

625.704 2
B425 p/c1
v 11



Ministerio de Obras Públicas y Transportación
República de Colombia

GOBIERNO DE COSTA RICA

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
Y TRANSPORTES

DIVISION DE OBRAS PUBLICAS
PROYECTO SAN JOSE - SIQUIRRRES

VOLUMEN II

INFORME FINAL DE CONSTRUCCION

BEL INGENIERIA S.A. EDWARDS AND KELCEY ENGINEERS INC.

SAN JOSE, COSTA RICA

1988

CAPITULO V

SECCION 3C Y 4

TUNEL ZURQUI-RUTA 102

INDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	173
1.1 Antecedentes	173
1.2 Descripción del Proyecto	174
1.3 Financiamiento	182
2. DESARROLLO	183
2.1 Empresa Constructora	183
2.2 Supervisión de la Construcción	183
2.3 Costo Original del Proyecto	184
2.4 Cambios del Proyecto	185
2.4.1. Actualización de Cantidades	185
2.4.2. Mejoramientos	189
2.4.3. Resumen de Aumentos de Costos	191
2.5 Costo Final del Proyecto	193

3.	CONSTRUCCION	193
3.1	Construcción de la Vía	193
3.2	Resumen de Avance	200
3.2.1.	Plazo Original	201
3.2.2.	Orden de Inicio	201
3.2.3.	Terminación de la Obra	201
3.2.4.	Tiempo disponible para la terminación de la Obra	202
3.2.5.	Tiempo empleado para la ejecución de la Obra	202
4.	INFORMACION TECNICA	203
4.1	Resumen de los Resultados del Laboratorio de Materiales	203
4.1.1.	Sección 3C	203
4.1.2.	Sección 4	209
4.2.	Cuadro de Cantidades Finales	216
4.3	Planos de Construcción Real que muestran la Obra tal y como fue construida	216

1.-INTRODUCCION

1.1 Antecedentes:

Por medio del oficio No. 00433 del 19 de enero de 1982 la Contraloría General de la República autorizó la contratación directa con los antiguos sub-contratistas de la Empresa Constructora Monolítica S.A., a la cual el 30 de setiembre de 1981 el Ministerio de Obras Públicas y Transportes había rescindido el Contrato de Obra Pública para la construcción del Proyecto San José-Siquirres.

Con la autorización de la Contraloría para la contratación directa se inició el proceso de negociación con Evelio Companioni Esteva, Gonzalo Fallas Romero y Eduardo González Mora, negociación que culminó con la firma del contrato el día cuatro de octubre de 1982, el cual fué aprobado por la Contraloría General de la República el cuatro de enero de 1983. La orden de inicio fue efectiva a partir del 16 de febrero de 1983 según se establece en la Orden de Servicio #1.

Debido al aumento de costos provocados por mejoras en el Proyecto, sub-estimación del costo original y carencia de recursos económicos, la obra se contrató sub-financiada. Esta situación financiera se fue resolviendo paulatinamente asignando recursos del presupuesto del Ministerio y para la terminación de las obras se llevó a cabo un convenio Cooperativo Institucional entre el Ministerio de Planificación

Nacional y Política Económica, la Comisión Nacional de Emergencia, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y la Agencia para el Desarrollo Internacional.

Este convenio, firmado el 1º de agosto de 1986 con sus regulaciones (Ley Nacional de Emergencia Nº. 4364 del 14 de agosto de 1986 y su Reglamento, Decreto Ejecutivo Nº. 4020-T del 13 de agosto de 1974, etc) asignó al Proyecto Q208.750.000,00 del Programa FL-480. De estos recursos a las Secciones 3C y 4 le correspondieron:

Sección 3C	=	Q33.589.699,45
Sección 4	=	<u>2.567.318,20</u>
TOTAL		Q36.157.017,65

1.2 Descripción del Proyecto:

Sección 3C

La sección 3C está localizada en la montaña que separa las llanuras del Atlántico y la Meseta Central; las condiciones meteorológicas son las siguientes: temperatura máxima 26º centígrados, temperatura mínima 10º centígrados con un promedio de 18º centígrados al año, precipitación anual promedio de 4.000 milímetros.

Este tramo de carretera se inicia en el Túnel Zurquí (km 79+966) y finaliza en el kilómetro 87+550. Su longitud es de 7.584 metros con una superficie de rodamiento de dos carriles de 3.35 metros cada uno, espaldones de 1.20 metros a cada lado y 5.267 metros de pista de ascenso de 3.35 metros de ancho.

El trabajo realizado en esta Sección consistió en finalizar

la Obra abandonada por la Empresa Constructora Monolítica S.A. cuando se le rescindió el contrato e incluyó principalmente la terracería, drenajes menores, estructura del pavimento y superficie de rodamiento.

La estructura del pavimento se construyó con una sustitución de 0.60 metros de espesor de material selecto como mejoramiento de la sub-rasante; 15 centímetros de sub-base, 26 centímetros de base de agregados triturados y 7.5 centímetros de carpeta de concreto asfáltico, esta última autorizada mediante Orden de Modificación de Obra; en los espaldones se colocó un tratamiento superficial asfáltico tipo TS-2. El drenaje menor se construyó con alcantarillas de tubo de hormigón reforzado clase III, con diámetro entre 61 centímetros y 1.52 metros y como conexión a poblaciones se construyó la intersección de Santa Elena.

Sección 4

La Sección 4 está localizada en el Valle Central y las condiciones metereológicas son: temperatura máxima 26° centígrados, temperatura mínima 12° centígrados con promedio de 19° centígrados al año, precipitación anual promedio de 2.600 milímetros.

Esta Sección se inicia en el kilómetro 87+550 y finaliza en el kilómetro 97+500 (Calle "Vieja" de la ciudad de San Juan de Tibás) con una longitud de 9.950 metros.

Debido a que este tramo de carretera es el ingreso al Área Metropolitana, la obra se construyó con dos diferentes tipos de sección típica:

a.- Del kilómetro 87+550 al 97+250

- i-- Superficie de rodamiento: Dos carriles de 3.35 metros de ancho; espaldones de 1.50 metros de cada lado; 2.140 metros de pista de ascenso de 3.35 metros de ancho.
- ii-- Estructura del pavimento: Sesenta centímetros de material selecto como mejoramiento de la subrasante; 15 centímetros de sub-base; 26 centímetros de base de agregados triturados y 7.5 centímetros de carpeta asfáltica autorizada mediante Orden de Modificación de Obra.

b.-- Del kilómetro 97+250 al 97+500

- i-- Superficie de rodamiento: Dos carriles separados por isla central de dos vías, cada uno con un ancho de 7.30 metros por carril; espaldón interno de 1.00 metro y externo de 2.20 metros.
- ii-- Estructura del pavimento: Sesenta centímetros de material selecto como mejoramiento de subrasante; 25 centímetros de subbase y 20 centímetros de losa de concreto hidráulico.

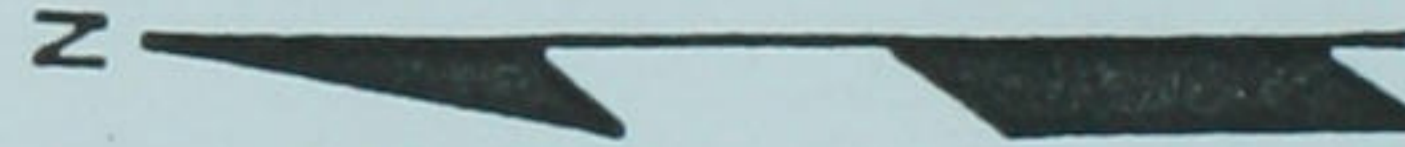
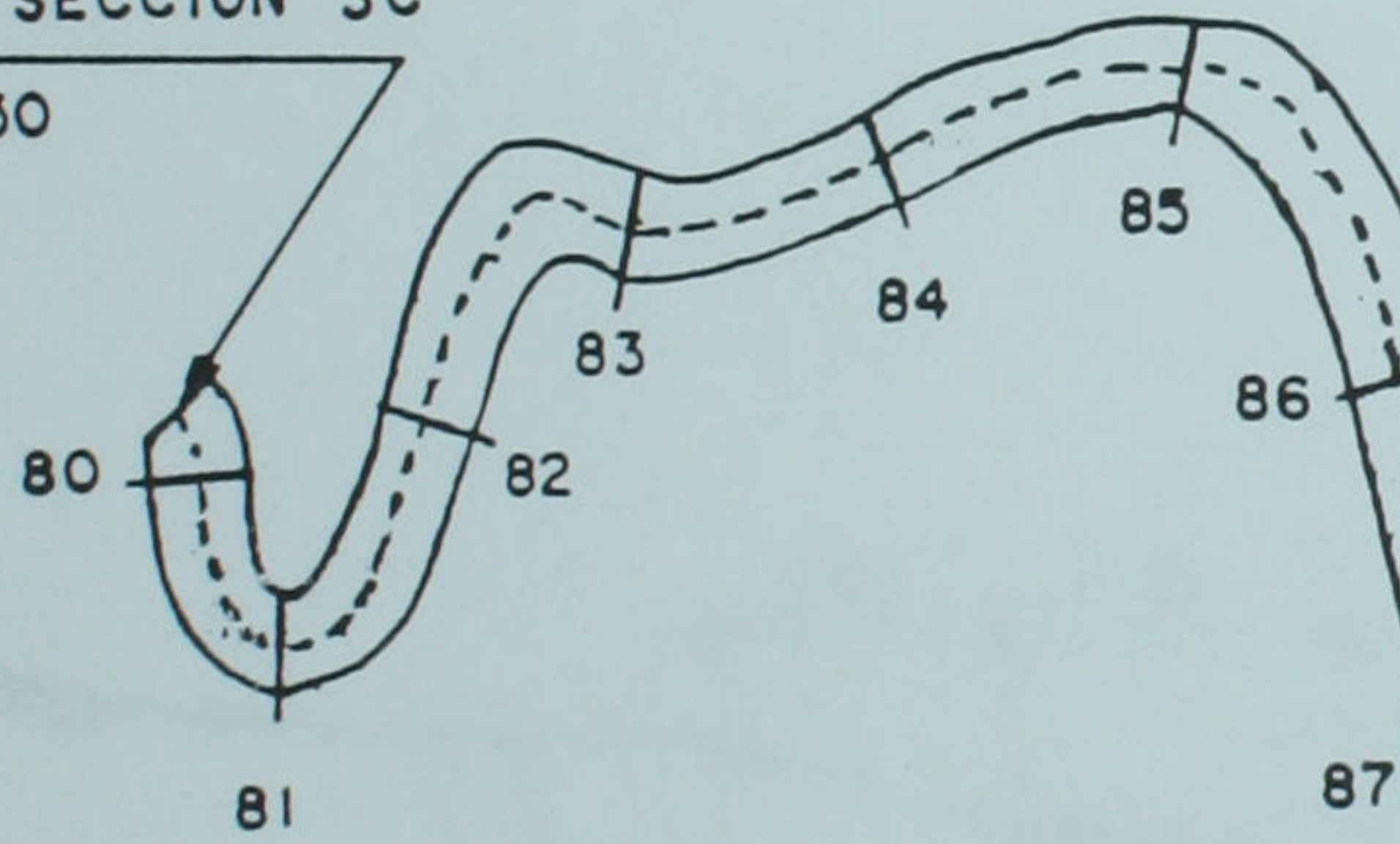
El drenaje menor se construyó con alcantarillas de tubo de hormigón reforzado clase III, con diámetros entre 61 y 76 centímetros.

Para enlazar la carretera con centros de poblaciones se construyeron las siguientes obras:

- 1- Intersecciones
 - San Miguel Norte
 - San Miguel Sur
 - San Luis
 - Santo Tomás

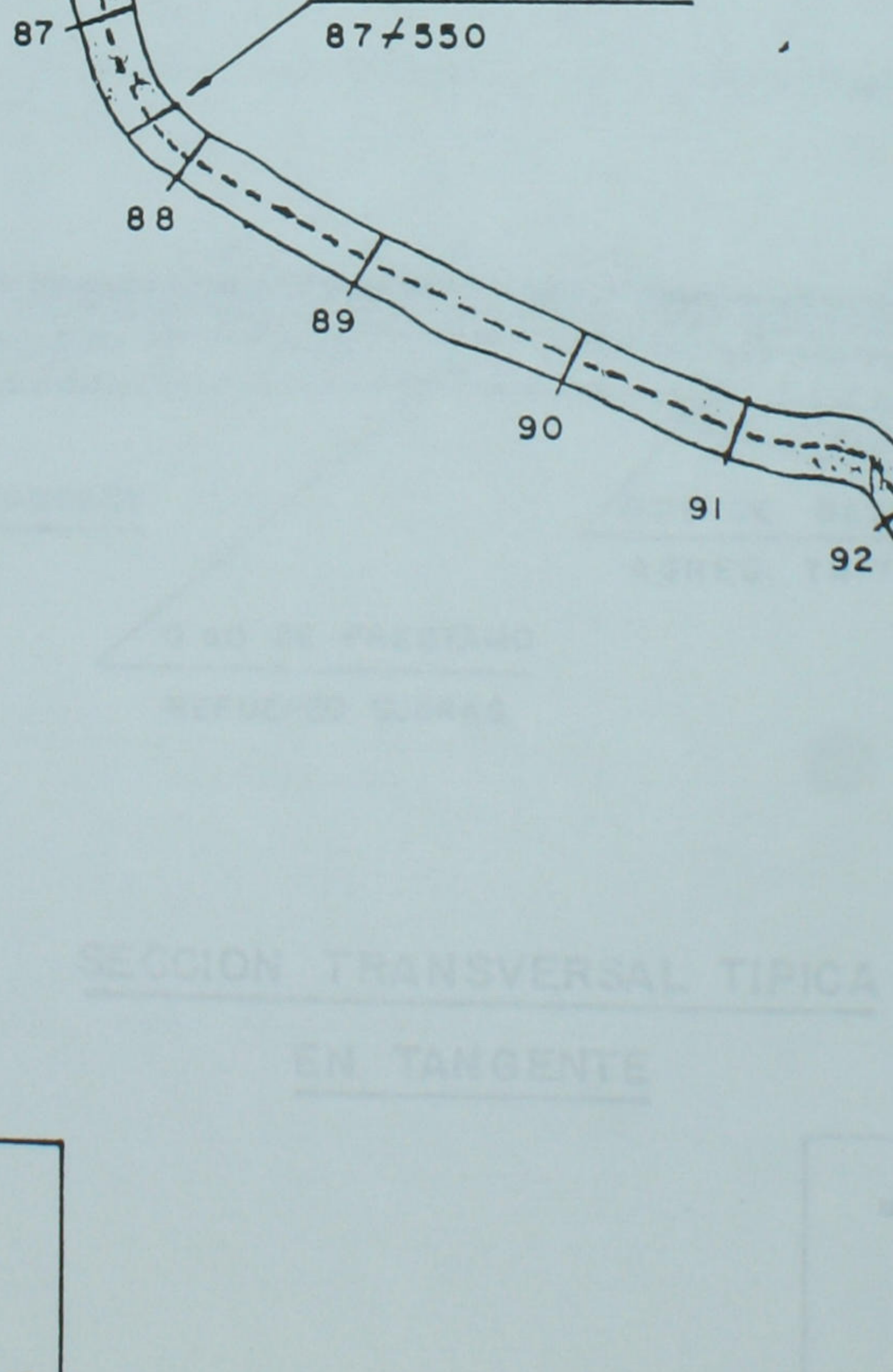
INICIO SECCION 3C

79+950



FINAL SECCION 3C

87+550



RIO VIRILLA

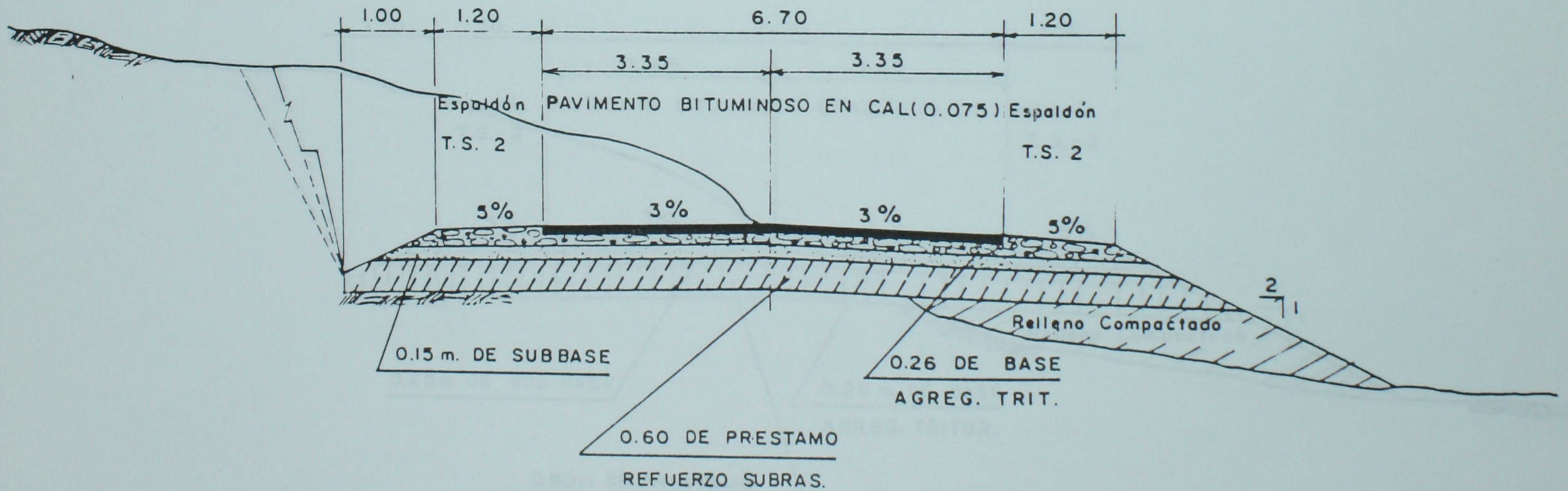
FINAL SECCION 4

97+508

SECCION TRANSVERSAL TIPICA
EN TANGENTE

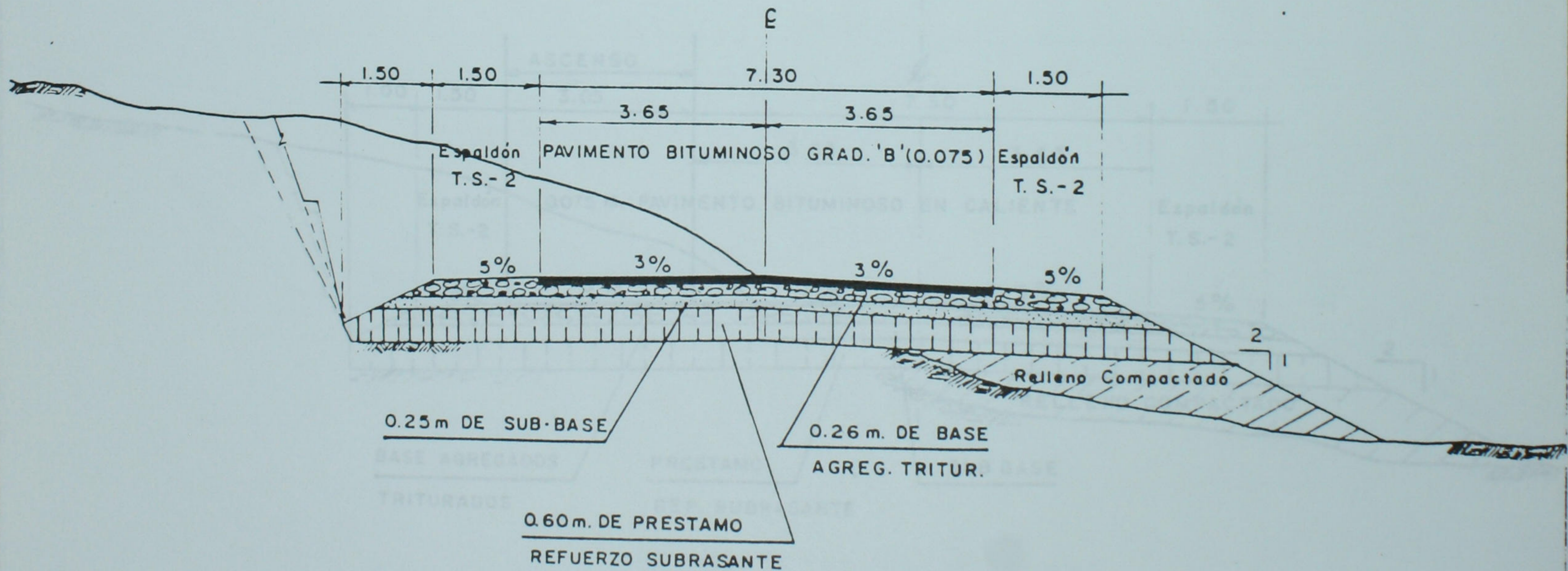
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
DIVISION DE OBRAS PUBLICAS
SECCIONES 3C Y 4
PROYECTO: SAN JOSE - SIQUIRRES - PUERTO VIEJO

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
DIVISION DE OBRAS PUBLICAS
SECCIONES 3C Y 4
PROYECTO: SAN JOSE - SIQUIRRES - PUERTO VIEJO



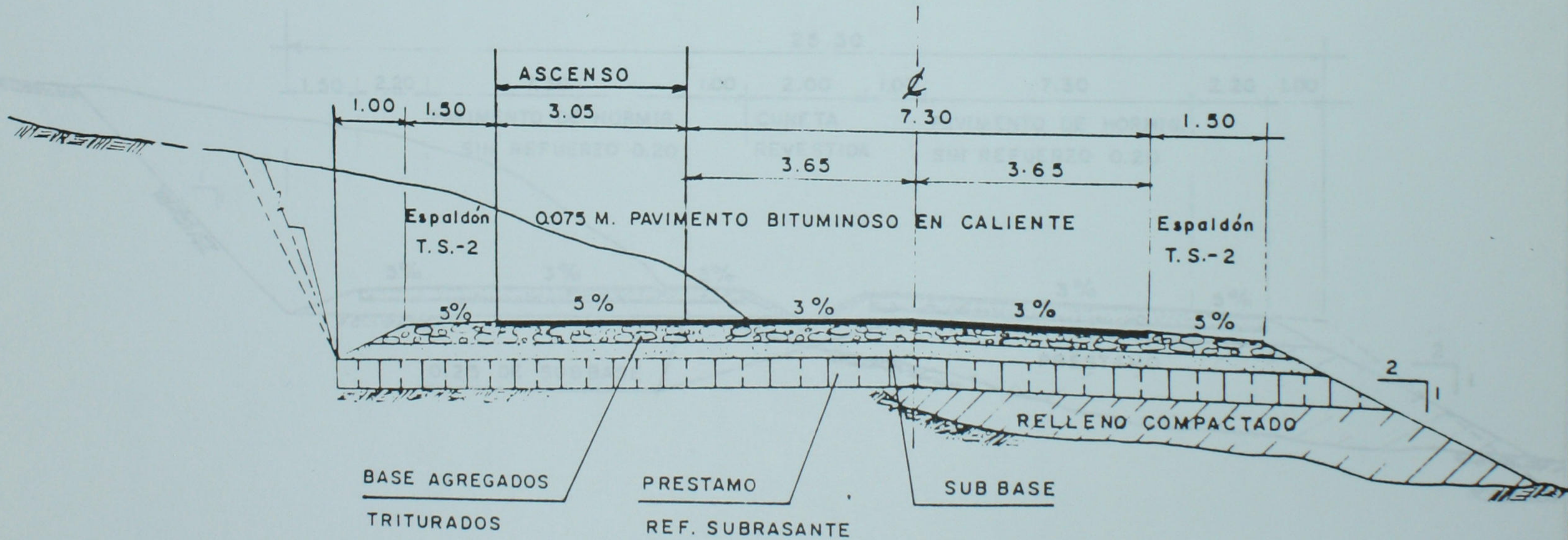
SECCION TRANSVERSAL TIPICA
EN TANGENTE

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
 DIVISION DE OBRAS PUBLICAS
SECCION 3-C
 PROYECTO: SAN JOSE - SIQUIRRES - PUERTO VIEJO



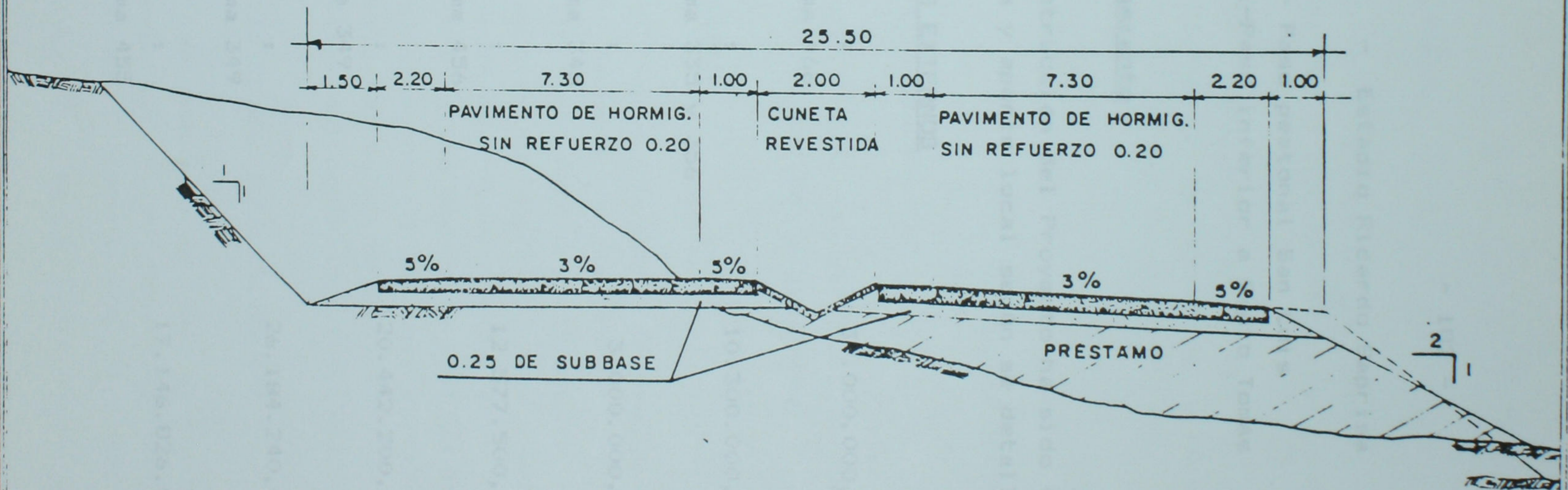
SECCION TRANSVERSAL TIPICA
SECCION TRANSVERSAL TIPICA
EN TANGENTE

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
 DIVISION DE OBRAS PUBLICAS
SECCION 4
 PROYECTO: SAN JOSE - SIQUIRRES - PUERTO VIEJO



SECCION TRANSVERSAL TIPICA
 EN TANGENTE
SECCION TRANSVERSAL TIPICA
CON PISTA DE ASCENSO
DE 3.05 m PARA ZONAS PLANAS

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
 DIVISION DE OBRAS PUBLICAS
 97A 290 - 97A 500
 PROYECTO SAN JOSE - SINDIATA - PUNTO VIEJO



SECCION TRANSVERSAL TIPICA
EN TANGENTE

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
 DIVISION DE OBRAS PUBLICAS
 97A 290 - 97A 500
 PROYECTO: SAN JOSE - SIQUIRRES - PUERTO VIEJO

- Estadio Ricardo Saprisa

ii- Paso peatonal San Luis

iii- Paso inferior a Santo Tomás

1.3 Financiamiento

La construcción del Proyecto ha sido financiado con recursos externos y aporte local según se detalla:

RECURSOS EXTERNOS

-BIRF	:	39.000.000,00 Dólares
Programa 466		
-BIRF	:	10.300.000,00 Dólares
Programa 335 y 356		
-OPEF	:	3.000.000,00 Dólares
Programa 345		
-FIV	:	12.577.500,00 Bolívares
Programa 456		
-FIV	:	20.442.200,00 Bolívares
Programa 349		
-FIV	:	26.184.240,00 Bolívares
Programa 349		
-FIV	:	17.146.826,00 Bolívares
Programa 455		

APORTE LOCAL

Presupuesto Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Programa 309 y 316, Construcción de Vías por Contrato.

De estos recursos, para las Secciones 3C y 4 se asignaron Q350.238.350,41 de recursos externos y de aporte local y Q36.157.017,65 del Programa FL-480.

2.- DESARROLLO GENERAL

2.1 Empresa Constructora:

Los datos relacionados con la contratación de la Empresa Constructora son los siguientes:

Contratista

Nombre: Evelio Companioni Esteva, Gonzalo Fallas Romero y Eduardo González Mora.

Fecha firma del Contrato: 4 de octubre de 1982

Fecha aprobación Contrato: 4 de enero de 1983

Fecha orden de Inicio: 16 de febrero de 1983

Fecha terminación propuesta: 15 de abril de 1985

Fecha terminación: 1 de junio de 1986¹

Monto original del Contrato: Q173.293.531,46

Monto final del Contrato: Q350.238.350,41

2.2 Supervisión de la Construcción:

El 1º de febrero de 1983, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y el Consorcio BEL Ingeniería S.A. -Edwards and Kelcey Engineers, Inc. firmaron un contrato mediante el

¹ No incluye contrato con Comisión Nacional de Emergencia.

cual el Consorcio prestaría los servicios de Consultoría bajo su entera responsabilidad, en lo referente a la dirección técnica, administrativa y financiera. Para cumplir con sus obligaciones, la Consultora llevó a cabo su labor con personal propio de alto nivel y el personal que el Ministerio de Obras Públicas y Transportes asignó al Proyecto. El Ministerio además designó un Ingeniero como su representante, con la responsabilidad, dentro de la organización de la División de Obras Públicas, de la supervisión de la Consultora, así como las relaciones de los Consultores con el Ministerio. La Consultora inició sus labores el día 1º de febrero de 1983.

2.3 Costo original del Proyecto:

El monto original para llevar a cabo la construcción de las secciones 3C y 4 fue de Q173.293.531,46 a precios de julio de 1982, monto sujeto a reajustes de los precios unitarios de acuerdo con las leyes 5501 y 5518.

Mediante la Orden de Modificación de Obra #1, de fecha 24 de marzo de 1983 y aprobada en oficio N°. 83-507, se asignó una suma global estimada de Q26.000.000,00 para reajustes de precios sujeto a aumentar o disminuciones según fuera el caso.

De acuerdo al contrato, el monto propuesto para construcción fue distribuido así:

Sección 3C	=	Q 81.006.508,72
Sección 4	=	<u>Q 92.287.002,74</u>
TOTAL		Q173.293.531,46

2.4 Cambios en el Proyecto:

Con el propósito de dar una idea de los cambios más importantes efectuados en el Proyecto, se incluye un resumen de las Ordenes de Modificación de Obra (O.M.) que representaron aumento de costo, desglosadas en:

-Actualización de cantidades

-Mejoramiento

2.4.1 Actualización de cantidades

O.M. No. 2: (Aplicable a la Sección 3C) De fecha 25 de marzo de 1983, aprobada el 4 de junio de 1984.

Mediante esta O.M. #2 se soporta un aumento del Item 203(3A), Excavación no Clasificada Especial, cantidad que no se incluyó en el Contrato original lo que representó un aumento de Q6.528.296,20.

O.M. No. 4: (Aplicable a la Sección 3C) De fecha 18 de mayo de 1983, aprobada el 18 de julio de 1983).

Las cantidades de obra a realizar incluidas en el contrato no coincidieron con la obra a realizar de acuerdo a los planos revisados, específicamente en los Items de Excavación no Clasificada, Tubería de Hormigón de 0.62 metros, 0.91 metros y 1.52 metros de diámetro, por lo que fue necesario aumentar las cantidades con un costo de Q13.871.796,26.

O.M. No. 5: (Aplicable a las Secciones 3C y 4) De fecha 7 de junio de 1983, aprobada el 7 de julio de 1983.

Debido a reducción en la longitud del Túnel Zurquí y variaciones en el límite final de la Sección 4, se aumentó la longitud total de ambas secciones lo que motivó un aumento de cantidades por el monto de Q2.083.048,20.

O.M. No. 7: (Aplicable a la Sección 4) De fecha 6 de setiembre de 1983, aprobada el 22 de setiembre de 1983.

Con posterioridad a la nueva contratación para terminar las obras se determinó faltantes de material adecuado para ajustar el perfil del terreno a la rasante final de la vía principal, además de la necesidad de colocar espesores adicionales para cumplir con el C.B.R. empleado en el diseño del pavimento. Debido a esto se creó el Item Excavación no Clasificada Especial, se aumentó la cantidad de Sub-base Graduación "D". Estos incrementos aumentaron el monto de contrato en Q10.886.972,95.

O.M. No. 8: (Aplicable a las Secciones 3C y 4) De fecha 7 de setiembre de 1983, aprobada el 30 de enero de 1984.

Con base a estudios que se realizaron, se determinó la necesidad de construir entradas de fincas, cauces revestidos y sub-drenajes y al no existir renglones de pago para su ejecución, se crearon mediante esta O.M., lo que aumentó el monto del contrato en Q1.243.277,10.

O.M. No. 9: (Aplicable a la sección 3C) De fecha 26 de octubre de 1983, aprobada el 7 de mayo de 1984.

Durante el desarrollo de los trabajos fue necesario realizar numerosas modificaciones para respetar y tomar

en consideración las secciones Típicas de los planos, los espesores del pavimento requerido de acuerdo a los volúmenes de tránsito y valores de soporte de la subrasante, deficiencia en las estimaciones originales, indicaciones del Ministerio y trabajos para la construcción del Túnel Zurquí. Estas modificaciones dieron como resultado el incremento de los Items de Excavación no Clasificada Especial para un aumento del monto del contrato en Q19.583.850,00.

O.M. No. 12: (Aplicable a la sección 4) De fecha 7 de febrero de 1984, aprobada el 7 de agosto de 1984.

En los planos de construcción no se contempló el trabajo a realizar para el mejoramiento y conservación de las calles marginales ni las modificaciones requeridas para el entronque de estas marginales con las intersecciones. Esta O.M. y su enmienda #1 incrementaron el Item 109.04 en Q16.784.515,00.

O.M. No. 15: (Aplicable a las Secciones 3C y 4) De fecha 23 de agosto de 1984, aprobada el 4 de setiembre 1984.

Esta Orden de Modificación de Obra se preparó con el propósito de actualizar renglones de pago ya que, por lo avanzado en que se encontraba la obra, se pudo determinar que las cantidades disponibles a esa fecha en algunos casos no eran suficientes y en otras no serían necesarias. De acuerdo a los resultados de esta O.M. y su Enmienda #1, el contrato se aumentó en Q3.552.378,64.

O.M. No. 16: (Aplicable a las Secciones 3C y 4) De fecha 23 de agosto de 1984, aprobada el 21 de noviembre de 1984.

Con base a la información existente a esa fecha, su procesamiento y con los soportes disponibles en la Oficina de Cálculo, se obtuvieron variaciones en las cantidades de algunos ítemes y que por lo avanzado de la Obra (90%), esta O.M. se consideró como una antelación al cierre final de cantidades. Esta O.M. y sus Enmiendas #1 y #2 aumentaron el monto del contrato en Q38.178.238,37.

O.M. No. 18: (Aplicable a la Sección 3C) De fecha 7 de noviembre de 1984, aprobada el 27 de mayo de 1985.

Después de construido el Túnel Zurquí, se consideró necesario colocar un relleno especial de material selecto sobre el Portal Sur. Además, debido a la zona tan lluviosa donde se ubica la Sección 3C, fue necesario incrementar los cauces revestidos, la excavación no clasificada para remoción de derrumbes y construcción de nuevos muros de retención lo que representó que esta O.M. y sus Enmiendas #1 y #2 aumentarían el monto del contrato en Q6.470.466,77.

O.M. No. 19: (Aplicable a las secciones 3C y 4) De fecha 28 de mayo de 1985, aprobada el 25 de marzo de 1986.

El contrato para la construcción de las Secciones 3C y 4 no incluyó el ítem para la Colocación de guardacaminos ya que había sido excluido del contrato original con la Empresa Monolítica S.A. Analizando las condiciones del Proyecto se estimó que, para la puesta en servicio de la vía, era necesario la colocación de por lo

menos cierta longitud de ellos lo que, con esta O.M., el monto del contrato aumentó Q5.888.000,00

O.M. No. 21: (Orden de Modificación de Obra Final de las Secciones 3C y 4) De fecha 20 de julio de 1987.

Esta Orden de modificación de Obra #21 y Final, representó el finiquito del Contrato de Obra Pública, para la construcción de las Secciones 3C y 4, Túnel Zurquí-Ruta 102, del Proyecto San José-Siquirres, firmado el cuatro de octubre de 1982, por el CONTRATISTA Y EL MINISTERIO y comprende todas las actividades llevadas a cabo por la Empresa Constructora excluyendo lo realizado por medio del Contrato de la misma Empresa con la Comisión Nacional de Emergencia.

2.4.2 Mejoramiento

O.M. No. 11: (Aplicable a las Secciones 3C y 4) De fecha 6 de febrero de 1984, aprobada el 6 de agosto de 1984.

De acuerdo al Contrato con la Empresa Constructora, en la Sección 3C se debería colocar, como superficie de rodamiento, un tratamiento superficial bituminoso tipo TS-2 en la calzada de 7.30 metros y en los espaldones de 1.50 metros.

Como el diseño original de la vía contemplaba la colocación de una carpeta de concreto asfáltico de 7.5 centímetros de espesor pero por razones básicamente económicas en el contrato se sustituyó por TS-2, al disponerse de nuevos recursos financieros se resolvió restituir la carpeta de concreto asfáltico. Esta O.M. y su Enmienda #1 aumentó el monto del contrato en

Q44.576.744,20.

O.M. No. 13: (Aplicable a la Sección 4) De fecha 14 de mayo de 1984, aprobada el 27 de agosto de 1984.

Los planos del Proyecto incluían la construcción de tres puentes en la estación 97+508 sobre la llamada "Calle Vieja" de la Ciudad de Tibás y no se consideró la reconstrucción de la mencionada calle, ya que, debido al espesor de diseño de la subestructura de los puentes no permitió el claro mínimo con la rasante de la calle. Esta O.M. ordenó construir la línea "X" y en vista de que la cantidad disponible del Item 602A(10) era mayor de la requerida ésta se disminuye y como consecuencia el monto del contrato prácticamente no varió.

O.M. No. 14: (Aplicable a la Sección 4) De fecha 16 de mayo de 1984, aprobada el 4 de setiembre de 1984.

En la intersección de la carretera con la vía de conexión a la población de San Luis, por la cercanía de dicha intersección con la Escuela y centro de la población se determinó necesario la construcción de un paso superior de peatones de acuerdo a los planos de fecha Febrero de 1984, diseñados por el Departamento de Puentes de la Dirección General de Vialidad.

Se aprovechó esta O.M. para disminuir el Item 602A(10), con lo cual se logró que no se aumentara el monto del contrato.

O.M. No. 17: (Aplicable a la Sección 4) De fecha 12 de julio de 1984, aprobada el 24 de noviembre de 1987.

