo Fernández de Paredes, salió al frente para señalar que no existe ningún peligro de caída de las bases de la Línea 1 y por el contrario el transporte está garantizado. “Comentarle a la población, a los clientes y usuarios que la seguridad está garantizada, no hay ningún tipo de riesgo, ni de colapso, ni nada que dañe las instalaciones. En la parte constructiva, cuando recibimos la obra, nos hemos cerciorado que los estándares de calidad cuenten con lo que solicita la norma”, señaló.

Rodrigo Fernández de Paredes reveló que **los pilares del Metro de Lima fueron sometidos a pruebas hidráulicas simulando caudales muchos más altos de lo que en la práctica se podría dar.**

“Bajo esa premisa, no existe riesgo de colapso, ni debilitamiento para tranquilidad de los usuarios”, agregó.

CONTROL DE EROSIÓN EN MARGEN DERECHA DEL RÍO RÍMAC – SECTOR MORÓN

EROSIÓN EN MARGEN DERECHA DE RÍO RÍMAC – AGUAS ABAJO DE LOS GIRASOLES EN 2001



- LA EROSIÓN HABÍA OCASIONADO LA PÉRDIDA DE DOS HECTÁREAS EN TERRENO DE INMOBILIARIA DESDE SU COMPRA



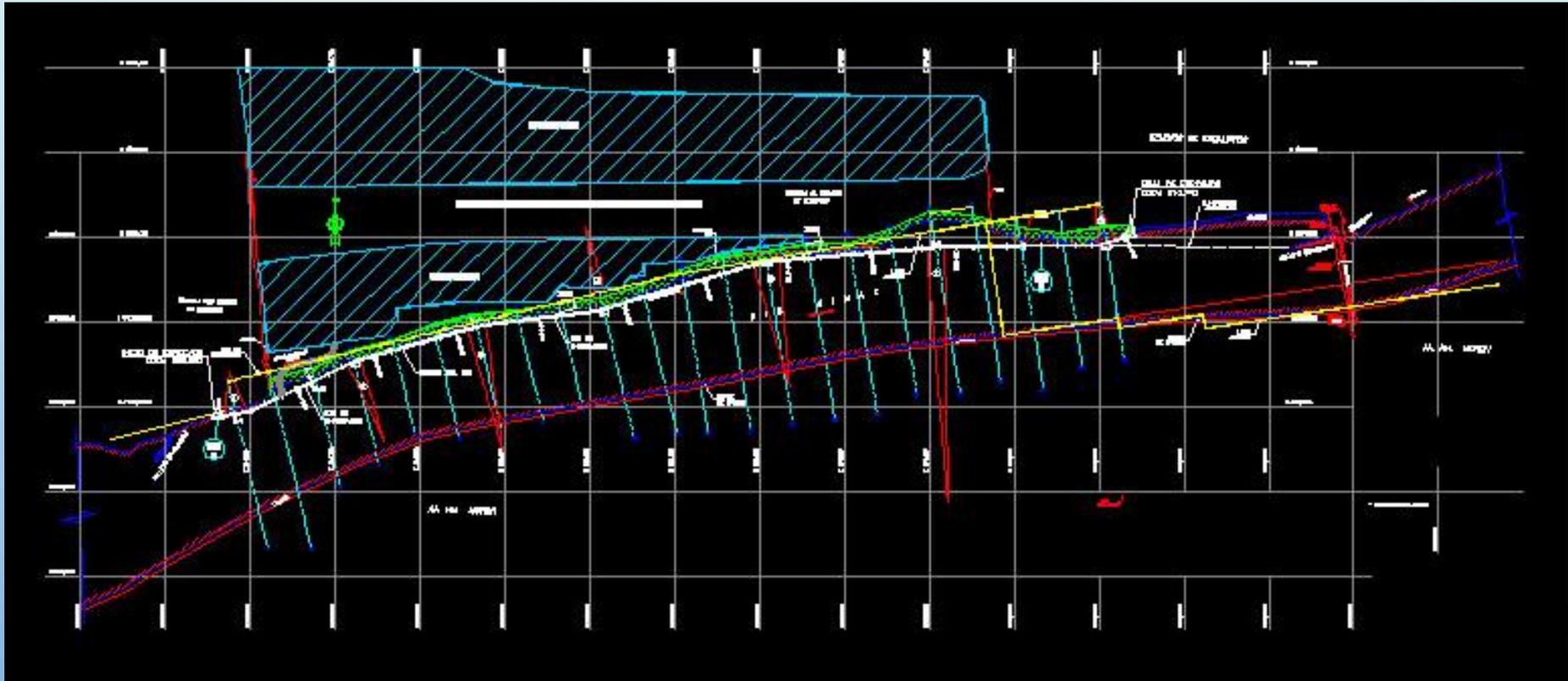
CONSIDERACIONES DE DISEÑO

- SE EMPLEÓ LA “SERIE LARGA” DE DATOS (1920 – 2001) Y SE ESTIMÓ LOS CAUDALES DE LAS AVENIDAS CUYO PERIODO DE RETORNO ERAN 100 Y 500 AÑOS.
- LA AVENIDA DE 100 AÑOS SIRVIÓ TANTO PARA DELIMITAR EL NIVEL DEL AGUA ESTIMADO COMO PARA DIMENSIONAR LOS ELEMENTOS DE APOYO.
- LA AVENIDA DE 500 AÑOS SIRVIÓ PARA DETERMINAR EL NIVEL DE LA COTA SUPERIOR DE LA CORONA DEL ENROCADO.
- SE EJECUTÓ UN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO EN MÁS DE 1 500 M DEL RÍO.

