

# **I TALLER LATINOAMERICANO REDUCCION DE LOS EFECTOS DE LOS DESASTRES NATURALES EN LA INFRAESTRUCUTRA ENERGETICA**

## **ESTUDIO E IMPLEMENTACION DE OBRAS DE PROTECCION CONTRA EL FENOMENO DEL NIÑO CAMPOS PETROLEROS DEL PERU-LOTE X.**

**Ing. Juan José Oliveros Leiva  
PETROPERU FAX (544) 42-5582**

### **I. INTRODUCCION**

La costa norte del Perú es afectada periódicamente por "El Fenómeno del Niño", que son variaciones en la corriente marítima del mismo nombre que generan regímenes de lluvias excepcionales en cuanto a duración e intensidad, siendo la del año 1983 la más catastrófica presentada durante los últimos años.

El Lote X, perteneciente a Petróleos del Perú, se encuentra ubicado a aproximadamente 45 Km al Norte de la Ciudad de Talara, en la cual se desarrolla una de la más importantes industrias Petroquímicas del país. Se encuentra ubicado entre las Latitudes 4°30' y 4°37'Sur y las Longitudes 81°15' y 81°20'Oeste, ocupando un área de aproximadamente 425 Km<sup>2</sup>.

Dentro del Lote X encontramos toda una infraestructura destinada a producir y conducir las materias primas (petróleo y gas) hacia las Plantas de Refinación de Talara, entre ellas podemos mencionar:

- Red vial conformada por la Carretera Panamericana (asfaltada), Carreteras a Distritos de Producción (imprimadas) y caminos de accesos a Pozos (afirmados).
- Líneas de transferencia de crudo, gas, agua y electricidad.
- Estaciones de Bombeo, Estaciones de Compresores, Unidades de Bombeo y Baterías de Producción.

Las lluvias intensas del año 1983 han causado cuantiosos daños a la infraestructura del Lote X, siendo los más severos: el aniego y erosión a la red vial que paralizaron prácticamente el tránsito por tierra dentro de la zona y la rotura de

oleoductos y gasoductos en los cruces de quebradas.

### **II. ALCANCES**

El presente trabajo contempla el diseño y construcción de obras hidráulicas que permitan minimizar, dentro del período de vida de las diversas estructuras, los daños ocasionados por las aguas pluviales.

Los objetivos planteados fueron los siguientes:

- Protección de carreteras, a través de obras de cruce de las quebradas, (alcantarillas, puentes, etc.)
- Protección de oleoductos y gasoductos en el cruce de quebradas.
- Protección de pozos en el cauce de quebradas.

Se plantearon soluciones específicas, excepto cuando la similitud ameritó una solución genérica.

El procedimiento seguido fue el siguiente.

- Visita a los puntos más afectados por las quebradas (cruce de caminos, pozos, gasoductos y oleoductos)
- Fotointerpretación con el objeto de ubicar los caminos, cauces de quebradas, pozos, gasoductos, oleoductos y encontrar áreas de las cuencas.
- Levantamiento topográfico de puntos críticos.
- Estudio hidrológico de la zona (recopilación y procesamiento de datos de precipitación, bandas pluviográficas para

el análisis de tormentas, determinación de coeficientes de escorrentía y finalmente cálculo de los caudales de diseño)

- Diseño de las obras de protección: badenes alcantarillas, cunetas, muros de encauzamiento, mandiles, puentes etc.

### **III. MEMORIA DESCRIPTIVA**

#### **III.1.1 Topografía y fotointerpretación**

La zona entre la ciudad El Alto y el nivel del mar es bastante accidentada, pendientes muy elevadas y suelo areno-arcilloso que hace que los taludes sean fáciles de erosionar y/o socavar.

La visión estereoscópica de las fotografías aéreas (270) permitieron conocer la configuración del terreno hasta en las más pequeñas formas, determinándose con precisión la línea divisoria de las cuencas de las quebradas, la ubicación de los diversos caminos y cauces de quebradas.

Posteriormente se determinó el área de cada cuenca y la longitud de cada quebrada.

Se realizó el levantamiento topográfico de los puntos críticos con el objeto de determinar la magnitud de las obras de protección a ejecutar.

#### **III.1.2. Características geológicas.**

La zona del tablazo el Alto se encuentra cubierta de arenas correspondientes al cuaternario con potencias del orden probable de 15 m., debajo de estos depósitos subyacen formaciones rocosas correspondientes al terciario que llegan a aflorar en algunas partes.

### **III.2 Hidrología**

El estudio precisa determinar las curvas intensidad-duración de las tormentas partiendo de un pluviograma.

#### **III.2.1. Recopilación de información**

La región es una zona árida, sin embargo debido al Fenómeno del Niño, se producen precipitaciones pluviales intensas en los meses de Diciembre a Mayo, con periodos de retorno de 5

a 10 años.

Se tomaron datos de la estación Corpac Talara y la estación pluviográfica La Esperanza. Los datos de la primera abarcan desde 1943 a 1994 y la segunda de 1972 a 1992, con la diferencia de que ésta última cuenta con bandas pluviográficas que permiten realizar un análisis de tormentas.

#### **III.2.2. Correlación de datos**

La estación La Esperanza posee una buena correlación entre sus datos mensuales y la máxima precipitación diaria en el respectivo mes.

#### **III.2.3. Análisis de tormentas.**

De los datos de la Estación La Esperanza (período 1972-1992), se seleccionaron las bandas de las máximas tormentas de cada año, procediéndose a encontrar para cada lluvia máxima anual lo siguiente.

- Intensidad (mm/h) para cada intervalo de tiempo en que se produce un cambio apreciable.
- Gráfico intensidad-tiempo (Histograma).
- Intensidad máxima para diferentes períodos de duración (15, 30, 60, 120, 180, 240, 360 minutos).

Con los datos de intensidades máximas de todos los años del período se efectuó lo siguiente.