Con instrucciones de la División de Obras Públicas mediante oficio #84-398 del Ingeniero Coordinador del

Proyecto, se procede a confeccionar esta Orden de Modificación de Obra #17 para construir en Concreto Hidráulico la línea "A" y línea "D" entre las estaciones 97+060.80 y 97+500 del Proyecto, Sección #4, todo con el propósito de continuar este tipo de pavimento con el cual se construyó el proyecto urbano Tournón Ruta 102 hasta el bastión #2 del Puente sobre el Río Virilla. Esta O.M. y su Enmienda #1 aumentan el monto del Contrato en Q4.813.232,65.

Contrato PL-480: (Aplicable a las Secciones 3C y 4) De fecha 1º de octubre de 1986.

Para continuar la construcción de las Secciones 3C y 4 el Contratista firmó un Contrato con la Comisión Nacional de Emergencia para la colocación de la carpeta de Concreto Asfáltico, aumento de cauces revestidos y colocación de guardacaminos, todo por un monto de Q36.157.017,65.

2.4.3 Resumen de aumento de costos

En el cuadro 2.4 se incluye un resumen de los aumentos en el costo del contrato para las secciones 3C y 4 desglosados en lo que corresponde a actualización de cantidades y a cambios por mejoramiento sobre lo establecido en el contrato original. Como se puede apreciar en este desglose los aumentos, expresados como porcentaje del presupuesto original corresponden a:

-Actualización de cantidades	=	73.61%
-Mejoramiento	=	<u>49.36%</u>
TOTAL AUMENTOS	=	222.97%

CUADRO 2.4

RESUMEN DE LOS AUMENTOS EN EL COSTO (**) DEL CONTRATO SECCIONES 3C Y 4

CLASIFICADOS POR CAMBIOS PRINCIPALES

<u>CONTRATO M.O.P.T.</u>	<u>PROPUESTO ORIGINAL</u>	<u>ACTUALIZACION DE CANTIDADES</u>	<u>MEJORAMIENTO</u>	<u>COSTO TOTAL</u>
Contrato M.O.P.T.	173.293.531.46	127.555.021.31 (1)	49.389.795.44 (2)	350.238.348.21
Contrato C.N.E.	---	---	36.157.017.65 (3)	36.157.017.65
TOTAL	173.293.531.46	127.555.021.31	85.546.813.09	386.395.365.86
AUMENTO %	---	73.61	49.36	222.97

(**) No incluye reajustes

(1) O.Ms. 2-4-5-7-8-9-12-15-16-18-19-20-21

(2) O.Ms. 11-13-14-17

(3) Contrato Comisión Nacional de Emergencia (C.N.E.)

2.5 Costo Final del Proyecto

Con base a los anteriores datos, el costo final de la Obra de las secciones 3C y 4 es el siguiente:

a.- Costo Original	=	Ø 173.293.531,46
b.- Actualización de cantidades	=	127.555.021,31
c.- Mejoramiento	=	<u>85.546.813,04</u>
TOTAL SECCIONES 3C y 4	=	Ø 386.395.365,86 (1)

(1) Este total se desglosa en:

Contrato M.O.P.T.	=	Ø 350.238.348,21
Contrato PL-480	=	<u>36.157.017,65</u>

TOTAL = Ø 386.395.365,86 (2)

(2) No incluye reajustes.

3.- CONSTRUCCION

3.1 Construcción de la vía

A continuación se presenta una breve descripción, por trimestre, de las actividades desarrolladas en la construcción de las Secciones 3C y 4.

Período Enero a Marzo, 1983

El 14 de enero de 1983, el Contratista comenzó los trabajos preparatorios, movilizándolo su equipo y personal. Durante este período y a partir del mes de marzo, inició las obras

con la excavación no Clasificada en el prisma de la sección 3C y la excavación para Fuentes. Además del colado de hormigón estructural en los puentes de la línea "X" de la Sección 4.

Período Abril a Junio, 1983

En este período se trabajó en terracería en la Sección 3C entre estaciones 79+981 y 80+500 y 90+000. Se trabajó además en la colocación de alcantarillas de 0.61, 0.91, 1.07 y 1.52 metros de diámetro y en sub-drenaje. En la sección 4 se laboró en estructuras mayores en el kilómetro 97+507 y en las cuales se colaron parte de las columnas con un volúmen de 46 m³ de concreto.

En la sección 4 se inició la instalación de la planta trituradora en el tajo de Rogelio Salazar.

Período Julio a Setiembre, 1983

En este período se trabajó intensamente en la sección 3C en terracería y drenajes quedando estos renglones prácticamente terminadas en esta sección con excepción de unas pocas alcantarillas y cabezales. En la Sección 4 se continuaron los trabajos en las estructuras mayores del paso en la estación 97+507, en obras de drenaje y se inició la terracería en las estaciones 87 y 90. Además, se continuó el trabajo de instalaciones de la planta trituradora en la Sección 4.

Período Octubre a Diciembre, 1983

En la Sección 3C el Contratista terminó los trabajos de terracería y drenajes e inició y terminó la colocación de la sub-base. En la Sección 4, en este trimestre, se finalizaron los trabajos de terracería en la vía principal quedando por realizar el movimiento de tierras en las intersecciones. Se trabajó activamente en obras de drenaje, cunetas revestidas y se colocó la sub-base en su totalidad excepto una segunda capa entre el kilómetro 94+150 y 96+750. Se trituraron más de 41.000 metros cúbicos de material de base y en la estación 97+507 se construyeron y colocaron todas las vigas y se inició la construcción de las losas.

Período Enero a Marzo, 1984

En la Sección 3C en este trimestre el Contratista terminó prácticamente los trabajos con excepción de la imprimación de la base y colocación de la carpeta asfáltica. En la Sección 4 se terminaron las obras de terracería, colocación de sub-base y base entre la sección 3C y el Puente sobre el Río Virilla quedando por ejecutar las obras entre este puente y las estructuras en el kilómetro 97+508; en estas últimas se terminó la construcción de las losas y se iniciaron las aceras y barandas.

Período Abril a Junio, 1984

En la sección 3C, en este período se imprimó la base con la cual los trabajos de construcción quedaron muy avanzados faltando el acceso al túnel Zurquí, colocación de la carpeta asfáltica, tratamiento superficial de los espaldones y revestimiento adicional de algunos tramos de cunetas.

En la Sección 4 se terminaron los trabajos de colocación de la base la cual se imprimó excepto el tramo entre el puente sobre el Río Virilla y las estructuras del kilómetro 97+508, tramo que se decidió construirlo con losa de concreto hidráulico. Además, se inició y se terminó de construir los bastiones del puente peatonal en la intersección San Luis. La producción de concreto asfáltico.

Período Julio a Setiembre, 1984

Período Enero a Marzo, 1983

En la Sección 3C se efectuó la remoción de algunos derrumbes y se colocó una alcantarilla de 0.61 metros de diámetro. La Sección 3C localizada entre las estaciones 81+000 y 87+000.

En la Sección 4, en este período se colocó sub-base en la intersección a San Luis, en la línea "X" en la estación 91+100, en el paso Santo Tomás y en el acceso al puente sobre el Río Virilla; se colocó material de base en el tramo del kilómetro 97+100 al 97+200; en las intersecciones a Santa Elena, San Miguel Norte y Sur y se imprimó entre la estación 97+500 y 94+220. Además se colocaron las canaletas del paso peatonal en San Luis y se inició el montaje de la planta para la producción de concreto asfáltico.

El Ingeniero Residente comentó que debido a las lluvias se presentó algún deterioro de la base imprimada y se procedió por lo tanto a contruir algunos subdrenajes para cortar el nivel freático. La base fue colocada en la zona para estacionamiento de vehículos a la salida del Túnel Jorgel, así mismo se construyeron cunetas revestidas en los portales.

Período Octubre a Diciembre de 1984

En este trimestre se trabajó en el revestimiento de cunetas en la Sección 3C, en la colocación de sub-base en la Intersección Saprissa y en la línea "X", además se colocó

material de base en las intersecciones Saprisa y San Miguel Sur.

Durante este período se prosiguió con la remoción de En el paso peatonal en San Luis con la construcción de la losa y gradas se terminaron los trabajos de esta estructura. Se continuó con el montaje de la planta para la producción de concreto asfáltico.

Período Octubre a Diciembre, 1984

Período Enero a Marzo, 1985

Se construyó en este período un muro de concreto ciclópeo En este período se removieron pequeños derrumbes en la Sección 3C localizados entre las estaciones 81+000 y 87+000 y se construyeron cunetas revestidas. En la Sección 4 se removieron algunos derrumbes y se colocó sub-base y base en la calle marginal entre la pila y el bastión No. 1 del puente sobre el Río Virilla. Se colocó carpeta asfáltica entre estaciones 92+120 y 97+09 y se instaló la malla protectora en el paso peatonal a San Luis.

Período Abril a Junio, 1985

Se prosiguió con la remoción de derrumbes y se hicieron los trabajos de reparación de las superficies y En general durante este período se trabajó en remoción de derrumbes así como en excavación de canales y cunetas.

La capa de piedra base fue colocada en la zona para estacionamiento de vehículos a la salida del Túnel Zurquí, así mismo se construyeron cunetas revestidas en los portales de entrada y de salida de dicho Túnel.

En este período se construyeron muros de retención de gabiones a fin de dar estabilidad a varios taludes, se prosiguió con la remoción de derrumbes y se construyeron diversas entradas a casas y fincas.

Período Julio a Setiembre, 1985

Durante este período se prosiguió con la remoción de derrumbes, se colocaron materiales de préstamo selecto en diferentes intersecciones con la vía principal y se construyeron sub-drenajes con tela BASETTEX.

Período Octubre a Diciembre, 1985

Se construyó en este período un muro de concreto ciclópeo en la intersección de San Luis de Santo Domingo, así como dos alcantarillas una de 0.61 metros de diámetro y otra de 1,07 metros con su correspondiente delantal de hormigón Clase X. Con relación al Item de excavación sin clasificar, se continuó con la remoción de derrumbes.

Período Enero a Marzo, 1986

Se prosiguió con la remoción de derrumbes y se hicieron los rellenos de la parte posterior de varios cabezales y se efectuaron trabajos de reparación de las superficies ya imprimadas consistentes en el rellenado de huecos con mezcla asfáltica en caliente e imprimaciones con emulsión asfáltica.

Período Abril a Junio, 1986

En este período se construyeron muros de retención de gabiones a fin de dar estabilidad a varios rellenos, se prosiguió con la remoción de derrumbes y se construyeron diversas entradas a casas y fincas.

Período Julio a Setiembre, 1986

Este período al igual que el anterior se caracterizó por la poca labor realizada debido a la falta de recursos económicos del Proyecto. Se trabajó en excavaciones para mejoras en el portal sur del Túnel Zurquí incluyendo construcción de un muro de concreto ciclópeo y en algunas secciones se terminó la colocación de la capa de base en los espaldones los que fueron imprimados con emulsión asfáltica.

Período Octubre a Diciembre, 1986

Con la firma del contrato entre la Empresa Constructora y la Comisión Nacional de Emergencia el 1º de octubre de 1986 para continuar la construcción de la Obra, se asignaron recursos para la colocación de carpeta asfáltica y guardacaminos. A partir del 10 de octubre de 1986 se dió la orden de inicio con un plazo de 120 días calendario.

En este período se inició la colocación de la carpeta de concreto asfáltica en la Sección 4 y la colocación de agregados triturados como material de base en el ajuste de los espaldones.

Además en la Sección 3C se utilizaron 200 metros cuadrados de tela de fibra sintética para sub-drenajes y el correspondiente relleno granular filtrante.

Período Enero a Marzo, 1987

Se continúa con la colocación de la carpeta de concreto asfáltico, colocación de tratamiento superficial bituminoso tipo TS-2 en los espaldones y la colocación de guardacaminos.

El 24 de febrero en inspección realizada al Proyecto se determinó que tanto en la Sección 3C como en la Sección 4 la obra se encontraba prácticamente terminada. El día 28 de marzo se efectuó la inauguración y puesto en servicio del Proyecto y se hizo la indicación de que se debería continuar con la colocación de los guardacaminos y bordillos faltantes.

calendario.

Período Abril a Junio, 1987

El 27 de abril se le indicó al Contratista efectuar la limpieza de entradas y salidas de algunas alcantarillas y ciertos tramos del derecho de vía.

3.2.3 Terminación de la Obra

El 26 de mayo se efectuó la pre-inspección final en la cual se determinó que las obras de las Secciones 3C y 4 habían sido construidas de acuerdo a planos, y por lo tanto se recomendó a la Dirección General de Construcción la inspección final para el recibo oficial de la Obra. Esta inspección final se llevó a cabo el 29 de mayo de 1987 y después de recorrido el Proyecto se dieron por recibidas las Obras.

nuevos recursos se obtuvieron por medio del Programa PL-400, y los trabajos se continuaron a partir del mes de octubre de 1986 con la firma de un contrato entre

3.2 Resumen de Avance

Constructora y la Comisión Nacional de Emergencia. Al agotarse desde el mes de junio los

De acuerdo a los términos del contrato de Obra Pública y al desarrollo de las obras, se indica a continuación un resumen del avance de la misma.

3.2.1 Plazo Original

Según el Contrato de Obra Pública firmado el cuatro de octubre de mil novecientos ochenta y dos, el plazo para la terminación de la obra fue de 26 meses a partir de la orden de inicio y en la Orden de Modificación de Obra #3 se convierten a 790 días calendario.

3.2.2 Orden de Inicio

Según se establece en la Orden de Servicio #1, la orden de inicio fue efectiva el 16 de febrero de 1983.

3.2.3 Terminación de la Obra

De acuerdo a los informes mensuales de la Dirección General Financiera del Ministerio, enviados a la División de Obras Públicas, desde el mes de junio de 1986 no existieron recursos para el pago de facturas por obra realizada ya que, a partir de esa fecha la suma disponible fue de únicamente de Q19.70. Los nuevos recursos se obtuvieron por medio del Programa FL-480 y los trabajos se continuaron a partir del mes de octubre de 1986 con la firma de un contrato entre la Empresa Constructora y la Comisión Nacional de Emergencia. Al agotarse desde el mes de junio los recursos para el pago de los trabajos ejecutados, no se cargó tiempo adicional para la ejecución de la obra a partir del 1º de junio de 1986.

3.2.4 Tiempo disponible para la terminación de la Obra

Monto original Contrato = 0173.293.531,46
Monto O.Ms. Acumulado = 159.743.718,50
Porcentaje de aumento = $\frac{159.743.748,50}{173.293.531,46} \times 100 = 91.18\%$

Plazo Original = 790 días calendario
Aumento = $\frac{790 \times 92.18}{100} = 728$ días calendario

Plazo Original = 790 días calendario
Aumento = 728 días calendario²
Tiempo disponible = 1518 días calendario

3.2.5 Tiempo empleado para la ejecución de la Obra

Orden de Inicio = 16 de febrero de 1983
Fecha máx. cargable para la ejecución de la obra = 1º de junio de 1986
Tiempo transcurrido = 1203 días calendario

Resumen

Tiempo disponible = 1518 días calendario
Tiempo Transcurrido = 1203 días calendario

De acuerdo a lo anterior, los trabajos fueron ejecutados dentro del tiempo disponible

² No incluye el contrato con la Comisión Nal. de Emergencia.

4.- INFORMACION TECNICA

La información técnica de estas secciones 3C y 4 se incluye a continuación y se refiere a:

- Resumen de los Resultados del Laboratorio de Materiales.
- Cuadro de Cantidades Finales.
- Planos de Construcción Real que muestran la obra tal y como fue construida.

4.1 Resumen de los Resultados del Laboratorio de Materiales

4.1.1. Sección 3C

A- ENSAYOS EFECTUADOS

A-1 Terraplenado:

Límites de ATTERBERG (AASHO T-89 y T-90)	:	26
Porcentaje de humedad	:	20
Proctor (AASHO T-99)	:	12
C.B.R. (AASHO T-193)	:	9
Chequeo de compactación aplicando método de Índice de humedad	:	42

A-2 Sub-base:

Límites de ATTERBERG (AASHO T-89 y T-90)	:	10
Proctor (AASHO T-180)	:	12
C.B.R. (AASHO T-193)	:	7
Granulometría (AASHO T-11 y t-27)	:	18
Chequeo de compactación aplicando método con arena de fino	:	48

A-3 Base

Límites ATTERBERG (AASHO T-89 y T-90)	:	10
Proctor (AASHO T-180)	:	14
C.B.R. (AASHO T-193)	:	5
Granulometría (AASHO T-11 y T-27)	:	16
Chequeo de compactación aplicando método con arena	:	90

A-4 Superficie de Rodamiento

a) Calzada

Límites ATTERBERG	:	10
<u>Concreto Asfáltico</u>	:	1.808 Ton/m ³
C.B.R.	:	65,30 min.
Contenido de Bitumen	:	97,97 %
Estabilidad	:	34
Flujo	:	34
Granulometría mezcla	:	6
Granulometría en tolvas	:	23
Núcleos Extraídos	:	25
Ensayos cemento asfáltico	:	10

b) Estructuras menores

Cajas, Cabezales y Cunetas

Testigos moldeados concreto R.N. 250:	46
Testigos moldeados concreto R.N. 180:	38
Pruebas de revenimiento	: 42
Granulometría agregado grueso	: 10
Granulometría agregado fino	: 8

B) RESULTADOS OBTENIDOS

B-1 Terraplenado:

Promedio

Con	Límite líquido	Promedio	:	29.5
	Indice Plástico		:	32.1
Con	Porcentaje de humedad	6.3	:	24
Est	Proctor	1.342	:	1.321 Ton/m ³
Fla	C.B.R	32.5	:	9.8 %
R.P.	Chequeos de compactación	33.1	:	97.2 %
R.C.S.		9.1	:	5 min.

B-2 Sub-base

	Resistencia Retenida	84.6	:	60 min.
Est	Límites ATTERBERG	89.4	:	7 NP
Est	Proctor, máx. teorica	2.334 kgv	:	1.808 Ton/m ³
Est	C.B.R. sp. pastillas	2.244 kgv	:	65%, 30 min.
Con	Chequeos de compactación	93.7%	:	97%, 95 min.

Granulometría promedio

Granulometría especifica:

<u>MALLA</u>	<u>MALLA</u>	<u>% PASANDO</u>	<u>% PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
3/4"	2"	100	100	100-100
3/8"	1 1/2"	73	95	70-90-100
No. 4	3/4"	47	69	50-55-85
No. 10	No. 4	33	42	35-30-50
No. 20	No. 40	13	12	15-10-25
No. 40	No. 200	6	5	5-2-9

B-4 Superficie de rodamiento

a) Calzada

<u>MALLA</u>	<u>%PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
<u>Concreto asfáltico</u>		
3/4"	100	100
Contenido de bitumen:	6.3	7-6.5
Estabilidad:	1.342	50-700 min.
Flujo	32.5	30-40.6 máx.
R.P.S.	33.1	13-48 máx.
R.C.S.	9.1	3-8 8 min.
%Vacíos	3.9	3-5
Resistencia Retenida	84.8	60 min.
Estabilidad Retenida	89.4	75 min.
Gravedad esp. máx. teorica	2.334 kgs/m ³	
Gravedad esp. pastillas	2.244 kgs/m ³	
Compactación	95.2%	95% min.

Granulometría mezcla:

<u>MALLA</u>	<u>%PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
1/2"	100	100
3/4"	100	100
3/8"	73	70-90
No. 4	47	50-70
No. 8	33	35-50
No. 50	13	13-23
No. 200	6	3-8

Granulometría en tolvas:

<u>MALLA</u>	<u>%PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
1/2"	100	100
3/4"	100	100
3/8"	76	70-90
No. 4	49	50-70
No. 8	42	35-50
No. 50	13	13-23
No. 200	6	3-8

La emulsión usada (CRS-1 y RS-1) cumplir especificaciones

b) Espaldones TS-2

Graduación "A" Promedio: Resultado promedio 11.350 kg/m³

S.S. prueba 5 muestras Resultado promedio 12.55 %

<u>MALLA</u>	<u>%PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
1"	100	100
3/4"	92	90-100
1/2"	37	20-55
3/8"	14	0-15
No. 4	4	0-5

Concreto R.N. 250

290 kg/cm²

b) Estructuras

Concreto R.N. 250

202 kg/cm²

Concreto R.N. 180

221 kg/cm²

Graduación "B" Promedio:

<u>MALLA</u>	<u>%PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
1/2"	100	100
3/8"	98	95-100
No. 4	18	10-30
No. 8	4	0-10

La emulsión usada (CRS-1 y RS-1) cumplen especificaciones

Pesos Unitarios y Gravedad Específica Graduación "A"

A-2 Sub-base
 P. Unit. suelto 5 muestras Resultado promedio: 1.350 kgs/m³
 G.S. bruta 5 muestras Resultado promedio : 2.55 %
 Abrasión : 22,40 máx.

B-5 Hormigón

a) Estructuras Mayores:

Esfuerzo Obtenido

Concreto R.N. 250 : 290 kgs/cm²

b) Estructuras Menores:

Concreto R.N. 250 : 282 kgs/cm²

Concreto R.N. 180 : 221 kgs/cm²

4.1.2 Sección No. 4

A-ENSAYOS EFECTUADOS

A-1 Terraplenado	:	16
Estabilidad	:	46
Límites de ATTERBERG (AASHO T-89 y T-90)	:	32
Porcentaje de humedad	:	30
Proctor (AASHO T-99)	:	22
C.B.R. (AASHO T-193)	:	30
Chequeos de compactación	:	12
aplicando método con arena	:	64

b) Espaldosa

A-2 Sub-base superficial	:	10
Límites de ATTERBERG (AASHO T-89 y T-90)	:	15
Proctor (AASHO T-180)	:	17
C.B.R. (AASHO T-193)	:	6
Granulometría (AASHO T-11 y T-27)	:	12
Chequeos de compactación	:	92
aplicando método con arena	:	92

c) Estructuras

A-3 Base	:	40
Límites de ATTERBERG (AASHO T-89 y T-90)	:	18
Proctor (AASHO T-180)	:	19
C.B.R. (AASHO T-193)	:	3
Granulometría (AASHO T-11 y T-27)	:	16
Chequeos de compactación	:	113
aplicando método con arena	:	113

A-4 Superficie de Rodamiento

Cajas canchales, cunetas.

a) Calzada

<u>Concreto Asfáltico</u> concreto R.N. 250	:	42
Testigos moldeados concreto R.N. 180	:	28
Contenido de Bitumen	:	16
Estabilidad a agregado grueso	:	46
Flujo a agregado fino	:	46
Granulometría Mezcla		
Granulometría Tolvas	:	25
Núcleos Extraídos	:	30
Ensayos cemento asfáltico	:	12

b) Espaldones

Limite Líquido	:	31.9
Tratamiento superficial (TS-2)	:	34.2
Graduación "A"	:	16
Graduación "B"	:	16
Ensayos emulsión	:	12
Cheques de compactación	:	76%

A-5 Hormigón con cemento Portland

B-2 Sub-base

a) Estructuras Mayores

Limite Puentes 97+508		
Proctor		1,872 Ton/m ³
C.B. Testigos moldeados concreto R.N. 350	:	60
Cheq Testigos moldeados concreto R.N. 250	:	94
Pruebas de revenimiento	:	79

b) Estructuras Menores

Cajas cabezales, cunetas.

Testigos moldeados concreto R.N.	250	:	42
Testigos moldeados concreto R.N.	180	:	28
Pruebas de revenimiento		:	35
Granulometría agregado grueso		:	16
Granulometría agregado fino		:	14

B.- RESULTADOS OBTENIDOS

B-1 Terraplenado

Promedio

Límite líquido	:	31.0
Índice plástico	:	34.2
Porcentaje de humedad	:	25
Proctor	:	1.336 Ton/m ³
C.B.R.	:	6.3
Chequeos de compactación	:	96%

B-2 Sub-base

Límites de ATTERBERG	:	N.F.
Proctor	:	1.872 Ton/m ³
C.B.R.	:	64%; 30 min.
Chequeos de compactación	:	98%; 95 min.

Superficie de Rodamiento

Granulometría promedio:

<u>MALLA</u>	<u>%PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
7.62	100	100 min.
3.81	96	40-70 máx.
2.54	90	40-70 máx.
No. 4	78	40-100
No. 40	40	10-70
No. 200	28	5-35
Estabilidad retenida		75 min.
Gravedad especif. máx.		
B-3 Base		
Gravedad especif. máx.		
Límites de ATTERBERG		: N.P.
Proctor		: 1.936 Ton/m ³
C.B.R.		: 91%: 80 min.
Chequeos de compactación		: 97.6: 95 min.
Abrasión		: 46.7; 50 máx.

Granulometría promedio

<u>MALLA</u>	<u>%PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
2"	100	100
1 1/2"	96	90-110
3/4"	70	55-85
No. 4	43	30-50
No. 40	12	10-25
No. 200	6	2-9

B-4 Superficie de Rodamiento

a) <u>Calzada</u>	<u>Promedio</u>	<u>Especificación</u>
Contenido de Bitumen:	6.2	6.5
Estabilidad	1592	700 min.
Flujo:	42.0	40.6 máx.
R.F.S.	28.0	48 máx.
R.C.S.	7.0	8 min.
% Vacios	4.2	3-5
Resistencia retenida	79.3	60 min.
Estabilidad retenida	86.0	75 min.
Gravedad especif. máx.		
Teórica	2337	
Gravedad especif.		
pastillas	2240	
Granulometría Promedio		

<u>MALLA</u>	<u>%PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
3/4"	100	100
3/8"	70	70-90
No. 4	48	50-70
No. 8	34	35-50
No. 50	11	13-23
No. 200	5.4	3-8

Granulometría Tolvas

<u>MALLA</u>	<u>%PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
3/4"	100	100
3/8"	79	70-90
No. 4	60	50-70
No. 8	43	35-50
No. 50	14	13-23
No. 200	6.3	3-8

Porcentaje de compactación: 98%, min. 95%

Espesor Promedio de Carpeta: 7.4 cms, min. 7.5 cms

Pruebas de cemento asfáltico: Cumplen especificaciones

b) Espaldones TS-2

Graduación "A" Promedio

<u>MALLA</u>	<u>%PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
1"	100	100
3/4"	91	90-100
1/2"	36	20-55
3/8"	13	0-15
No. 4	3	0-5

Graduación "B" Promedio

Esfuerzo Obtenido

10 Cilindros R.N. 250 (compresión)

260 kgs/cm²

MALLA Vigas R.N. 4 %PASANDO (sección) ESPECIFICACION

1/2"	100	100
3/8"	97	95-100
No. 4	16	10-30
No. 8	3	0-10

La emulsión usada (CRS-1) cumplió con especificaciones.

Pesos unitarios y Gravedad específica Graduación "A"

Pesos Unitarios suelto	6 muestras	Resultado Promed.: 1.347kgs/m ³
G.S. Bruta	6 muestras	Resultado Promed.: 2.54%
Abrasión		16%, 40 máx.

Pesos unitarios y Gravedad específica Graduación "B"

Pesos Unitarios suelto	8 muestras	Resultado prom.: 1344kgs/m ³
G.S. Bruta	8 muestras	Resultado prom.: 2.51%
Abrasión		20%; 40 máx.

B-5 Hormigón

a) Estructuras Mayores

Puentes Est.-97+508

Esfuerzo Obtenido

Concreto R.N. 350

388 kgs/cm²

Concreto R.N. 180

208 kgs/cm²

B-6	Pavimento Rigido	<u>Esfuerzo Obtenido</u>
	10 Cilindros R.N. 250 (compresión)	268 kgs/cm2
	12 Vigas R.N. 45 (flexión)	52 kgs/cm2

4.2 Cuadro de Cantidades Finales

Se anexan los cuadros de cantidades finales de las Secciones 3C y 4

4.3 Planos de Construcción Real que muestran la obra tal y como fue construida.

1.1	Antecedentes	219
1.2	Se acompañan los planos de la obra tal y como fue construida.	224
2.	DESARROLLO GENERAL	225
2.1	Empresa Constructora	225
2.2	Supervisión de la Construcción	226
2.3	Costo Original del Proyecto	227
2.4	Cambios en el Proyecto	227
2.4.1	Actualización de Cantidades	227
2.4.2	Mejoramientos	229
2.4.3	Resumen Aumentos de Costos	230
2.5	Costo Final del Proyecto	230

PROYECTO : SAN JOSE - SIQUIRRES

SECCION : 3C TUNEL ZURQUI - MATA DE CAFE

CONTRATISTA: COMPANIONI - FALLAS Y GONZALEZ

CUADRO DE CANTIDADES FINALES

FECHA: 20 DE JULIO 1987

ITEM		UNID	PRECIO UNITARIO	CANTIDADES					MONTOS					VARIACIONES SOPORTADAS POR	
				PROPUESTO ORIGINAL	CANTIDAD FINAL	VARIACIONES		DIFERENCIA	PROPUESTO ORIGINAL	CANTIDAD FINAL	VARIACIONES		DIFERENCIA		
N°	DESCRIPCION		S.G.			INICIAL	FINAL				INICIAL	FINAL	DIFERENCIA	OM - N°	OS - N°
109104	TRABAJO A COSTO MAS PORCENTAJE	%													
203(3)	EXCAVACION NO CLASIFICADA	M ³	181.65	10 800.00	203 731.83+	189 532.73 +	192 931.83+	3 399.10							
203(3)A	EXCAVACION NO CLASIFICADA ESPECIAL	M ³	198.67	161 320.00	265 751.14+	103 984.44 +	104 431.14+	446.70							
204(1)	SUBBASE GRADUACION "D"	M ³	30.20	11 250.00	23 057.99+	11 569.99 +	11 807.99+	238.00							
205(03)	SOBREACARREO	M ² /Km	15.10	662 251.66	718 386.93+	56 135.27 +	56 135.27	-							
206(1)	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS	M ³	480.60	1 611.00	5 862.69+	4 234.54 +	4 125.16+	17.15							
206(3)	RELLENO PARA FUNDACIONES	M ³	303.92	121.00	47.70-	73.30 -	73.30	-							
304(3)	BASE AGREGADOS TRIT. GRAD. 'A'	M ³	630.00	261 314.40	32 011.70+	5 697.30 +	5 697.30	-							
408(3)	ASFALTO EMULSIONADO P/IMPRIMACION	LTS	16.60	93 982.00	149 170.85+	55 188.85 +	55 188.85	-							
408(3)	MATERIAL DE SECADO	M ³	832.00	545.00	1 088.31+	543.31 +	543.31	-							
410(1)A	AGREG. P/TRAT. SUP. BITUM TS-2	M ³	1 100.00	2 1365.00	583.50-	1 781.50 -	1 781.50	-							
410(3)	EMULS. ASF. P/TRAT. SUP. BITUM	LTS	16.60	328 193.00	113 666.62-	215 270.38 -	215 270.38	-							
602A(6)	HORM. EST. CL. X 180 KG/cm ²	M ³	4 524.43	38 177	455.07 +	3 131.56 +	4 161.30 +	102.74							
602A(10)	HORM. EST. CL. 'A' RN 250 KG/cm ²	M ³	9 074.85	140.00	115.66 -	24.32 -	24.32	-							
602C(1)	VARILLA PARA REFUERZO	KGR	47.97	4 900.00	6 476.57 +	1 576.57 +	1 576.57	-							
602D(1)	HORMIGON CICLOPEO	M ³	2 717.80	40.00	397.96 +	347.86 +	357.96 +	10.10							
603(2)3A	TUBO HORM. REF. CL. III 0.61 m Ø	M	3 597.38	25.00	172.50 +	145.00 +	147.50 +	2.50							
603(2)3C	TUBO HORM. REF. CL. III 0.91 m Ø	M	8 890.00	39.00	129.70 +	90.70 +	90.70	-							
603(2)3D	TUBO HORM. REF. CL. III 1.07 m Ø	M	10 329.25	84.00	142.00 +	55.50 +	56.00 +	2.50							
603(2)3E	TUBO HORM. REF. CL. III 1.22 m Ø	M	11 718.60	14.00	2.00 -	12.00 -	12.00 -	-							
603(2)3G	TUBO HORM. REF. CL. IV 1.52 m Ø	M	21 278.70	17.00	30.13 +	13.13 +	13.13	-							
608A(2)	ENTRADA A CASAS Y FINCAS	U	12 519.60		23.89 +	23.89 +	23.89	-							
622A(4)	CAUCES REVESTIDOS	M ²	284.40		11 035.12 +	9 703.57 +	11 055.12 +	1 331.55							
630(1)	TELA NO TEJIDA DE FIBRA SINTETICA	M ²	95.30		13 625.50 +	13 625.50 +	13 625.50	-							
630(2)	RELLENO GRANULAR FILTRANTE	M ³	1 044.75		1 922.88 +	1 922.88 +	1 922.88	-							
603(1)	PAVIMENTO BITUM EN CAL. GRAD. 'B'	T.M	999.95		423.11 +	395.53 +	423.11 +	27.58							
603(2)	CEMENTO ASFALTICO 85-100	LTS	16.60		26 168.09 +	24 977.13 +	26 168.09 +	1 1709.96							
607(2)	EMULSION ASFALT. CAPA DE LIGA	LTS	16.60		24 277.95 +	24 277.95 +	24 277.95	-							
603(1)A	EXC. PRESTAMO SELECTO CASO 2	M ³	792.30		2 826.50 +	2 826.50 +	2 826.50	-							
606(8)	GUARDACAMINOS VIGA HORMIGON	M ¹	1 840.00												
ERROR EN EL CONTRATO - ITEM 205 (03)															
										+ 0.02			- 0.02		0.02
TOTALES										81 006 508 174 157 870 170 76	75 700 035 901	76 863 662 01	1 163 626 11		

PROYECTO: SAN JOSE SIQUIRRES

SECCION : 3 C Y 4 TUNEL ZURQUI - RUTA 102

CONTRATISTA : COMPANIONI-FALLAS Y GONZALEZ

CUADRO DE CANTIDADES FINALES

RECURSOS PL - 480

FECHA _____ 1988

SECCION 3 C

SECCION 4

ITEM		U N I D	PRECIO UNITARIO	CANTIDADES					MONTOS					VARIACIONES SOPORTADAS POR	
				PROPUESTO ORIGINAL	CANTIDAD FINAL	VARIACIONES		DIFERENCIA	PROPUESTO ORIGINAL	CANTIDAD FINAL	VARIACIONES		DIFERENCIA		
N°	DESCRIPCION				INICIAL	FINAL				INICIAL	FINAL	DIFERENCIA		OM - N°	OS - N°
403 (1)	PAVIMENTO BITUMINOSO GRADUACION 'B'	T.M.	11072,37	12191,07		12191,07	-	-	131851878,36	131851878,36	-	-	-		
403 (2)	CEMENTO ASFALTICO 85-100	LT.	17,61	769738,87		769738,87	-	-	1315551101,50	1315551101,50	-	-	-		
407 (2)	EMULSION ASFALTICA	LT.	14,26	49530,00		49530,00	-	-	706297,80	706297,80	-	-	-		
622A(4)	CAUCES REVESTIDOS	M2	364,26	1136,43		1136,43	-	-	413955,99	413955,99	-	-	-		
606 (8)	GUARDACAMINOS	M.	2513,60	2014,03		2014,03	-	-	5062465,80	5062465,80	-	-	-		
SUB - TOTAL SECCION 3 C									331589699,45	331589699,45	-	-	-		
109 (04)	TRABAJO A COSTO MAS PORCENTAJE	C	5 G						11375871,80	11375871,80	-	-	-		
606 (8)	GUARDACAMINOS	M	2513,60	474,00		474,00	-	-	1191446,40	1191446,40	-	-	-		
SUB - TOTAL SECCION 4									21567318,20	21567318,20	-	-	-		
TOTALES									361157017,65	361157017,65	-	-	-		

3.	CONSTRUCCION	CAPITULO VI	231
3.1	Construcción de los Puentes		231
3.2	Resumen de Avance	SECCION 6	241
3.2.1	Plazo Original		241
3.2.2	Orden de	PUENTES MAYORES	241
3.2.3	Terminación de la Obra		241
3.2.4	Tiempo Disponible		242
3.2.5	Tiempo Empleo	<u>INDICE</u>	242
3.2.6	Resumen		242

4.	INFORMACION TECNICA		<u>Página</u>
4.1	Resumen de los Resultados del Laboratorio de Materiales		243
1.	INTRODUCCION	de Cantidades Finales	219
1.1	Antecedentes		219
1.2	Descripción del Proyecto		220
1.3	Financiamiento		224
2.	DESARROLLO GENERAL		225
2.1	Empresa Constructora		225
2.2	Supervisión de la Construcción		226
2.3	Costo Original del Proyecto		227
2.4	Cambios en el Proyecto		227
2.4.1	Actualización de Cantidades		227
2.4.2	Mejoramientos		229
2.4.3	Resumen Aumentos de Costos		230
2.5	Costo Final del Proyecto		230

3.	CONSTRUCCION	231
3.1	Construcción de los Fuentes	231
3.2	Resumen de Avance	241
3.2.1	Plazo Original	241
3.2.2	Orden de Inicio	241
3.2.3	Terminación de la Obra	241
3.2.4	Tiempo Disponible	242
3.2.5	Tiempo Empleado	242
3.2.6	Resumen	242
4.	INFORMACION TECNICA	243
4.1	Resumen de los Resultados del Laboratorio de Materiales	243
4.2	Cuadro de Cantidades Finales	247

1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

El día 30 de setiembre de 1981 el Ministerio de Obras Públicas y Transportes rescindió el contrato de Obra Pública con la Empresa Constructora Monolítica S.A., para la construcción del Proyecto San José-Siquirres. Posteriormente, con oficios N°. 6507 del 29 de octubre de 1981 y N°. 6843 del 19 de noviembre de ese mismo año, el Ministerio solicitó a la Contraloría General de la República, Departamento de Licitaciones, autorización para llevar a cabo la contratación directa con los antiguos sub-contratistas de la Empresa Monolítica S.A., a fin de terminar la construcción del Proyecto San José-Siquirres, dejado inconcluso al rescindirse el contrato original el 30 de setiembre de 1981.

La autorización para la contratación directa por parte de la Contraloría General se recibió por medio del Oficio N°. 00433 del 19 de enero de 1982. A partir de esa fecha el Ministerio de Obras Públicas y Transportes inició el proceso de negociación con la Empresa Constructora Servicios Especializados para la Construcción S.A. (SECSA), para la terminación de la Sección 6: Fuentes Mayores, que culminó con la firma de un contrato el día 24 de octubre de 1982, el cual fue aprobado por la Contraloría General de la República el día 4 de enero de 1983, mediante Oficio No. 42-1-83. Después de celebrar la reunión de pre-construcción con el contratista, se dió la Orden de Inicio con fecha 16 de marzo de 1983.

1.2 Descripción del Proyecto

El trabajo incluido en este Proyecto consistió en la terminación de tres Puentes Mayores que habían sido abandonados a partir de la rescisión del contrato con la firma Monolítica S.A.