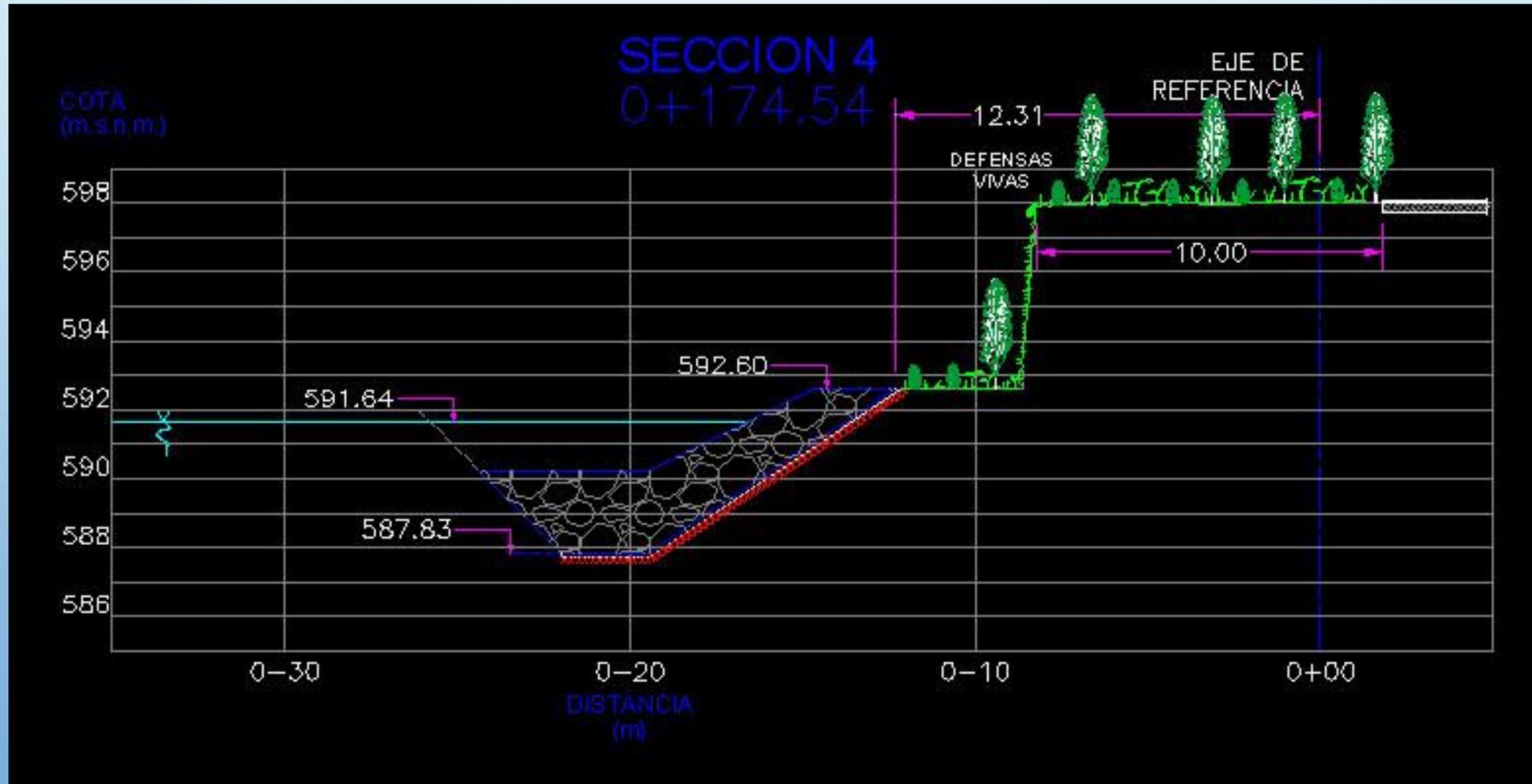
SECCIONES TRANSVERSALES