- Tabulación en orden cronológico para cada período de duración.
- Ordenación en forma decreciente para cada período de duración.
- Cálculos de frecuencia y período de retorno.
- Encontrar las intensidades máximas para la estación Corpac-Talara por correlación con las de La Esperanza.
- Construcción de curva intensidad-duración.

### **III.2.4 Análisis estadístico**

El diseño de obras de ingeniería requiere especificar valores máximos cuya magnitud tiene una recurrencia o período de retorno determinado.

Existen una serie de métodos estadísticos para encontrar eventos hidrológicos extremos, basándonos en estudios similares se eligió el Método de Gumbel para procesar la información anterior de intensidad-tiempo de duración, obteniéndose el gráfico del anexo.

### **3.2.5 Estimación de los caudales de escorrentía.**

Para estimar el escurrimiento superficial se utilizó el método propuesto por el Soil Conservation Service de los Estados Unidos:

**Método del Triángulo:** Se asemeja al Hidrograma Unitario de descargas, asume que las curvas de ascenso y recesión varían linealmente.

Este método utiliza los conceptos del escurrimiento directo, la altura, intensidad de precipitación, capacidad de infiltración, precipitación efectiva, tiempos de concentración, pico, base y permite calcular los caudales de diseño para diferentes períodos de retorno

## **III.3 Desarrollo del proyecto**

### **III.3.1. Diseño hidráulico.**

El diseño hidráulico de las diferentes estructuras de drenaje de las carreteras y quebradas que se encuentran ubicadas el lote X, se ha efectuado siguiendo las ecuaciones fundamentales que establecen los principios básicos de hidráulica, en lo referente a la continuidad de energía y cantidad de movimiento.

Debido a las pronunciadas pendientes, se ha establecido para la gran mayoría de casos, condiciones geométricas e hidráulicas, para un funcionamiento en flujo libre y crítico y/o supercrítico, de tal forma que se espera que las estructuras, cunetas, zanjas de intercepción, bordillos y alcantarillas, eviten el depósito de las arenas o colmatación. Donde las pendientes son muy elevadas, se ejecutarán estructuras disipadoras de energía, a fin de evitar posibles

erosiones de los taludes de la carretera..

### **3.1.1 Cunetas, bordillos y zanjas de intercepción**

#### **Cunetas**

Están sometidas a flujo transitorio, gradualmente variado, ya que se reciben un aporte lateral de gasto por cada metro de longitud.

Por facilidad de construcción se ha seguido el método Muskingum, el cual asume que el gasto máximo ocurre en el extremo aguas arriba del canal y se desplaza a lo largo del mismo sin aporte lateral.

La geometría de las cunetas se ha establecido en base a la fórmula de Manning, a partir de la pendiente, el gasto y el tipo de cubierta del canal.

Dadas las características topográficas de la zona y por su simplicidad constructiva, se ha preferido una sección triangular. Tomando como base los datos provenientes de la Hidrología y procediendo como se indicó anteriormente, se define un tirante máximo de  $y = 0.085$  m; sin embargo, considerando la posibilidad de arrastre de sólidos, recomendaciones prácticas establecen profundidades de 0.30 m a 0.50 m, por lo que se ha establecido una sección triangular de 0.30 m de profundidad y taludes de 1:1 y 1:2. Esta misma geometría ha sido comprobada para los puntos más críticos y, salvo excepciones indicadas expresamente en los planos, resulta la más eficiente para la generalidad de los puntos evaluados.

#### **Bordillos**

Los diques longitudinales o bordillos, se ejecutarán en zonas donde las quebradas tengan pendientes mínimas. Para su ejecución se usará el material de excavación de las cunetas y/o zanjas de intercepción.

#### **Zanjas de intercepción**

Evitan que el agua llegue a desestabilizar el terraplén de la carretera; se ha establecido se ejecuten con una profundidad de 1 m y talud 1:2, a 20 m aguas arriba del eje de la carretera. El caudal de diseño que se ha tomado para este caso,

corresponde a un período de retorno de 20 años.

### **III.3.1.2 Alcantarillas**

Conducen el agua de las lluvias proveniente de las cunetas y el mismo gasto de la quebrada hacia cauces naturales. Su costo está directamente ligado a los siguientes factores:

- Longitud del conducto.
- Posible colmatación por arrastre de material.
- Reparación del camino en el caso de desbordes.
- Mantenimiento de la alcantarilla y cunetas laterales
- Interrupción del tránsito.
- Seguridad.

Aparte de las alcantarillas en sí, las estructuras de entrada o salida, constituyen elementos importantes de la estabilización del talud de las carreteras, éstos tendrán un tratamiento especial dentro de la memoria descriptiva.

En la mayoría de los casos, se ha respetado el alineamiento y la pendiente del cauce natural en línea recta; sin embargo, para aquellas quebradas cuyas pendientes son muy elevadas, se han considerado estructuras disipadoras de energía tipo cajón en la entrada, y pendientes críticas o mayores a 2%, con estructuras de protección en la salida. Esto permite eliminar el potencial erosivo del escurrimiento superficial aguas arriba del tubo y un automantenimiento o limpieza de las alcantarillas gracias a las velocidades supercríticas dentro del tubo, minimizando por otro lado el potencial erosivo a la salida del mismo, al contar con pendientes menores a las naturales.

Para el diseño hidráulico se ha considerado la geometría de entrada, pendiente, dimensiones de la sección y condiciones de entrada y desfogue. El gasto de diseño es el correspondiente a un período de retorno de 50 años; sin embargo, por las condiciones de arrastre de sólidos que caracteriza a los flujos de la zona, se ha recomendado

incrementar las áreas hidráulicas de diseño entre 30%, 50% y 100%, conforme la topografía lo requiera, con el objeto de minimizar los costos de mantenimiento en época de avenidas.