Estos tres puentes mayores fueron construidos en los siguientes lugares:

<u>FUENTE SOBRE EL RIO</u>	<u>UBICACION</u>	<u>LONGITUD</u>	<u>ANCHO</u>
Toro Amarillo	Sección 2, Km 37+714	258.60 m.	10.90
Chirripó	Sección 2, Km 47+355	175.80 m.	10.90
Virilla	Sección 4, Km 97+776	287.80 m.	10.90

El trabajo realizado consistió en lo siguiente:

Toro Amarillo

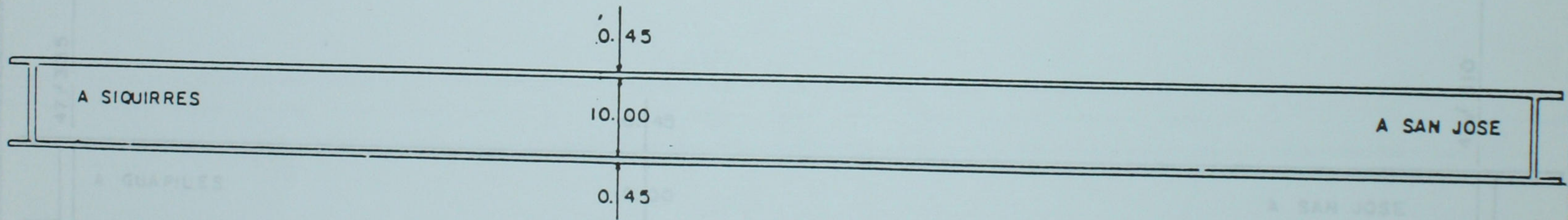
- Terminar la Superestructura.

Chirripó

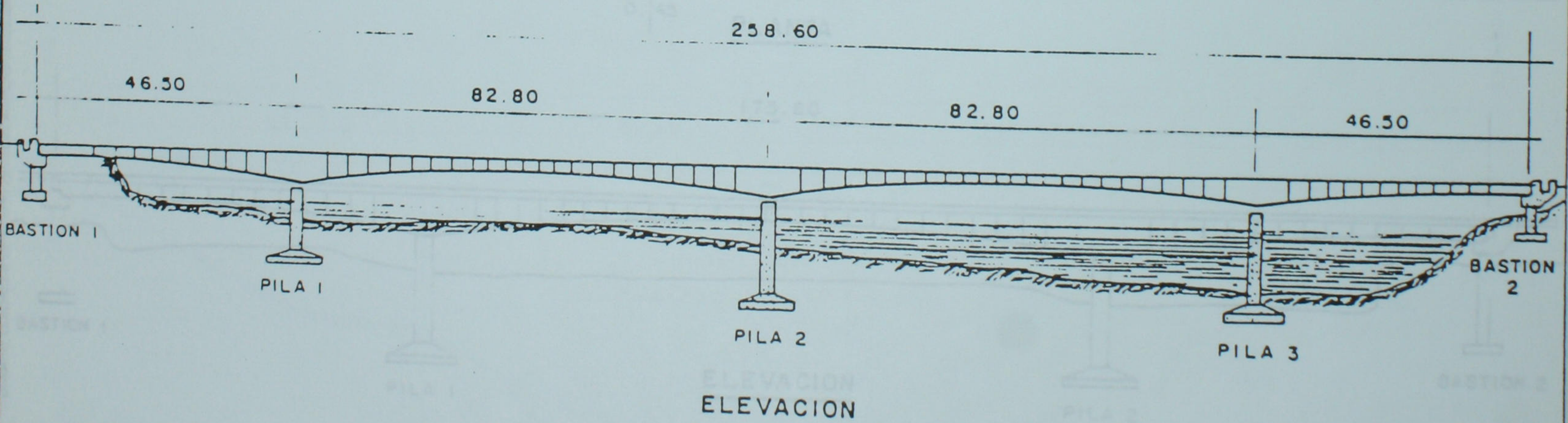
- Construir la Fila No. 2
- Terminar la superestructura.

Virilla

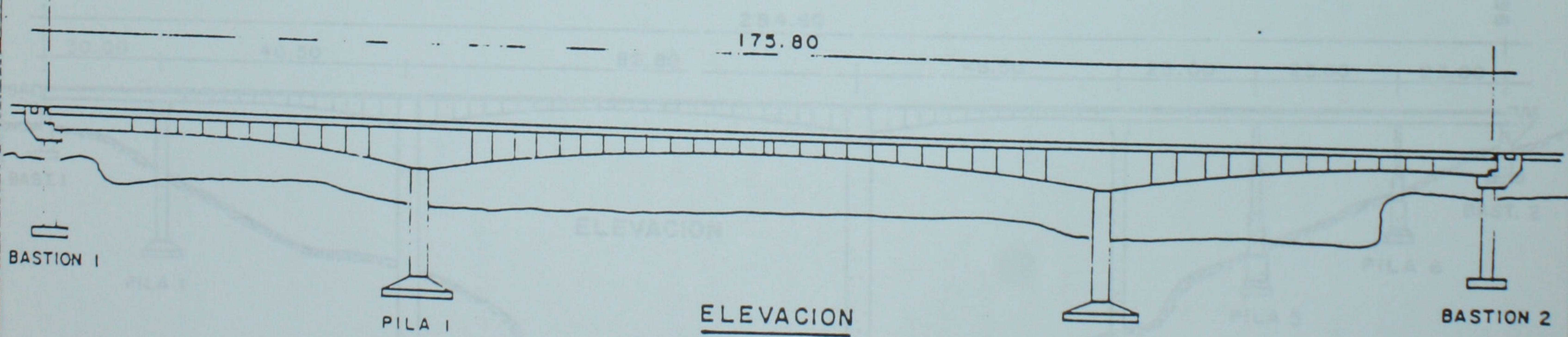
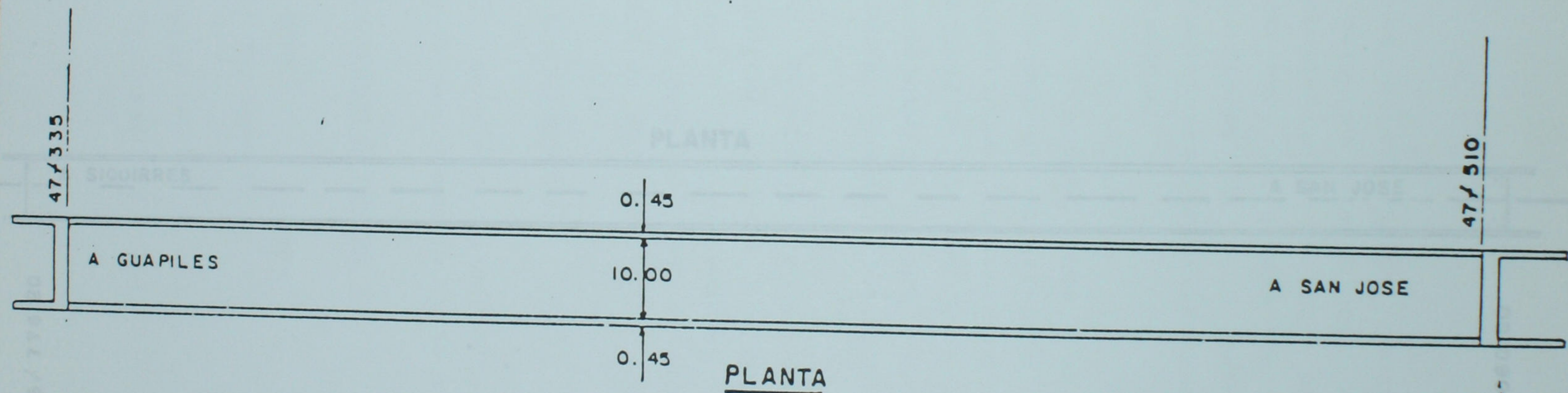
- Terminar la Fila No. 2
- Construir la superestructura.



PLANTA



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
 DIVISION DE OBRAS PUBLICAS
PUENTE TORO AMARILLO
 PROYECTO: SAN JOSE - SIQUIRRES - PUERTO VIEJO



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
 DIVISION DE OBRAS PUBLICAS
 PUENTE SOBRE RIO CHIRRIPO
 PROYECTO: SAN JOSE - SIQUIRRES - PUERTO VIEJO

PLANTA

A SIQUIRRES

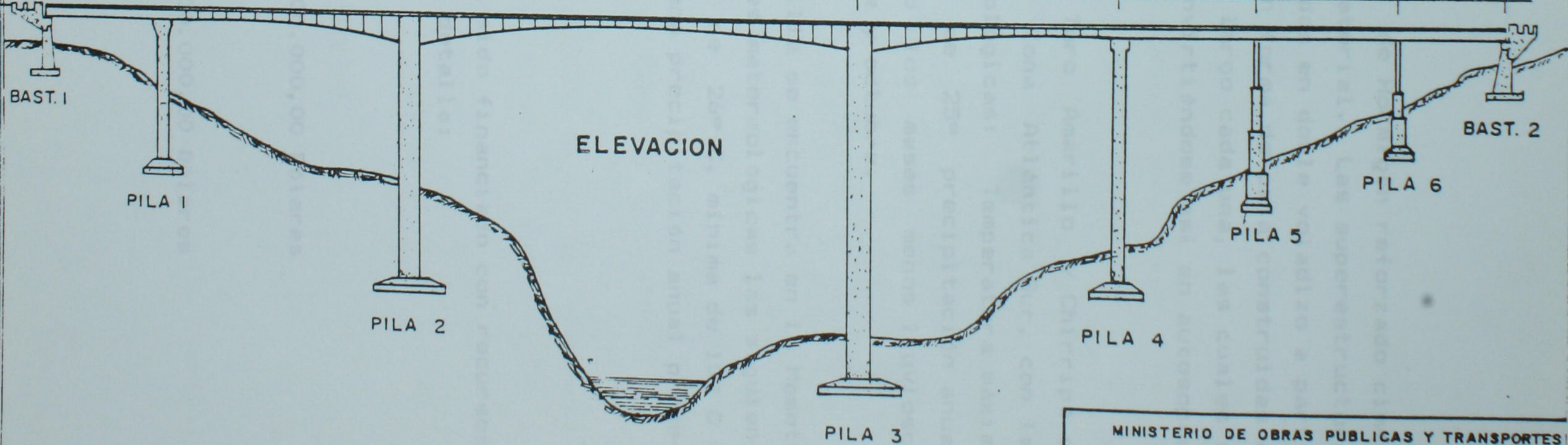
A SAN JOSE

96 / 776.20

96 / 060.80

284.60

30.00 46.50 82.80 46.50 25.00 25.00 25.00



ELEVACION

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
DIVISION DE OBRAS PUBLICAS
PUENTE SOBRE RIO VIRILLA
PROYECTO: SAN JOSE - SIQUIRRES - PUERTO V.

Las pilas fueron construidas de Hormigón reforzado cimentadas en placas del mismo material. Las superestructuras consistieron en vigas postensadas en doble voladizo a partir de cada pila con sección en forma de caja construidas en secciones de 3.20 metros de largo cada una, las cuales se postensaron individualmente convirtiéndose así en autosoportantes.

Los Puentes sobre los ríos Toro Amarillo y Chirripó se encuentran localizados en la Zona Atlántica Sur, con las siguientes condiciones metereológicas: Temperatura máxima promedio de 35° C y mínima de 25° precipitación anual promedio de 3.600 mm, siendo los meses menos lluviosos febrero, marzo, junio, setiembre y octubre.

El Puente sobre el río Virilla se encuentra en la Meseta Central, siendo las condiciones metereológicas las siguientes: la temperatura máxima de 26° C, mínima de 10° C y promedio de 18°C al año, con una precipitación anual promedio de 2600 mm.

1.3 Financiamiento

La construcción del Proyecto ha sido financiado con recursos externos y aporte local según se detalla:

RECURSOS EXTERNOS

-BIRF : 39.000.000,00 Dólares

Programa 466

-BIRF : 10.300.000,00 Dólares

Programa 335 y 356

- OPEP : 3.000.000,00 Dólares
Programa 345
- FIV : 12.577.500,00 Bolívares
Programa 456
- FIV : 20.442.200,00 Bolívares
Programa 349
- FIV : 26.184.240,00 Bolívares
Programa 349
- FIV : 17.146.826,00 Bolívares
Programa 455

APORTE LOCAL

Fresupuesto Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Programa 309 y 316, Construcción de Vías por Contrato.

De estos recursos, para las Sección 6 se asignaron 085.058.151,32 de recursos externos y de aporte local y 02.245.335,97 del Programa PL-480.

2.- DESARROLLO GENERAL

2.1 Empresa Constructora:

Los datos relacionados con la contratación de la Empresa Constructora son los siguientes:

Contratista

Nombre: Servicios Especializados para la Construcción S.A.
(SECSA)

Fecha firma del Contrato: 24 de octubre de 1982

Fecha aprobación Contrato: 4 de enero de 1983

Fecha orden de Inicio: 16 de Marzo de 1983

Fecha terminación propuesta: 15 de setiembre de 1985

Fecha máxima cargable para la ejecución de la obra:

1º febrero 1985. (3)

Monto original del Contrato: Q77.467.219,00 (1) (2)

Monto final del Contrato: Q85.058.151,32

(1) No incluye reajustes

(2) A precios de julio de 1982

(3) No incluye contrato con las Comisión Nal. de
Emergencia.

2.2 Supervisión de la Construcción:

El 1º de febrero de 1983, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y el Consorcio BEL Ingeniería S.A. -Edwards and Kelcey Engineers, Inc. firmaron un contrato mediante el cual el Consorcio prestaría los servicios de Consultoría bajo su entera responsabilidad, en lo referente a la dirección técnica, administrativa y financiera. Para cumplir con sus obligaciones, la Consultora llevó a cabo su labor con personal propio de alto nivel y el personal que el Ministerio de Obras Públicas y Transportes asignó al Proyecto. El Ministerio además designó un Ingeniero como su representante, con la responsabilidad, dentro de la organización de la División de Obras Públicas, de la supervisión de la Consultora, así como las relaciones de los Consultores con el Ministerio. La Consultora inició sus labores el día 1º de febrero de 1983.

2.3 Costo original del Proyecto:

El monto original para llevar a cabo la construcción de la sección 6 fue de Q77.467.219,00 a precios de 31 de julio de 1982, monto sujeto a reajustes de los precios unitarios de acuerdo con las leyes 5501 y 5518.

Mediante la Orden de Modificación de Obra #1, de fecha 7 de abril de 1983 y aprobada en oficio N°. 83-694, se asignó una suma global estimada de Q12.000.000,00 para reajustes de precios sujeto a aumentar o disminuciones según fuera el caso.

2.4 Cambios en el Proyecto

A continuación se incluye una breve descripción de las Ordenes de Modificación (O.M.) que representaron aumentos de costos del Proyecto desglosados en:

2.4.1 Actualización de Cantidades

2.4.2 Mejoramientos

2.4.1 Actualización de Cantidades

O.M. No. 9: De fecha 15 de noviembre de 1984,

Esta Orden de Modificación fue aprobada el 5 de febrero de 1985.

Las cantidades propuestas en el contrato para la terminación de la construcción de tres puentes mayores se obtuvieron del Cuadro del Finiquito con Monolítica S.A., como resultado de la diferencia entre las cantidades indicadas como finales y las cantidades como realizadas a la fecha del finiquito.

Después de un análisis detallado de las cantidades necesarias para la terminación del trabajo se determinó una diferencia entre las cantidades propuestas en el Contrato con la Empresa Constructora SECSA y las realmente necesarias. Esta diferencia de cantidades fue ajustada mediante la O.M. No. 9. El costo de este cambio aumentó el monto del contrato en Q6.019.366,60

Este Contrato de Obra Pública firmado con la Comisión Nacional de Emergencia fue convenido para continuar la

O.M. No. 12: De fecha 18 de octubre de 1985, ~~esta~~ los puentes. El ~~proyecto~~ aprobada el 22 de noviembre de 1985.

En el puente sobre el río Virilla el Contratista original, Monolítica S.A., efectuó la excavación y coló la placa de fundación de la pila No. 2 pero no llevó a cabo el relleno de la misma. Este relleno fue ejecutado por el nuevo contratista SECSA S.A. con material de préstamo de una fuente de material cercano al puente, pero con costos adicionales por dificultad en el acceso y acarreo de material, motivo por el cual se resolvió efectuarlo por administración. Además se consideró necesario revestir los taludes de los dos bastiones del mencionado puente. Esta Orden de Modificación soporta la ejecución de estos trabajos con un costo estimado de Q2.419.200,00. Juntas de Expansión construidas para el puente Rio Reventazón por Monolítica S.A. no fueron adecuadas por lo que fue

O.M. No. 13 y Final : De fecha 29 de enero de 1988.

Esta Orden de Modificación de Obra, representa el finiquito del Contrato de Obra Pública firmado el 24 de octubre de 1982, el cual fue financiado mediante los Convenios de Préstamo BIRF 1187-CR, ley No. 5911 y BIRF-1845-CR, ley No. 6585, Programas 465 y 335, 356 respectivamente.

Los ajustes finales de cantidades que se incluyen en esta Orden de Modificación disminuyeron el monto del contrato en Q2.507.594,28.

Programa PL-480: Contrato de fecha 30 de setiembre de 1986, aprobado en la misma fecha.

Este Contrato de Obra Pública firmado con la Comisión Nacional de Emergencia fue convenido para continuar la construcción de la Sección 6 hasta completar los puentes. El monto del Contrato fue por Q3.309.567,00, pero se efectuó por Q2.245.335,97, de los cuales Q1.950.655,97 se consideró como actualización de cantidades.

2.4.2 Mejoramientos

O.M. No. 8: De fecha 6 de febrero de 1984, aprobada el 13 de setiembre de 1984.

Las Juntas de Expansión necesarias para los Puentes Río Chirripó, Río Toro Amarillo y Río Virilla no fueron incluidos ni en los planos ni en el Contrato para las Secciones 2-3A, 4 o 6. Las Juntas de Expansión construidas para el Fuente Río Reventazón por Monolítica S.A. no fueron adecuadas por lo que fue necesario su remoción y construidas nuevamente.

Mediante la O.M. No. 8 se crearon nuevos renglones de pago para la construcción de las Juntas de Expansión para los Puentes antes citados. El costo de estos cambios aumentó el monto del Contrato en Q2.838.680,00.

Programa PL-480: Contrato de fecha 30 de octubre de 1986, aprobado en la misma fecha.

Este Contrato de Obra Pública firmado con la Comisión Nacional de Emergencia fue convenido para continuar la construcción de la Sección 6. De este contrato se utilizó un monto de Q294.680,00 para terminar la colocación de las Juntas de Expansión.

2.4.3 Resumen Aumentos de Costos:

En el Cuadro 2.4 mostrado a continuación se presenta un resumen de los aumentos en el costo del contrato para la Sección 6 que incluye los cambios resultantes de la actualización de cantidades y cambios debidos al mejoramiento sobre lo establecido en el contrato original.

Como se puede apreciar de este cuadro, el desglose de los cambios expresados como porcentaje del propuesto original son atribuibles en un 10.55% a actualización de cantidades y un 3.66% a mejoramientos por un aumento total de 14.21%.

2.5 Costo Final del Proyecto

Con base a los datos anteriores, el costo final de la Sección 6, Puentes Mayores, fue el siguiente:

a- Costo original	=	Q77.467.219,00
b- Actualización de Cantidades	=	8.176.307,79
c- Mejoramiento	=	<u>2.838.680,50</u>
TOTAL	=	Q88.482.207,29 (1)

Este total se desglosa en:	
Contrato MOPT	= 0 86.236.871,32 (1)
Contrato PL-480	= <u>2.245.335,97</u> (1)
TOTAL	= 0 88.482.207,29 (1)

(1) No incluye reajustes.

3.- CONSTRUCCION

3.1 Construcción de los Puentes

A continuación se presenta una breve descripción de las actividades desarrolladas en la construcción de los puentes por trimestre.

Período Marzo a Junio, 1983

El Contratista inició sus labores en el día 16 de marzo de 1983, instalándose y movilizándolo su equipo y personal en los sitios de los Puentes sobre los ríos Virilla y Toro Amarillo.

Durante este período se colaron las dovelas 1, 2, 3, 4 y 5 en los claros 3-2 y 3-4, es decir desde la pila #3 hacia las pilas #2 y #4 del Puente Toro Amarillo. Para el Puente Río Virilla se colocaron las vigas de 30 m. de luz entre el bastión #1 y la Pila #1. Se realizaron las siguientes cantidades de trabajo:

Hormigón Estructural RN-250	237.16 m ³
Hormigón Estructural RN-180	178.74 m ³
Viga de 30 m.	40% (0.40 U)
Acero de ref. para preesfuerzo	10.133.52 Kg.
Varilla para refuerzo	37.098.69 Kg.

La labor del Contratista fue satisfactoria. No hubo problemas constructivos.

Período Julio a Setiembre, 1983

Durante este período se continuó con la terminación de la construcción de los Puentes Río Virilla y Toro Amarillo. Se colaron las dovelas 6, 7, 8, 9, 10 y 11 en los claros 3-2 y 3-4 del Puente Toro Amarillo. También para este puente se coló la dovela extrema y la dovela de cierre del claro 1-1, es decir, de la pila #1 hacia el bastión #1. Se inició la construcción de las barandas de hormigón.

En el puente sobre el Río Virilla se terminó la pila #2 hasta la dovela "0" y se inició la construcción de esta dovela. También se colaron las dovelas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 en los claros 3-2 y 3-4 y las vigas de hormigón preesforzado para las luces extremas. Se realizaron las siguientes cantidades de trabajo:

Hormigón Estructural RN-250	356.07 m ³
Hormigón Estructural RN-180	611.06 m ³
Viga de 30 m. para preesfuerzo	3.20 U
Vigas de 25 m. refuerzo	2.70 U
Acero de ref. para preesfuerzo	31.237.09 Kg.
Varilla para refuerzo	100.356.56 Kg.
Baranda de Hormigón	7.00 ml

Los Ingenieros Residentes comentaron que el avance del Fuente Río Virilla fue satisfactorio y que se esperaba su conclusión para el mes de abril de 1984; los trabajos en el Fuente Toro Amarillo avanzaron en forma uniforme y satisfactorio colando a la fecha todas las dovelas de las luces interiores quedando así unidas. Faltó únicamente de colar los tramos finales para conectarse con los bastiones. Este puente entrará en servicio en octubre de 1983.

Se terminó la construcción del Puente sobre el Río Toro Amarillo durante este período, con la excepción de las

Período Octubre a Diciembre, 1983

forma limitada.

Durante este período se concluyó la construcción de dovelaje y bastiones del puente sobre el Río Toro Amarillo y se realizó la construcción de 488 ml. de la baranda de hormigón. Se envió el equipo y personal al sitio del Puente sobre el Río Chiriquí. En el puente Virilla se colaron las dovelas 7, 8, 9, 10 y 11 en los claros 3-2 y 3-4. Se concluyó la construcción de la pila #2 y se inició el colado de las dovelas en los claros 2-1 y 2-3. Se terminó la construcción de las vigas de 25 metros en el claro 2-6 (bastión #2 a pila #6) y se colaron 46 m³ de concreto en la losa. Se prosiguió con la construcción de las vigas de 30 metros. En el período se realizaron las siguientes cantidades de trabajo:

Hormigón Estructural RN-250	53.24 m ³
Hormigón Estructural RN-280	18.04 m ³
Hormigón Estructural Rn-350	262.89 m ³
Vigas de 25 metros RN-350	6.80 U
Acero de ref. para preesfuerzo	17.435.90 Kg.
Varilla para refuerzo	28.058.03 kg.
Baranda de hormigón	481.32 ml.
Baranda de hormigón	35.60 ml.

El único problema constructivo durante el período fue solucionado ordenando al contratista modificar la altura de la acera en el Fuente Río Virilla. Se comentó que el avance fue muy satisfactorio y mayor a lo esperado.

Período Abril a Junio, 1984
Período Enero a Marzo, 1984

Se terminó la construcción del Fuente sobre el Río Toro Amarillo durante este período, con la excepción de las Juntas de Expansión. El puente fue puesto en servicio en forma limitada.

De acuerdo con el programa de trabajo, al terminar la construcción del mencionado puente, el contratista movilizó su equipo y personal al sitio del Fuente sobre el Río Chirripó donde se inició la excavación para la pila #2.

En el Fuente sobre el Río Virilla colaron las dovelas 1 al 11 en los claros 2-1 y 2-3. También se continuó con la construcción de las vigas de 25 metros en el claro 5-6 (pila #5 a pila #6). Se coló la losa en el claro 5-6 y se inició la construcción de los muros para barandas en los claros 6-2 y 5-6. En el período se realizaron las siguientes cantidades de trabajo.

Excavación para Puentes	1.065.65 m ³
Hormigón Estructural RN-250	73.24 m ³
Hormigón Estructural RN-350	354.44 m ³
Vigas de 25 metros	5.00 U
Acero de ref. para preesfuerzo	28.884.16 Kg.
Varilla para refuerzo	44.688.70 Kg.
Baranda de hormigón	33.08 ml.

Período Julio a Septiembre, 1984

No hubo problemas constructivos durante el período. Según los comentarios del Ingeniero Residente la labor del Contratista fue muy satisfactoria.

Período Abril a Junio, 1984

Durante este período se terminó la construcción de la parte de la superestructura del Fuente sobre el Río Virilla que consistió en vigas postensadas en doble voladizo colándose la dovela de cierre en el claro 2-3 y las dovelas de apoyo en las pilas #1 y #4, uniéndose entonces la superestructura entre éstas. Se continuó con los detalles en las luces 4-5, 5-6 y 6-2 de 25 metros y en la luz 1-1 de 30 metros colando diafragmas, cabezales y aceras y la losa en la luz 4-5.

En el Fuente Río Chirripó se terminó la pila #2 y inició la construcción de la dovela "0" en esta pila. Se realizaron las siguientes cantidades de trabajo:

Hormigón Estructural RN-250	309.25 m ³
Hormigón Estructural RN-350	153.08 m ³
Acera de ref. para preesfuerzo	3.878.15 kg.
Varilla para refuerzo	39.915.38 kg.
Hormigón ciclópeo	99.00 m ³

Según los comentarios de los Ingenieros Residentes, durante este período no hubo problemas constructivos. A partir del mes de mayo, el rendimiento del Contratista merizó notablemente en vista de que el grueso del trabajo en los Puentes Río Virilla y Toro Amarillo está terminado. En los 16 meses transcurridos del Proyecto fue realizado el 90.8% del trabajo autorizado.

Período Julio a Setiembre, 1984

Se terminó la losa del puente sobre el Río Virilla durante este período y se continuó con los toques finales tales como la construcción de aceras y muretes para la baranda de aluminio. También en el puente sobre el Río Chirripó, se terminó la dovela "0" sobre la pila #2 y se colaron las dovelas 1, 2 y 3 en los claros 2-1 (pila #2 a pila #1) y 2-2 (pila #2 a bastión #2).

Durante este período se realizaron las siguientes cantidades de trabajo:

Hormigón Estructural RN-250	Virilla (-201.53) m ³	(1)
Hormigón Estructural RN-280	los tres	22.46 m ³
Hormigón Estructural RN-350	en set	606.09 m ³ (1)
Vigas de 25 metros	en el periodo	0.50 U (1)
Vigas de 30 metros	durante este periodo	0.40 U (1)
Acero de ref. para preesfuerzo		13.048.67 kg
Varilla para refuerzo		25.095.62 kg

(1) Cierre de cantidades hasta la fecha. del puente sobre el Río Toro Amarillo durante este período con la instalación de No hubo problemas constructivos durante el período. El ritmo del trabajo mejoró en el mes de setiembre con el inicio de la construcción de las dovelas en el Puente Río Chirripó.

Período Octubre a Diciembre de 1984

Con la instalación de la baranda de aluminio se terminó la construcción del Puente sobre el Río Virilla durante este período, con la excepción de las juntas de Expansión. El puente ha sido puesto en servicio en forma limitada.

Se colaron las dovelas 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 en los claros 2-1 y 2-2. También se coló la dovela de cierre y la dovela de apoyo en el bastión #1, faltando solamente la dovela de apoyo en el bastión #2 para terminar la construcción del dovelaje de este puente. Se realizaron las siguientes cantidades de trabajo:

Cierre de cantidades:

Hormigón Estructural RN-250	294.00 m ³
Acero de ref. para preesfuerzo	26.493.46 kg
Varilla para refuerzo	17.487.12 kg
Baranda de Aluminio	570.80 ml

Período Abril a Junio, 1983

No hubo problemas constructivos durante este período y no se trabajó en el puente sobre el Río Virilla durante los meses de noviembre y diciembre. Dos de los tres puentes incluidos en la Sección 6 fueron puestos en servicio limitado; el puente Río Toro Amarillo en el período enero a marzo, 1984 y el puente Río Virilla durante este período.

Hormigón ciclópeo 24.80 m³

Período Enero a Marzo, 1984

Juntas de Expansión 21.20 ml

Se terminó el 100% de la construcción del puente sobre el Río Toro Amarillo durante este período con la instalación de las Juntas de Expansión. También se terminó la construcción del dovelaje del puente Río Chirripó colando la dovela de apoyo en el bastión #2. Se inició el trabajo en detalles tales como cabezales, muros y baranda de hormigón. Durante este período se realizaron las siguientes cantidades de trabajo:

Hormigón Estructural RN-250	414.30 m ³ (1)
Hormigón Estructural RN-280	10.80 m ³
Hormigón Estructural RN-350	(-363.09) m ³ (1)

Acero de ref. para preesfuerzo	1.965.55 kg	(1)
Varilla para refuerzo	3.311.54 kg	(1)
Hormigón ciclópeo	125.43 m ³	
Baranda de hormigón	120.00 ml.	
Juntas de Expansión	21.20 ml.	

(1) Cierre de cantidades.

No hubo problemas constructivos durante este período.

Período abril a Junio, 1985

Durante este período se terminó al 100% de la construcción del puente Río Virilla con la instalación de las Juntas de Expansión. Se continuó con la construcción de cabezales, muros y baranda de hormigón. Se realizaron las siguientes cantidades de trabajo durante este período:

Hormigón ciclópeo	24.80 m ³
Baranda de hormigón	199.60 ml.
Juntas de Expansión	21.20 ml.

A partir del mes de mayo se encontró el proyecto sin recursos económicos. El ritmo de trabajo bajó fuertemente hasta el extremo de no realizarse ningún trabajo durante el mes de junio.

Período Julio, 1985-Noviembre, 1986

Durante este período de 17 meses, no se realizó ningún trabajo por falta de recursos financieros.

Período Diciembre, 1986-Setiembre, 1987 (Contrato MOPT-BEL)

Durante este período, con la excepción de unos trabajos de detalles y mantenimiento realizados por administración y la construcción de 32 ml. de Baranda de Hormigón, los demás trabajos realizados fueron pagados con fondos provenientes del Programa FL-480 (Contrato con la Comisión Nacional de Emergencia).

La construcción del puente sobre el Río Chirripó se terminó en el mes de mayo de 1987 con la excepción de las Juntas de Expansión, habiéndose completado la baranda mencionada en el párrafo anterior.

Período Abril a Setiembre, 1986 (Programa FL-480)

Al disponerse de los recursos del Programa FL-480, en el mes de agosto de 1986 se continuó hasta la finalización de detalles constructivos, con cargo al Item 109.04, Trabajo a Costo más Porcentaje, en los puentes Río Virilla y Río Chirripó.

Período Octubre, 1986-Setiembre, 1987

Durante este período se terminó la construcción del puente sobre el Río Chirripó con la instalación de las Juntas de Expansión en el puente Río Reventazón, trabajo agregado a esta sección por Orden de Modificación de Obra #B.

3.2 Resumen de Avance

3.2.1 Plazo Original

Según contrato de Obra Pública firmado el 24 de octubre de 1982, el plazo para la terminación de la obra fue 18 meses contados a partir de la orden de inicio y en la orden de Modificación de Obra #2 se convirtieron en 657 días calendario.

3.2.2 Orden de Inicio

Según se establece en la Orden de Servicio #1, la orden de inicio fue efectiva el 16 de marzo de 1983.

3.2.3 Terminación de la Obra

De acuerdo a los informes mensuales de la Dirección General Financiera del Ministerio desde el mes de abril de 1985 no existieron recursos para el pago de facturas por obras realizadas, ya que a partir de esa fecha la suma disponible fue únicamente Q226.403,79.

Mediante la Orden de Modificación de Obra #11 de fecha 28 de junio de 1985, aprobada el 25 de noviembre de 1985, se acordó conceder una ampliación de plazo de los días calendario equivalentes al período durante el cual el proyecto no tuvo financiamiento, situación existente a la fecha de dicha orden, estipulando que la nueva fecha de terminación de obra sería determinada una vez definida la situación financiera, considerando el tiempo transcurrido a partir del 14 de abril de 1985, fecha en que el monto del trabajo realizado excedió el monto financiado.

En vista de que la situación financiera de este proyecto (pertinente al Contrato con el M.O.F.T.) no fue resuelto a la fecha de la Orden de Modificación #13 y Final, se consideró la fecha de 14 de abril de 1985 como fecha de terminación del proyecto.

3.2.4 Tiempo Disponible para la Terminación de la Obra

Plazo Original del Contrato	=	657 días calendario
Aumentos de Plazo autorizados:		
O.M. #8	=	20 días calendario
O.M. #9	=	51 días calendario
O.M. #10	=	77 días calendario
O.M. #12	=	21 días calendario

TIEMPO DISPONIBLE 826 días calendario

3.2.5 Tiempo Empleado para la Terminación de la Obra

Orden de Inicio	=	16 de marzo de 1983
Fecha máxima cargable para la ejecución de la Obra	=	1º de febrero de 1985(1).
Tiempo Transcurrido	=	690 días calendario.

(1) No incluye contrato con la Comisión Nal de Emergencia.

3.2.6 Resumen

Tiempo Disponible	=	826 días calendario
Tiempo Empleado	=	690 días calendario

De acuerdo a lo anterior, los trabajos fueron realizados dentro del tiempo disponible.

4.- INFORMACION TECNICA

La información técnica referente a la Sección 6 se incluye a continuación y comprende:

- Resumen de Resultados del Laboratorio de Materiales.
- Cuadro de cantidades finales.

4.1 Resumen de los Resultados del Laboratorio de Materiales

A. ENSAYOS EFECTUADOS

Testigos de hormigón Moldeados Concreto RN-250:	590
Testigos de Hormigón Moldeados Concreto RN-320:	46
Testigos de Hormigón Moldeados Concreto RN-350:	730
Pruebas de revenimiento	: 620
Ensayos Granulométricos (grueso T-11 y T-27)	: 61
Ensayos Granulométricos (finos AASHO T-11 y T-27):	56

B. RESULTADOS OBTENIDOS

<u>Puente sobre Río Reventazón</u>	<u>Resultado Prom.</u>
Concreto RN-250. Se moldearon 251 testigos;	306 Kgs/cm ²
Concreto RN-350. Se moldearon 178 testigos;	380 Kgs/cm ²
Granulometrías Agregado Grueso (21 pruebas)	
Resultado Promedio	

<u>MALLA</u>	<u>% PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
2"	100	100
1 1/2"	100	95-100
3/4"	42	35- 70
3/8"	14	10- 30
No. 4	3	0- 5
No. 200	2	0- 5

Granulometrías agregado fino (18 pruebas)

Resultado promedio

<u>MALLA</u>	<u>% PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
3/8"	100	100
No. 4	97	55-100
No. 16	50	45- 80
No. 50	18	10- 30
No. 100	6	2- 10
No. 200	4	0-5

2) Puente sobre Río Toro Amarillo

Resultado Promedio

Concreto RN-250. Se moldearon 79 testigos; 329 Kgs/cm²

Concreto RN-350. Se moldearon 226 testigos; 384 kgs/cm²

Granulometrías agregado grueso (13 pruebas)

Resultado promedio

<u>MALLA</u>	<u>% PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
2"	100	100
1 1/2"	100	95-100
3/4"	44	35- 70
3/8"	16	10- 30
No. 4	4	0- 5
No. 200	2	0- 5

Granulometrías agregado fino (12 pruebas)

Resultado promedio.

<u>MALLA</u>	<u>% PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
No. 3	100	95-100
No. 3/8"	100	100
No. 4	96	95-100
No. 16	49	45-80
No. 50	19	10-30
No. 100	6	2-10
No. 200	3	0-5

3) Puente sobre Río Chirripó Resultado Promedio

Concreto RN-250. Se moldearon 108 testigos; 332 Kgs/cm²

Concreto RN-350. Se moldearon 198 testigos; 376 Kgs/cm²

Granulometrías agregado grueso (15 pruebas)

Resultado promedio

<u>MALLA</u>	<u>% PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
1 1/2"	100	90-100
2"	100	100
1 1/2"	100	95-100
3/4"	43	35-70
3/8"	15	10-30
No. 4	3	0-5
No. 200	2	0-5

Granulometría Agregado fino (12 pruebas)

Resultado promedio

<u>MALLA</u>	<u>% PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
3/8"	100	100
No. 4	97	95-100
No. 16	48	45-80
No. 50	18	10-30
No. 100	5	2-10
No. 200	3	0-5

4) Fuente sobre Río Virilla

Resultado Promedio

Concreto RN-250. Se moldearon 152 testigos; 272 kgs/cm²

Concreto RN-320. Se moldearon 46 testigos; 360 kgs/cm²

Concreto RN-350. Se moldearon 138 testigos; 381 kgs/cm²

Granulometrías agregado grueso (12 pruebas)

Resultados promedio

<u>MALLA</u>	<u>% PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
2"	100	100
1 1/2"	100	90-100
3/4"	41	35-70
3/8"	14	10-30
No. 4	3	0-5
No. 200	2	0-5

Granulometrías agregado fino (14 pruebas)

Resultado Promedio

<u>MALLA</u>	<u>% PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACION</u>
3/8"	100	100
No. 4	96	95-100
No. 16	51	45-80
No. 50	21	10-30
No. 100	7	2-10
No. 200	3	0-5

4.2 Cuadro de Cantidades Finales:

Se anexan los cuadros de cantidades finales de la Sección 6, Puentes Mayores.