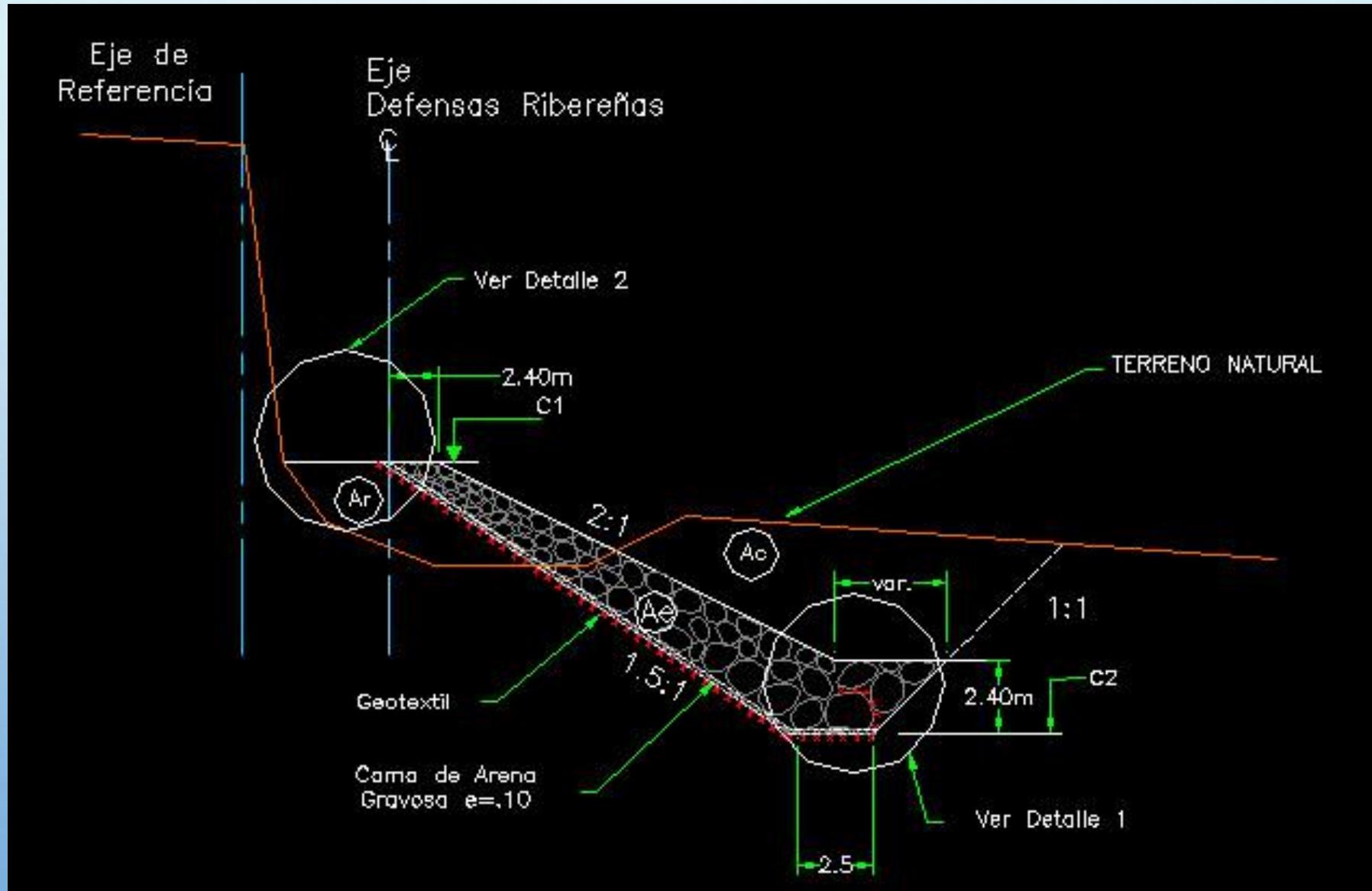
PLANTA - UBICACIÓN DE LAS SECCIONES