### **III.3.1.3. Cabezales y cajones disipadores de energía**

#### **Cabezales**

Para mejorar la eficiencia hidráulica en las entradas y salidas de las alcantarillas, se ejecutarán cabezales de concreto armado, los cabezales tendrán aleros a 45° con el eje de la carretera y su altura irá disminuyendo desde la corona de la pantalla hasta 0.75 m.

#### **Cajones disipadores de energía**

Todas las alcantarillas estarán sometidas a regímenes de flujo supercríticos, sus áreas hidráulicas están dimensionadas para asumir gastos de períodos de retorno iguales a 50 años, más la posibilidad de arrastre de sólidos que puedan causar fuertes erosiones en la salida de alcantarillas y una gran abrasión en las mismas. Por ello, los cajones disipadores de energía serán estructuras hidráulicas de transición, en las cuales la velocidad de la corriente será atenuada, restándole así su alto poder erosivo inicial.

En condiciones normales el cajón disipador no deberá entregar ningún excedente de agua a las cunetas siguientes; sin embargo, se ha considerado esta posibilidad a fin de cubrir en exceso la capacidad de drenaje del sistema diseñado.

Las estructuras tipo "cajón" disipador de energía tienen las siguientes propiedades:

- Eliminan la energía cinética del escurrimiento superficial
- Entregan el agua por rebose, lo que a su vez permite la instalación de alcantarillas perpendiculares al eje de la carretera redundando en la economía del proyecto.
- El escurrimiento excedente, que por razones de colmatación de las

alcantarillas no pudiera ser asumido por alguna de ellas, es entregado a la próxima cuneta sólo por rebose, esto es, con velocidad inicial nula.

Las características geométricas de los pozos de disipación se han definido en función del criterio y experiencia constructiva.

#### **III.3.1.4 Diques transversales y colchones antisocavantes.**

##### **Diques transversales**

Son disipadores de energía a la salida de las alcantarillas. Están definidas su ancho (dimensión determinada por los extremos de los aleros de los cabezales), largo (longitud que no deberá formar remansos del flujo que puedan comprometer el funcionamiento hidráulico de las alcantarillas), y altura de dique (de 30 cm a 50 cm para alcantarillas de las dimensiones consideradas en el presente trabajo).

##### **Colchones antisocavantes.**

La longitud mínima está definida por 2 Hs (profundidad de la socavación local a la salida de las alcantarillas) Habiéndose observado en la zona socavaciones del orden de los 2 m, se han especificado longitudes de 5 m.

#### **III.3.2. ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y PROTECCIÓN DE TALUDES.**

Se ha optado por estructuras de gaviones debido a su gran flexibilidad y al peligro potencial de socavaciones y erosiones importantes, dadas las condiciones en que trabajarán las estructuras. Las obras hechas con gaviones se diseñan como estructuras de gravedad.

#### **III.3.3. ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN DE OLEODUCTOS Y GASODUCTOS.**

Dependiendo de las condiciones topográficas, geológicas e hidrológicas de las quebradas en los puntos de cruce de las líneas, se presentan las siguientes alternativas de protección:

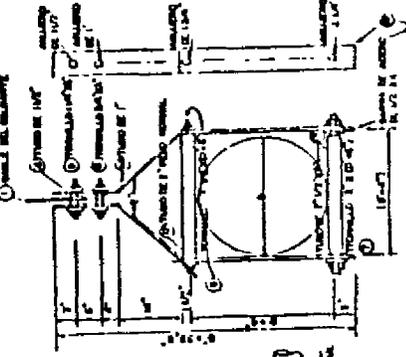
- Puentes colgantes.
- Enterramiento con protección anticorrosiva.
- Enterramiento con tubería de protección rellena de grouting.

#### **IV. REFERENCIAS.**

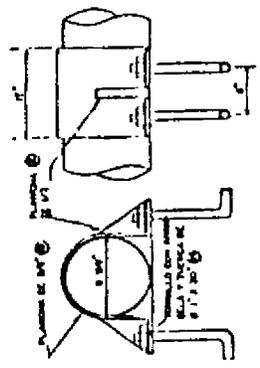
- 1.- ESTUDIO DE AFECTABILIDAD POR LLUVIAS EN LAS INSTALACIONES DEL LOTE X.  
Universidad de Piura
- 2.- PREPARACIÓN DEL PLAN DE OBRAS PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE TALARA  
Consultores y Proyectistas Asociados
- 3.- CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE LA CIUDAD DE TALARA.  
Milagros Castro Cuba.
- 4.- MICROZONIFICACIÓN Y LINEAMENTOS DE PLANEAMIENTO URBANO PARA LA MITIGACIÓN DE DESASTRES DE LA CIUDAD DE TALARA.  
Luis Yamunaque Flores.
- 5.- LINEAMIENTOS GENERALES PARA EL PLAN DE REHABILITACION DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR LAS LLUVIAS.  
Alan Flores Cisneros.
- 6.- ESTUDIOS OBRAS DE EMERGENCIA PARA PROTECCION DE PLANTA DE FERTILIZANTES.  
Roberto Michelena y Pedro Reppetto.
- 7.- EVALUACION DAÑOS EN LA REGION GRAU POR EL FENOMENO DEL NIÑO 1992  
Carlos Vilela, Cesar Tapia.
- 8 -EL NIÑO THE CATASTROPHIC FLOODING OF COSTAL PERU  
Fred L. Nials