	Página
1. GENERALIDADES	250
1.1 Introducción	251
1.2 Antecedentes	252
1.3 Geología	253
1.3.1 Generalidades	253
1.3.2 Geología del Túnel	254
1.4 Consideraciones del Diseño	255
2. EMPRESA CONSTRUCTORA	257
3. METODO CONSTRUCTIVO	257
3.1 Generalidades	258
3.2 Excavación	261
3.3 Sistemas de soporte	265
3.3.1 Concreto lanzado	265
3.3.2 Arcos de Acero	267
3.3.3 Concreto de Piso	268
3.3.4 Equipo usado	269
3.3.5 Personal por turno	269

PROYECTO : SAN JOSE - SIQUIRRES

SECCION : 6 CONSTRUCCION PUENTES MAYORES

CONTRATISTA: SECSA

CUADRO DE CANTIDADES FINALES

FECHA : 29 DE ENERO 1988

ITEM	UNID	PRECIO UNITARIO	CANTIDADES							MONTOS					VARIACIONES SOPORTADAS POR		
			PROPUESTO ORIGINAL	CANTIDAD FINAL	VARIACIONES			PROPUESTO ORIGINAL	CANTIDAD FINAL	VARIACIONES			OM - N°	OS - N°			
					INICIAL	FINAL	DIFERENCIA			INICIAL	FINAL	DIFERENCIA					
09-04	TRABAJO A COSTO MAS PORCENTAJE	#	50														
20611	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS	M³	1400.00														OMS N° 12, 13 y FINAL
20612	EXCAVACION PARA PUENTES	M³	2810.00	658.00	1065.65	407.65	407.65										OM N° 9
602A(10)	HORMIGON ESTRUC RN 250 KGR/cm	M³	8790.00	1828.00	1258.00	1424.33	430.10	5.77									OM N° 9
602A(11)	HORMIGON ESTRUC RN 280 KGR/cm	M³	8950.00	48.00	51.35		3.35	3.35									OMS N° 9, 13 y FINAL
602A(12)	HORMIGON ESTRUC RN-350 KGR/cm	M³	9060.00	2323.00	2104.58	22666	218142	8124									OM N° 13 y FINAL
602B(17)	MIEMBROS HORM PREEF 25 M	U	140950.00	15.00	15.00												OMS N° 9, 13 y FINAL
602B(18)	MIEMBROS HORM PREEF 30 M	U	603960.00	4.00	4.00												
602B(13)	ACERO DE REFUERZO P/ PREEF	KGR	162.00	110358.00	129916.27	17718.50	19358.27	1839.77									
602C(11)	VARILLA PARA REFUERZO	KGR	48.00	274904.00	300325.50	141774.00	25431.50	10657.50									OMS N° 9 y FINAL
602D(11)	HORMIGON CICLOPEO	M³	2720.00	311.00	240.23		70.77	70.77									OMS N° 9, 13 y FINAL
612(1)	BARANDA HORMIG PARA PUENTES	M	1920.00	873.00	873.00												OMS N° 13 y FINAL
612(3)	BARANDA ALEACION DE ALUMINIO	M	4430.00	588.00	570.80		17.20	17.20									OMS N° 13 y FINAL
602A(17)	JUNTAS EXPANS. PUENTE RIO CHIRRIPO	ML	25800.00			21.20		21.20									OMS N° 8, 13 y FINAL
602A(18)	JUNTAS EXP TORO AMARILLO - VIRILLA	M	32200.00		42.40	42.40											OM N° 8
602A(19)	JUNTAS EXP PUENTE RIO REVENTAZON	M	143700.00		25.00	25.00		3.00									OMS N° 8, 13 y FINAL

PROYECTO: SAN JOSE SIQUIRRES
 SECCION : 6 PUENTES MAYORES
 CONTRATISTA : S.E.C.S.A.

CUADRO DE CANTIDADES FINALES
 RECURSOS PL - 480

FECHA _____ 1988

ITEM		U N I D	PRECIO UNITARIO	CANTIDADES					MONTOS					VARIACIONES SOPORTADAS POR		
N°	DESCRIPCION			PROPUESTO ORIGINAL	CANTIDAD FINAL	VARIACIONES			PROPUESTO ORIGINAL	CANTIDAD FINAL	VARIACIONES			OM - N°	OS - N°	
						INICIAL	FINAL	DIFERENCIA			INICIAL	FINAL	DIFERENCIA	OM N°1 - OM N°3 Y FINAL		
109 (04)	TRABAJO A COSTO MAS PORCENTAJE	2	S.G.						3 309 567 00	1 250 655 97	-	1 292 240 12	-	1 358 911 03	-	66 670 91
602 (A)	JUNTAS DE EXPANSION	2	S.G.						294 680 00	294 680 00						
TOTALES									3 604 247 00	2 245 335 97	-	1 292 240 12	-	1 358 911 03	-	66 670 91

4.	INSTRUMENTACION	287
4.1	Generalidades	287
4.2	Controles efectuados	288
4.2.1	Medición de deformaciones	288
4.3	Comportamiento	293
5.	ZONAS ESPECIALES	293
5.1	Generalidades	293
5.2	Zonas de Diques	295
5.3	Zona entre Estaciones 0+110 a 0+178	295
		Página
1.	GENERALIDADES DEL TUNEL	250
1.1	Introducción	250
1.2	Antecedentes	250
1.3	Geología de la Construcción	252
1.3.1	Generalidades Proyecto	252
1.3.2	Geología del Túnel	253
1.4	Consideraciones del Diseño	255
2.	EMPRESA CONSTRUCTORA	259
3.	METODO CONSTRUCTIVO	259
3.1	Generalidades	259
3.2	Excavación	261
3.3	Sistemas de soporte	265
3.3.1	Concreto lanzado	265
3.3.2	Arcos de Acero	282
3.3.3	Concreto de Piso	285
3.3.4	Equipo usado	285
3.3.5	Personal por turno	286

4.	INSTRUMENTACION	287
4.1	Generalidades	287
4.2	Controles efectuados	288
4.2.1	Medición de deformaciones	288
4.3	Comportamiento fin de Construcción	293
5.	ZONAS ESPECIALES	293
5.1	Generalidades	293
5.2	Zonas de Diques	295
5.3	Zona entre Estaciones 0+110 a 0+78	295
6.	CONDICION FINAL DEL TUNEL	299
7.	COMENTARIOS FINALES	300
7.1	Supervisión de la Construcción	300
7.2	Costo Original del Proyecto	300
7.3	Cambios en el Proyecto	301
7.3.1	Actualización de Cantidades	301
7.3.2	Mejoramiento	302
7.3.3	Resumen Aumento Costos	302
7.4	Labor del Contratista	303
7.4.1	Generalidades	303
7.4.2	Justificación plazo terminación de la Obra	304
7.4.3	Labor efectuada	305
7.5	Labor de la Inspección	307
7.5.1	Generalidades	307
7.6	Conclusiones	309
7.7	Cuadro de cantidades Finales	309

1.- GENERALIDADES

1.1 Introducción:

El Proyecto San José-Siquirres con 94.8 kilómetros de longitud se origina en la Ruta 102 que une a los Cantones de Tibás y Moravia asciende hasta la divisoria de aguas a 1.600 metros de elevación en el Paso Zurquí, descendiendo luego hasta la llanura entre las márgenes de los ríos Patria y Sucio.

Debido a condiciones topográficas, entre las estaciones kms. 79+390 y 79+955, el diseño contempló, para esa zona, el paso a través del cerro Zurquí, mediante un túnel de 562.5 metros de longitud de 10.8 metros de ancho por 8.5 metros de altura, de sección semicircular de 81 m² de área.

1.2 Antecedentes:

Los estudios preliminares se iniciaron en el año 1974 mediante levantamientos topográficos y fotogeológicos. Posteriormente se realizaron estudios de geología superficial y geofísica de refracción y eléctrica resistiva. Mediante estos estudios se determinó que el trazado de la carretera por túnel era técnica y económicamente factible.

En el año de 1979, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes decidió ejecutar un túnel exploratorio a lo largo de la línea centro del trazado propuesto y ubicado en la corona, permitiendo el mismo conocer las características geotécnicas y geológicas de detalle, como para ejecutar los diseños de la sección y tipos de revestimientos a utilizar en la obra definitiva.

En enero de 1981 se inicia la construcción del túnel a cargo del Contratista Monolítica S.A., con Kier International como Subcontratista. La obra se inicia por el Portal Norte, excavándose un total de 55 metros a sección completa y 6 metros más a media sección superior, hasta estación 0+61.5 suspendiéndose los trabajos en julio de 1981. En dicha zona se colocaron como elementos de soporte arcos de acero.

En el año 1982 se contrata a Kier International la construcción de los faltantes 501 metros de túnel mediante Contratación Directa según Oficio #00433 del 19 de enero de 1982 de la Contraloría General de la República. En junio de 1983 se inicia la construcción de la obra, la que queda finalmente construida en agosto de 1984.

La construcción de todo el Proyecto fue financiado con recursos externos y aporte local, según el siguiente detalle:

RECURSOS EXTERNOS

- BIRF : 39.000.000.00 Dólares
Programa 466
- BIRF : 10.300.000.00 Dólares
Programa 335 y 356
- OPEP : 3.000.000.00 Dólares
Programa 345
- FIV : 12.577.500.00 Dólares
Programa 456

-FIV las llanuras de Santa Clara : 26.184.240.00 Bolívares
Programa 349

-FIV : 17.146.826.00 Bolívares
Programa 455

APORTE LOCAL

Presupuesto Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Programas 309 y 316, Construcción de Vías por Contrato.

De todos los recursos antes indicados, para la construcción del Túnel se asignaron ¢189.396.890.94 para construcción de obra y ¢11.050.641.25 para pago de reajustes.

1.3 Geología

1.3.1 Generalidades

El área estudiada estuvo comprendida entre las coordenadas #(s) 22500, 235000 y E 533000 - 543000 del Instituto Geográfico de Costa Rica. Se encuentra ubicada en la Cordillera Volcánica Central formada por edificios volcánicos, de los cuales algunos se encuentran en actividad, tales como: el Irazú y el Poás. Estos edificios son los que han dado lugar a la separación de la Meseta Central de las planicies del Atlántico.

El trazado de la carretera pasa la cordillera entre los Cerros "Alto de La Palma" y "Zurquí" en un paso conocido como "La Palma" con una altitud de 1.530 metros y continua hacia el norte siguiendo los valles

de los ríos Hondura, Sucio y Patria, hasta alcanzar las llanuras de Santa Clara con altitud de 200 metros aproximadamente, lo que da un buzamiento regional promedio de unos 4 grados.

Las rocas aflorantes en el área son volcánicas cuaternarias y terrazas aluvionales formada por producto de erosión y transporte de esas rocas volcánicas.

Se distinguen tres tipos de litologías:

- Aluviones y terrazas aluvionales
- Lavas andesíticos-basálticas
- Aglomerados volcánicos
- Tobas

1.3.2 Geología del Túnel

Túnel Piloto:

La excavación de este túnel atravesó rocas tobáceas y breccias laváticas; se intersectaron dos diques de lava andesíticas, se cruzaron zonas débiles decizalla y planos semihorizontales que corresponden a la deposición de diferentes tipos de rocas volcánicas. El influjo de agua fue en forma de un gotero ligero concentrado en las zonas de fracturamiento y los planos de deposición.

En base al mapeo, las mediciones de microsísmica y pruebas de carga efectuadas dentro de la galería se estimó una zona de descomposición de 1 a 3 metros después de dos años de exposición. La velocidad compresional de la zona decomprimida osciló entre 0.9 a 1.4

km/s y la zona no perturbada entre 2.1 a 2.5 km/s, velocidades superiores expresadas en informes anteriores son aparentes ya que no son compatibles con la calidad mecánica de la roca observada en la galería y posteriormente en el túnel a sección normal.

Túnel a Sección Normal:

Al excavar el túnel a sección completa se presentaron problemas de desprendimiento en la zona de corona cerca del portal norte causados por la zona de descompresión desarrollada sobre el túnel piloto. Una vez reiniciada la excavación ya por la firma "Kier International" fue necesario subir la corona del túnel tres metros por encima del nivel de corona del túnel piloto (éste se excavó en la solera del túnel a sección normal) para así dejar el techo del túnel fuera de la zona descomprimida. Esta transición se hizo aproximadamente entre las estaciones 0+050 y 0+055.

El material excavado fue semejante al excavado en el túnel piloto pero se intersectó a un mayor número de estructuras por el tamaño de la sección. La infiltración de agua se presentó en forma de un goteo ligero asociado a las zonas débiles y a los planos de contacto al igual que en túnel piloto.

Durante la excavación en varias zonas se presentaron desprendimientos y agrietamientos en el revestimiento. Estas zonas coinciden con las zonas débiles mapeadas en el túnel piloto detectadas por la microsísmica tanto en el piloto como en éste.

La velocidad de la roca descomprimida alrededor del túnel osciló entre 0.9 y 1.5 Km/s; la zona no perturbada presentó velocidades que oscilaron entre 1.8 a

2.5 Km/s. El comportamiento de este material corresponde a un suelo muy compacto y friccionante o de una roca muy alterada que requiere soporte para la estabilidad. Es un material "Ripiable" con zonas que requiere el uso de explosivos para una excavación en matriz areno-limosa, no aplicable la medición del R.Q.D. propuesto por el Dr. D. U. Deere.

Tomando en cuenta las mediciones de la microsísmica y observaciones de campo se estimó el espesor de la zona de descomprensión entre 4-6 metros. En las zonas débiles este espesor es mayor.

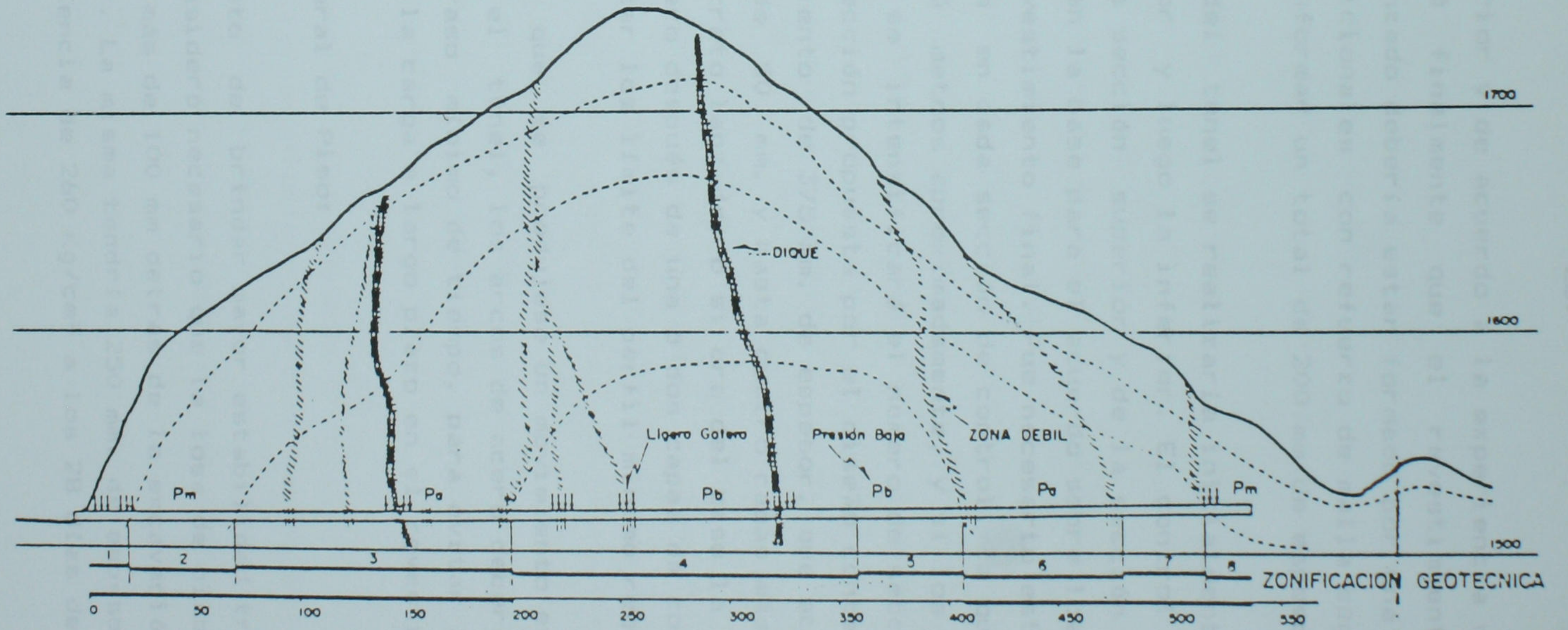
La cobertura del túnel es mostrada en la lámina #2.

1.4 Consideraciones de diseño:

El diseño del revestimiento se basó en el Método de Barton et al "Engineering Clasification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support" 1974. Este método se basa en un sistema de clasificación de calidad de la masa rocosa, basado en diferentes parámetros a determinarse como son: el Índice de Calidad de la Roca (RQD), el Número de Juntas (Ju), el Grado de Rugosidad de las Juntas (Jv), el Grado de Alteración de las Juntas (Ja), el Factor de Disminución de Agua en las Juntas (Jw) y el Factor de Reducción de Esfuerzos (SRF).

De lo anterior se llegan a determinar las presiones actuales sobre el revestimiento del túnel, en donde de acuerdo al caso que se ajuste a las condiciones del proyecto, se determinó el tipo de revestimiento a utilizar, y que para este caso fue de concreto lanzado, de 75 a 25 cms. de espesor reforzado con malla.

TUNEL ZURQUI
ZONIFICACION GEOTECNICA
FIGURA TOMADA DE REF. I.



LAMINA Nº 2

De lo anterior y de acuerdo a la experiencia del diseñador, se consideró finalmente que el revestimiento mínimo de concreto lanzado debería estar formado por una primera capa, más dos adicionales con refuerzo de malla según Norma ASTM 185, para conformar un total de 200 mm de espesor final.

El avance del túnel se realizaría inicialmente con la sección superior y luego la inferior. El control de la convergencia de la sección superior y de la sección completa del túnel, serían la base para el acuerdo sobre los requerimientos del revestimiento final. Fue necesario establecer dicho requerimiento en cada sección de control, la que se realizaría cada 25 metros aproximadamente, y si los requisitos lo ameritaban, se intensificará el número de secciones de control. La sección propuesta por el diseño contemplan admitir un revestimiento de 375 mm. de espesor, que acomoda la primera capa de 50 mm. y hasta cuatro capas más de 75 mm. de malla y concreto lanzado, o si era del caso la colocación de arcos de acero después de una o dos capas de concreto lanzado, sin afectar los límites del perfil mínimo requerido.

En el caso que se produjese un movimiento excesivo de la roca hacia el túnel, los arcos de acero deberían colocarse con un retraso mínimo de tiempo, para evitar la descompensación y así la carga a largo plazo en el revestimiento.

Losa Estructural de Piso:

Con el objeto de brindar mayor estabilidad transversal al túnel se consideró necesario que la losa de piso debería colocarse a no más de 100 mm detrás de la excavación de la sección inferior. La misma tendría 250 mm. de espesor mínimo para una resistencia de 260 Kg/cm² a los 28 días de edad.

Sistema Drenaje:

Para evitar la presión de agua detrás del revestimiento se recomendó colocar drenajes en la sección inferior cada 3 metros de longitud por 1.5 metros de profundidad. La Empresa

Constructora son los siguientes:

Consideraciones a largo plazo:

- Lectura de extensómetros:

Los puntos de medición del movimiento del túnel quedarían instalados para que el Ministerio continúe con el registro de las lecturas de un modo sistemático, ya que si algún movimiento ocurriera, en el futuro, pueda ser detectado con tiempo, de modo que se pueda determinar su evolución y así poder tomar medidas correctivas, si fuesen necesarias. 229,290.00

- Obras de reparación futuras:

Se considera que de acuerdo al perfil del revestimiento, se ha dejado un margen adecuado para una eventual necesidad de apoyo, en caso de un movimiento nuevo. En las zonas en donde se colocara únicamente los 200 mm. de espesor de revestimiento, se podrían colocar arcos de sección universal de 150 x 150 mm. sin rebasar los límites mínimos de la vía.

- Mantenimiento del drenaje:

Para evitar presiones de agua detrás del revestimiento del túnel, se deberá realizar un mantenimiento regular de los tubos de drenaje colocados en los laterales del mismo. inmediatamente después de realizar la reparación del material suelto.

c- Colocación de segunda capa de concreto lanzado de 75 mm. de espesor, con malla de 3m. de refuerzo.

2.- EMPRESA CONSTRUCTORA

d- Colocación de pines y toma de lecturas de convergencia.

Los datos relacionados con la contratación de la Empresa Constructora son los siguientes:

e- Excavación banco inferior.

Contratista

Nombre: Kier International Limited.

Fecha firma del Contrato: 10 de febrero de 1983

Fecha aprobación del Contrato: 9 de marzo de 1983

Fecha de terminación propuesta: 15 de junio de 1984

Fecha de Terminación: 14 de setiembre de 1984

Monto original del Contrato: Q132.228.298.00

Monto final de reajustes: Q11.050.641.25

f- Si se observa que la roca se ha estabilizado mediante

la colocación de las dos primeras capas de concreto

lanzadas, se colocará la tercera capa de con-

creto lanzado de 75 mm. con lo que se completa así los

revestimientos requeridos según el diseño.

3.- METODO CONSTRUCTIVO

3.1 Generalidades:

La secuencia constructiva empleada por Kier International consistía en: (Ver lámina #3).

a- Excavación galería superior, con avances de 2.40 metros aproximadamente, empleando explosivos.

b- Colocación de la primera capa de concreto lanzado de 50 mm., inmediatamente después de realizar la remoción del material suelto.

- c- Colocación de segunda capa de concreto lanzado de 75 mm. de espesor, con malla de 3mm. de refuerzo.
- d- Colocación de pines y toma de lecturas de convergencia.
- e- Excavación banco inferior.
- f- Colocación de primera capa de concreto lanzado de 50 mm. en banco inferior.
- g- Colocación de segunda capa de concreto lanzado de 75 mm. con malla de refuerzo.
- h- Colocación de pines y toma de lecturas de convergencia de la sección inferior.
- i- Si se observa que la roca se ha estabilizado mediante la colocación de las dos primeras capas de concreto lanzado, se coloca finalmente una tercera capa de concreto lanzado de 75 mm. con lo que se completa así los 200 mm. de revestimiento requeridos según el diseño.
- j- Si se observa que la roca continua deformándose sin tendencia a la estabilización, se colocaría una tercera capa de concreto lanzado de 75 mm. con malla de 3 mm. de refuerzo.
- k- Si con el tratamiento anterior se observa más convergencia, se colocaría finalmente la última cuarta parte de 75 mm. con malla de 3 mm. de refuerzo, completamente así la operación.

- 1- Si después de la operación del punto j se continuara observando convergencias peligrosas, se procedería a la instalación de arcos de acero, los que finalmente serían recubiertos con una capa de concreto lanzado de 50 mm.

El programa constructivo requería el inicio de la construcción a mediados de 1983 y debía finalizarse en setiembre de 1984. Con el propósito de cumplir con el programa, el Contratista construyó un campamento cerca de la entrada sur del túnel y comenzó las operaciones de excavación en setiembre de 1983, y terminado en agosto de 1984. El túnel fue entregado al Ministerio en setiembre de 1984, cumpliendo el Contratista a cabalidad con lo programado.

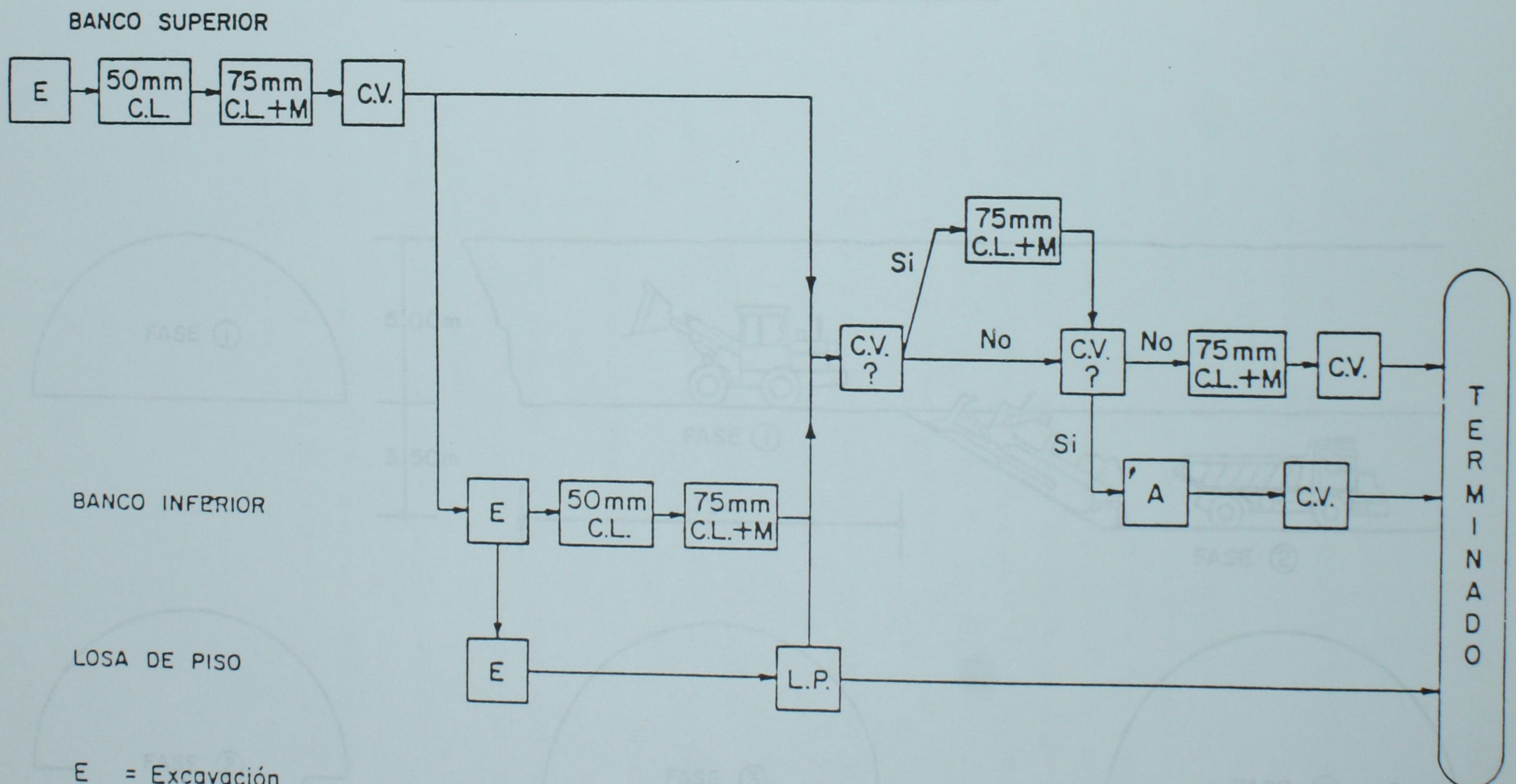
3.2 Excavación:

La excavación fue realizada en dos etapas: (Ver lámina #4)

- a- Sección de avance superior, con una altura de excavación de 5 metros (fase 1)
- b- Sección de avance inferior, (fases 2, 3 y 4)
- c- La sección superior fue excavada mediante el empleo de explosivos, utilizándose un promedio de 0.90 Kg/m³. Se avanzaba por voladura un promedio de 2.25 metros, obteniéndose un promedio de 5.00 metros de avance por día.

TUNEL ZURQUI

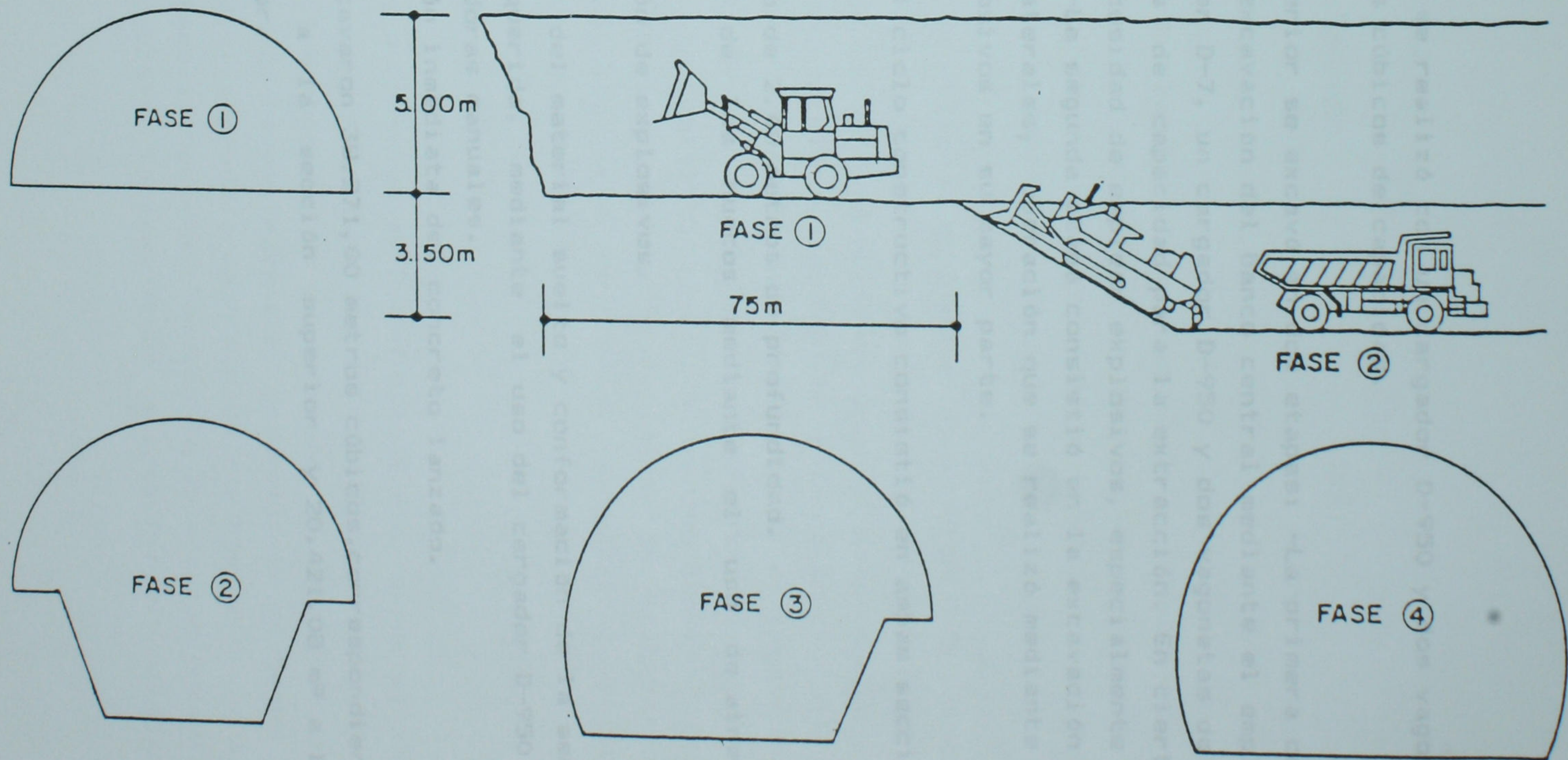
SECUENCIA CONSTRUCTIVA



- E = Excavación
- C.L. = Concreto Lanzado
- C.V. = Control Convergencia
- M = Malla Refuerzo
- A = Arcos de Acero
- L.S. = Losa de Piso

TUNEL ZURQUI

FASES EJECUCION EXCAVACION



3.3 La extracción se realizó con un cargador D-950 y dos vagone-
tas de 6 metros cúbicos de capacidad.

3.3.1 Concreto Lanzado

La sección inferior se excavó en dos etapas: -La primera con-
sistió en la excavación del banco central mediante el empleo
de un bulldozer D-7, un cargador D-950 y dos vagonetas de 10
metros cúbicos de capacidad para la extracción. En ciertas
zonas hubo necesidad de emplear explosivos, especialmente en
los diques. -La segunda etapa consistió en la excavación de
los bancos laterales, operación que se realizó mediante el
empleo de explosivos en su mayor parte.

En general el ciclo constructivo consistió en ambas seccio-
nes en:

- Barrenado de 2.40 metros de profundidad.
- Limpieza de los huecos mediante el uso de aire a presión.
- Colocación de explosivos.
- Voladura.
- Remoción del material suelto y conformación de la sección requerida, mediante el uso del cargador D-950 y de rompedoras manuales.
- Colocación inmediata del concreto lanzado.

En total se excavaron 38.271,00 metros cúbicos, correspondien-
do 17.850 m³ a la sección superior y 20.421,08 m³ a la
sección inferior.

3.3 Sistema de Soporte

3.3.1 Concreto Lanzado

Generalidades:

El concreto lanzado se define según el ACI-506-66 como mortero o concreto conducido a través de una manguera y proyectado neumáticamente a alta velocidad contra una determinada superficie.

Su uso se extiende en Europa a partir de 1950, siendo en 1960-62 cuando se comienza su utilización en Suramérica y en 1967 en Norteamérica. El concreto lanzado ha probado su efectividad en la prevención del aflojamiento de la roca en una gran variedad de condiciones geológicas y su uso es particularmente útil en rocas blandas. Ha sustituido a los métodos convencionales alpinos de ataque en galerías múltiples, al permitir, con igual seguridad de avance a sección completa a media sección y banqueo.

Funciones:

Según A. A. Matheus de E.E.U.U. (1978), lo que permite que una capa relativamente delgada de concreto lanzado, haga las veces de un ademe pesado de marcos de acero o de un revestimiento de concreto, es el hecho de que el aditivo produce un fraguado muy rápido y una alta resistencia temprana. También la aplicación inmediata del concreto lanzado ayuda a prevenir el afloja-

miento de la roca después de la voladura. Si no se deja que se desprenda ningún fragmento de roca de la superficie excavada, el túnel obviamente, permanecerá estable. Pero hay algo más que eso, "desde hace algún tiempo, se admite que algún desplazamiento o flujo plástico debe permitirse si se quiere disminuir lo mas posible la carga sobre los ademes. Por otra parte, a menos que este desplazamiento sea controlado, se manifiesta con frecuencia movimientos intolerables de la masa. Una capa de concreto lanzado aplicada de inmediato a la superficie de la roca recién expuesta, parece tener la flexibilidad suficiente para fluir plásticamente junto con la roca vecina y a la vez contar con la capacidad estructural necesaria para mantener la estabilidad".

Debe enfatizarse que el objetivo primordial del concreto lanzado no es el funcionar como soporte único del túnel en obra subterránea, si no más bien el de integrar y emplear la roca circundante que es incapaz de funcionar como una estructura auto-soportante. En tales condiciones no es el concreto lanzado, sino la propia roca que tiene que absorber la carga principal de las presiones existentes en la roca. El soporte es entonces suministrado esencialmente por la roca, pero con la necesaria ayuda del concreto lanzado. El refuerzo que proporciona el concreto lanzado debe actuar como una parte integral de la roca y debe activar a la roca que participe como una parte del soporte del túnel.

Esta redistribución de esfuerzos continúa, ya sea hasta la falla, o hasta que un nuevo equilibrio de esfuerzos se establece.

La filosofía con respecto al refuerzo de un túnel base de concreto lanzado, particularmente en roca suave es, brevemente, en no pelear en contra de las fuerzas en la roca, sino someterse a ellas, dejándolas que tomen su propio camino, y aplicar el remedio cuando su intensidad baja temporalmente, antes de que estas fuerzas se incrementen nuevamente en el proceso final de ruptura. A este proceso se le llama cedencia controlada en los movimiento de la roca.

Lo anterior se aclara en las láminas 5 y 6.

La lámina 5 ilustra que la presión de borde en la interface roca-túnel disminuye si se permite que la roca se descargue. Sin embargo, al mismo tiempo o un poco más tarde, la estructura de la roca empieza a romperse dando lugar a la llamada presión de aflojamiento. La suma de estas dos curvas nos da la presión total, que es con la que debemos tratar. Se observa en la lámina #6, que la magnitud de la presión total primero disminuye y después aumenta.

La lámina 5 muestra además, el modelo de esfuerzos antes y después de la excavación de la roca.

Cuando se excava la roca, encontramos los esfuerzos existentes de la roca P_{t0} y P_{r0} . El equilibrio es perturbado, resultando una redistribución de esfuerzos. La roca trata de curar sus heridas, convergiendo hacia la claridad, logrando así una descompresión. Esta redistribución de esfuerzos continua, ya sea hasta la falla, o hasta que un nuevo equilibrio de esfuerzos se establezca.

FIGURA TOMADA DE REF. 4
ESFUERZOS Y DEFORMACIONES ALREDEDOR DE UNA CAVIDAD
(SEGUN NUOSBAUM)

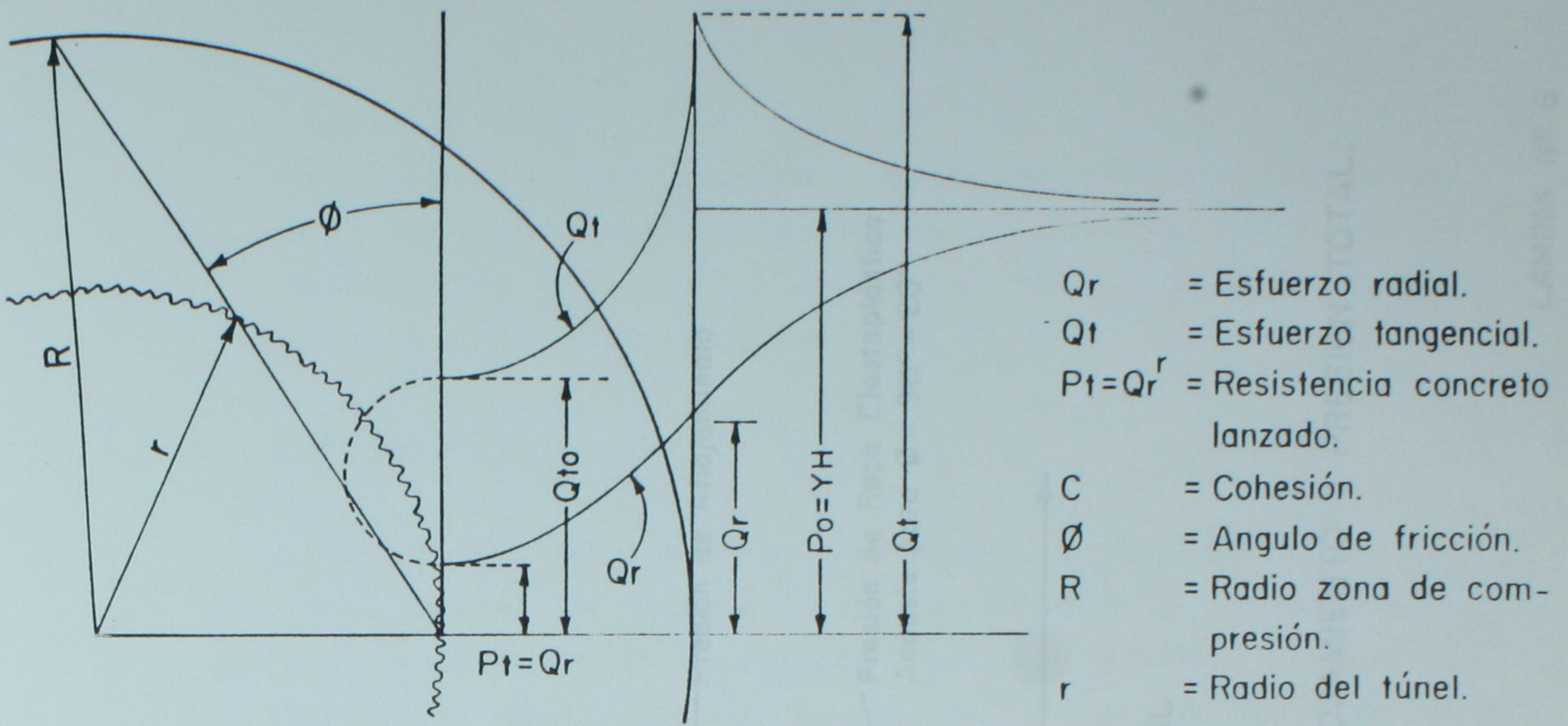


FIGURA TOMADA DE REF. 4.
 ESFUERZOS AL REDEDOR DE UN TUNEL DE SECCION CIRCULAR CON PRESION HORIZONTAL (SEGUN HASTNER).