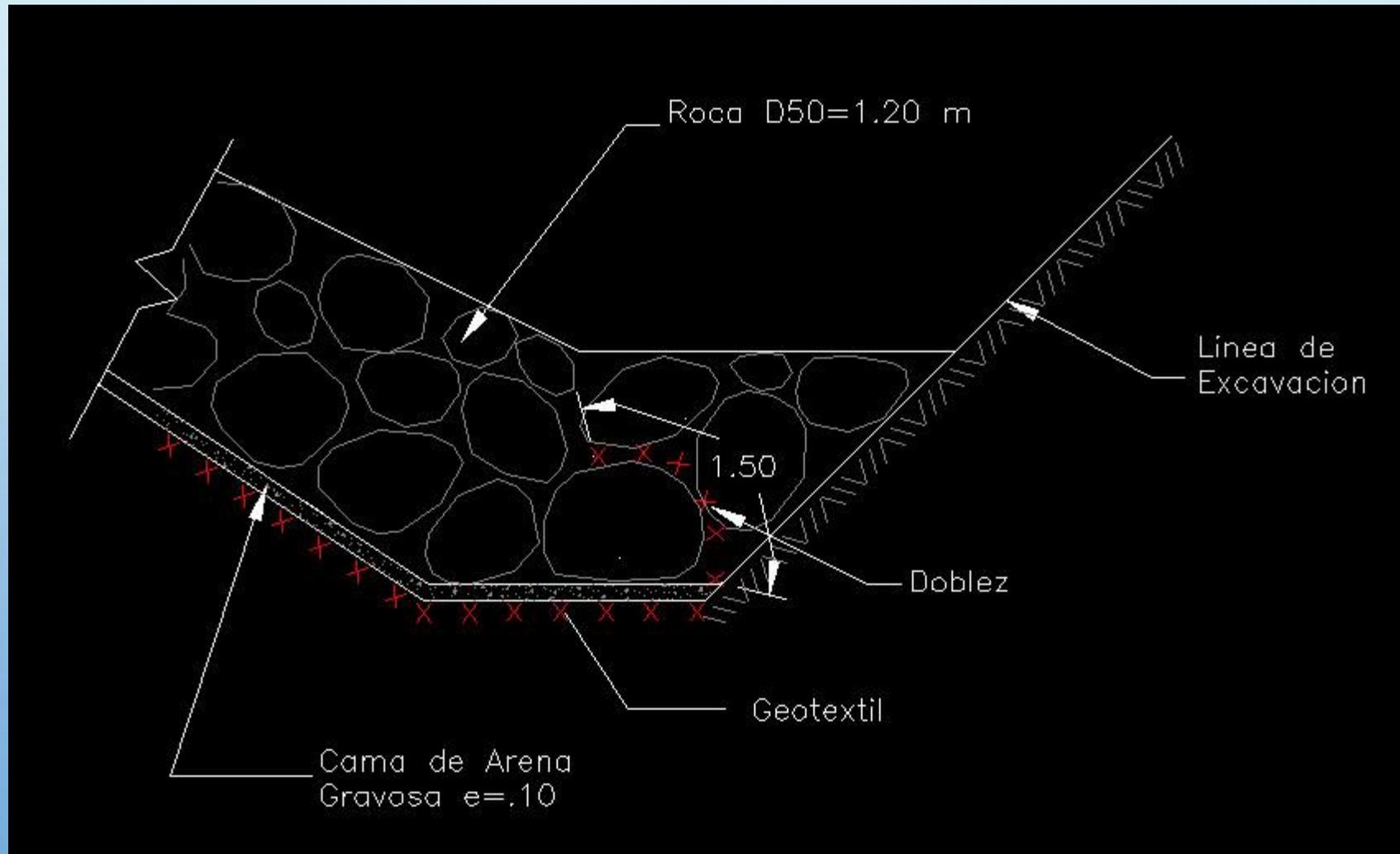
SECCIÓN 4 - MARGEN DERECHA



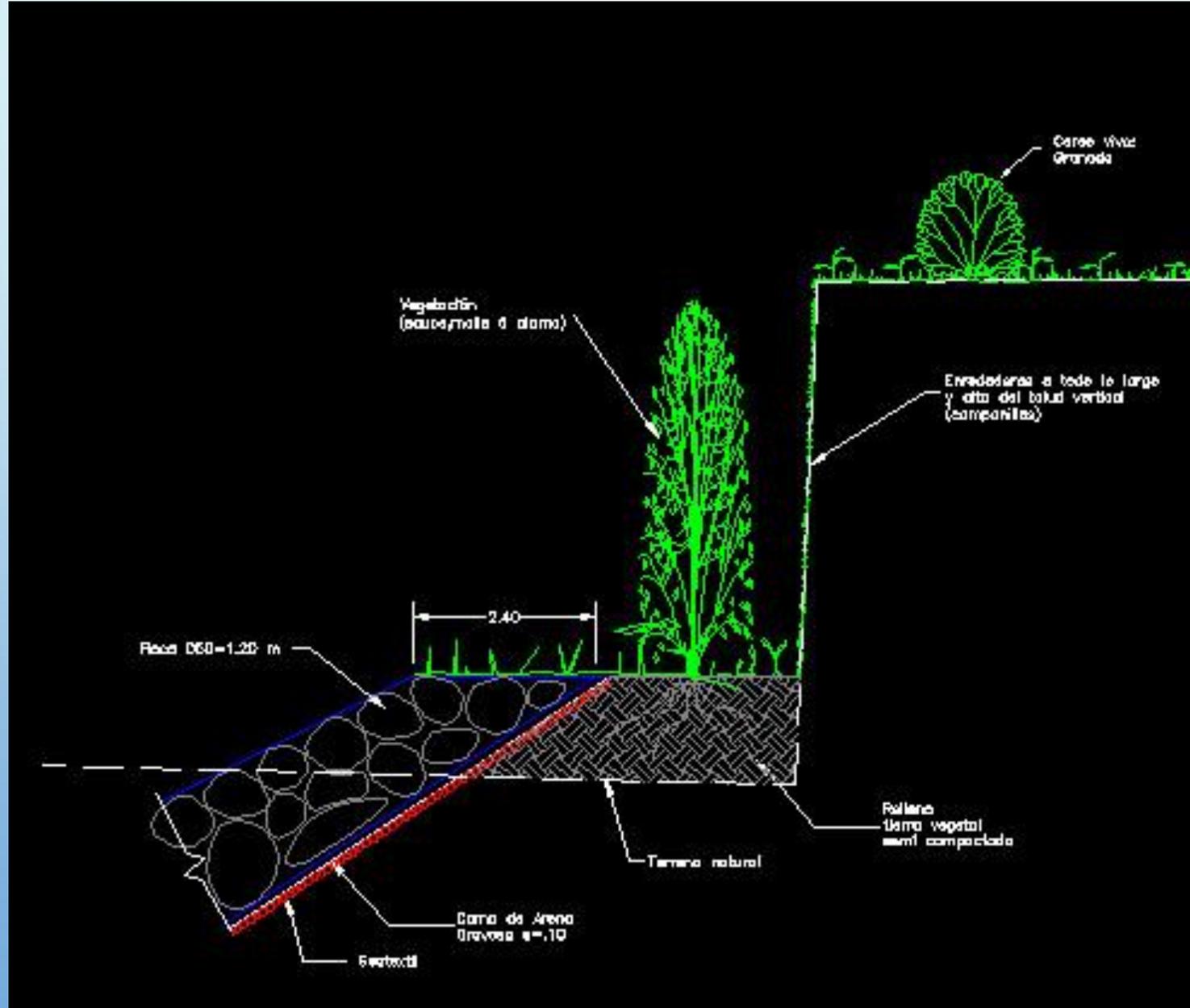