#### **V. ANEXOS.**

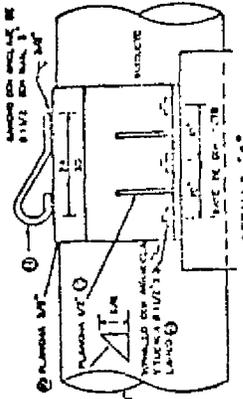




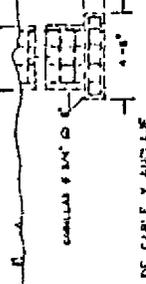
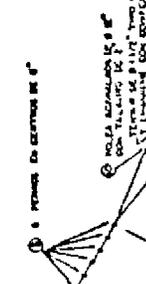
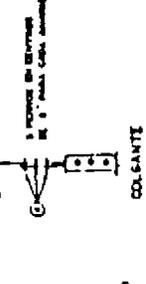
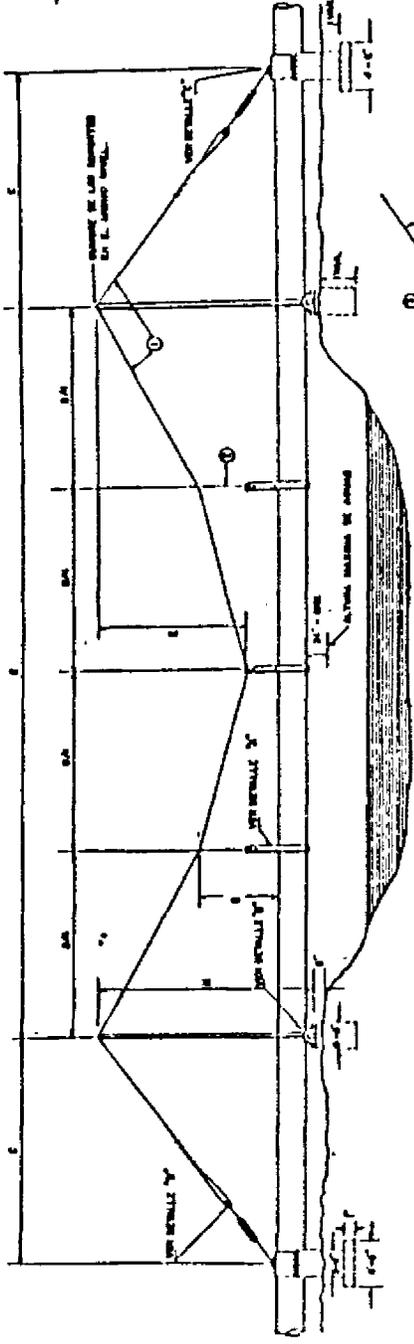
DETALLE "A"



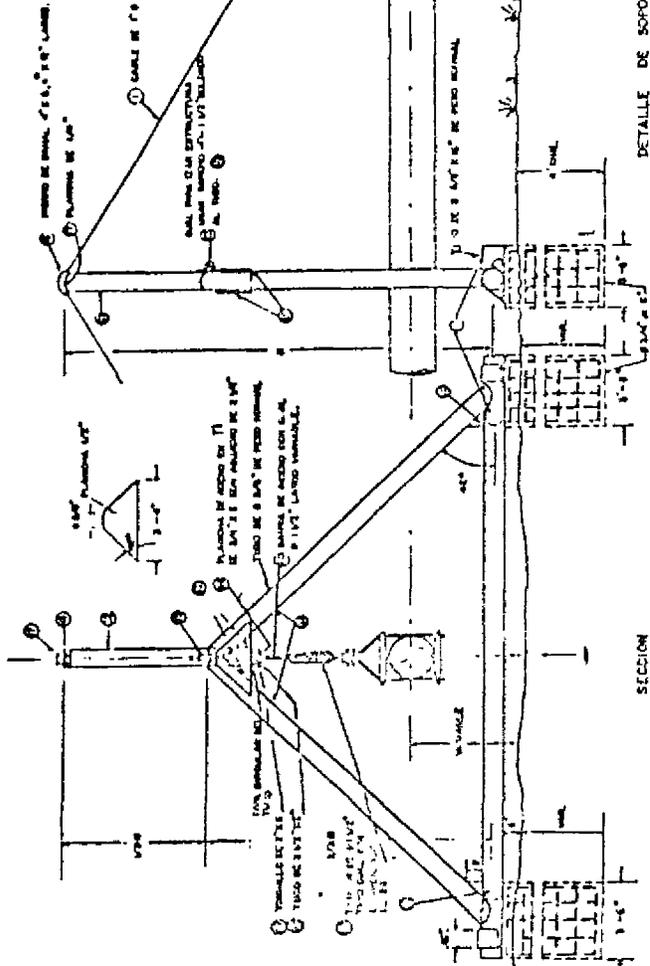
DETALLE "B"



DETALLE "C"



DETALLE DE SOPORTE DE CABLE Y ANCLAJE



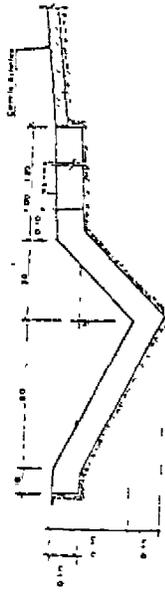
SECCION

PUENTES DE SUSPENSION DE 60 A 120 PIES TIPO "B"

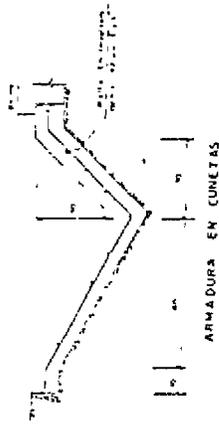
NOTAS:  
 1) LAS BARRAS DE LA TORRE VERAN LA FORMA DE FUNDACION TIPO  
 2) LAS BARRAS DE LA TORRE DE ALTO VERAN LA FORMA DE FUNDACION TIPO  
 3) LAS BARRAS DE LA TORRE DE ALTO VERAN LA FORMA DE FUNDACION TIPO  
 4) LAS BARRAS DE LA TORRE DE ALTO VERAN LA FORMA DE FUNDACION TIPO  
 5) LAS BARRAS DE LA TORRE DE ALTO VERAN LA FORMA DE FUNDACION TIPO

NOTAS:  
 1) LAS BARRAS DE LA TORRE VERAN LA FORMA DE FUNDACION TIPO  
 2) LAS BARRAS DE LA TORRE DE ALTO VERAN LA FORMA DE FUNDACION TIPO  
 3) LAS BARRAS DE LA TORRE DE ALTO VERAN LA FORMA DE FUNDACION TIPO  
 4) LAS BARRAS DE LA TORRE DE ALTO VERAN LA FORMA DE FUNDACION TIPO  
 5) LAS BARRAS DE LA TORRE DE ALTO VERAN LA FORMA DE FUNDACION TIPO