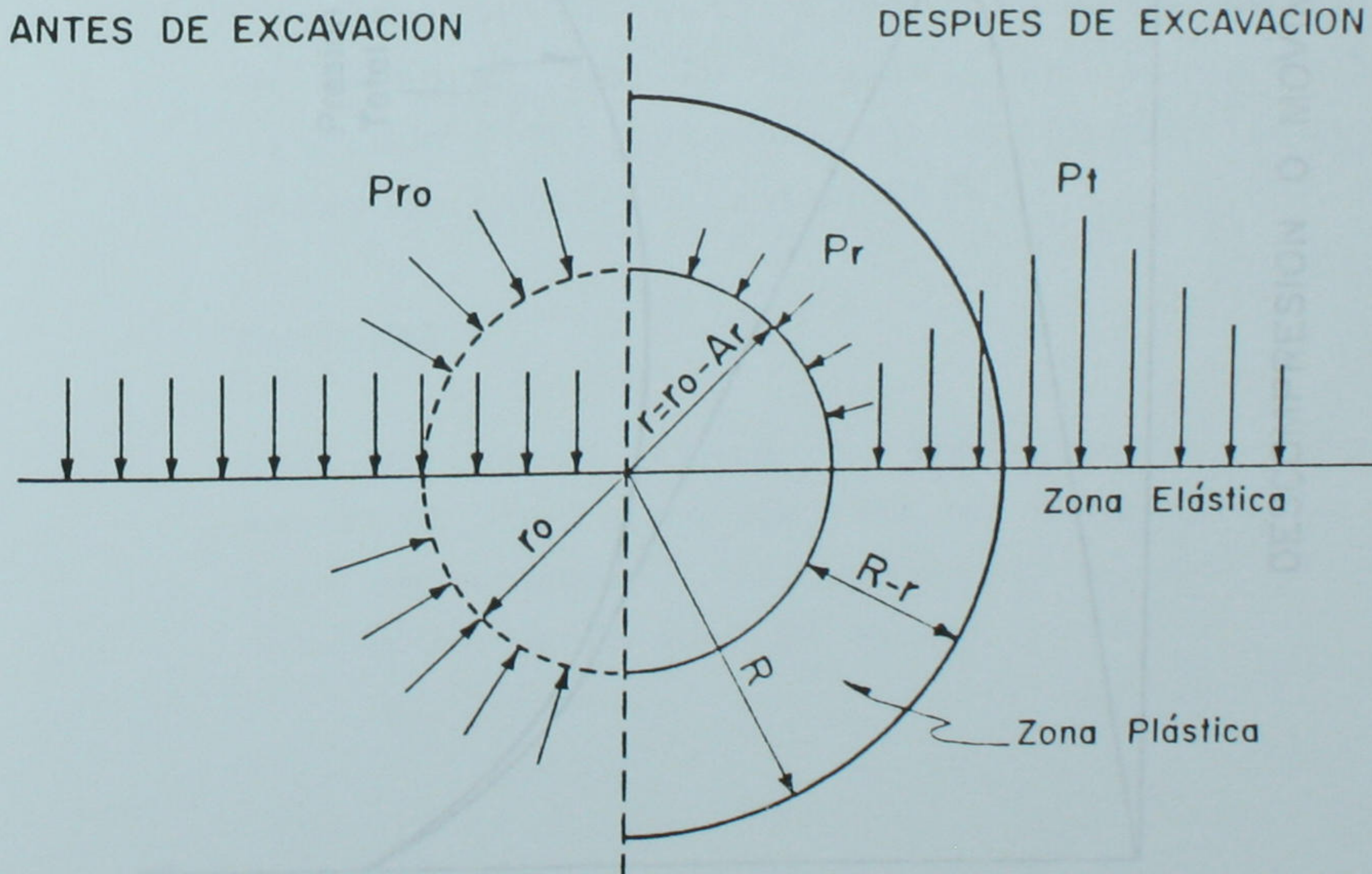


FIGURA TOMADA DE REF. 4.
 ESFUERZOS Y DEFORMACIONES ALREDEDOR DE UNA CAVIDAD.
 (SEGUN NUGSBAUM).

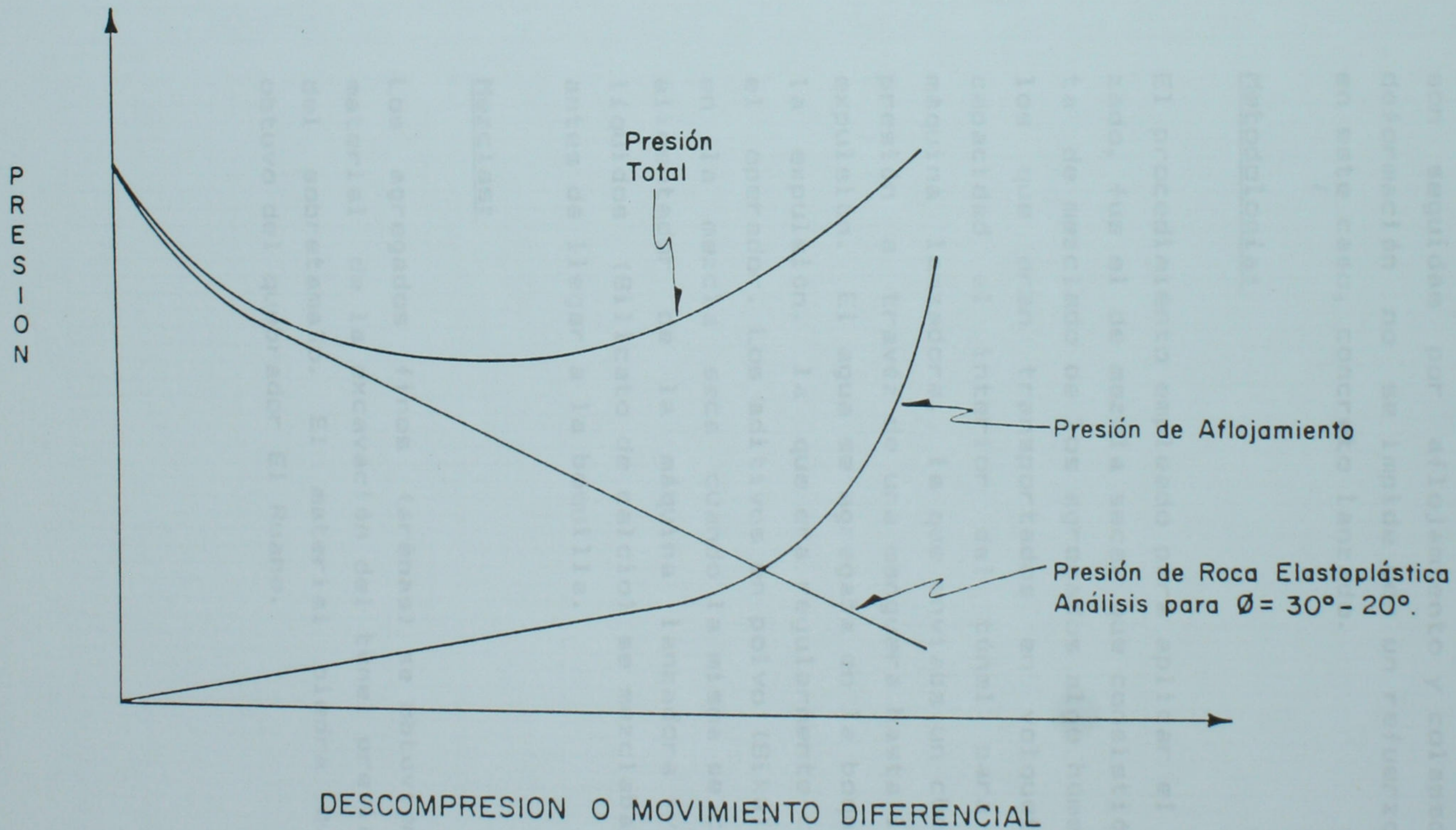


FIGURA TOMADA DE REF. 4.
 RELACION ENTRE PRESION DE ROCAS, PRESION DE AFLOJAMIENTO Y PRESION TOTAL.
 (SEGUN WAGNER).

En roca "suave" ocurren deformaciones plásticas que son seguidas por aflojamiento y colapso final, si la deformación no se impide con un refuerzo en el túnel, en este caso, concreto lanzado.

Metodología:

El procedimiento empleado para aplicar el concreto lanzado, fue el de mezcla seca, que consistió en una planta de mezclado de los agregados algo húmedos y cemento los que eran transportados en volquetes de 1 m³ de capacidad al interior del túnel para alimentar una máquina lanzadora, la que enviaba un chorro de aire a presión a través de una manguera hasta la boquilla de expulsión. El agua se agregaba en la boquilla misma de la expulsión, la que era regularmente controlada por el operador. Los aditivos en polvo (Sika) se añadieron en la mezcla seca cuando la misma se colocaba en el alimentador de la máquina lanzadora y los aditivos líquidos (Silicato de calcio) se mezclaban con el agua antes de llegar a la boquilla.

Mezclas:

Los agregados finos (arenas) se obtuvieron del mismo material de la excavación del túnel previa separación del sobretamaño. El material piedra quintilla, se obtuvo del quebrador El Ruano.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
 PROYECTO: SAN JOSE-SIQUIRRAS-PUERTO VIEJO

CURVA GRANULOMETRICA

PROYECTO: TUNEL ZURQUI

PRESENTO:

LOCALIZACION:

Nº: MUESTRA Nº: 5 MIN

PROFUNDIDAD: A

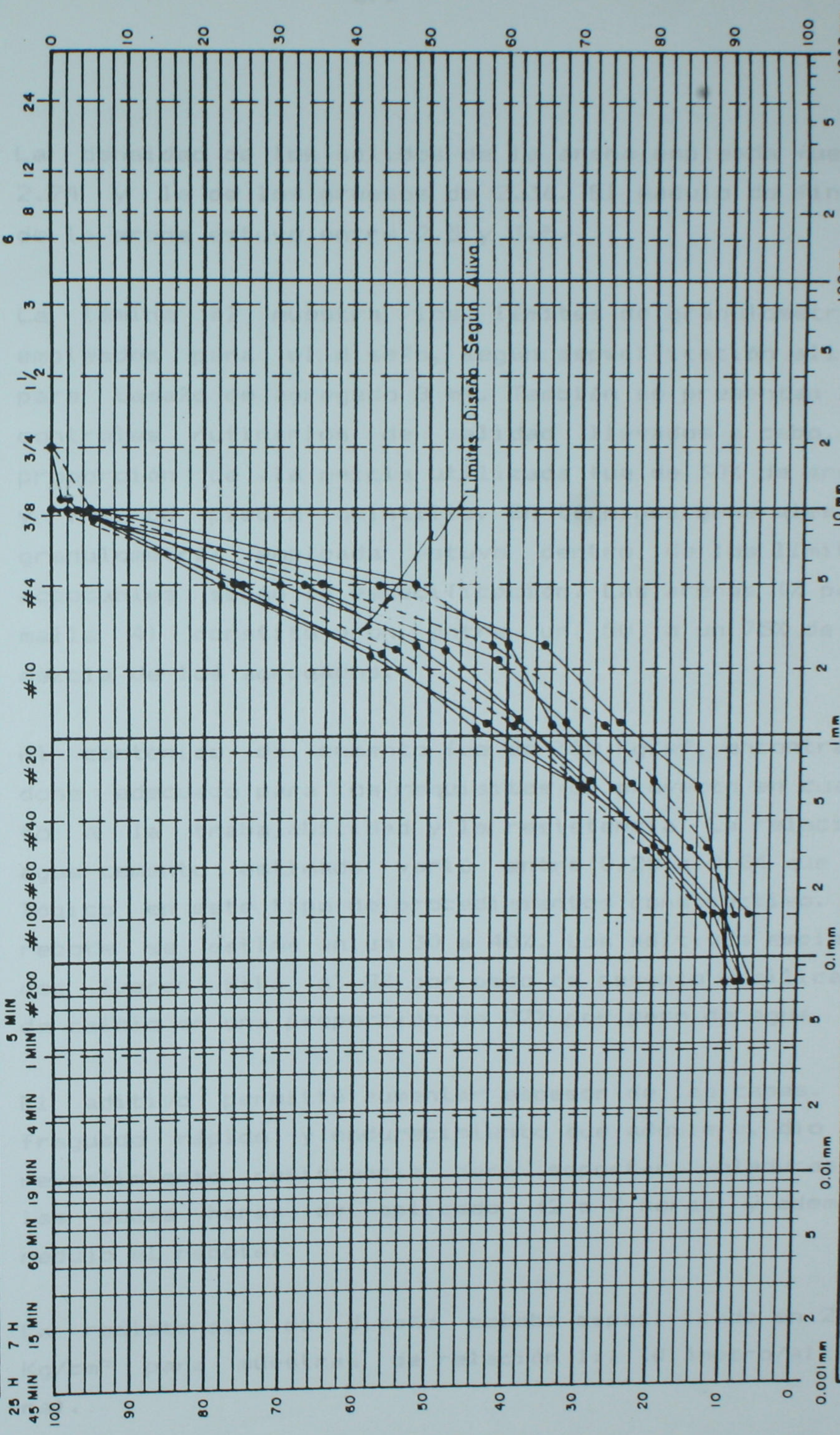
FECHA:

HIDROMETRO

MALLAS U.S. ESTANDAR

MALLA EN PULG.

TAMAÑO EN PULG.



ARCILLA A LIMO

FINO MEDIO GRUESO GRUESO

FINO GRUESO GRUESO

GUIJA-RRROS CANTO RODADO

De acuerdo al diseño de la mezcla, las pruebas iniciales
La densidad de los sólidos de la arena empleada fue de 2.74 y la de los gruesos de 2.36. El módulo de finura de la arena estuvo entre 2.5 y 3.5.

La lámina #7 muestra los límites de granulometrías empleados para el diseño, según especificación aliva, para tamaño de agregado 8 mm. También se presentan los controles rutinarios de calidad llevados a cabo. La proporción de la mezcla utilizada fue de 30% de arena y 70% de piedra quintilla. En términos generales la granulometría empleada estuvo dentro de los límites aceptables según la especificación. Las arenas (% pas. malla 4) constituyeron entre un 50 a un 75% de la mezcla de los agregados.

El contenido de cemento fue de 350 Kg/m³, encontrándose adecuado para los requisitos de proyecto en cuanto a la trabajabilidad y la resistencia. La relación agua-cemento estimada varió entre 0.20 a 0.24 que es lógico en este tipo de procedimientos constructivo. El rebote se estimó en un 30 a 40%. Los aditivos empleados fueron Sika al 8% por peso de cemento y silicato de calcio en una proporción de 22% por peso de agua.

El aditivo permitió aumentar espesor de las capas. El fraguado rápido y endurecimiento que adquiere, dio al revestimiento resistencia para soportar voladuras a las pocas horas de aplicado (2 o 3 horas) y además redujo el rebote.

La resistencia de diseño estaba especificada en 230 Kg/cm² para muestras de relación 1:1 (diámetro/altura).

CUADRO 7.1

De acuerdo al diseño de la mezcla, las pruebas iniciales de laboratorio indicaban que el uso de los aditivos acelerantes reflejaban una pérdida de resistencia de un 21%. Sin embargo en el campo tal pérdida no se llegó a reflejar probablemente debido a que la mezcla ya aplicada suele tener un mayor contenido relativo de cemento que la mezcla seca y una relación agua/cemento más baja que el concreto convencional, debido al rebote. Fue así como la resistencia obtenida en el campo fue mayor que la de laboratorio, aún para el caso en que éste último no se usaron aditivos.

Resistencia:

Generalidades

De acuerdo a las Especificaciones Técnicas del Proyecto se establecieron los siguientes valores mínimos de resistencia a la comprensión simple:

a- Resistencia promedio de 3 núcleos de una misma zona: 230 Kg/cm² a los 28 días.

b- Resistencia mínima de cualquier núcleo: 200 Kg/cm² a los 28 días.

c- Resistencia mínima de núcleos provenientes de mezclas especiales usadas en zonas húmedas: 160 Kg/cm² a los 28 días.

Los núcleos obtenidos deberían ser fallados de acuerdo a la designación ASSTM C-42.

TUNEL ZURQUI

CUADRO # 1

Estación	Resistencia por núcleos	Resistencia	Desv.	Muestra #
De	A (Kg/cm ²)	Promedio \bar{R}	Estandar	
506	- 353 415 436 493	399	35.5	1
503	488 281 321 403 301 291 324	324	45.0	2
495	483 289 369 400 319 456 418	375	62.6	3
480	470 332 276 407 222 407	328	81.3	4
460	442 447 326 445 457 210 523	314	180.5	5
439	- 286 498 648	477	181.9	6
432	- 322 356 266	314	45.4	7
430	418 379 363 513 392	434	77.4	8
415	401 305 335 500 512	413	108.2	9
406	- 312 459 375	381	73.9	10
392	390 321 353 273	315	40.3	11
392	390 340 380 370 327	354	24.8	12
390	- 254 273 378	306	55.3	13
386	376 462 345 354 390 347 347	374	46.2	14
351	- 407 369 415	397	24.6	15
338	323 354 495 452	433	72.3	16
320	- 363 330 315	336	24.6	17
320	304 366 403 376 368	378	17.1	18
320	304 315 270 249	278	33.7	19
296	288 305 257 218	260	43.6	20
300	280 258 277 247 264	262	12.5	21
280	268 354 381 368 323	356	25.0	22
272	264 276 306 312	298	19.3	23
253	240 215 280 236	244	33.2	24
255	245 347 355 374 365 347	358	11.8	25
232	252 277 281 270	276	5.6	26
232	- 414 461 302 317	373	76.6	27
232	220 406 386 388 425	401	18.2	28
210	- 378 379 477 327	390	62.7	29
200	190 501 621 434 401 425	476	88.9	30

Estación De	Resistencia por núcleo (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio \bar{R}	Desv. Estandar	Muestra #
180	- 382 400 509	430	68.7	31
170	160 462 557 336 343	425	105.6	32
160	150 319 412 399 332	366	46.8	33
140	130 352 502 415	423	75.3	34
130	120 396 393 327	372	39.0	35
98	96 330 251 268	283	41.6	36
93	90 271 234 234	246	21.4	37
88	85 244 299 244	239	8.7	* 38
82	80 212 251 232	232	19.5	+ 39

$$N = 39$$

$$\bar{R} = 349.7$$

$$\bar{S} = 52.7$$

$$\frac{\bar{S}}{R} = 66.8$$

$$C.V. = \frac{\bar{S}}{R} = 15.0 \%$$

CUADRO # 2

CONTROL : ESTADISTICA DE CALIDAD

CONCRETO LANZADO: TUNEL ZURQUI

	Número de Datos	Promedio	Desviac. Normal	Coeficiente Variación (%)	Valor	Valor
					Mínimo	Máximo
Resistencia a 3 días	--	--	--	--	--	--
Resistencia a 17 días	6	207	15.4	7.5	219	175
Resistencia a 28 días	39	350.00	54.3	15	232	477
% de Grava	9	28.80	13.9	48	22	48
% de Arena	9	71.2	13.9	48	78	52
Peso Volumétrico	2	2252	--	--	--	--

Resultados Obtenidos:

La lámina #7 muestra la Gráfica de control con base en El cuadro #1 muestra los resultados obtenidos de resistencia en 39 estaciones de control, seleccionados con tal fin.

El cuadro #2 muestra la estadística de la calidad en cuanto a la resistencia del concreto lanzado, así como de los porcentajes de los agregados que se usaron para la mezcla, y la lámina #8 el histograma respectivo.

Con base en los cuadros anteriores se puede establecer los límites de control con base en los Gráficos de Control de Medias (R). Los límites de control se calculan con base en el promedio de las desviaciones estándar con la siguiente fórmula:

$$LS = R + Ay$$

$$LI = R - Ay$$

donde LS y LI son los límites superior e inferior de control, D es el promedio de las desviaciones estándar de las muestras en análisis Ay es un factor y R es el promedio de las muestras.

Para nuestro caso:

$$R = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

$$T = 52.7 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Ay = 2.00$$

por lo que:

$$L.S. = 455.4 \text{ Kg/cm}^2$$

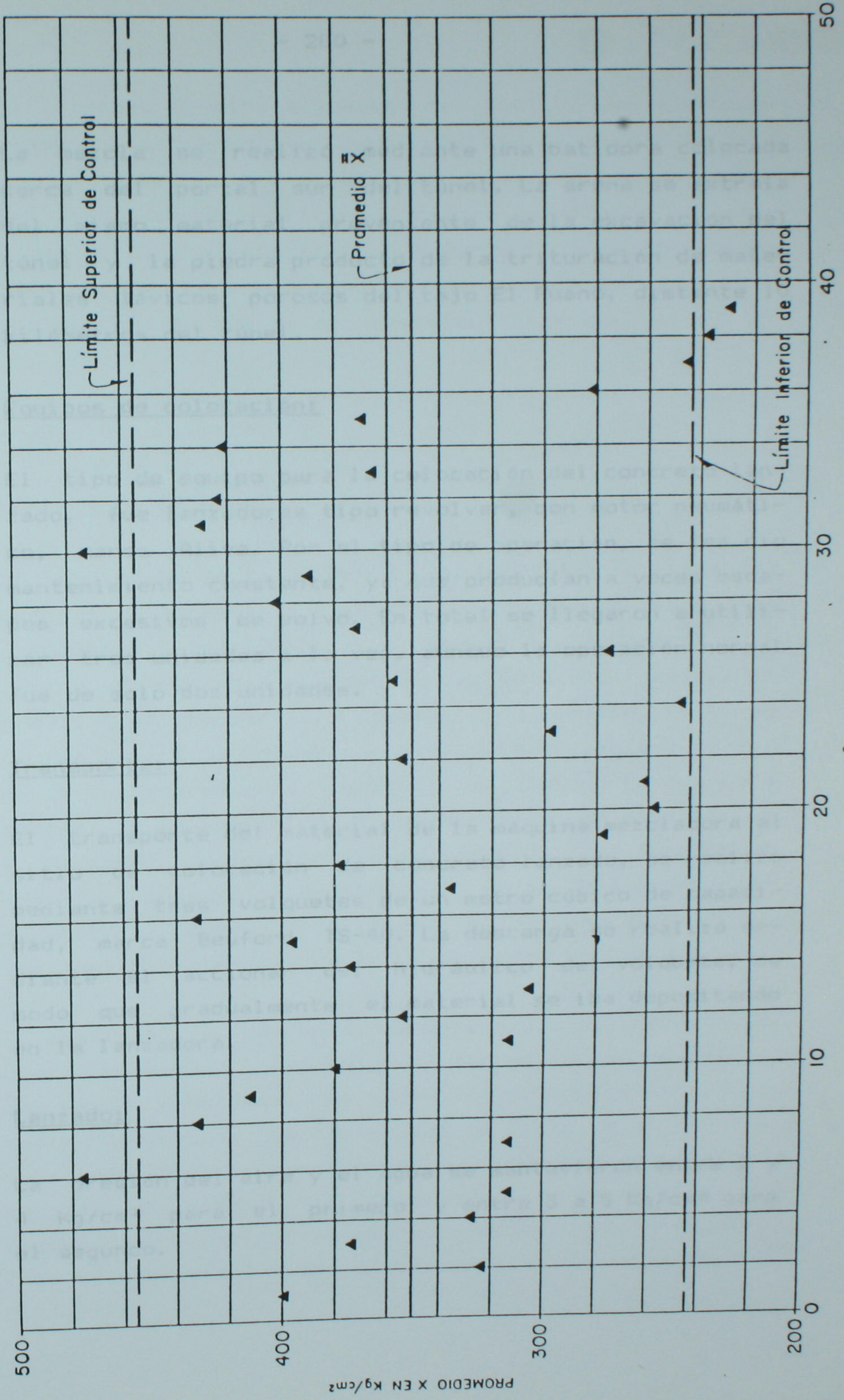
$$L.I. = 244.6 \text{ Kg/cm}^2$$

La lámina #9 muestra la Gráfica de control con base en los datos anteriores y en la información del cuadro #1. La posición de los límites superior e inferior, como se podrá notar, es proceso sujeto a control estadístico o sea a un cierto proceso de producción de datos o medidas le corresponden unos límites superior e inferior de rechazo, o sea que si ciertos datos de los graficados en la gráfica de control, se salen de estos límites, estadísticamente seleccionados, se deben a causas externas a aquellos que son propias al proceso. En nuestro caso de acuerdo a la lámina #9, únicamente un 5% de las muestras (No.s 38 y 39) dan valores menores al límite inferior de control. A pesar de ello los valores obtenidos son superiores a lo mínimo especificado para el concreto lanzado, proceso de producción de concreto lanzado, estadísticamente es aceptable, ya que las variaciones o dispersiones encontradas son razonables prácticamente en un 90% del total de la producción.

Dosificación y Mezclado:

La dosificación se realizó por peso, mediante la mezcla de 70% de piedra y 30% de arena. Se utilizó una proporción de 4 sacos de cemento, 475 Kg. de piedra y 225 de arena, para cada tanda. Se especificó al Contratista que el tiempo máximo de espera, de la mezcla era de 1 hora en época seca y de 0.5 horas en época lluviosa. El contenido de humedad de los agregados varió entre un 4% a un 10%.

TUNEL ZURQUI
GRAFICA DE CONTROL RESISTENCIA CONCRETO LANZADO



La mezcla se realizó mediante una batidora colocada cerca del portal sur del túnel. La arena se extraía del mismo material proveniente de la excavación del túnel y la piedra producto de la trituración de materiales lávicos porosos del tajo El Ruano, distante 10 kilómetros del túnel.

Equipos de colocación:

El tipo de equipo para la colocación del concreto lanzado, fue lanzadoras tipo revolver, con motor neumático, marca Aliva. Por el tipo de operación, se les dio mantenimiento constante, ya que producían a veces escapes excesivos de polvo. En total se llegaron a utilizar tres unidades a la vez, aunque la operación normal fue de solo dos unidades.

Transporte:

El transporte del material de la máquina mezcladora al sitio de colocación de concreto lanzado, se realizó mediante tres volquetes de un metro cúbico de capacidad, marca Beuford TS-40. La descarga se realizó mediante el accionar del hidráulico del volquete, de modo que gradualmente el material se iba depositando en la lanzadora.

Lanzado:

La presión del aire y el agua se mantuvieron entre 2 y 4 Kg/cm² para el primero y entre 3 a 5 Kg/cm² para el segundo.

El sistema de aire a presión fue suplido por tres compresores marca Holman Compair de una capacidad de 20.8 metros cúbicos por minuto (750 pies cúbicos por minuto) cada uno. Se utilizaron trampas de aire en la línea de aire para reducir la humedad y tanques de presión adicionales para mantener más adecuadamente la presión del sistema en los diferentes frentes de operación.

Para la colocación del concreto lanzado se utilizaron andamios portátiles.

Control de Calidad:

Debido a lo delicado de la operación del colocado del concreto lanzado se mantuvo un sistema de inspección permanente, las 24 horas al día en que laboró el Proyecto. Se controló el espesor del concreto lanzado, la presión del lanzado, la distancia de lanzado, el tiempo de espera de la mezcla en seco, así también, se tomaron rutinariamente muestras de los agregados para control granulométrico y para control de resistencia se tomaron núcleos de 75 mm. de diámetro, tomados al azar en toda la longitud del túnel. Las pruebas de laboratorio fueron realizadas en el Laboratorio Central del Ministerio y de la Universidad de Costa Rica.

A continuación se presenta un ejemplo del reporte de campo realizado por los inspectores, en donde aparte de hacer constancia de todos los controles anteriormente aceptados, se controlaba el ciclo de excavación y colocación de concreto lanzado, dándose especial atención al tiempo t_1 , denominado el lapso entre el tiempo de finalización de la colocación de la segunda capa de concreto lanzado y el tiempo de la voladura.

Así mismo se obtenía el tiempo t_2 , que era el lapso entre la voladura y la colocación de la primera capa de concreto lanzado, o sea el tiempo en que la roca se mantenía sin soporte alguno.

Cantidades Coladas:

Se colocaron un total de 14.009 m² de concreto lanzado de 50 mm. de espesor y 23.204 m² de concreto lanzado de 75 mm. de espesor, lo que significa un volumen de 2.440 m³.

3.3.2 Arcos de Acero:

Los arcos de acero, se utilizaron en zonas débiles, desde el punto de vista geológico y donde las lecturas de convergencia indicaban movimientos horizontales, cuya magnitud era inconveniente para el tipo de roca excavada y para el revestimiento de concreto lanzado que se utilizaba. Fue así que siguiendo la secuencia constructiva establecida según al apartado 3.1, que las zonas entre las estaciones 0+562, 0+470 y 0+70 a 0+00 se colocaron arcos espaciados un metro, colocándose un total de 86 unidades.

El tipo de acero utilizado fue de viga H de 203 mm., espaciados cada metro utilizando un sistema de formaleta metálica Hyrib, para el relleno entre arcos de concreto convencional, de 250 Kg/cm² de resistencia a los 28 días.

La instalación de los arcos se realizó con un cargador D-950, colocándose inicialmente la sección inferior y luego la sección superior.

SECCION SUPERIOR
TUNEL ZURQUI
REPORTE SUPERVISION
CONCRETO LANZADO

I. CAPITAN: Luis Fdo. Castro Alvarado FECHA: 21-3-84
JORNADA: 600-1800 CAPATAZ: Uriel Cháves
MAQUINA DE LANZADO: Aliva

EQUIPO DE EXTRACCION: 1 Cargador - 2 Vagonetas

AVANCE: 230 M. ESTACION: 128.90 A ESTACION: 126.60

II. ESPESORES Y VOLUMENES CONCRETO LANZADO

ESPESOR PUNTO A: 7.50 PUNTO B: 7.50 PUNTO C: 7.50
PUNTO D: 7.50 PUNTO E: 7.50

VOLUMEN TRANSPORTADO DE CONCRETO: 33 tandas

2da. capa, 12 tandas

1ra. capa, 9 tandas

2da. capa, 12 tandas

III. TRANSPORTE DE AGREGADOS

PRIMERA CAPA

Nº	HORA LLEGADA	TIEMPO DE ALIMENTAC.	HORA SALIDA	AGREGADOS		ACEDERANTE		
				T.M	CANT.	CANT.	TIPO	MARCA
1	13.43	8 ¹	13.58			22 %	Liquido	Silicato
2	13:46	8 ¹	14:10			22 %	Liquido	Silicato
3	14:08	8 ¹	14:16			22 %	Liquido	Silicato
4	14:15	8 ¹	14:28			22 %	Liquido	Silicato
5	14:26	8 ¹	14:36			22 %	Liquido	Silicato
6	14:43	8 ¹	15:03			22 %	Liquido	Silicato
7	15:02	8 ¹	15:13			22 %	Liquido	Silicato
8	15:12	8 ¹	15:21			22 %	Liquido	Silicato
9	15:21	8 ¹	15:31			22 %	Liquido	Silicato

IV. TIEMPOS DE LANZADO

a- HORA DE VOLADURAS: _____ HRA: 10:45 HRA: _____ HRA: _____ HRA: _____

b- AVANCES EFECTIVOS: _____ MT: _____ MT: _____ MT: _____ MT: _____

c- HORA INICIO CONCRETO LANZADO: Cont. HRA: 13:45 HRA: _____ HRA: _____ HRA: _____

d- HORA FINALIZACION CONCRETO LANZADO: 9:00 HRA: 17:30 HRA: _____ HRA: _____ HRA: _____

V. MUESTREO:

TIPO DE MUESTRA X ESTACION

HORA: _____ X

UBICACION: _____ X

VI. DESCRIPCION DEL TRABAJO REALIZADO:

a- CANTIDAD DE SOBREXCAVACION PROMEDIO X CM.

b- CONDICIONES DE LANZADO

1. PRESION DE AIRE 3.50 Kg/cm²

2. DISTANCIA DE LANZADO 1.00 m.

3. OBSERVACION DE LA CALIDAD Buena

4. CONDICION DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO UTILIZADO La Aliva Trabaja bien.

VII OBSERVACIONES

Se gastaron 62 fulminantes y 180 candelas de dinamita 32x400 mm.

NOMBRE INSPECTOR: Alvaro Miranda Cortés INGENIERO SUPERVISOR: _____

3.3.4 Equipo usado

3 Lanzadoras neumáticas Aliva Modelo 200

3 Compresores Holman Comair de 750 pies cúbicos por

minuto cada uno

1 Bomba neumática Bedford de 2m³ de capacidad

La unión entre ambas partes se realizó con tornillos.

3.3.3 Concreto de piso:

El concreto de piso además de servir para la circulación del tránsito dentro del túnel, cumple una función básica primordial en el sistema de soporte del mismo, ya que es el elemento que brinda la rigidez transversal que necesita el túnel para funcionar como una bóveda continua y así minimizar cualquier movimiento de convergencia que se pueda presentar.

El espesor de la losa de piso fue de 250 mm., sin refuerzo estructural, teniendo un ancho de 10.60 metros. Se colocó mediante camiones revolvedores de 6 metros cúbicos de capacidad y los avances se programaron en la obra, de modo que la misma se colocara lo más próximo posible a la excavación de la sección inferior.

Conforme se fue colocando el concreto de piso, se observó, que en general las lecturas de las convergencias se estabilizaban, por lo que esta estructura cumplía a cabalidad con una de sus principales funciones.

Se establecieron controles rutinarios de control de calidad, mediante la toma de cilindros para pruebas de resistencia a 14 y 28 días y además controles del revestimiento. El volumen colocado fue de 1610 m³

3.3.4 Equipo usado:

- 3 Lanzadoras neumáticas Aliva Modelo 260
- 3 Compresores Holman Compair de 750 pies cúbicos por minuto cada uno
- 1 Bomba neumática Benford de 1 m³ de capacidad

4. INSTRUMENTACION

- 3 Volquetes Benford TS-40 de 1 m³ de capacidad
- 1 Monta carga Benford de 1250 Kg. de capacidad
- 5 Plantas eléctricas de diesel
- 1 Roscadora
- 9 Perforadoras Holman, modelo Silver
- 2 Plantas de hormigón Benford, modelo 21/14
- 1 Perforadora para testigos de concreto
- 5 Rompedores Compair
- 2 Malacates neumáticos Compair de 1500 Kg de capacidad
- 2 Vagonetas de 6 m³ de capacidad
- 1 Cargador Caterpillar, modelo 950-C
- 1 Tractor Caterpillar, modelo D-7

3.3.5 Personal por turno:

- 2 Ingenieros
- 1 Capitán
- 2 Capataces
- 3 Lanzadores
- 4 Operadores de Maquinaria
- 1 Electricista
- 1 Mecánico
- 6 Barreteros
- 5 Ayudantes
- 1 Soldador
- 2 Misceláneos
- 2 Guardas
- 1 Bodeguero
- 2 Choferes

4.- INSTRUMENTACION

4.1 Generalidades:

La excavación que se realiza en un medio fundamentalmente discontinuo como es una obra subterránea, suprime localmente la continuidad de los esfuerzos internos del macizo rocoso, por lo que los métodos de análisis normalmente empleados, presentan en general resultados no acordes a la realidad del Proyecto a realizarse.

Por lo anterior, a lo que debe de añadirse otro elemento como es la influencia de método constructivo en el comportamiento del macizo rocoso, es que las mediciones "in situ" juegan un papel fundamental en la mecánica de rocas modernas y en los adelantos o progresos que de la misma se han obtenido. La finalidad de la instrumentación en obras subterráneas es la siguiente:

- 1- Prevenir: con suficiente antelación una intervención correctora que pueda evitar roturas o desórdenes.
- 2- Controlar: ciertos parámetros específicos, tales como caudales de deformaciones admisibles, tipo revestimiento provisional, etc., o también parámetros que sean necesarios para conocer mejor y adaptar el proyecto, como es el caso de avance en una zona de falla, en rocas que producen hinchamiento, etc.
- 3- Reducir: las incertidumbres relativas a las hipótesis de proyecto que aumentará la confianza sobre el comportamiento del túnel en explotación o en operación.
- 4- Economizar: al realizar los trabajos según las medidas obtenidas "in situ".
- 5- Credibilizar los métodos modernos de construcción con la ayuda de datos confiables.

Las medidas de una obra subterránea deben de programarse para conocer tres etapas bien diferenciadas en el proyecto y construcción antes de su ejecución, durante los trabajos de excavación y revestimiento y posteriormente durante la explotación u operación.

4.2 Controles Efectuados:

4.2.1 Medición de deformaciones o convergencia:

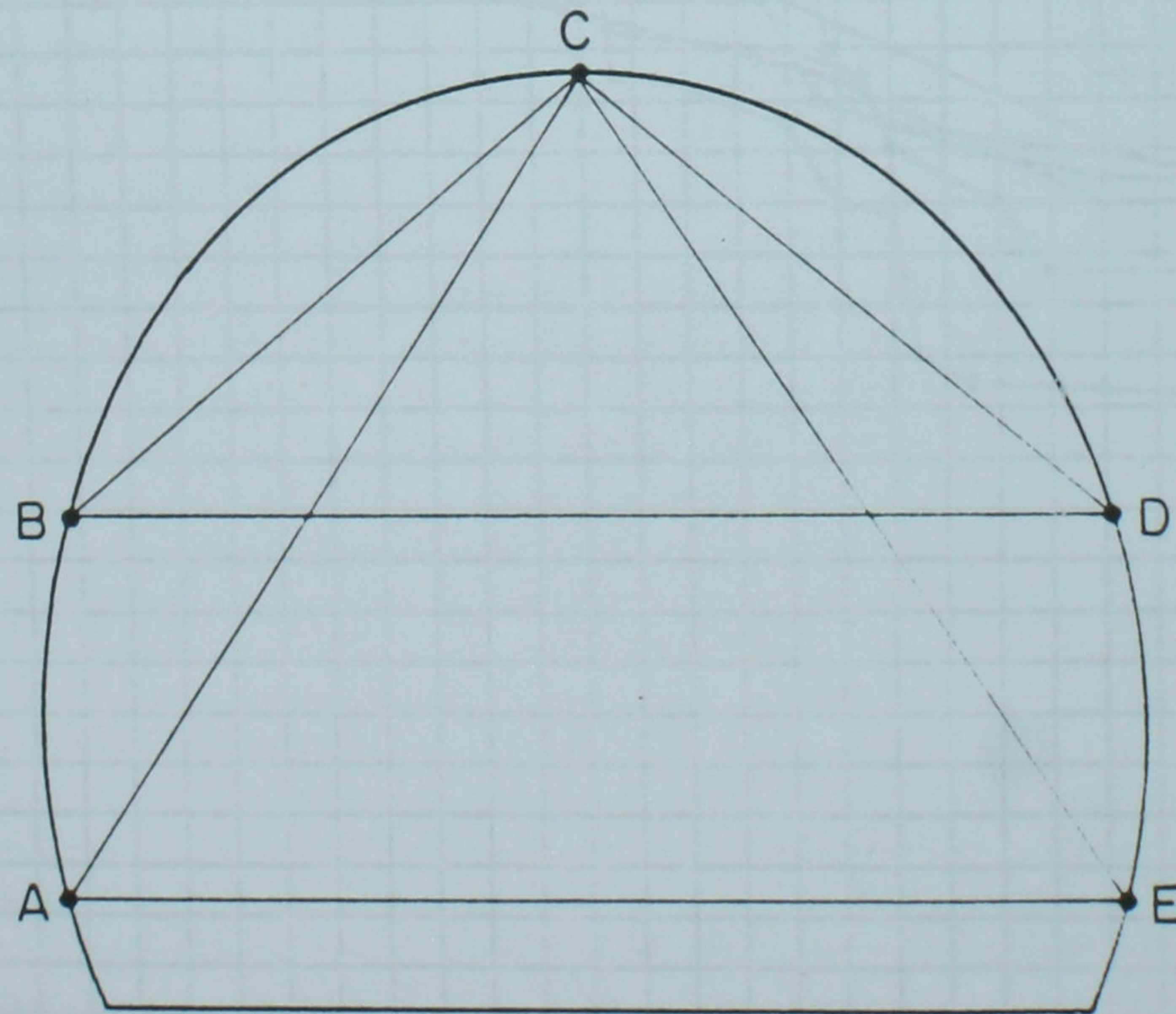
Para el control de las convergencias en el Túnel Zurquí se utilizó un extensómetro dotado de una cinta invar de gran precisión (0.1 mm) que tiene un muelle especial para mantener una tensión constante.