SECCIÓN TÍPICA DE ENROCADO

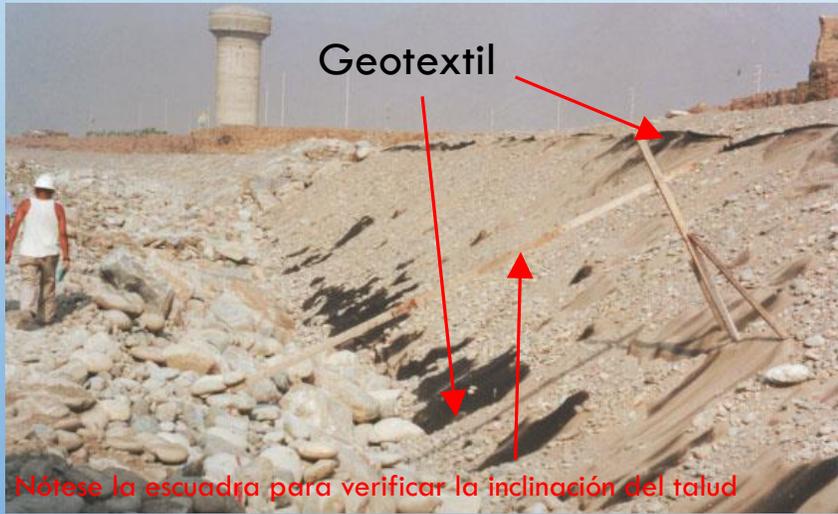