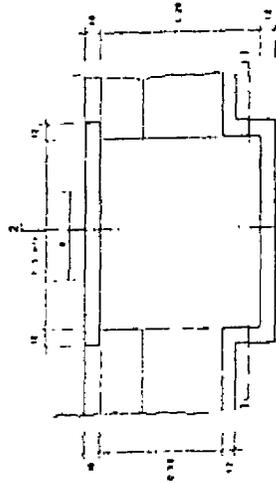
DETALLE DE CUNETAS



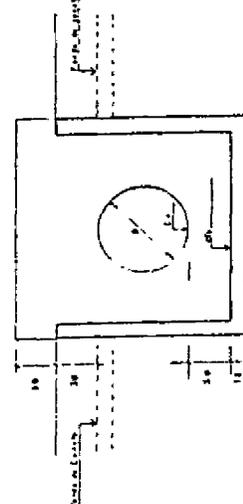
CUNETA TIPICA



ARMADURA EN CUNETAS

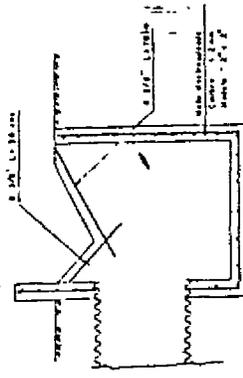


VISTA EN PLANTA

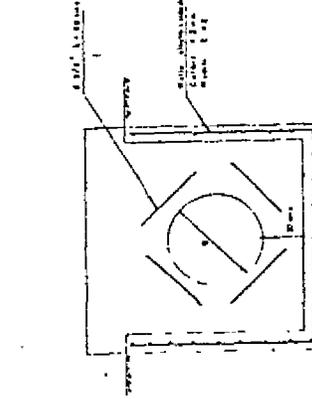


CORTE 1-1

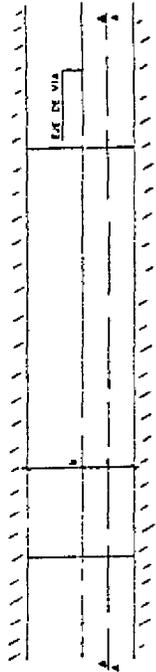
CORTE 1-1



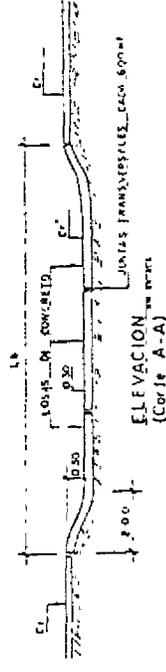
CORTE 2-2



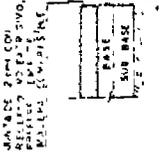
BADEN TIPICO



PLANTA



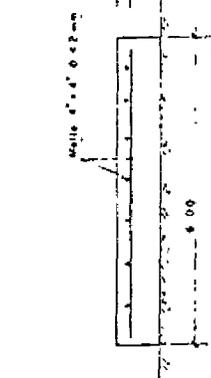
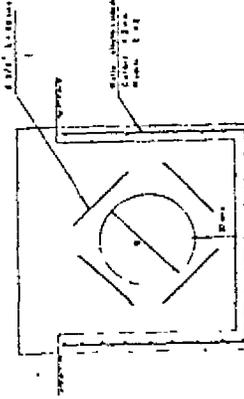
ELEVACION (Corte A-A)



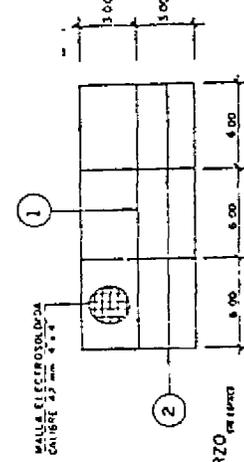
LOSA DE CONCRETO

- L b = LONGITUD DEL BAGEN
- b = ANCHO DE LA VIA
- C f = 50% PASANTE
- C f' = COTA FONDO BAGEN
- Ø = ESPESOR

DETALLE DE JUNTA CONCRETO-ASFALTO

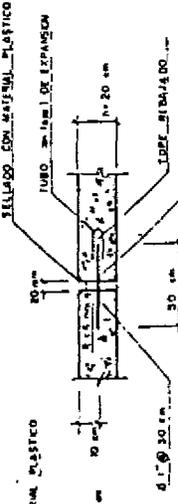
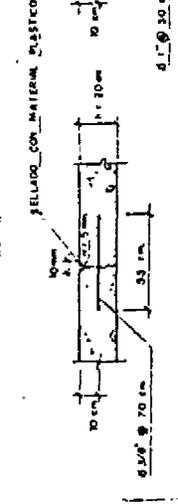