La lámina #10 muestra la distribución de los puntos de medición de convergencia, orientados a lo largo de la periferia del túnel. Tal y como se explicó en el apartado 1.5, los controles se establecieron cada 25 metros aproximadamente, aumentándose el número de estaciones de control, si los requisitos de la obra lo ameritan.

El comportamiento de las convergencias durante la etapa constructiva del Túnel, reflejó las características de estabilidad de la roca asociada al método constructivo.

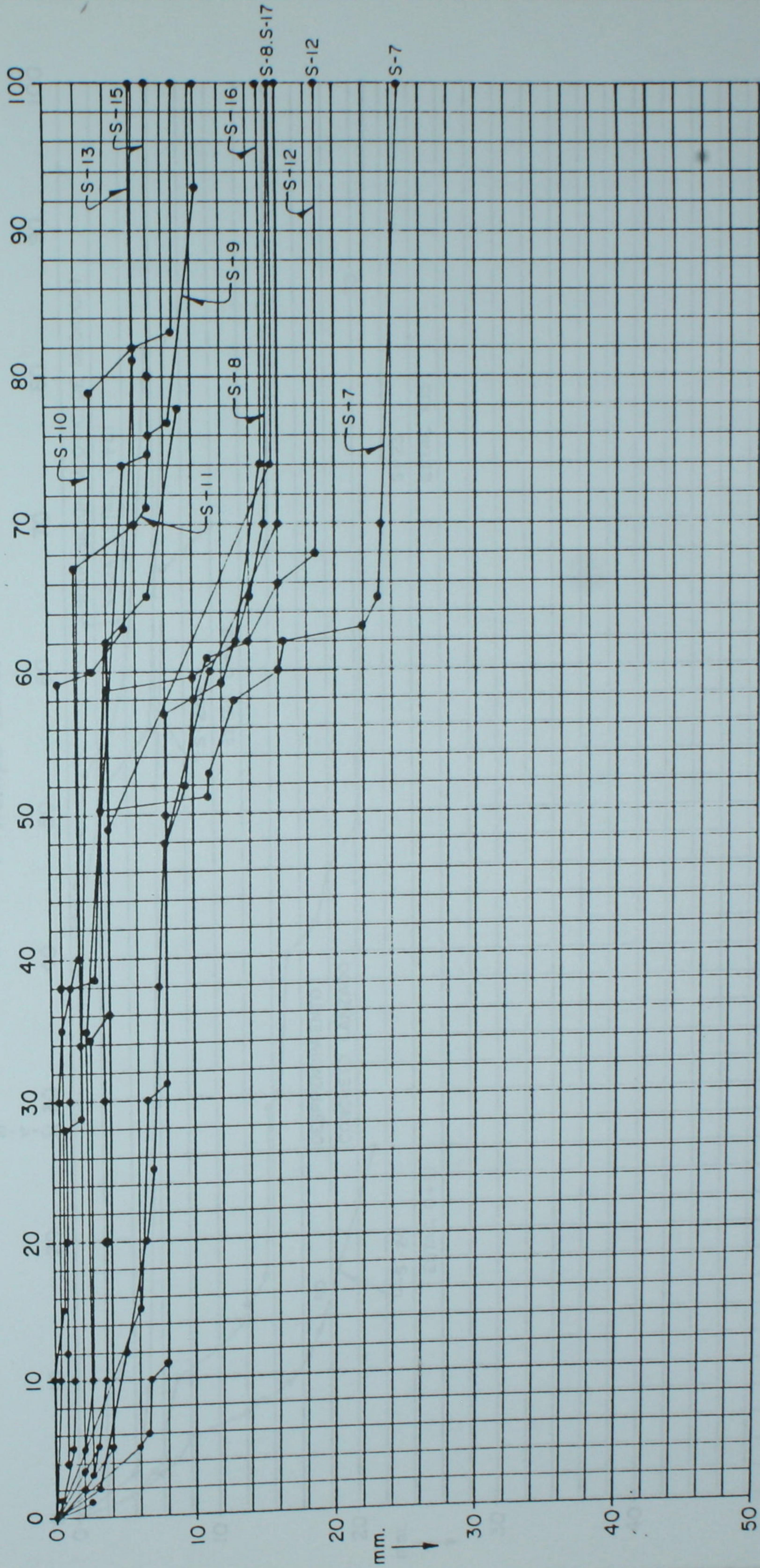
La lámina #11 muestra el comportamiento del desplazamiento de los puntos de medición BD con respecto al tiempo. Este comportamiento corresponde a la evolución en cuanto a convergencia de la roca cuando la excavación del banco inferior se realizó su parte central con maquinaria (tractor D-7) y los lados restantes

TUNEL ZURQUI
DISTRIBUCION PUNTOS MEDICION
CONVERGENCIAS



TUNEL ZURQUI
CONTROL DE CONVERGENCIAS

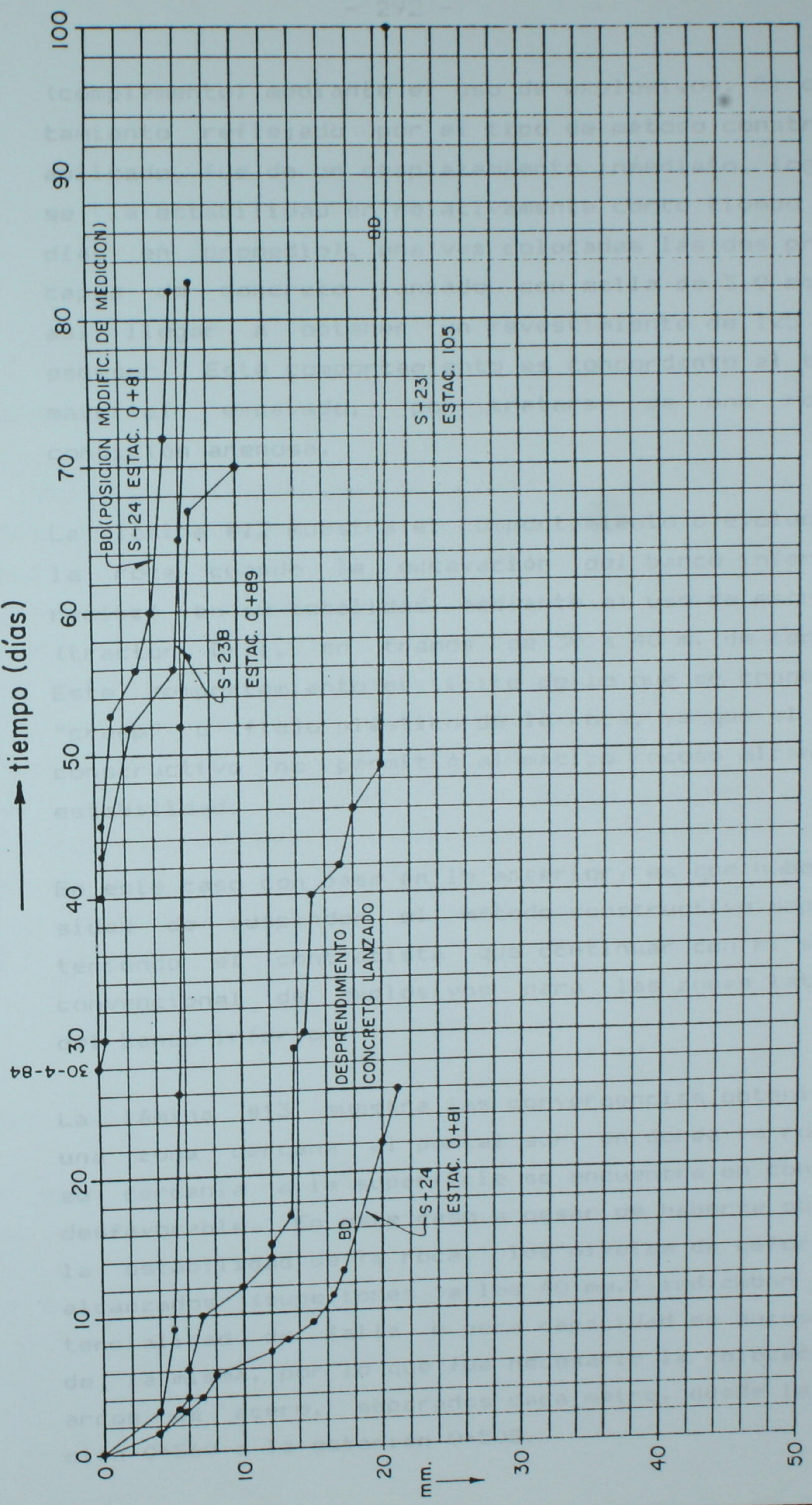
→ tiempo (días)



TUNEL ZURQUI

CONTROL DE CONVERGENCIAS

→ tiempo (días)



(complemento) mediante el uso de explosivos. El comportamiento reflejado por el tipo de método constructivo aplicado, fue de un desplazamiento inmediato, lográndose la estabilidad en relativamente corto tiempo (3 a 5 días en promedio), una vez colocadas las dos primeras capas de concreto lanzado con malla de 3.0 mm. para así llegar a obtener un revestimiento de 125 mm. de espesor. Este comportamiento es concordante al tipo de material excavado, por tratarse de una roca de condición arenosa.

La lámina #12 muestra el comportamiento o evolución de la roca cuando la excavación del banco inferior se realizó en su totalidad, mediante el uso de maquinaria (tractor D-7), en tramos de 30 a 40 m. de longitud. Este comportamiento es típico de lo que se conoce como "creep" o flujo plástico de la roca, ya que el método constructivo no permitió al macizo rocoso alcanzar su estabilidad.

En este caso con base en lo anterior, es que hubo necesidad de suspender el método constructivo empleado, teniendo el contratista que continuar con el sistema convencional de explosivos para las zonas laterales del banco inferior.

La lámina #13 muestra las convergencias obtenidas de una zona cercana al portal sur, en donde la roca por su cercanía a la superficie se encuentra en condición desfavorable. En este caso a pesar de haberse obtenido la estabilidad de la roca, los niveles de deformación alcanzados (superiores a los 40 mm.) indicaban la potencialidad de falla o poca capacidad de autosoporte de la misma, por lo que fue necesario la colocación de arcos de acero, separados cada metro, desde la estación 0+560 a la estación 0+508.

Es así como la selección de los métodos apropiados de excavación y soporte del túnel se reflejan en la estabilidad del macizo rocoso, especialmente en el tipo de roca excavada en el caso del Túnel Zurquí, donde los desplazamientos son relativamente rápidos por ser el material de condición arenosa.

4.3 Comportamiento fin de Construcción:

El comportamiento del macizo rocoso al final de la construcción, fue verificado mediante las lecturas de deformaciones, llegándose a determinar la estabilidad en todos los puntos de control del túnel. Lo anterior se basó en criterios según Deere y Sánchez Trejos, en donde se manifiesta que se puede considerar una zona estable cuando se obtiene deformaciones igual o menores a 0.5 mm/mes. Además en donde se analiza la estabilidad del túnel al final de la construcción, se establece claramente que "el revestimiento empleado en base a concreto lanzado cumplió a cabalidad con su función estabilizadora, con lo que se confirma que la solución adoptada se ajustó a las condiciones imperantes en la roca".

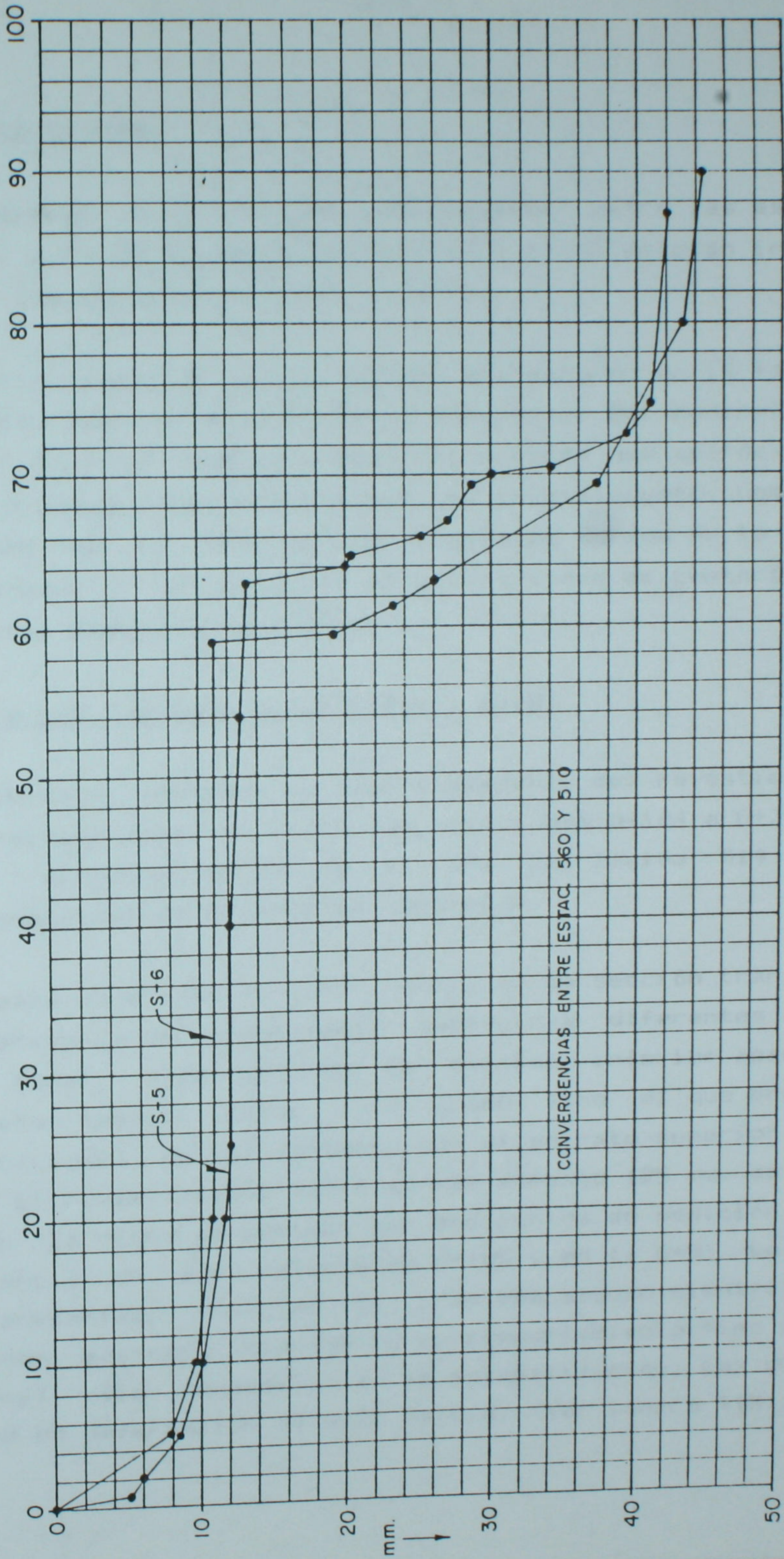
5.- ZONAS ESPECIALES

5.1 Generalidades:

En esta sección se mencionarán las condiciones particulares que se presentaron en determinadas zonas del túnel y que por ser casos fuera de la normalidad de la condiciones generales del túnel, se han denominado como "zonas especiales".

TUNEL ZURQUI
CONTROL DE CONVERGENCIAS

→ tiempo (días)



5.2 Zona de diques:

Los diques o intrusivos aparecieron entre las estaciones 0+141 a 0+138.5, estaciones 0+253 a 0+233 sección inferior y entre las estaciones 0+322 a 0+325.

Los principales problemas que se presentaron en la fase constructiva fueron básicamente de adherencia del concreto lanzado a la roca, debido a las filtraciones que aparecieron, lo que produjo desprendimientos del revestimiento. Debido a la calidad de la roca, no hubo problemas serios en lo que a la convergencia se refiere, ni en las zonas de contacto con el material brechoso contiguo.

5.3 Zona entre las estaciones 0+104 - 0+78:

El 28-4-84 ocurrió un desprendimiento del revestimiento de la sección superior entre las estaciones 0+104 a 0+78, en un área aproximadamente de 75 m². La lámina #14 muestra esquemáticamente el problema acaecido.

En esta zona como se podrá notar, en la sección transversal, se presentaron condiciones geológicas diferentes al resto del túnel, dado que en la sección inferior apareció un estrato tobáceo color café grano fino el que presentaba filtraciones en el contacto con el estrato superior brechoso. El revestimiento tenía en ese momento 125 mm. de espesor y en la zona se contaba con dos puntos de medición de convergencia en las estaciones 0+105 y en la 0+81. La primera no presentaba indicios de problema alguno mientras que la segunda mostraba claramente un comportamiento tipo plástico (creep), sin tendencia a la estabilización, con una velocidad de deformación de 0.22 mm/día. (Ver lámina #15).

ZONA DESPRENDIMIENTO ESTACIONES 0+104 A 0+78

Esta zona fue excavada en su sección superior con el uso de explosivos y 10 días después se completó la excavación de la sección inferior por medio de tractor.

Causas del problema:

Debido a la presencia del estrato inferior cuyo contacto bu- zaba desfavorablemente hacia el túnel, (ver lámina #14 sec- ción transversal), se creó una distribución no uniforme de esfuerzos en el revestimiento, lo que aunado al proceso constructivo empleado en esa zona, produjo como consecuen- cia, que se produjeran excesivas deformaciones en el reves- timiento hasta que finalmente se produjo la falla del mismo.

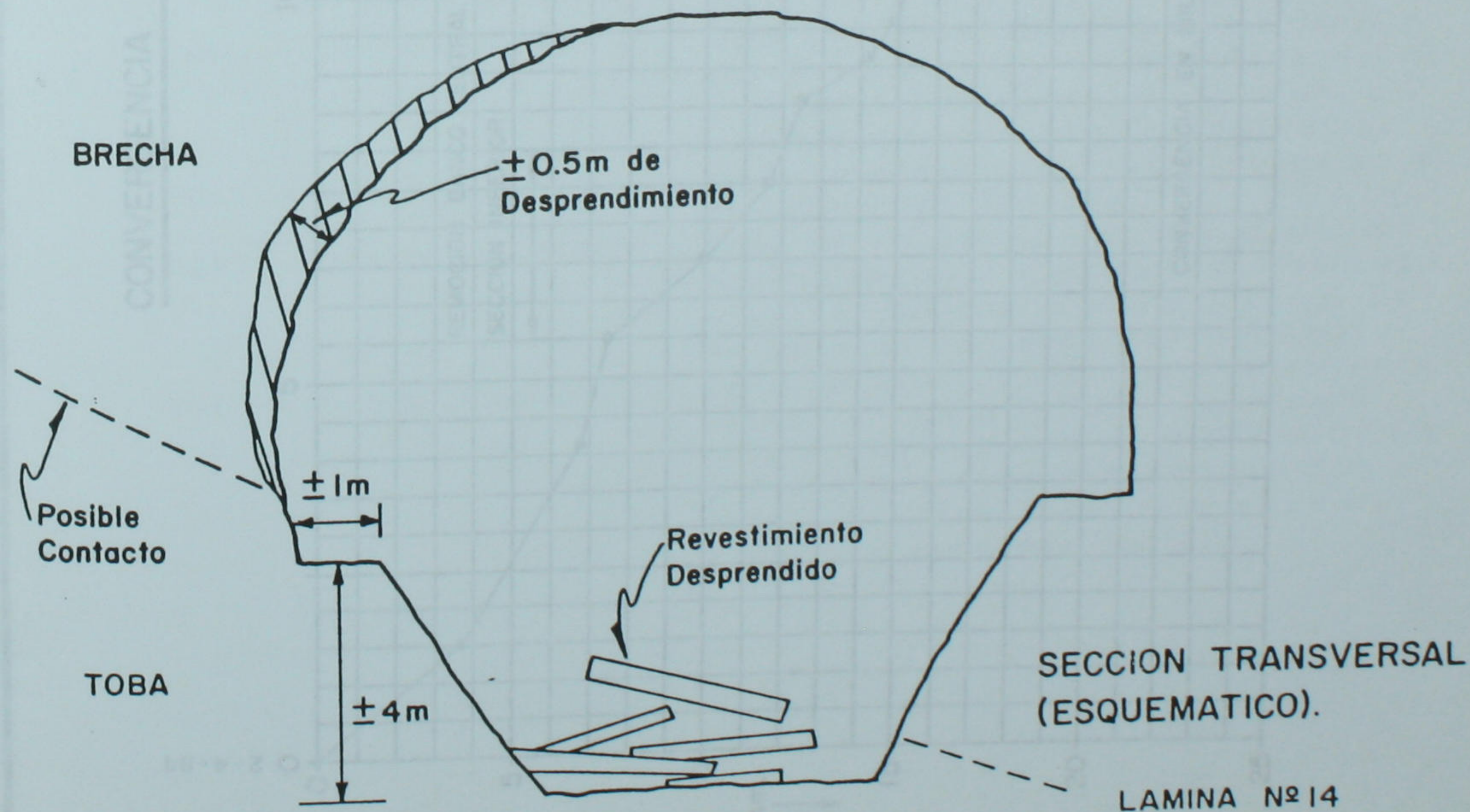
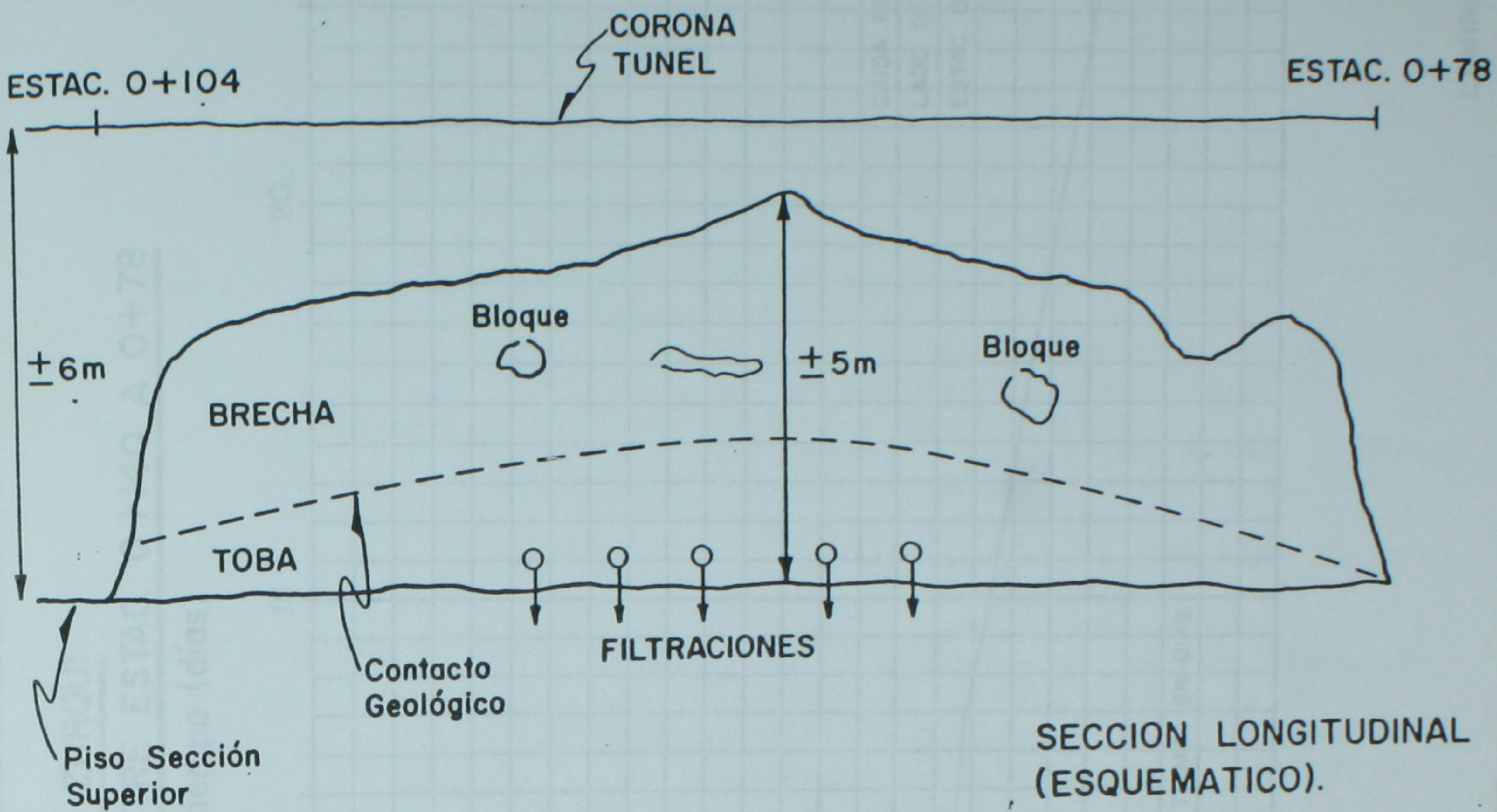
Solución adoptada:

La solución adoptada consistió en la colocación de concreto lanzado en la zona desprendida; procediéndose luego a la co- locación de una malla de varilla #4 espaciada cada 10 cm. en toda la sección colocándose posteriormente una capa de concreto lanzado de 100 mm. de espesor, para así completar una capa de 225 mm. de espesor. Además se colocó de inme- diato la losa de piso, reforzada con vigas de acero, para brindar suficiente rigidez transversal al túnel.

Con el fin de comprobar el comportamiento de la solución adoptada, se colocaron puntos de medición de convergencia en las estaciones 0+97, 0+89, 0+81 y 0+73. Las deformaciones registradas posteriormente indicaron velocidades de deforma- ción relativamente bajas al inicio, obteniéndose luego la es- tabilidad de la zona, por lo que se consideró que la solu- ción cumplió a cabalidad con su función estabilizadora en esa zona.

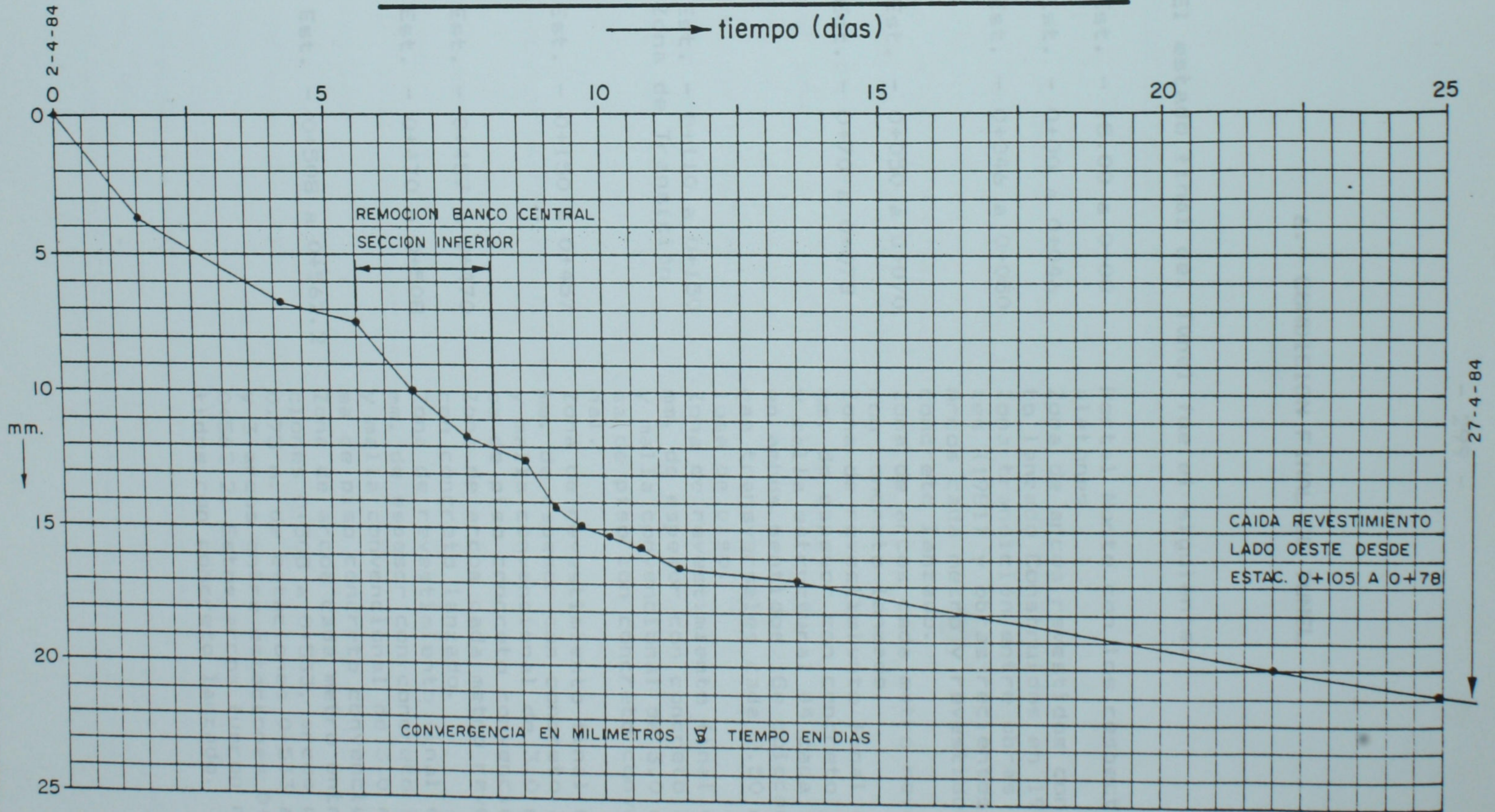
TUNEL ZURQUI

ZONA DESPRENDIMIENTO ESTACIONES 0+104 A 0+78



TUNEL ZURQUI
CONVERGENCIA ZONA ENTRE ESTAC. 0+140 A 0+78

→ tiempo (días)



6.- CONDICION FINAL DE TUNEL

7.- CUENTARIOS FINALES

El estado final del Túnel fue el siguiente:

Est. - 15.00 a 0+00	Portal Norte con los respectivos aletones.
Est. - 0+00 a 0+046	Zona de arcos revestidos con concreto lanzado Construídos en 1981.
Est. - 0+046 a 0+050	Zona transición entre obras existentes (1981) y obras recientes (1984) Arcos cada metro y revestidos con concreto lanzado.
Est. - 0+050 a 0+070	Zona de arcos cada metro revestidos con concreto lanzado.
Est. - 0+70 a 0+078	Zona de revestimiento final de 300 mm. de espesor con concreto lanzado y malla estructural #4 cada 20 cms. en ambos sentidos. Se colocaron vigas transversales cada 2.50 m en la losa de piso.
Est. - 0+110 a 0+150 Zona de Transición	Zona de revestimiento final de 275 mm. de espesor con concreto lanzado y malla convencional de 3.0 mm. Losa de piso con concreto convencional.
Est. - 0+150 a 0+457	Zona de revestimiento final de 200 mm. de espesor con concreto lanzado y malla convencional de 3.0 mm. Losa de piso concreto convencional.
Est. - 0+457 a 0+470	Zona de arcos cada metro revestidos con concreto lanzado.
Est. - 0+470 a 0+508	Zona de revestimiento final de 200 mm. de espesor con concreto lanzado y malla convencional de 3.0 mm. Losa de piso concreto convencional.
Est. - 0+508 a 0+562.2	Zona de arcos cada metro entre estaciones 0+508 a 0+533, arcos cada 0.75 m. de estaciones 0+533 a 0+560 y 3 arcos entre estaciones 0+560 a 0+562.2. Estos arcos fueron revestidos con concreto lanzado.

7.3 Cambios en el Proyecto:

7.- COMENTARIOS FINALES

Se indica a continuación una breve descripción de las Ordenes de Modificación de Obra (O.M.) que representaron aumento de costo del proyecto clasificadas en:

7.1 Supervisión de la Construcción:

7.1.1 Actualización de Cantidades

El 1º de febrero de 1983, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y el Consorcio BEL Ingeniería S.A. -Edwards and Kelcey Engineers, Inc., firmaron un contrato mediante en cual el Consorcio prestaría los servicios de consultoría bajo su entera responsabilidad, en lo referente a la dirección Técnica, administrativa y financiera. Para cumplir con sus obligaciones, la Consultora llevó a cabo su labor con personal propio de alto nivel y el personal que asignó el Ministerio el que además, designó un ingeniero como su representante, con responsabilidad dentro de la organización de la División de Obras Públicas para la supervisión de la Consultora, así como las relaciones de ella con el Ministerio. La Consultora inició sus labores el 1º de febrero de 1983.

22 de agosto de 1984.

7.2 Costo Original del Proyecto:

De acuerdo al análisis de las cantidades establecidas

El monto original para llevar a cabo la construcción del Túnel fue de Q132.228.298,00 a precios del mes de diciembre de 1982 los cuales estaban sujetos a reajustes de acuerdo a las leyes 5501 y 5518.

O.M. No. 21. De fecha 3 de junio de 1983, aprobada el

Mediante la Orden de Modificación de Obra #2, de fecha 19 de mayo de 1983 aprobada el 6 de junio de 1983, se asignó una suma global de Q20.000.000,00 para el reajuste de precios sujetos a aumento o disminuciones según fuera el caso, por lo que, el monto original o propuesto para construcción incluyendo reajustes se estimó en Q152.228.298,00.

7.3 Cambios en el Proyecto:

7.3.2 Mejoramientos

Se indica a continuación una breve descripción de las Ordenes de Modificación de Obra (O.M.) que representaron aumento de costo del proyecto clasificadas en:

Con 7.3.1 Actualización de Cantidades Obra en autoriza por 7.3.2 Mejoramientos en roca, soldadura de acero y acero estructural por

7.3.1 Actualización de Cantidades:

O.M.No 5: De fecha 12 de enero de 1984, aprobada el 16 de febrero de 1984.

Esta Orden de Modificación de Obra autoriza el pago de la diferencia en el cambio de moneda no cobrada en las facturas 22(1) y 23(1), con lo cual el proyecto se incrementa en Q69.518.60.

O.M.No 6: De fecha 5 de marzo de 1984, aprobada el 22 de agosto de 1984.

De acuerdo al análisis de las cantidades establecidas en el contrato y las necesarias para terminar la obra se determinó un faltante en algunos ítemes de pago lo que aumentó el monto del contrato en Q29.876.774.00.

O.M.No. 9: De fecha 3 de junio de 1985, aprobada el 20 de febrero de 1986.

Esta Orden de Modificación fue el resultado de un cierre parcial de cantidades que por lo avanzado del proyecto; representó el finiquito de cantidades finales, con un aumento del contrato de Q722.300.34.

7.3.2 Mejoramiento:

O.M.No. 4: De fecha 25 de agosto de 1983, aprobada el 6 de octubre de 1983.

Con esta Orden de Modificación de Obra se autorizó, por medio del Item 109.04, el uso de pernos de anclaje en roca, malla soldada de acero y acero estructural para costillares, con un costo total de Q13.434.512.00.

O.M.No. 7: De fecha 16 de mayo de 1984, aprobada el 13 de agosto de 1984.

Con esta Orden de Modificación se le comunica al contratista instalar arcos de acero en el Túnel con un costo de Q6.565.488.00. Este monto se rebajó de la O.M.No. 4 que originalmente fue de un valor estimado de Q20.000.000.00.

7.3.3 Resumen Aumento de Costos:

El aumento de costos en la construcción del túnel como resultado de la actualización de cantidades y mejoramiento de lo establecido en el contrato originales es el siguiente:

Propuesto original	=	132.228.298.00
Actualización de Cantidades	=	37.168.592.94
Mejoramiento	=	<u>20.000.000.00</u>
COSTO TOTAL	=	189.396.890.94

El desglose de los cambios expresados como porcentaje del presupuesto original son atribuibles en un 28.11% a actualización de cantidades y un 15.12% a mejoramientos, para un aumento total de un 43.23%.

7.4 Labor del Contratista:

7.4.1 Generalidades:

Mediante la Orden de Servicio #1, se dió la orden de inicio el 19 de mayo de 1983, y el 17 de junio de ese mismo año dió comienzo la labor del Contratista.

Los trabajos se iniciaron con la construcción de las instalaciones, comedor, dormitorios, bodegas, etc., pasando luego a la construcción del portal Sur en el km. 79+376.

La excavación del túnel dió comienzo el 17 de setiembre de 1983, una vez concluido el Portal y las obras de protección. Inicialmente se excava a sección completa, pasándose luego al sistema de excavación por bancos, tal y como se describe en la sección 3. De acuerdo a los requerimientos de la obra, se colocó el tipo de soporte que mejor se ajustara a las condiciones de la roca, quedando la obra según se describe en la sección 6.

La excavación de la sección superior queda finalizada el 5 de abril de 1984. El concreto de la losa de piso se termina de colocar el 11 de julio de 1984 y el revestimiento final, se termina de colocar el 25 de julio de 1984.

La obra se termina incluyendo detalles como, acera, barandas internas, aletones portal Sur, etc. el 14 de setiembre de 1984, empleándose un total de 457 días calendario.

7.4.2 Justificación plazo terminación de la obra:

RESUMEN

Plazo original:

Según se indica en el artículo #7 del Contrato, el plazo de entrega de la obra es de 12 meses contados a partir de la orden de inicio.

Orden de inicio:

En la Orden de Servicio #1 se establece como fecha de inicio el 16 de junio de 1983.

Terminación de la obra:

Según oficio #84-1185 del 29 de agosto de 1987 de la jefatura del Proyecto, el 14 de setiembre de 1984 se fijó como fecha de terminación de la obra.

Tiempo Disponible para la Terminación de la Obra:

Plazo Original según contrato	=	366 días calendario
Aumento de plazo O.M. No. 6	=	83 días calendario
Aumento de plazo O.M. No. 9	=	<u>11 días calendario</u>
Tiempo disponible	=	460 días calendario

Tiempo empleado para terminación de la obra: 1,403 m³ de concreto, f'c = 250 kg/cm² en las barandas internas
Orden de inicio del y en el portal = 16 de junio de 1983
Terminación de la Obra = 14 de setiembre de 1984
Concretor Se colocó un total de 1984 m³ de concreto
Tiempo transcurrido = 457 días calendario

RESUMEN

Tiempo Disponible = 460 días calendario
Tiempo Empleado = 457 días calendario

7.4.3 Labor efectuado:

Excavación: Se excavaron un total de 38.271 m³ de material del túnel, correspondiendo 17.850 m³ a la sección superior y 20.421 m³ a la sección inferior. El procedimiento constructivo llevado a cabo se describe en la sección 3.