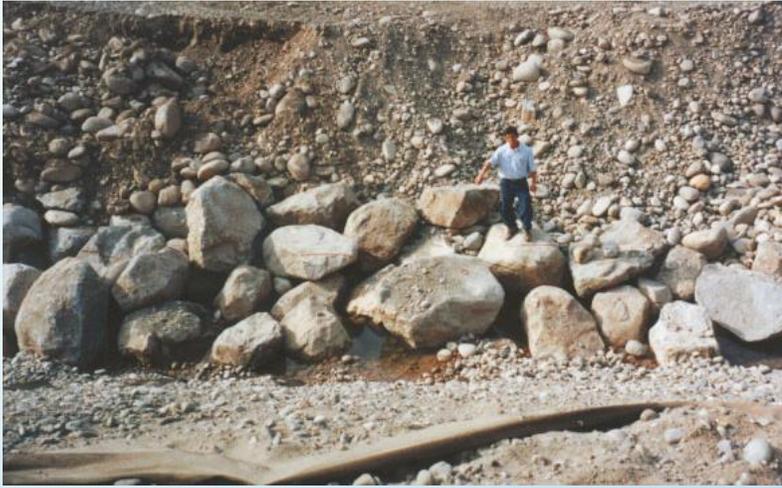
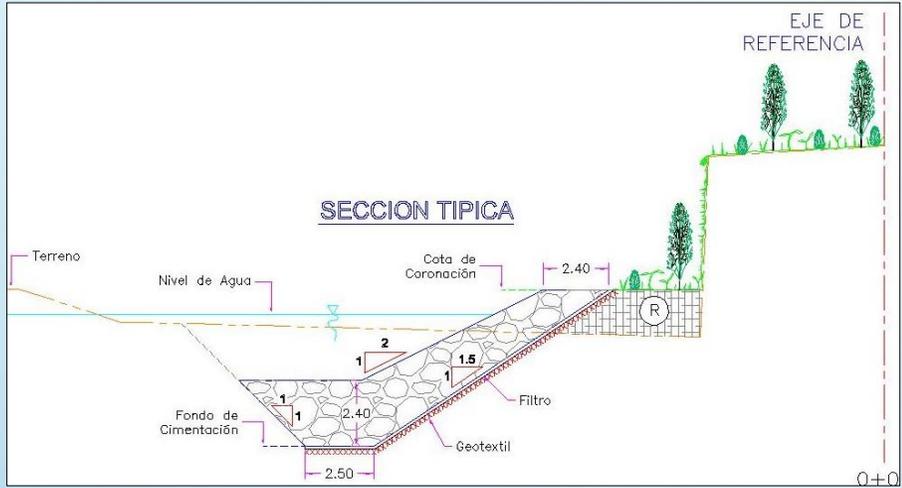