DETALLE DE REFUERZO



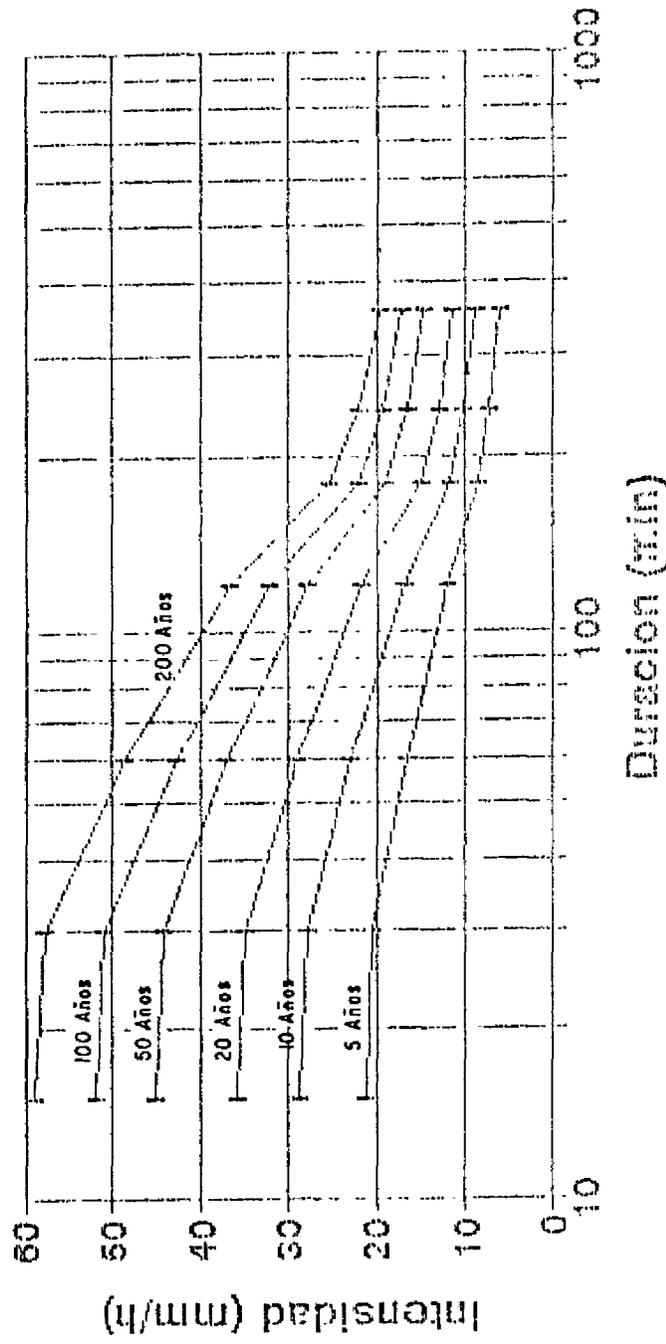
1 JUNTA LONGITUDINAL DE ARTICULACION

2 JUNTA TRANSVERSAL DE EXPANSION

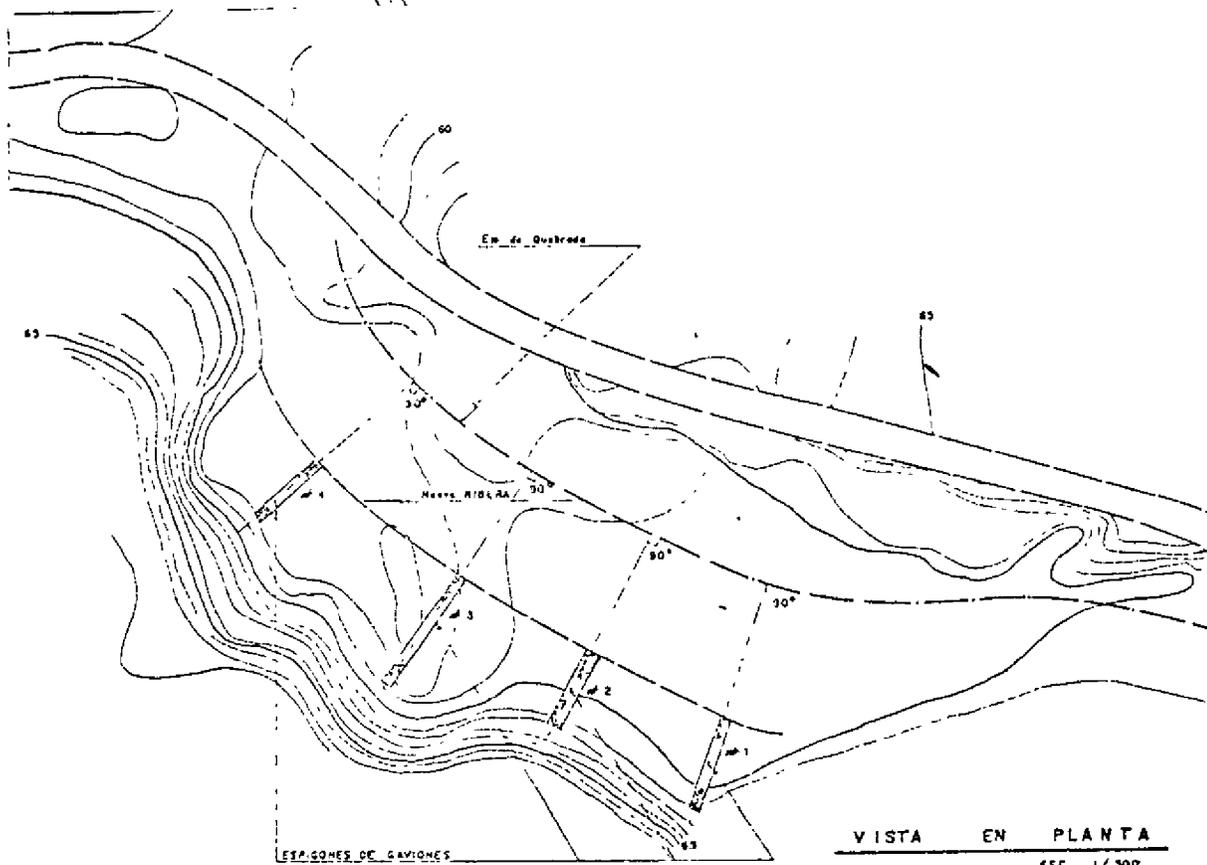
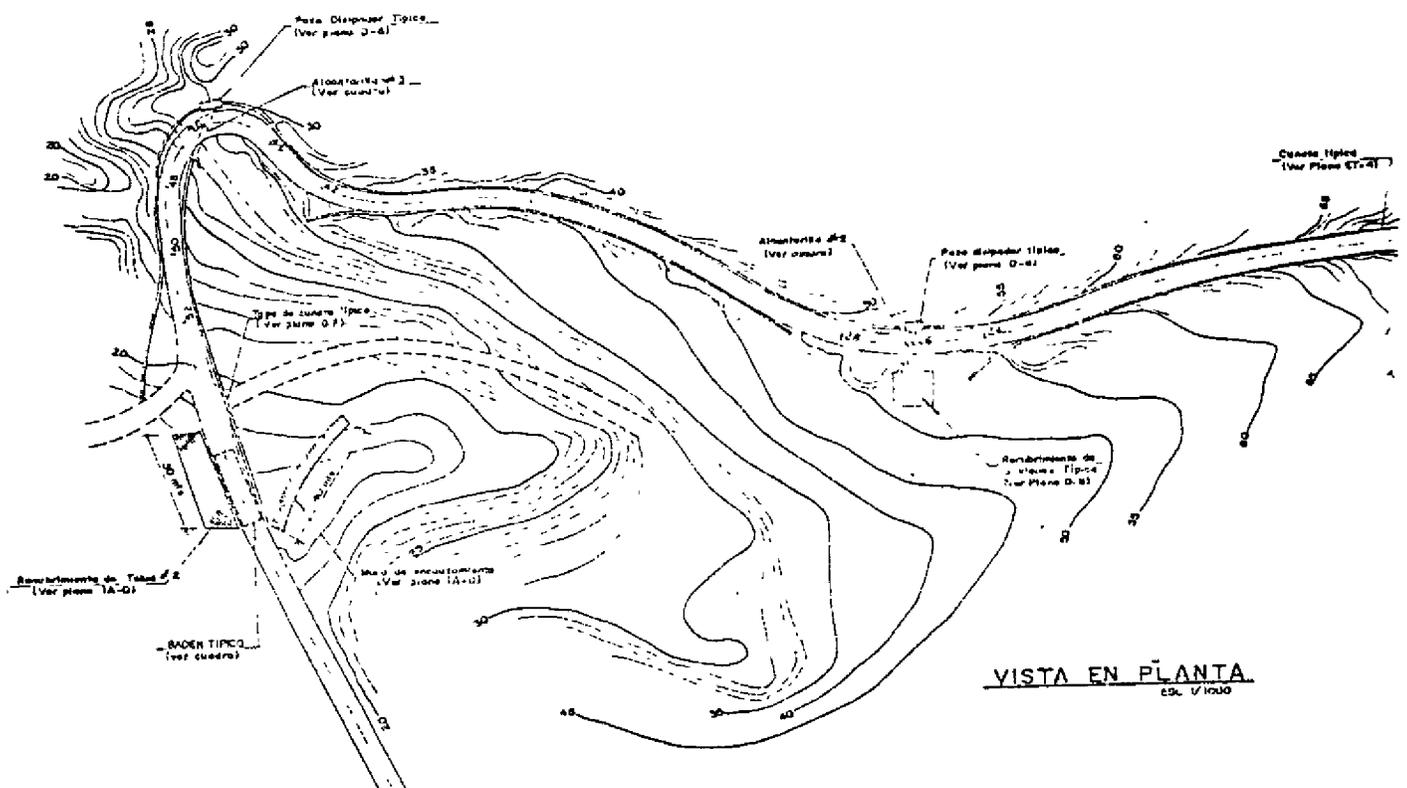