Arco de Acero: Portal sur: Se colocaron un total de Concreto Lanzado: Se colocó un total de 14.009 m² de concreto lanzado de 50 mm. de espesor y un total de 23.204 m² de concreto lanzado de 75 mm. de espesor. Lo anterior significa que se colocó un volumen de 2.440 m³ de concreto lanzado. El procedimiento constructivo realizado y la metodología empleada se describen en la sección #3.

Malla de Refuerzo: Se colocó un total de 25.942 m² de malla de refuerzo electrosoldada de 3.0 mm de espesor espaciada cada 100 mm. Esta malla se colocó en el concreto lanzado con el fin de brindar mayor flexibilidad al revestimiento.

Concreto de piso: Se colocó un total de 1.483 m³ de concreto, $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ en las barandas internas y aceras del túnel y en el portal sur.

Concreto: Se colocó un total de 1.380 m³ de concreto, $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ en la zona donde se colocaron arcos.

Acero de refuerzo: Se colocaron un total de 58 tm. de acero estructural correspondiente al revestimiento (entre estaciones 0+100 a 0+70) a las barandas, refuerzo especial losa de piso (entre estaciones 0+110 a 0+78), aletones y portal sur.

Fernos de anclaje: Se colocaron un total de 94 pernos de anclaje.

7.5.1 Arcos de Acero: Portal sur: Se colocaron un total de 16 arcos acero tipo H de 200 mm.

Túnel: Se colocaron un total de 92 arcos de acero doblados según geometría interna del túnel, de sección tipo H de 200 mm.

El control de los materiales se realizó mediante la toma de núcleos y su posterior falla a la comprensión simple para comprobar su resistencia. En cuanto al concreto convencional se llevó un control del revestimiento y de la resistencia, así como de los procedimientos de compactación.

Aparte de lo anterior se realizaron controles rutinarios sobre la programación de la obra y su cumplimiento de parte del contratista, estimaciones mensuales, informes mensuales, etc.

Para el cumplimiento de lo anterior, se destacó por parte de la Inspección a un Ingeniero Civil con especialidad en geotécnica, a cargo de la obra, a tiempo completo, un asistente y dos inspectores. Además se contó con la colaboración de la oficina de topografía y cálculo del Proyecto en lo relativo al control topográfico de las secciones del túnel, actualización del libro de cantidades, y control de niveles de rasante y línea centro del concreto de piso.

7.5 Labor de la Inspección:

7.5.1 Generalidades:

La inspección mantuvo un control rutinario de la labor del Contratista durante las 24 horas al día, de acuerdo a la jornada de trabajo que ellos utilizaron. Se revisaron los procedimientos constructivos aplicados durante la ejecución de la obra, procediéndose a modificarlos o a suspenderlos en los casos que se consideró necesario y que técnicamente se justificaba.

Durante la etapa de la excavación se llevaron controles sobre la calidad del proceso constructivo de modo

que dichos métodos se ajustaran al tipo de roca encontrada y su comportamiento, que se analizaba mediante las deformaciones controladas con las medidas de convergencia.

7.6 Conclusiones:

La calidad del revestimiento a base de concreto lanzado fue controlado en el campo, mediante la toma de tiempos en que la roca quedaba expuesta después de la voladura y también el tiempo entre la finalización del concreto lanzado y la voladura. Lo anterior se consideró indispensable para la buena marcha de la obra por lo siguiente:

a- Se logró determinar que en los casos de excavaciones subterráneas en rocas "blandas", como es el Túnel Zurquí, es recomendable colocar el concreto lanzado hasta que los esfuerzos iniciales en la roca se hayan disminuido, de modo que se logre una deformación inicial apreciable, sin que esto signifique que se permita en un tiempo excesivo, ya que la roca sin soporte puede llegar al proceso de falla. Como se explicó anteriormente, esto se logró mediante un control adecuado de las convergencias del túnel.

7.7 Cuadro de finales

b- Aunque normalmente en la colocación del concreto lanzado, se adicionó acelerante para obtener resistencia temprana en el mismo, de acuerdo a las especificaciones el tiempo mínimo después de colocado el revestimiento y la voladura debería ser de 2 horas, para evitar daños por la fuerza de la explosión.

En términos generales se puede considerar que el Contratista cumplió a cabalidad con los requerimientos apuntados anteriormente.

7.6 Conclusiones:

A pesar de los inconvenientes surgidos en algunos tramos del túnel, tal y como los descritos en el apartado 5.2 y 5.3, se puede considerar que el concreto lanzado como revestimiento primario y final, cumplió con su función básica de permitir el autosoporte de la roca. Fue necesario introducir en el campo las variantes necesarias en el tipo de revestimiento a usar, de acuerdo al comportamiento del macizo rocoso, con base a la información obtenida diariamente. Lo anterior se debió a que los túneles son del tipo de obras en los que el diseño, en una buena parte se realiza durante la fase constructiva, para lo que se requiere de conocimiento técnico de alto nivel, para lograr un análisis adecuado del comportamiento de la roca, y así poder tomar decisiones objetivas y prácticas durante la construcción. Ello implica la necesidad de contar con una adecuada colaboración entre la parte constructora, supervisora y asesores.

7.7 Cuadro de Cantidades finales

Se anexa el cuadro de cantidades finales del Túnel Zurquí.

PROYECTO : SAN JOSE - SIQUIRRES

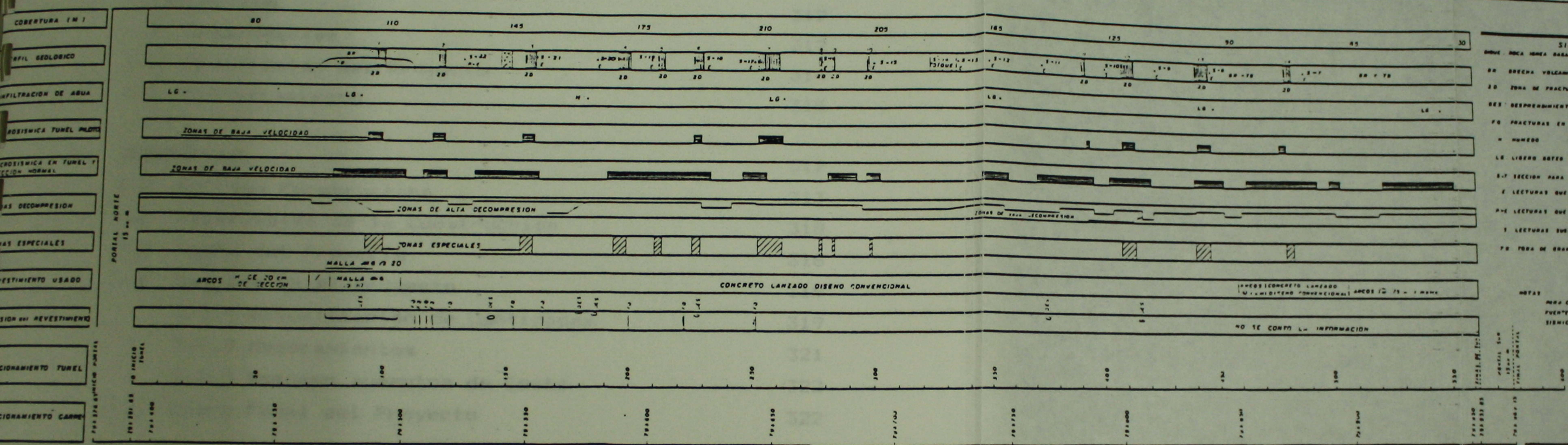
SECCION : TUNEL ZURQUI

CONTRATISTA : KIER INTERNATIONAL

CUADRO DE CANTIDADES Y VARIACIONES FINALES

FECHA : 3 DE JUNIO DE 1985

ITEM		UNID	PRECIO UNITARIO	CANTIDADES					MONTOS					VARIACIONES SOPORTADAS POR	
				PROPUESTO ORIGINAL	CANTIDAD FINAL	VARIACIONES		DIFERENCIA	PROPUESTO ORIGINAL	CANTIDAD FINAL	VARIACIONES		DIFERENCIA	OM-Nº	OS-Nº
Nº	DESCRIPCION				INICIAL	FINAL			INICIAL	FINAL					
T-1	EXCAVACION	M ³	2 066 00	38 000 00	38 271 08 +	271 08 +	271 08		78 508 000 00	79 068 051 28 +	560 051 28 +	560 051 28			OM-9 Y FINAL
T-2	CONCRETO LANZADO 50mm.	M ²	1 214 00	8 000 00	14 009 90 +	6 009 90 +	6 009 90		9 712 000 00	17 008 018 60 + 7	296 018 60 + 7	296 018 60			OM-6 Y OM-9 Y FINAL
T-3	CONCRETO LANZADO 75mm.	M ²	1 391 00	18 000 00	23 204 01 +	5 204 01 +	5 204 01		25 038 000 00	32 276 777 91 + 7	238 777 91 + 7	238 777 91			OM-6 Y OM-9 "
T-4	MALLA 1.54 Kg/m ² (SIN MATERIAL)	M ²	1 104 00	18 000 00	25 942 65 +	7 942 65 +	7 942 65		1 872 000 00	2 698 035 60 +	826 035 60 +	826 035 60			OM-6 Y OM-9 "
T-4A	MALLA 1.54 Kg/m ² (MATERIAL)	U	6 19 30	- -	1 538 00 +	1 538 00 +	1 538 00		- -	952 483 40 +	952 483 40 +	952 483 40			OM-6 Y OM-9 "
T-13	SUMIN. Y COLOC. MALLA TIPO "HYRIB"	U	1 825 00	- -	320 00	320 00 +	320 00		- -	584 000 00 +	584 000 00 +	584 000 00			OM-9 "
T-5	CONCRETO INVERTIDO	M ³	7 997 00	9 41 00	11 813 72 +	899 72 +	899 72		7 309 258 00	14 504 318 84 + 7	195 060 84 + 7	195 060 84			OM-6 Y OM-9 "
T-6	CONCRETO	M ³	1 1024 00	1500 00	1 378 06 +	878 06 +	878 06		5 512 000 00	15 191 733 44 + 9	879 733 44 + 9	879 733 44			OM-6 Y OM-9 "
T-7	ACERO PARA REFUERZO	Kg	62 00	23 000 00	56 325 00 +	33 325 00 +	33 325 00		1 426 000 00	3 492 150 00 + 2	066 150 00 + 2	066 150 00			OM-9 "
T-9	PERNOS DE ANCLAJE	U	6 363 00	80 00	94 00 +	14 00 +	14 00		509 040 00	598 122 00 +	89 082 00 +	89 082 00			OM-9 "
T-10	CONCRETO LANZADO 50mm.	M ²	1 171 00	2 000 00	76 150 -	1 238 50 -	1 238 50		2 342 000 00	891 716 50 -	1 450 283 50 -	1 450 283 50			OM-9 "
T-11	COLOCACION DE COSTILLERAS	U	71 364 00	- -	92 00 +	92 00 +	92 00		- -	6 565 488 00 +	6 565 488 00 +	6 565 488 00			OM-7 "
T-12	SUMIN. Y COLOC. ARCOS TIPO ESPECIAL	U	159 120 00	- -	16 00 +	16 00 +	16 00		- -	2 545 920 00 + 2	545 920 00 + 2	545 920 00			OM-9 "
	DIFERENCIA CAMBIARIA	ℓ	- -	- -						69 518 60 +	69 518 60 +	69 518 60			OM-5 "
109-04	TRABAJO A COSTO MAS PORCENTAJE	ℓ	- -	- -						12 950 556 77 + 12	950 556 77 + 12	950 556 77			OM-4 OM-7 Y OM-9 "
TOTALES									132 228 298 00	189 396 890 94 + 57	168 592 94 + 57	168 592 94			



SIMBOLOGIA

DMVE: DUNA IGNEA BASALTA-ANDESITICA QUE INTRUYE EL MATERIAL BRECHOSO

PR: BRECHA VOLCANICA

ZD: ZONA DE FRACTURAMIENTO DEBIL - IN ZONAS DETECTADAS EN TOTAL

DES: DESPRENDIMIENTO EN EL REVESTIMIENTO DE CONCRETO LANZADO

FR: FRACTURAS EN EL REVESTIMIENTO DE CONCRETO LANZADO

H: HUECO

LG: LIBERO ESTER

S-7: SECCION PARA LA MEDICION DE CONVERGENCIA

E: LECTURAS QUE MUESTRAN ESTABILIDAD DEL MACIZO

P-E: LECTURAS QUE MUESTRAN QUE EL MACIZO ESTA EN PROCESO DE ESTABILIZACION

S: LECTURAS SUSPENDIDAS

FR: TORA DE GRAND FINO

NOTAS

PARA CONFECCIONAR ESTE PERFIL SE USARON DATOS DE DIFERENTES FUENTES: INFORME DEL 1979, INFORME LAPORTE Y BRUCE 1981, MICRO-SISMICA EN EL TUNEL A SECCION NORMAL Y LEONARDO 1984

NO SE CONTO LA INFORMACION

ESTUDIO GEOTECNICO

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

PROYECTO SAN JOSE SINGUINES I SECCION TUNEL ZURQUI

CONTENIDO

MEMORIA DE EXCAVACION Y DEL REVESTIMIENTO

ESTUDIO REALIZADO POR: ING. ERNESTO BRUCE S. ING. MIGUEL SOLAROS S.

FECHA: SEPTIEMBRE 1984

ESCALA: ---

3.2.3 Terminación de la Obra	329
3.2.4 Tiempo Disponible	331
3.2.5 Tiempo empleado	331
3.2.6 Resumen	331
CAPITULO VIII	
PUENTE RIO SUCIO	
4. INFORMACION TECNICA	331
<u>INDICE</u>	
4.1 Resumen de los resultados del Laboratorio de Materiales	332
4.2 Estudios Especiales	
1. INTRODUCCION	312
1.1 Antecedentes	312
1.2 Descripción del Proyecto	314
1.3 Financiamiento	315
2. DESARROLLO	317
2.1 Empresa Constructora	317
2.2 Supervisión de la Construcción	318
2.3 Costo del Proyecto	318
2.4 Cambios en el Proyecto	319
2.4.1 Actualización de Cantidades	319
2.4.2 Mejoramientos	321
2.4.3 Resumen aumentos de Costo	322
2.5 Costo Final del Proyecto	322
3. CONSTRUCCION	323
3.1 Construcción del Puente	323
3.2 Resumen del Avance	330
3.2.1 Plazo Original	330
3.2.2 Orden de Inicio	330

3.2.3 Terminación de la Obra	330
3.2.4 Tiempo Disponible	331
3.2.5 Tiempo empleado	331
3.2.6 Resumen	331

4. INFORMACION TECNICA 331

4.1 Resumen de los resultados del Laboratorio de Materiales	332
4.2 Estudios Especiales	333
4.3 Cuadro de Cantidades Finales	334

El 30 de setiembre de 1981 el Ministerio de Obras Públicas y Transportes rescindió el Contrato de Obra Pública con la Empresa Constructora Nacional S.A., para la construcción del Proyecto San José-Siquirres. Posteriormente, con oficio No. 00433 del 19 de enero de 1982 y No. 00433 del 19 de enero de 1982, el Ministerio solicitó a la Contraloría General de la República, Departamento de Licitaciones, autorización para llevar a cabo una contratación directa con los antiguos sub-contratistas de la Empresa Constructora Nacional S.A., a fin de terminar la construcción del Proyecto San José-Siquirres, dejado inconcluso al rescindirse el contrato original el 30 de setiembre de 1981.

La autorización de la contratación directa por parte de la Contraloría General se recibió por medio del oficio No. 00433 del 19 de enero de 1982.

Entre esta fecha y el 3 de agosto de 1983 se había contratado la construcción de las Secciones 1, 2 y 3A, desde Siquirres hasta la margen derecha del Río Suido y de las Secciones 3B, 3C y 4, desde el margen izquierdo del mismo río hasta la Ruta 102 en San Juan de Tibás, además del Tónel Zuruí, dejando por definir la contratación de la construcción del Puente sobre el Río Suido.

El 18 de setiembre de 1983, en los diarios de mayor circulación del país, se anunció la Licitación Privada No. 194-83

INTRODUCCION

1.1 Antecedentes:

El 30 de setiembre de 1981 el Ministerio de Obras Públicas y Transportes rescindió el Contrato de Obra Pública con la Empresa Constructora Monolítica S.A., para la construcción del Proyecto San José-Siquirres. Posteriormente, con oficios No. 6507 del 29 de octubre de 1981 y No. 6843 del 19 de noviembre de ese mismo año, el Ministerio solicitó a la Contraloría General de la República, Departamento de Licitaciones, autorización para llevar a cabo una contratación directa con los antiguos sub-contratistas de la Empresa Constructora Monolítica S.A., a fin de terminar la construcción del Proyecto San José-Siquirres, dejado inconcluso al rescindirse el contrato original el 30 de setiembre de 1981.

La autorización de la contratación directa por parte de la Contraloría General se recibió por medio del oficio No. 00433 del 19 de enero de 1982.

Entre esta fecha y el 5 de agosto de 1983 se había contratado la construcción de las Secciones 1, 2 y 3A, desde Siquirres hasta la margen derecha del Río Sucio y de las Secciones 3B, 3C y 4, desde el margen izquierdo del mismo río hasta la Ruta 102 en San Juan de Tibás, además del Túnel Zurquí, dejando por definir la contratación de la construcción del Puente sobre el Río Sucio.

El 18 de setiembre de 1983, en los diarios de mayor circulación del país, se anunció la Licitación Privada No. 194-83

para la Construcción del Proyecto "Puente sobre el Río Sucio". Las ofertas se recibieron el 17 de octubre de 1983 para el diseño y la construcción, así como la alternativa de utilizar las cerchas de acero de varios puentes de la carretera rústica a Puerto Limón.

Las siete ofertas recibidas por las dos alternativas licitadas, fueron las siguientes:

OFERTAS PUENTE RIO SUCIO

<u>Empresa Constructora</u>	<u>Monto Alt. A (C)</u>	<u>Monto Alt. (C)</u>
CAREZ S.A.	87.697.788	76.541.146
FUENTES PREFAB. LTDA.	--	49.024.624
DIMON LTDA.	--	48.426.620
KIER INTERNATIONAL LIMITED	93.501.272	91.573.249
CARLOS MUÑOZ S.A.	78.113.895	64.791.623
SERTRA S.A.	120.147.230	--
SECSA S.A.	63.698.900	61.788.020

1.2 Descripción del Proyecto

La alternativa B, indicada en el cuadro anterior contempló el uso de las cerchas de acero de varios puentes de la carretera rústica a Puerto Limón, las cuales no estaban en servicio.

Posteriormente, el 22 de noviembre de 1983, por resolución de la Proveduría Nacional, se adjudicó la Licitación Privada No. 194-83, para el diseño y construcción del Puente Río Sucio, según la alternativa A para un nuevo puente, a la Empresa Constructora Servicios Especializados para la Construcción S.A. (SECSA). El análisis de las ofertas efectuado por

La División de Obras Públicas del Ministerio de Obras Públicas y Transportes determinó que la oferta de SECSA era la más conveniente a los intereses del país.

La superestructura consiste de vigas postensadas en doble T. La Empresa adjudicada en su oferta garantizó la terminación del puente antes del 31 de diciembre de 1984 con la alternativa A, lo que no se podía asegurar en el caso de la alternativa B, (desarmar, transportar, rehabilitar y armar cerchas de acero existentes de la región en donde están actualmente colocados los puentes).

El contrato confeccionado en base a la oferta antes mencionada fue firmado el 19 de enero de 1984 y aprobado por la Contraloría General de la República en 13 de marzo de 1984, mediante oficio No. 613L-84 (2083).

Con la terminación de este proceso, la construcción del Proyecto fue totalmente contratada.

1.2 Descripción del Proyecto:

El Puente sobre el Río Sucio está localizado entre las Secciones 3A y 3B del Proyecto San José-Siquirres, en estaciones 60+531.00, en la Zona Atlántica del país, siendo las condiciones meteorológicas las siguientes: Temperatura máxima promedio 35° centígrados y mínima 25° centígrados; precipitación anual promedio de 3.600 mm; siendo los meses menos lluviosos febrero, marzo, junio, setiembre y octubre.

El puente tiene una longitud de 187.25 metros del eje del Bastión #1 hasta el final del contrapeso en la Pila-Bastión

#2. La Subestructura esta constituida por dos bastiones y una pila de hormigón reforzado.

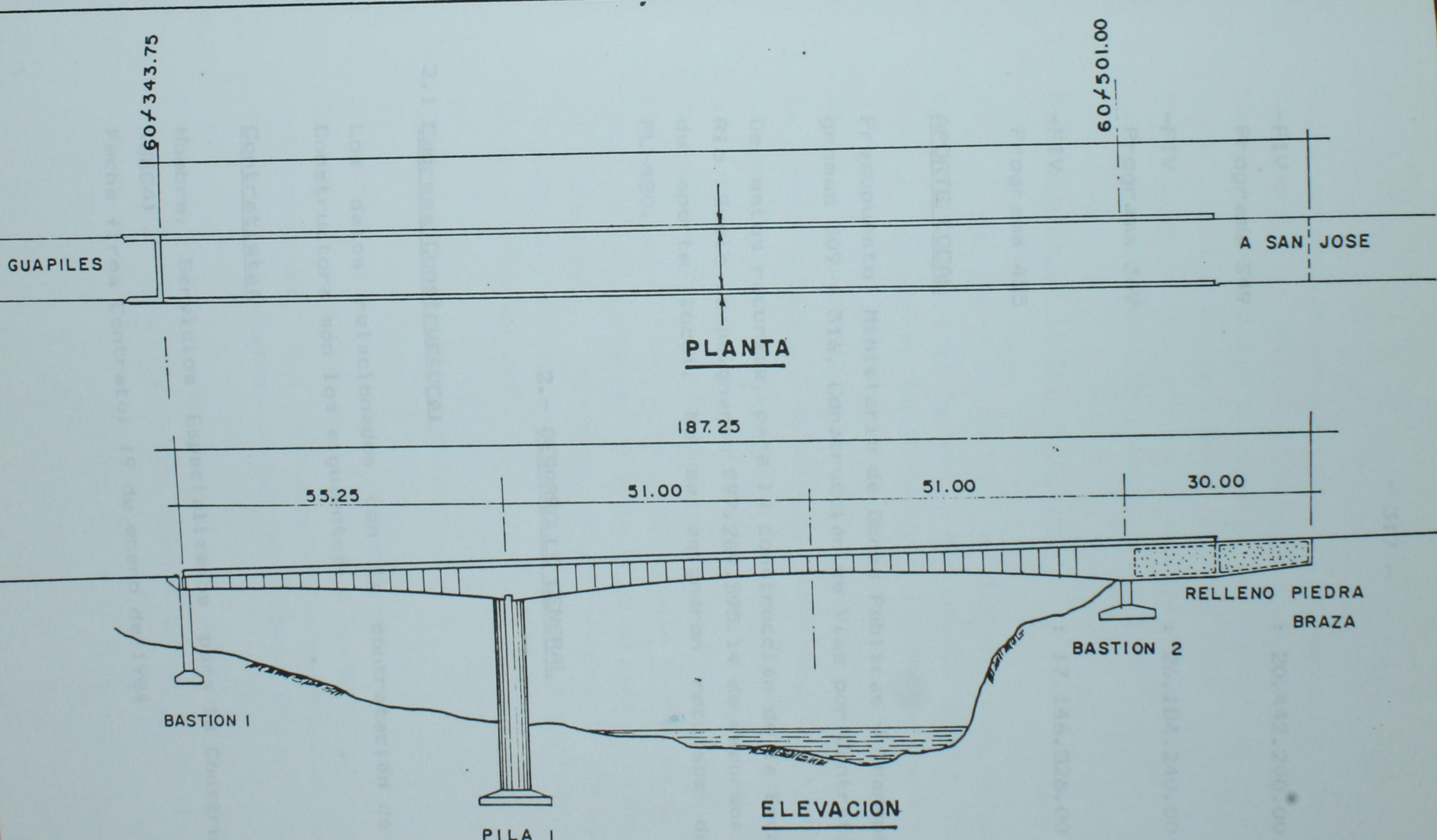
La superestructura consiste de vigas postensadas en doble voladizo a partir de la Pila #1 con una sección en forma de cajón, construyéndose en secciones de 3.20 metros de largo cada una, las cuales se postensan individualmente, convirtiéndose en autosoportantes. Se utilizó el mismo tipo de superestructura a partir de la Pila Bastión #2, pero en este caso las vigas postensadas en voladizo que tuvieron que unir con las vigas saliendo de la Pila #1, fueron balanceados por un contrapeso de hormigón reforzado relleno de piedra braza.

1.3 Financiamiento:

La ejecución del Proyecto fue financiado con recursos externos y aporte local según se detalla:

RECURSOS EXTERNOS

-BIRF Programa 466	: 39.000.000.00 Dólares
-BIRF Programa 335 y 356	: 10.300.000.00 Dólares
-OPEP Programa 345	: 3.000.000.00 Dólares
-FIV Programa 456	: 12.577.500.00 Dólares



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
 DIVISION DE OBRAS PUBLICAS
PUENTE SOBRE RIO SUCIO
 PROYECTO: SAN JOSE - SIQUIRRES - PUERTO VIEJO

Fecha aprobación del Contrato: 13 de marzo de 1984

-FIV orden de Inicio: 1 de febrero : 20.442.200.00 Bolívares

Programa 349 acción propuestas: 27 de marzo de 1985

Fecha de Terminación: 18 de julio de 1986

-FIV original del contrato: 263.696 : 26.184.240.00 Bolívares

Programa 349 Contrato: 290.361.664.32

2.2 -FIV División de la Construcción: : 17.146.826.00 Bolívares

Programa 455

El 1º de febrero de 1983, el Ministerio de Obras Públicas

y APORTE LOCAL y el Consorcio BEL Ingeniería S.A.-Edwards and Kelcey Engineers, Inc. firmaron un contrato mediante el cual

Presupuesto Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Programas 309 y 316, Construcción de Vías por Contrato.

ca, administrativa y financiera. Para cumplir con sus obligar

De estos recursos, para la construcción de la Sección Puente Río Sucio se asignaron 297.269.595.14 de recursos externos y de aporte local. No se asignaron recursos del Programa PL-480.

ción de la División de Obras Públicas de la supervisión de la Consultora, así como las relaciones de los Consultores con el Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

2.- DESARROLLO GENERAL

1º de febrero de 1983.

2.1 Empresa Constructora:

Los datos relacionados con la contratación de la Empresa Constructora son los siguientes:

263.698.990.00 a precios de setiembre de 1983, monto sujeto a reajustes de los precios

de acuerdo con las leyes 5501 y 5518.

Contratista:

Nombre: Servicios Especializados para la Construcción S.A. (SECA)

Fecha firma Contrato: 19 de enero de 1984

Fecha aprobación del Contrato: 13 de marzo de 1984

Fecha orden de Inicio: 1 de febrero de 1984

Fecha de terminación propuesta: 27 de marzo de 1985

Fecha de Terminación: 18 de julio de 1986

Monto original del contrato: Q63.696.990.00

Monto final del Contrato: Q90.361.664.38

2.2 Supervisión de la Construcción:

2.4 Cambios en el Proyecto:

El 1º de febrero de 1983, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y el Consorcio BEL Ingeniería S.A.-Edwards and Kelcey Engineers, Inc. firmaron un contrato mediante el cual el Consorcio prestaría los servicios de Consultoría bajo su entera responsabilidad, en lo referente a la dirección técnica, administrativa y financiera. Para cumplir con sus obligaciones, la Consultora llevó a cabo su labor con personal propio de alto nivel y el personal que asignó el Ministerio al Proyecto. Además el Ministerio designó un Ingeniero como su Representante, con la responsabilidad dentro de la organización de la División de Obras Públicas de la supervisión de la Consultora, así como las relaciones de los Consultores con el Ministerio. La Consultora inició sus labores el día 1º de febrero de 1983.

2.3 Costo Original del Proyecto:

El monto original para llevar a cabo la construcción de la Sección Puente Río Sucio fue de Q63.698.990.00 a precios de setiembre de 1983, monto sujeto a reajustes de los precios unitarios de acuerdo con las leyes 5501 y 5518.

Mediante la Orden de Modificación de obra #1, de fecha 2 de febrero de 1984, y aprobada en oficio No. 84-717 el 27 de

marzo de 1984 se asignó una suma global estimada de Q6.500.000.00 par reajuste de precios sujeto a aumentos o disminuciones según fuera el caso.

Por consiguiente de acuerdo al contrato, el monto propuesto para construcción fue de Q70.198.990.00, incluyendo reajustes.

2.4 Cambios en el Proyecto:

A continuación se incluye una breve descripción de las órdenes de modificaciones de obra (O.M.) que presentaron aumento de costo del Proyecto, desglosado en:

2.4.1 Actualización de Cantidades

2.4.2 Mejoramientos

2.4.1 Actualización de Cantidades:

O.M.No. 2: De fecha 6 de noviembre de 1984, aprobada el 15 de enero de 1985.

Se aumentó el monto del Item 109-04 "Trabajo a costo más Porcentaje" en Q13.500.000.00, para el pago de todo lo necesario a ejecutar en esta sección y que no está establecido en el Contrato como lo referente a estudios geológicos y geotécnicos, incluyendo perforaciones; estudios hidrológicos e hidráulicos; defensas estructurales; inspección, administración y supervisión de las obras, todo de acuerdo con los términos del Contrato y sus Anexos. Según el Contrato, el Item antes citado fue necesario para cubrir trabajos imprevistos que pudieran presentarse en el subsuelo al construirse las fundaciones y cualquier otro adicional que

fuera necesario ordenar para la construcción adecuada de la obra. El Contrato incluyó un monto de únicamente Q1.500.000.00 para este fin.

Sin embargo, por razones técnicas relacionadas con inundaciones, fallas geológicas y condiciones irregulares del subsuelo, este monto no fue suficiente, considerando que se tuvieron que realizar los estudios mencionados en el primer párrafo; construir diques, canales, obras de estabilización y defensa cuyos costos fueron bastante mayores a la cifra incluida en el Contrato.

Además, el costo de la inspección, administración y supervisión de los trabajos adicionales se incrementó mucho en vista de que estos trabajos fueron realizados en doble jornada diaria, para aprovechar las 24 horas del día.

D.M.No. 4: De fecha 28 de agosto de 1985, aprobada el 2 octubre de 1985.

Durante la excavación en la Pila #3, aparecieron diarcasados abusados hacia el Río Sucio en su margen izquierda, por lo que hubo que hacer un estudio geológico y de ingeniería para determinar la estabilidad del macizo de fundación cuyas recomendaciones pertinentes obligaron a reforzar la fundación por medio de perforaciones e inyecciones de lechadas de cemento. Por otra parte, en un análisis del sitio donde se construyó el puente se observó una coloración residual de aguas sulfatadas en el lecho del río. En casos de concentraciones mayores de 0.2% se recomienda relaciones agua/ce-

2.4.3 mento correspondientes a hormigón de 350 Kg/cm², para efectos de durabilidad. En vista de que el esfuerzo requerido en el diseño fue de 250 Kg/cm², fue necesario hacer un cambio en el diseño de mezclas aumentando la cantidad del Hormigón estructural Clase RN-350 y disminuyendo la cantidad de Hormigón Estructural Clase RN-250. El costo de este cambio aumentó el monto del contrato en Q778.012.40.

Resumen de Aumentos de Costo

O.M.No. 6 Y Final: De fecha 3 de noviembre de 1987.

Propuesto Original

Esta orden de Modificación de Obra representa el finiquito del contrato. Los ajustes finales de cantidades que se incluye en la orden disminuyó el monto del contrato en Q583.807.02.

(1) O.M. 2-4-3 (parcial) y Final

2.4.2 Mejoramientos:

O.M.No. 5: De fecha 15 de noviembre de 1985, aprobada el 23 de diciembre de 1985.

los cambios propuestos original son atribuidos en 40.08% a actualización de

Como se mencionó en el punto 2.4.1, referente a la O.M.No. 5, esta orden comprendió dos partes, una de actualización de cantidades y otra relacionada con mejoramientos.

2.5 Costo Final

El costo Como los planos y el contrato no incluyeron la construcción de las Juntas de Expansión para el puente, en esta orden se creó el Item 602 A(7), Junta de Expansión. El costo de este cambio aumentó el monto del contrato en Q1.129.960.00.

siguiente, el costo final de esta sección incluyendo reajustes es el siguiente:

2.4.3 Resumen Aumentos de Costos:

Reajustes

Costo Al continuación se presenta un resumen de los costos del contrato para la Sección Fuente sobre el Río Sucio que incluye los cambios resultantes de la actualización de cantidades y debido a mejoramientos sobre lo establecido en el contrato original.

3.1 Construcción del Puente:

Resumen de Aumentos de Costo

A continuación se presenta una breve descripción de las actividades de la construcción.

Propuesto Original	=	Q 63.698.990.00
Actualización de Cantidades	=	25.532.714.38 (1)
Mejoramientos	=	<u>1.129.960.00 (2)</u>
Costo Total sin reajuste	=	90.361.664.38

El Contratista inició sus labores el día 14 de febrero de 1984.

- (1) O.M. 2-4-5 (parte), 6 y Final
- (2) M. 5 (parte)

Durante este primer período su trabajo se concentró en la excavación de la Pila #1, construyendo diques.

Se puede determinar de este cuadro que el desglose de los cambios expresados como porcentaje del presupuesto original son atribuibles en 40.08% a actualización de cantidades y un 1.78% a mejoramientos para un total de 41.86%.

Los trabajos de excavación a realizar en la construcción del puente representan el 61% del valor total propuesto.

2.5 Costo Final del Proyecto:

El costo total del Proyecto antes indicado es a precios del 30 de setiembre de 1983. En relación con reajustes de los precios unitarios mencionados en la parte 2.3, en el caso de la Sección Puente sobre Río Sucio, el monto total calculado fue de Q6.907.930.76. Por consiguiente, el costo final de esta sección incluyendo reajustes es el siguiente:

Costo a Precios del 30 de setiembre de 1983	Q90.361.664.38
Reajustes	<u>6.907.930.76</u>
Costo Final del Proyecto incluyendo Reajustes	Q97.269.595.14

3.- CONSTRUCCION

3.1 Construcción del Puente:

A continuación se presenta una breve descripción de las actividades realizadas en la construcción por trimestre.

Período Febrero a Marzo, 1984

El Contratista inició sus labores el día 1º de febrero de 1984, instalándose, movilizándolo su equipo personal, y consiguiendo materiales. Durante este primer período su trabajo se concentró en la excavación de la Pila #1, construyendo diques y canales para desviar el río. Se realizó las siguientes cantidades de trabajo:

Excavación para Estructuras 729.00 m³

Los trabajos de excavación a realizar en la construcción del puente representan un 45.61% del valor total propuesto.

Período Abril a Junio, 1984

Durante este período se terminó la excavación de la Pila #1, y la del Bastión #1. También se inició la colocación de las varillas para refuerzo; se realizaron las siguientes cantidades de trabajo:

Excavación para Estructuras	4.330.24 m ³
Varilla para refuerzo	13.962.39 Kg

En la Pila #1 se coló el sello y se armó la zapata.

Una creciente del río inundó la excavación dañando todo el acero. El Ingeniero recomendó mejorar los diques de protección, ademar y volver a armar.

El Ingeniero comentó que la labor del contratista durante el mes de junio fue poco eficiente. Tardó mucho en poner bombas para extraer la arena y piedras que llenaron la excavación de la Pila #1.

Período Julio a Setiembre, 1984

Se continuó con los trabajos de los bastiones y el contrapeso. Se terminó la excavación y se colaron las fundaciones de los bastiones #1 y #2 y los arranques de la columna en el Bastión #1. Se realizaron las siguientes cantidades de trabajo durante este período:

Excavación para Estructuras	1.503.93 m ³
Hormigón Estructural RN-250	299.57 m ³
Hormigón Estructural RN-350	9.40 m ³
Varilla para refuerzo	29.228.40 Kg

Se presentaron varios problemas constructivos durante este período. El Contratista se opuso a reconstruir el dique de protección y a continuar con el colado de la Pila #1. La Supervisora convocó a reuniones para incentivar la continuación de estos trabajos y para que el Contratista presentara

un nuevo programa de trabajo. No se presentó el nuevo programa durante este período.

Se encontraron diaclasas abusadas hacia el río en el margen izquierdo. Se recomendó un estudio geológico y perforaciones. Se efectuaron perforaciones de 22 metros a 90° con la inclinación de las diaclasas y se inició el estudio geológico durante el mes de agosto.

Hasta el mes de febrero el Contratista no había terminado la vivienda para la inspección lo cual ocasionó muchos inconvenientes.

La obra fue paralizada el mes de setiembre debido al mal tiempo. El Ingeniero residente calificó la labor del Contratista como deficiente durante este período y la calidad del trabajo como regular.

Período Octubre a Diciembre, 1984

El trabajo realizado durante este período consistió principalmente en rehacer la obra antes terminada. Se reinició la reconstrucción del dique, el desvío del río la limpieza y re-excavación de la Pila #1. Se realizaron las siguientes cantidades de trabajo nuevo:

Hormigón Estructural Clase RN-250	5.50 m ³
Varilla para refuerzo	500.00 Kg

Se terminaron los estudios geológicos y se recomendó para mejorar la estabilidad del Bastión #2 en la margen izquierda mejorar la adherencia del concreto.

hacer 59 perforaciones para inyección de lechadas de cemento y remover 1.500 m³ de tierra y piedra que se encontraba sobre el plano de material estable.

Periodo Abril a Junio, 1985

El Contratista no trabajó durante el mes de octubre y en noviembre su labor fue lenta, ya que el tiempo empezó a mejorar el 24 de ese mes. Durante diciembre la labor del Contratista fue satisfactoria, ya que demostró mayor interés en la Obra, trabajando en forma continua durante el mes y a doble turno, tratando de aprovechar la merma de las lluvias.

Cantidades de trabajos:

Periodo Enero a Marzo, 1985

Excavación para Estructuras

Durante este período se terminó la re-excavación de la Fila #1, y se reinició su construcción. Se coló la columna hasta el nivel de la dovela "0". La Fila #1 estaba fuera de peligro del río después del mes de febrero. También se coló 6 metros de columna del Bastión #1, y se iniciaron las inyecciones del Bastión #2. Se realizaron las siguientes cantidades de trabajo durante el período:

Excavación para Estructuras	991.67 m ³
Hormigón Estructural Clase RN-250	37.50 m ³
Hormigón Estructural Clase RN-350	599.50 m ³
Acero de Esfuerzo para Frecsfuerzo	202.00 Kg
Varilla para refuerzo	58.703.69 Kg

Problemas Constructivos: Después que se limpió el concreto de la Fila #1 que fue colado antes de las inundaciones, se efectuaron pruebas con el esclerómetro comprobándose el buen estado del concreto. Se recomendó colocar un aditivo para mejorar la adherencia del concreto.

La labor del Contratista fue satisfactoria. El Contratista siguió trabajando doble jornada.