DETALLE DE COLOCACIÓN DE GEOTEXTIL



DETALLES OBRAS DE CONTROL DE EROSIÓN





CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES (1)

- LA PRINCIPAL CAUSA DE LA DEGRADACIÓN EXCESIVA DEL CAUCE DEL RÍO RÍMAC EN SU TRAMO BAJO FUE LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE DEL EJÉRCITO EN 1936. LA SECCIÓN TRANSVERSAL FUE REDUCIDA EN EL ANCHO LO QUE LLEVÓ A LA INCISIÓN DEL CAUCE.
- SE ANALIZÓ EN FORMA EXHAUSTIVA DATOS HISTÓRICOS Y DE CAMPO.
- EN EL PUENTE DEL EJÉRCITO SE FORMÓ UNA CASCADA.
- LA INCISIÓN DEL CAUCE SE PROPAGÓ EN DIRECCIÓN AGUAS ABAJO, AFECTANDO LAS OBRAS DE CRUCE, INCLUSO HASTA EL DÍA DE HOY.

CONCLUSIONES

- EL TAMAÑO DE ROCAS DE 1.1 M EN LA RAMPA AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO RESULTÓ EFECTIVO PARA EL CONTROL DE EROSIÓN COMO MEDIDA TEMPORAL.
- EL MÉTODO DE ESTABILIDAD DE MOMENTOS SIMPLIFICADO Y EL DE ABT Y JOHNSON ARROJAN RESULTADOS SIMILARES EN EL CÁLCULO DEL DIMENSIONAMIENTO DEL ENROCADO DE PROTECCIÓN.
- LA RAMPA DE ROCAS PROTEGIÓ DE MANERA EFECTIVA EL CAUCE DEL PUENTE DUEÑAS CONTRA LA SOCAVACIÓN QUE OCURRE DESDE OCTUBRE DE 2001 HASTA PRINCIPIOS DEL AÑO 2014. SIN EMBARGO, SE VOLVIÓ INESTABLE AL REMOVER ESTA OBRA.