POZO DE DISIPACION DE ENERGIA

## Curvas Intensidad - Duracion para distintos periodos de retorno

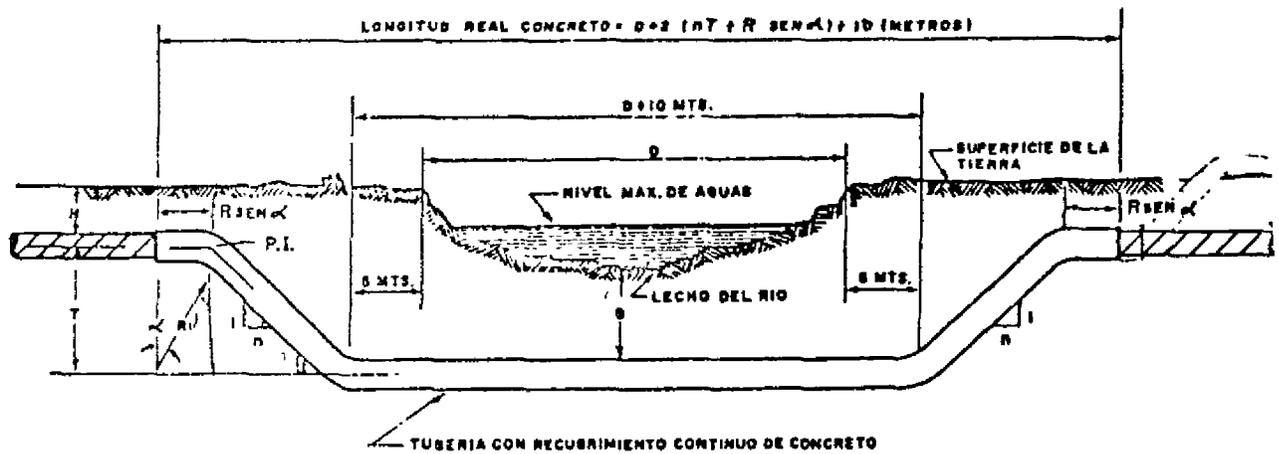


- +— 5 años    —+— 10 años    —+— 20 años
- +— 50 años    —+— 100 años    —+— 200 años



ESP. GONES DE GAVIONES

VISTA EN PLANTA  
ESC. 1/500

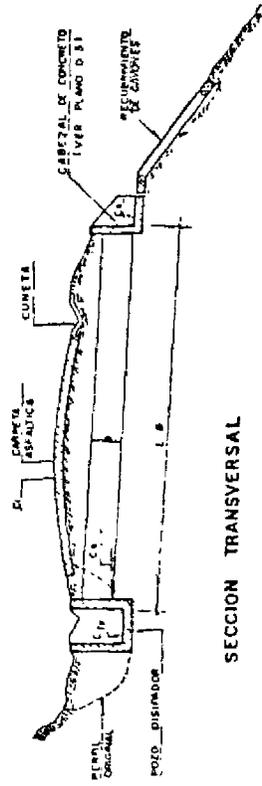


#### INDICACIONES

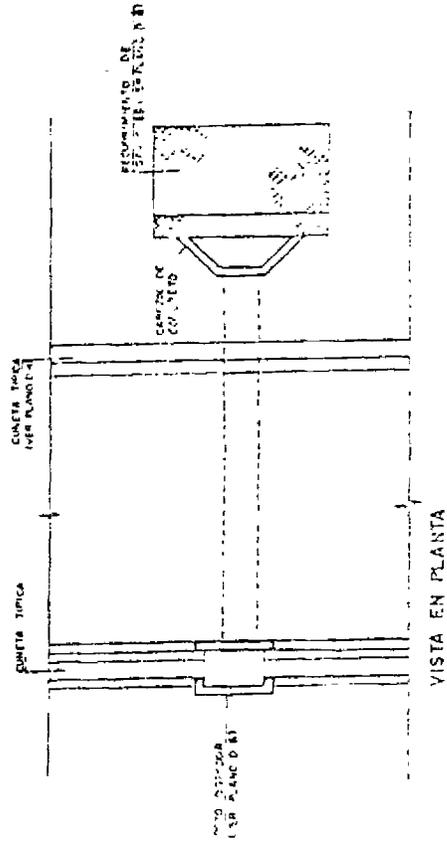
- 1) La altura de tierra "H" sobre el borde superior de la tubería cumplirá con las Especificaciones Generales para Aperturas de Zanjas. Grafico GCA (E) 001
- 2) La altura "B" entre el lecho del río y el borde superior de la tubería con recubrimiento continuo de concreto, deberá cumplir con las normas o disposiciones existentes en el país sobre la materia, o las indicaciones de un representante autorizado de la Corporación con una profundidad mínima de 3 metros por debajo del lecho más bajo que haya tenido el río en toda su historia, y de 0,75 metros por debajo del fondo rocoso en casos de afloramientos de este material.
- 3) El espesor del recubrimiento continuo de Concreto lo determinará en cada caso la Corporación.
- 4) La tubería se prolongará, como mínimo, 5 metros de los bancos del río más erosionados, y  $R \text{ sen } A$  (metros) del punto de intersección superior "PI" señalado en el grafico.
- 5) El radio de curvatura mínima para doblar la tubería será:  $30 D$
- 6) La pendiente máxima de la tubería en su tramo inclinado será  $5/1$ .
- 7) La tubería llevará revestimiento anticorrosivo antes del recubrimiento continuo de concreto. Las características del revestimiento anticorrosivo están especificadas en las normas correspondientes a esta materia.
- 8) Además del recubrimiento continuo de concreto, la Corporación podrá decidir la instalación de pesas para cruce de ríos, cubiertas para protección de rocas, o sistemas de anclaje al fondo, especiales, según los requerimientos del caso.

## ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CRUCE DE RIOS Y QUEBRADAS

ALCANTARILLA CON POZO DISIPADOR EN ENTRADA Y  
CABEZAL DE CONCRETO EN LA SALIDA



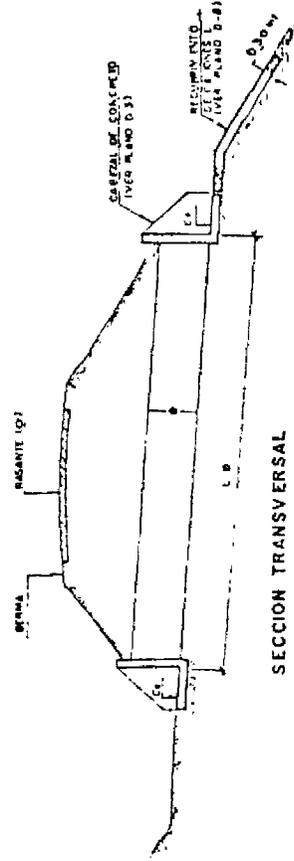
SECCION TRANSVERSAL



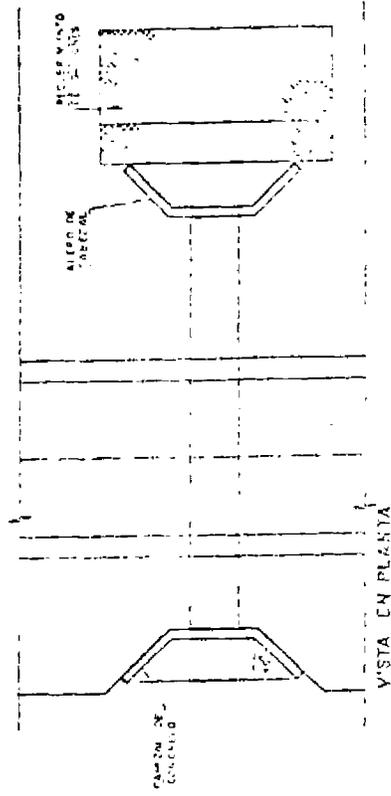
VISTA EN PLANTA

- C1 = COTA DE PASADIZO
- Ce = COTA DE ENTRADA
- Cs = COTA DE SALIDA
- L Ø = LONGITUD DE ALCANTARILLA
- Ø = DIAMETRO

ALCANTARILLA CON CABEZALES DE CONCRETO Y  
RECUBRIMIENTO DE GAVIONES



SECCION TRANSVERSAL



VISTA EN PLANTA

- C1 = COTA DE PASADIZO
- Ce = COTA DE ENTRADA
- Cs = COTA DE SALIDA
- L Ø = LONGITUD DE ALCANTARILLA