CONCLUSIONES

- LAS TRAVIESAS SON UN MEDIO EFECTIVO DE PROTECCIÓN DE RÍOS DE FUERTE PENDIENTE COMO EL RÍO RÍMAC. LA OBRA HA RESISTIDO ADECUADAMENTE LAS AVENIDAS QUE SE PRESENTAN EN EL RÍO RÍMAC CADA AÑO DESDE SU CONSTRUCCIÓN (2013 - 2014).
- HASTA EL MOMENTO NO SE HAN REPORTADO FALLAS EN LA OBRA, AUNQUE AL ESTAR SOMETIDA A LA ABRASIÓN DEL RÍO, DEBEN HABER INSPECCIONES FRECUENTES, SOBRE TODO DURANTE LA ESTACIÓN DE LLUVIAS (DICIEMBRE-ABRIL) Y DARLE MANTENIMIENTO A LA OBRA DONDE RESULTE NECESARIO.

CONCLUSIONES

- EN RÍOS DE FUERTE PENDIENTE, COMO EL RÍO RÍMAC, LAS DEFENSAS LINEALES PUEDEN SER MUY EFECTIVAS EN CONTROLAR LA EROSIÓN DE LAS MÁRGENES.
- LAS DEFENSAS DE SOL DE HUAMPANÍ FUERON INSTALADAS HACE 16 AÑOS Y SIGUEN FUNCIONANDO DE MANERA ADECUADA. DE TODOS MODOS, EN ESTAS OBRAS SE RECOMIENDA INSPECCIONES FRECUENTES DURANTE LA ESTACIÓN DE LLUVIAS Y MANTENIMIENTO, QUE CONSISTE EN REPONER LAS ROCAS QUE HUBIERAN PODIDO HABERSE DESPRENDIDO DEL ENROCADO DURANTE UN EVENTO EXTREMO.

RECOMENDACIONES

- EN FUTURAS RAMPAS DE ROCAS SERÍA RECOMENDABLE ANALIZAR EL EFECTO DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA Y AERACIÓN DEL AGUA QUE CHOCA CON EL ENROCADO. POSIBLEMENTE ESTA ESTRUCTURA PERMITA LA SALIDA DE GASES DISUELTOS MEJORANDO LA CALIDAD DEL AGUA.
- SE PUDO APROVECHAR LA OBRA PARA PERMITIR EL MEDIO AMBIENTE CON TÉCNICAS DE SUELO BIOINGENIERÍA. ESTE TIPO DE SOLUCIONES DEBE VERSE COMO PARTE INTEGRAL DE LA INFRAESTRUCTURA Y EL ORNATO DE UNA METRÓPOLI.

RECONOCIMIENTOS

- PARTE DE ESTA PRESENTACIÓN SE BASA EN LA TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DEL SEGUNDO AUTOR. EL PRIMER AUTOR GUIO EL DESARROLLO DE ESTA TESIS.
- PARTE DE ESTA PRESENTACIÓN SE BASA EN EL ARTÍCULO “NARROWING OF THE RIMAC RIVER DUE TO ANTHROPOGENIC CAUSES – PARTIAL ENGINEERING SOLUTIONS”, PRESENTADO EN EL CONGRESO “WORLD ENVIRONMENTAL AND WATER RESOURCES CONGRESS 2011” EN EL QUE PARTICIPARON LOS AUTORES: J.M. KUROIWA, A.J. MANSEN, F.M. ROMERO, L.F. CASTRO AND R. VEGA.
- PARTE DE ESTA PRESENTACIÓN SE BASA EN EL ARTÍCULO: “LOSS OF AQUATIC SPECIES DUE TO INVASIVE INFRASTRUCTURE IN WESTERN SLOPE SOUTH AMERICAN RIVERS” CUYOS AUTORES SON JULIO KUROIWA Y JOSÉ VALLE.

GRACIAS POR SU ATENCION!

PREGUNTAS?

INFORMACION DE CONTACTO:

Julio M. Kuroiwa: jkuroiwa@uni.edu.pe
julio_kuroiwa2@yahoo.com

Teléfono: (51) (1) 481-1920 (Laboratorio Nacional de Hidráulica - UNI)