Período Abril a Junio, 1985

Se terminó la construcción de la columna en el Bastión #2 durante este período, continuando con la construcción de la columna del Bastión #1. Se inició la construcción de las dovelas "0" en la Pila #1 y en el Bastión #2. También se inició la construcción del contrapeso. Se realizaron las siguientes cantidades de trabajo:

Excavación para Estructuras	100.20 m ³
Hormigón Estructural Clase RN-250	6.30 m ³
Hormigón Estructural Clase RN-350	309.30 m ³
Acero de Esfuerzo para Freesfuerzo	8.744.87 Kg
Varilla para refuerzo	26.720.60 Kg

Se inyectaron las dos primeras filas de perforación que forman la cortina detrás del Bastión #2. Después se inyectaron las dos primeras filas de perforación bajo la placa. La inyección ofreció rechazo rápidamente, denotando buen estado del material de cimentación.

El Ingeniero Residente comentó que la labor del Contratista fue satisfactoria pero lenta. Se atrasó 3 semanas en la construcción de la dovela "0" de la Pila #1.

Período Julio a Setiembre, 1985

Durante este período se terminó la construcción de la dovela "0" en la Pila #1 y se coló la dovela 1 en los claros 1-1 y

1-2 (Fila #1 hacia Bastión #1 y pila #1 hacia Bastión #2). También se continuó con la construcción del contrapeso unido al Bastión #2 para balancear el trabajo de dovelaje y hacer el claro 2-1 (Bastión #2 hacia Fila #1). Se realizaron las siguientes cantidades del trabajo:

Excavación para Estructuras	240.29 m ³
Hormigón Estructural Clase RN-250	(-78.11)m ³
Hormigón Estructural Clase RN-350	224.82 m ³
Acero de Ref. para Freesfuerzo	8.419.34 Kg
Varilla para Refuerzo	24.528.18 Kg
Mampostería de Piedra Braza	590.00 m ³

En relación con problemas constructivos, se terminó la inyección de la placa bajo Bastión #2. Se consideró que el maciso de roca esta estable. La piedra braza con que llenaron la obra de contrapeso no dió el peso correcto y se cambió por concreto pobre.

La labor del Contratista durante este período fue calificada como satisfactoria pero lenta, por el Ingeniero Residente.

Período Octubre a Diciembre, 1985

Se continuó con la construcción de las dovelas durante este período. Se colaron las dovelas del 2 al 9 en los claros 1-1 y 1-2 y dovelas 1 al 7 en el claro 2-1. Se terminó la construcción del contrapeso. Se realizaron las siguientes cantidades de trabajo durante el período.

Excavación para Estructuras	1.272.07 m ³
Hormigón Estructural Clase RN-140	590.00 m ³
Hormigón Estructural Clase RN-350	468.96 m ³
Acero de Refuerzo para Freesfuerzo	24.060.55 Kg
Varilla para Refuerzo	37.466.35 Kg
Manpostería de Piedra Braza	(-590.00)m ³

La labor del Contratista fue satisfactoria. No hubo problemas constructivos.

3.2.1 Claro Principal

Período Enero a Noviembre, 1986

Según Contrato de Obra Pública firmado el 19 de enero de 1986, durante este período se habían construido al 20 de julio de 1986, las dovelas de la #10 a la #13 en los claros 1-1 y 1-2, en el claro 2-1 las numeradas del 8 al 11 y la dovela de cierre y finalmente el muro de retención de hormigón armado de 6 metros de altura situado frente al Bastión #1. Por consiguiente, a esa fecha los trabajos del puente con la Compañía SECSA S.A., pueden considerarse terminados, exceptuando las barandas de concreto que serían construidas por administración con personal del Ministerio de Obras Públicas y Transportes según lo decidió el Ministro de esa Cartera; además el puente no podía utilizarse ya que todavía faltaba por construirse el relleno de entrada al Bastión #1, por parte de la Compañía Hernán Solís S.R.L., encargada de excavaciones y terraplenado en esa zona.

Período Diciembre a Marzo, 1987

Durante este período se construyó el relleno de acceso al Bastión #1 y se terminaron otros trabajos menores habiendo quedado el puente abierto al tráfico restringido de vehículos a partir del 3 de diciembre de 1986.

La construcción de las barandas fue terminada por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes el 27 de febrero de 1987 y finalmente el Puente sobre el Río Sucio fue inaugurado el 28 de marzo de 1987, conjuntamente con la carretera de San José a Guápiles.

3.2 Resumen de Avance:

3.2.1 Plazo Original

Según Contrato de Obra Pública firmado el 19 de enero de 1984, el plazo para la terminación de la obra fue de 420 días calendario contados a partir de la orden de inicio.

3.2.2 Orden de Inicio:

Según se estableció en la Orden de Servicio #1, la orden de inicio fue efectiva el 1 de febrero de 1984.

3.2.3 Terminación de la Obra:

Al 18 de julio de 1986 se habían terminado de construir todas las dovelas del puente exceptuado la dovela final, la cual por decisión de la inspección se postergó su colado. Además, a esa fecha también se había terminado de construir el muro de hormigón armado de seis metros de altura para retención del relleno del bastión #1 y se consideró conveniente construir las barandas de concreto con personal del Ministerio supliendo el Contratista los materiales por medio del Item 109.04.

Por lo expuesto al 18 de julio de 1986, los trabajos del Puente bajo contrato se consideraron prácticamente terminados, por lo que, esa fecha se estima como fecha máxima para la ejecución de la Obra.

3.2.4 Tiempo Disponible para la Terminación de la Obra

Plazo original del contrato = 420 días calendario
Aumentos de plazo autorizado:
O.M. No. 3 = 179 días calendario
O.M. No. 5 = 183 días calendario
O.M. No. 6 = 118 días calendario
Tiempo disponible 900 días calendario

3.2.5 Tiempo Empleado para la terminación de la Obra

Orden de Inicio = 1 de febrero de 1984
Terminación de la obra = 18 de julio de 1986
Tiempo transcurrido = 899 días calendario

3.2.6 Resumen

Tiempo disponible = 900 días calendario
Tiempo empleado = 899 días calendario

De acuerdo a lo anterior los trabajos fueron realizados en el tiempo disponible.

4.- INFORMACION TECNICA

La información técnica referente a la Sección Puente sobre el Río Sucio se incluye a continuación y comprende:

- Resumen de los resultados de Laboratorio de Materiales.
- Cuadro de cantidades finales.

4.1 Resumen de los Resultados de Laboratorio de Materiales:

A-1 Hormigón

Testigos moldeados concreto R.N-250	: 97
Testigos moldeados concreto R.N-350	: 195
Pruebas de asentamiento	: 125

A-2 Agregados

Granulometría Agregados grueso	: 4
Granulometría Agregados fino	: 4

B- RESULTADOS OBTENIDOS

B-1 Hormigón

	<u>Esfuerzo Ob.</u>
Testigos concreto R.N-250	: 325 Kgs/cm ²
Testigos concreto R.N-350	: 394 Kgs/cm ²

B-2 Agregados

Granulometrías

Agregado Grueso

<u>MALLA</u>	<u>% PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACIONES</u>
		100
1"	100	90-100
3/4"	90	20-50
3/8"	23	0-10
No. 4	5	0-5
No. 8	3	0-1
No. 200	0.9	

Agregado Fino

Para la ejecución del tratamiento se recomendó llevar-

<u>MALLA</u>	<u>% PASANDO</u>	<u>ESPECIFICACIONES</u>
3/8"	100	100
No. 4	95	95-100
No. 16	57	45-80
No. 50	15	10-30
No. 100	9	2-10
No. 200	5	0-5

tanto bajo la placa.

4.2 Estudios Especiales

Esta propuesta de Geoexploraciones fue acordada por lo
Tal como se indica en la página 22 del Capítulo 1, en
la excavación de la pila No. 2 del puente sobre el Río
Sucio, aparecieron diaclasados abuzados hacia el río,
en su margen izquierda. debido a esta condición se de-
cidió contratar con la firma Geoexploraciones un estu-
dio en el cual en la investigación geológica-geotécni-
ca realizada en el extremo oriental se determinó que
aparte del problema de estabilidad que presentaba el
talud que soporta el bastión de la margen izquierda
del puente, se identificó una alta probabilidad de ocu-
rrencia de asentamientos diferenciales, en vista de la
baja calidad de la roca de fundación manifiesta en ese
sector. Se logró determinar problemas de estabilidad
del talud y de asentamientos diferenciales. Para aten-
der el problema de estos asentamientos se propuso la
ejecución de un tratamiento con inyecciones en la roca
de baja calidad localizada en el lado oriental de la
placa.

4.3 Cuadro de Cantidades Finales

Se anexo Cuadro de Cantidades Finales.

Para la ejecución del tratamiento se recomendó llevarlo a cabo en dos etapas. La primera con el objeto de constituir una barrera para confinar las inyecciones que se realizarían en el interior de la placa con el fin de evitar gastos inútiles y de evidente perjuicio al drenaje natural del talud. La segunda etapa sería la ejecución de las demás perforaciones con el objeto de mejorar las propiedades mecánicas de la roca soporte bajo la placa.

Esta propuesta de Geoexploraciones fue acogida por lo que se resolvió remover la roca de baja calidad en la cima del talud y realizar el tratamiento con inyecciones. El diseño consideró la ejecución de cinco "líneas" de inyecciones con espaciamiento de 1 a 2 metros entre si y profundidades variando de 5.5 a 6.0 metros.

El tratamiento propuesto fue llevado a cabo en el mes de abril de 1985 con lechada a base de cemento y betanita en vista de que, en esa forma, se lograría una resistencia a la compresión adecuada con un costo relativamente menor.

Es importante además, hacer mención del estudio de resistencia llevado a cabo con el esclerómetro en la fundación de la pila central del puente, estudio efectuado de previo a continuar a la colada de esa estructura, ya que estuvo varios meses suspendido el trabajo de construcción, por las crecientes del río.

4.3 Cuadro de Cantidades Finales

Se anexa Cuadro de Cantidades Finales.

CAPITULO IX

ADMINISTRACION DEL PROYECTO

La administración se puede definir "como el procedimiento continuo, a través del cual se controla y se condiciona cualquier cambio que surja en la realidad circundante". La actividad administrativa es más bien un arte que una ciencia: el arte de dar expresión y contenido dinámico a un gran número de fuerzas y de presiones, de necesidades y de exigencias colectivas que aparecen en toda organización. La administración se puede considerar como aquel tipo de actividad humana racionalmente concebida y desarrollada para aprovechar las ventajas de la cooperación y contener las desventajas en los límites de lo posible, por lo que, el grado de racionalidad impreso en las decisiones administrativas representa el índice de madurez alcanzada por la organización. Entendemos como administración pública, por una parte como la organización y dirección de personas y medios para alcanzar fines públicos y por otra como campo de estudio, como ciencia y arte de la organización aplicada a las actividades del Estado, absorbiendo toda institución concebida para la realización de intereses públicos mediante ejercicios de funciones administrativas.

En la administración de proyectos la corriente actual es que, en obras de gran magnitud éstas deben ser administradas dentro de determinados criterios en que el alcance del concepto

"administrativo" debe de entenderse como el método efectivo de atender las necesidades del "Dueño", y en el caso de la construcción de la carretera San José-Guápiles-Siquirres se refiere al Sistema de Administración Vial representado por el Director del Sector Transporte.

Estas necesidades comprenden la planificación, diseño, inspección y la construcción del proyecto como actividades integradas, cada una de ellas a cargo de un determinado elemento del grupo administrador.

En la Lámina No. 1 se muestra el Equipo Administrativo del Proyecto que consiste en:

- * EL DUEÑO - (Rector del Sector Transporte)
- * UNIDAD EJECUTORA
- * CONTRATISTA CONSTRUCTOR
- * INSTITUCION FINANCIERA

El rol que le corresponde atender a cada uno de los integrantes de este grupo está definido en una de las Normas para Servicios de Administración de Construcción¹ en que se establece que el grado de cumplimiento de cada uno de los componentes se debe revisar periódicamente mediante evaluaciones técnicas y de auditoría, ambas externas, contratadas por un ente como la Contraloría General de la República y a cargo del proyecto.

En la ejecución del Proyecto San José-Siquirres no se llevó a cabo un auditoraje, ni una evaluación técnica externa. Cada uno de los elementos del grupo asumió sus funciones sin que existieran en forma deliberada y preestablecida "Normas para Servicios de Administración de Construcción" que definieran el rol de cada uno, con el propósito de reducir a un mínimo las interferencias.

¹ Adaptados de: Proposed Construction Management Specification
ASCI-Journal Vol. 105, No. CD4, Dic. 1979.

Para referirse a la administración del Proyecto y a algunas consecuencias que se derivan de la misma, se hará mención de un documento preparado por el Banco Mundial, ente financiero de la obra, incluido en el anexo No. xxx, titulado "Memorandum to the Executive Director and the President; Subject: Project Completion Report on Costa Rica Fourth Highway Project (Loan 1187-CR); Report No. 6123; April 1986."

Este documento del Banco Mundial indica:

"Tal como se venía haciendo en proyectos anteriores financiados por el Banco, la responsabilidad de la supervisión de las obras civiles se dejó a cargo del MOPT.

El "Consortio" BEL-EDKEL que tuvo a cargo el diseño, fue contratado por el MOPT para asistir a la supervisión pero solamente a nivel de asesoría."

En esa época se presentaron grandes problemas durante la implementación de las obras civiles y su origen estuvo en la debilidad financiera y de organización del contratista. El MOPT tomó una serie de medidas, con la mejor intención, para evitar atrasos e incrementos en los costos, pero esta medida, sin embargo, lejos de favorecer el progreso, dificultaron aún más la implementación del proyecto, confundiendo los roles de una "supervisión independiente" con los de la gerencia de construcción.

Finalmente en octubre de 1981 se rescindió el contrato con el contratista constructor. Las acciones para implementar el finiquito con el contratista tomaron cerca de 10 meses y aún en este período no pudieron

ser terminadas en forma satisfactoria, principalmente por el "dramático desorden" en los registros del proyecto, que impidieron establecer con certeza la magnitud del trabajo hecho frente a la pagado al contratista.

Los trabajos se reanudaron a fines de 1982, siempre con la participación financiera del Banco, pero con una serie de condicionamiento entre los cuales estaba modificar la estructura administrativa, de manera que la responsabilidad administrativa, técnica y financiera del Proyecto, hasta esa fecha a cargo del MOPT, pasara al Consorcio BEL-EDKEL como requisito para continuar con la participación del Banco."

En la LAMINA No.2 se muestra un cronograma de la Ejecución del Proyecto en el cual se detallan las fechas de los acontecimientos importantes del proyecto, desde la entrega del estudio de factibilidad técnico-económico en el mes de diciembre de 1973 y del diseño final en el año 1974, hasta el inicio de los trabajos de construcción en 1977 y puesta en servicio la obra en el mes de abril de 1987. Durante este período, en el cronograma se indican también, fechas importantes como la intervención y luego la rescisión del contrato original, la nueva unidad ejecutora a cargo de BEL-EDKEL y reinicio de los trabajos.

El informe del Banco continúa diciendo,

Cuando el Consorcio BEL-EDKEL, asumió la administración técnica y financiera del Proyecto en mayo de 1982 la calidad de la supervisión así como los sistemas de información mejoraron sustancialmente..."

La acción de la unidad Ejecutora, cuando estaba a cargo del MOPT, fue débil entre otras razones por lo siguiente:

- a) No existieron, en forma deliberada, "Normas para servicios de Administración de Construcción" que definieran el rol de cada componente del grupo administrador, frente a los derechos y obligaciones que establece el ordenamiento legal.
- b) La rigidez con que se administran una serie de disposiciones legales emitidas para mejorar la administración como el Servicio Civil, la Autoridad Presupuestaria, la Ley de Administración Financiera etc. lejos de favorecer la acción de la Unidad Ejecutora, se convierten en obstáculos institucionales y organizacionales que debilitan su acción y disminuyen su independencia. Como un ejemplo es práctica corriente en las instituciones que licitan obra pública que al presentarse dificultades con el pago de tiempo extraordinario a los inspectores, éste sea pagado por el contratista; con las consecuencias negativas que esta situación conlleva.

En consecuencia, para lograr una administración efectiva, es nuestra opinión que las funciones de Unidad Ejecutora deben estar a cargo de un grupo profesional independiente que tenga la total responsabilidad administrativa, técnica y financiera del proyecto, con los nexos de dependencia con el representante del "Dueño" que permita su participación en la toma de decisiones.

La planificación, el diseño, la inspección y la construcción de un proyecto son actividades integradas en que cada elemento del grupo administrador tiene su rol pre-establecido para facilitar el proceso de toma de decisiones. Modificaciones de importancia al diseño original no corresponden hacerlas a la Unidad Ejecutora, para evitar los serios problemas que como los que se describen a continuación ocurrieron en este proyecto.

En términos generales, las modificaciones al alineamiento fueron las normales en todo proyecto, excepción del cambio de línea entre los Km 47 y Km 63+900 y los derivados del proceso de eliminación de muros en algunas Secciones. Las Láminas No. 3, 4, 5 y 6 muestran que los ajustes en alineamiento horizontal fueron menores en relación con el diseño original, sin embargo, la eliminación de los muros por la Unidad Ejecutora, no fue una decisión conveniente pues además de incrementar el costo se amenaza la estabilidad en los rellenos y se incrementa la altura de los taludes en corte. Esta decisión se tomó para facilitar la acción de un contratista muy débil, que había demostrado que lo único que podía hacer era botar tierra.

En consecuencia se eliminaron los muros que representan un 10% del costo de la excavación, moviendo la línea hacia el talud con lo que se incrementó la excavación en un 42%, como se muestra en la Lámina 7-A.

La acción de aumentar la excavación sobre la que establece el diseñador, sin escuchar su opinión, ha sido práctica común en muchos proyectos en que la Unidad Ejecutora ha estado a cargo del MOFT. En la LAMINA 7B se muestran estos aumentos en algunos Proyectos del MOFT.

Como conclusión de los hechos anteriores, todos los cambios de línea que deriven de aumentos significativos de costo deben de hacerse previa opinión del diseñador.

En lo referente a las modificaciones mayores, el informe del Banco expresa:

"Durante el período que el MOFT intervino al Contratista, con la aprobación del Banco, se hizo un cambio mayor en el alineamiento que tuvo que ser revisado posteriormente, debi

do a la improvisación de los estudios. Los Consultores BEL-EDKEL no concurrieron en el cambio, por la falta de estudios de ingeniería que lo soportaron. A pesar de esta falta de consenso, el MOPT con la aprobación del Banco, continuó con el cambio. Las expectativas de economía no se materializaron, la sección experimentó sustanciales incrementos de costo debido al aumento de cantidades físicas de obra.

La LAMINA No.3 muestra en un esquema general del proyecto original, la ubicación del primer cambio de línea, el cual fue arrastrado por el río, y finalmente el que se construyó.

La LAMINA No.9 muestra, una comparación de ambas alternativas, la línea original y el cambio finalmente construido.

Compare con todo el Proyecto Construido

Para efectos de esta comparación se asumieron los siguientes criterios:

- a) En ambas líneas las estructuras mayores y menores tienen costos similares.
- b) Los 216 metros de túneles que fueron eliminados se convirtieron a metros cúbicos equivalentes de excavación sin clasificar.
- c) Todos los volúmenes de excavación y préstamos del cambio de línea se convierten a costos equivalentes de excavación sin clasificar.

La realidad demostró que:

- a) Los problemas de construcción del cambio de línea incrementaron el costo de construcción en un 152% y alargaron el período de ejecución de la obra.

b) El resumen comparativo de alternativas, LAMINA No. 9-13, demuestra que todos los indicadores de costo de construcción y los de costo de operación son desfavorables al cambio de línea.

Sobre este aspecto continúa diciendo el informe del Banco Mundial.

"El cambio de línea no debió haber sido aprobado por el Banco sin haber completado todos los estudios técnicos necesarios. El hecho que en esta decisión no hubiera habido consenso MOPT-CONSULTORES, debió haber sido suficiente advertencia para el Banco que una decisión de este tipo requería una consideración más profunda".

En lo referente al estudio de factibilidad y diseño final el informe del Banco Mundial indica:

"A finales de 1973 se completó la factibilidad técnica y económica del proyecto. A finales de 1974 se completó el diseño final. Ambas fases estuvieron a cargo del Consorcio BEL-EDKEL, y fueron ejecutadas a satisfacción del Banco y del MOPT".

Un año después de terminado el proyecto, aún sin haberse implantado un sistema de mantenimiento efectivo, como lo expresó el Ministerio, el nivel de servicio de la vía es adecuado frente a los criterios de planificación y diseño en especial en la sección de montaña.

Deben existir normas para Servicios de Administración de Construcciones que definan el rol que le corresponde al Equipo Administrativo y así poder reducir al mínimo las interferencias entre sus componentes.

En esta sección de montaña el criterio de diseño fue el de ubicar la línea lo más cercana a la cresta del interfluvio, para disminuir el efecto desestabilizador de las aguas superficiales y la presión hidrostática. A lo anterior se agregó la conveniencia de reducir a un mínimo la altura de los cortes, optimizando el costo de la excavación y la construcción de muros. Estos criterios tenían el objetivo de lograr la mayor estabilidad en los taludes de corte. Sin embargo, por lo escarpado de la topografía, por razones económicas, se consideró como aceptable para el período de construcción de cinco años un aumento del volumen de excavación por concepto de derrumbes de un 15%. La LAMINA No. 11 Cuadro Resumen de Costos, del informe final BEL-EDKEL de abril de 1975, muestra los incrementos volumétricos contingentes esperados e incluidos en el análisis económico.

Las LAMINAS No. 10 y 12 muestran los incrementos volumétricos reales, en las Secciones 3A, 3A-1, 3B Y 3C durante los primeros cinco años y durante los diez años que duró la construcción. Del análisis de esta información se concluye que la estimación de un 15% de incremento volumétrico contingente hecha por el diseñador, BEL-EDKEL, fue realista.

En la LAMINA No.12 el tramo EA, el más similar al diseño original pero afectado por el incremento en la altura de los cortes para eliminar los muros, tuvo un 11% de incremento volumétrico por derrumbes durante los primeros cinco años, y un 3% en los siguientes cinco años, para un total de 12% durante el período de construcción de diez años.

Como conclusión a lo expresado anteriormente se puede indicar en forma resumida que:

- Deben existir normas para Servicios de Administración de Construcciones que definan el rol que le corresponde al Equipo Administrativo y así poder reducir al mínimo las interferencias entre sus componentes.

LAMNA No. 1

- Para establecer el grado de cumplimiento de cada uno de los componentes del Equipo Administrativo, se deben efectuar periódicamente evaluaciones externas y de auditoría.
- Las funciones de la Unidad Ejecutiva de un Proyecto debe estar a cargo de un grupo de profesionales independientes con la total responsabilidad técnica, administrativa y financiera. Deben existir los nexos de dependencia con el representante del Dueño que permitan su participación en la toma de decisiones.
- Todo cambio que derive aumentos significativos en el costo de un Proyecto debe contar de previo con la opinión del diseñador y el representante del "Dueño".

ETAPA

INICIAL

FINAL

UNIDAD EJECUTORA

CONTRATISTA CONSTRUCTOR

INSTITUCION FINANCIERA (BANCO MUNDIAL)

LAMINA No. 1

EQUIPO DE ADMINISTRACION DEL PROYECTO

0 RECTOR DEL SECTOR TRANSPORTE (MOPT).

ETAPA

INICIAL

FINAL

0 UNIDAD EJECUTORA

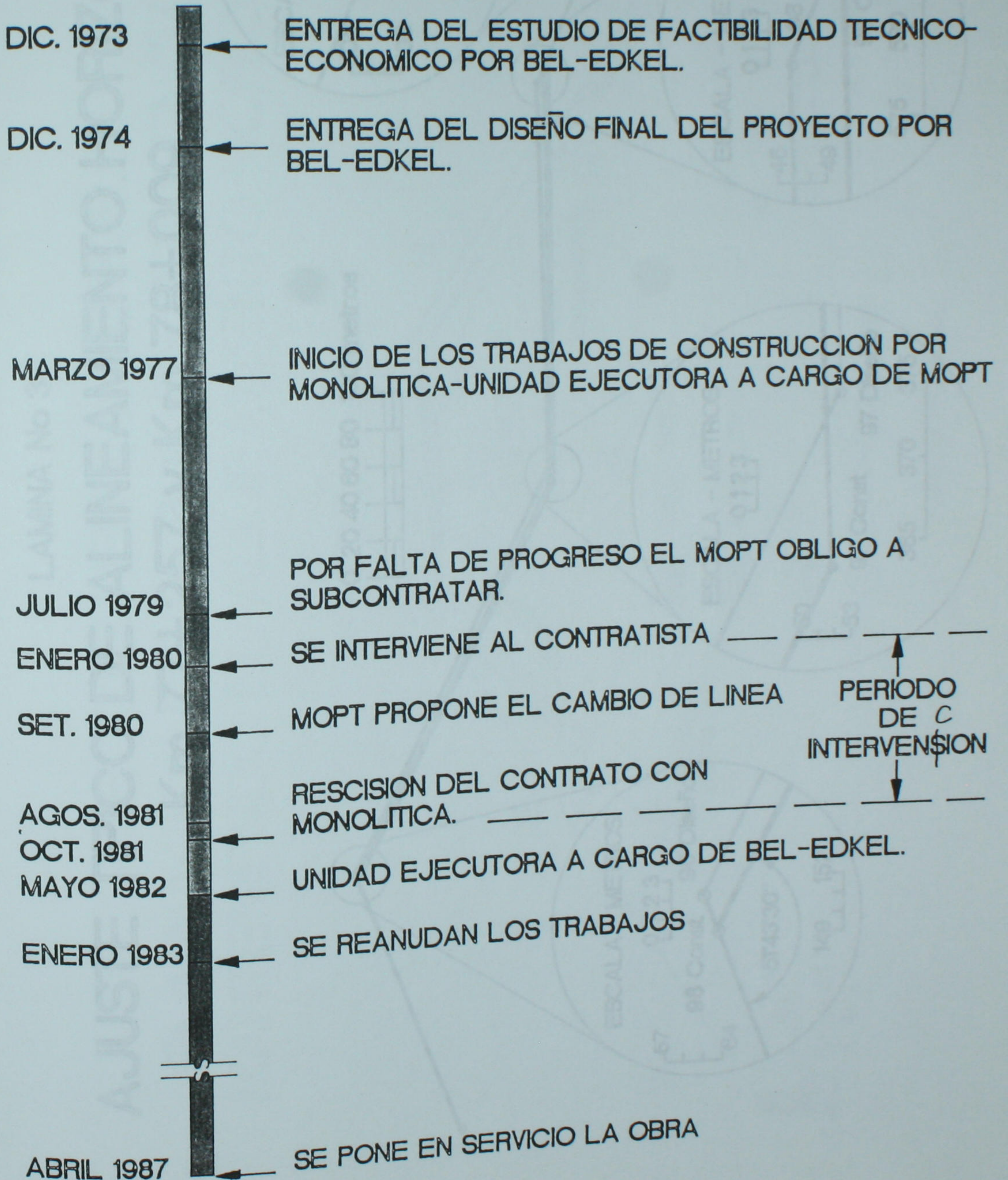
MOPT

BEL-EDKEL

0 CONTRATISTA CONSTRUCTOR.

0 INSTITUCION FINANCIERA (BANCO MUNDIAL).

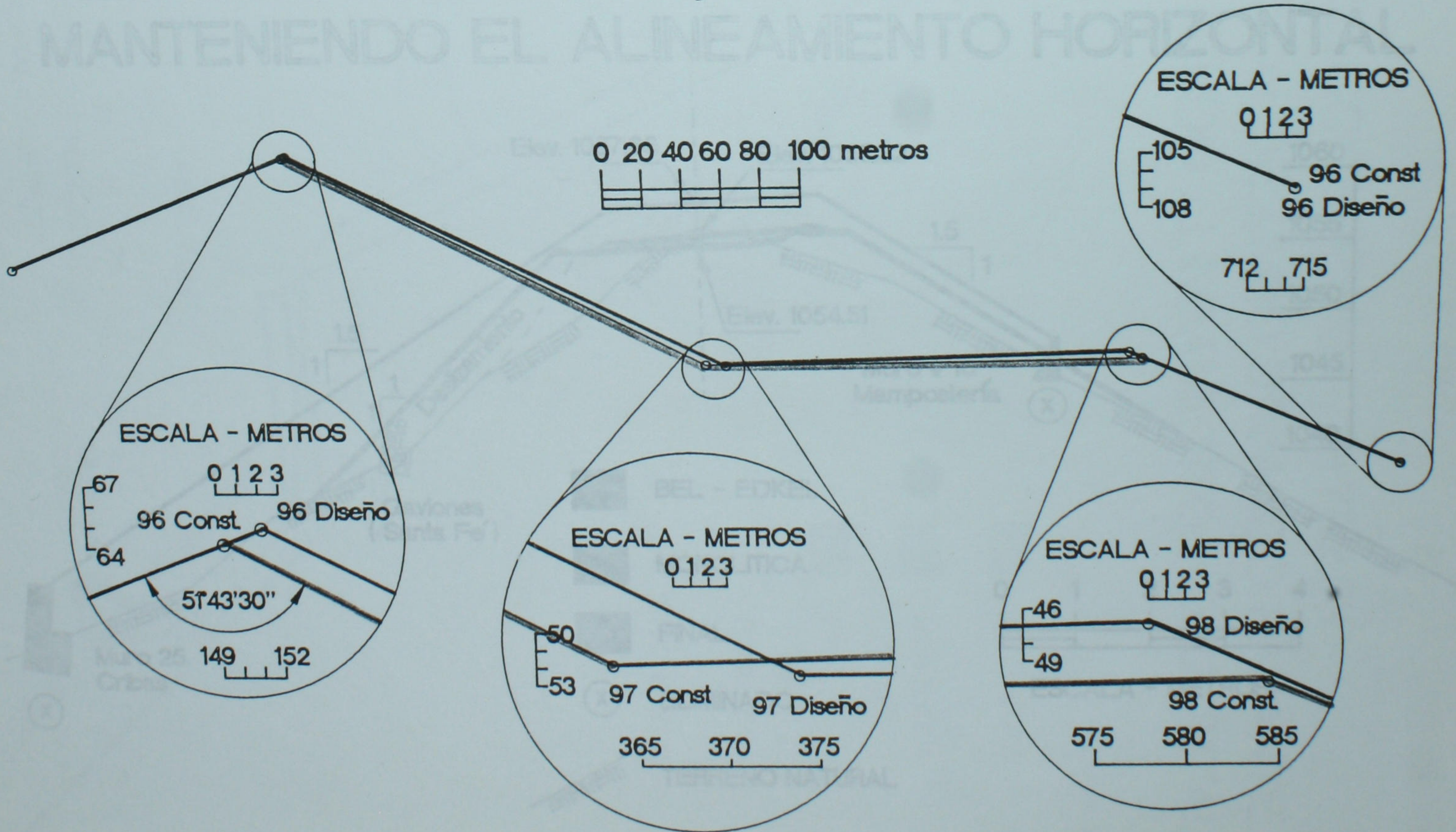
CRONOGRAMA DE LA EJECUCION DEL PROYECTO



LAMINA No 3

AJUSTE TIPOICO DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL

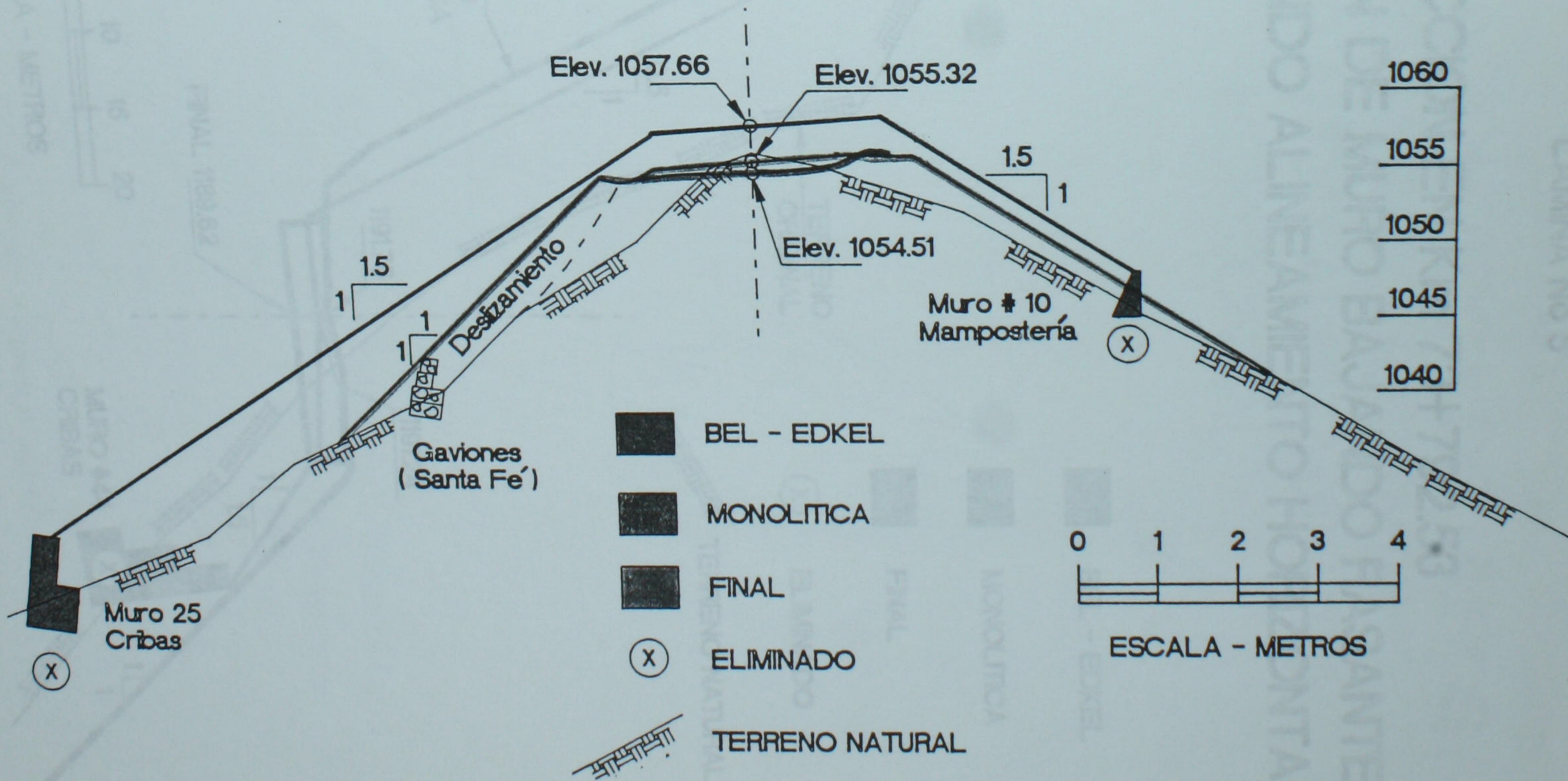
Km 77+257 y Km 78+009



LAMINA No 4

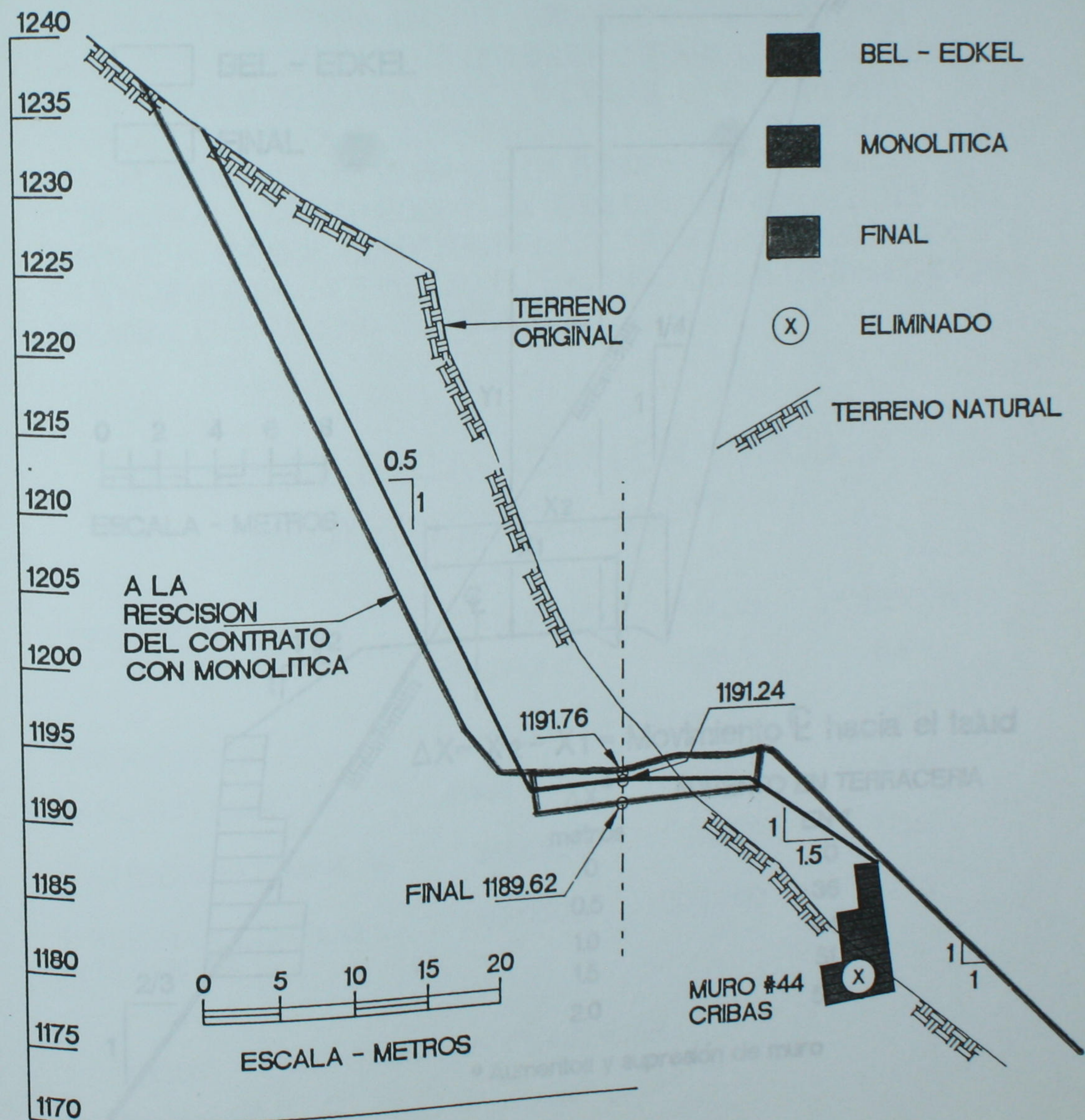
SECCION EN Km 71+809.98

ELIMINACION DE MUROS EN RELLENO (A.L)
MANTENIENDO EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL



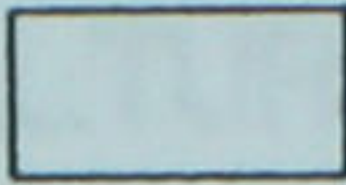
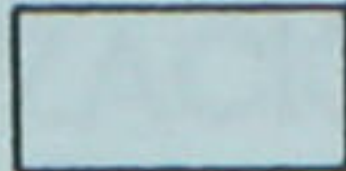
SECCION EN Km 73+792.53

ELIMINACION DE MURO BAJANDO RASANTE Y MANTENIENDO ALINEAMIENTO HORIZONTAL



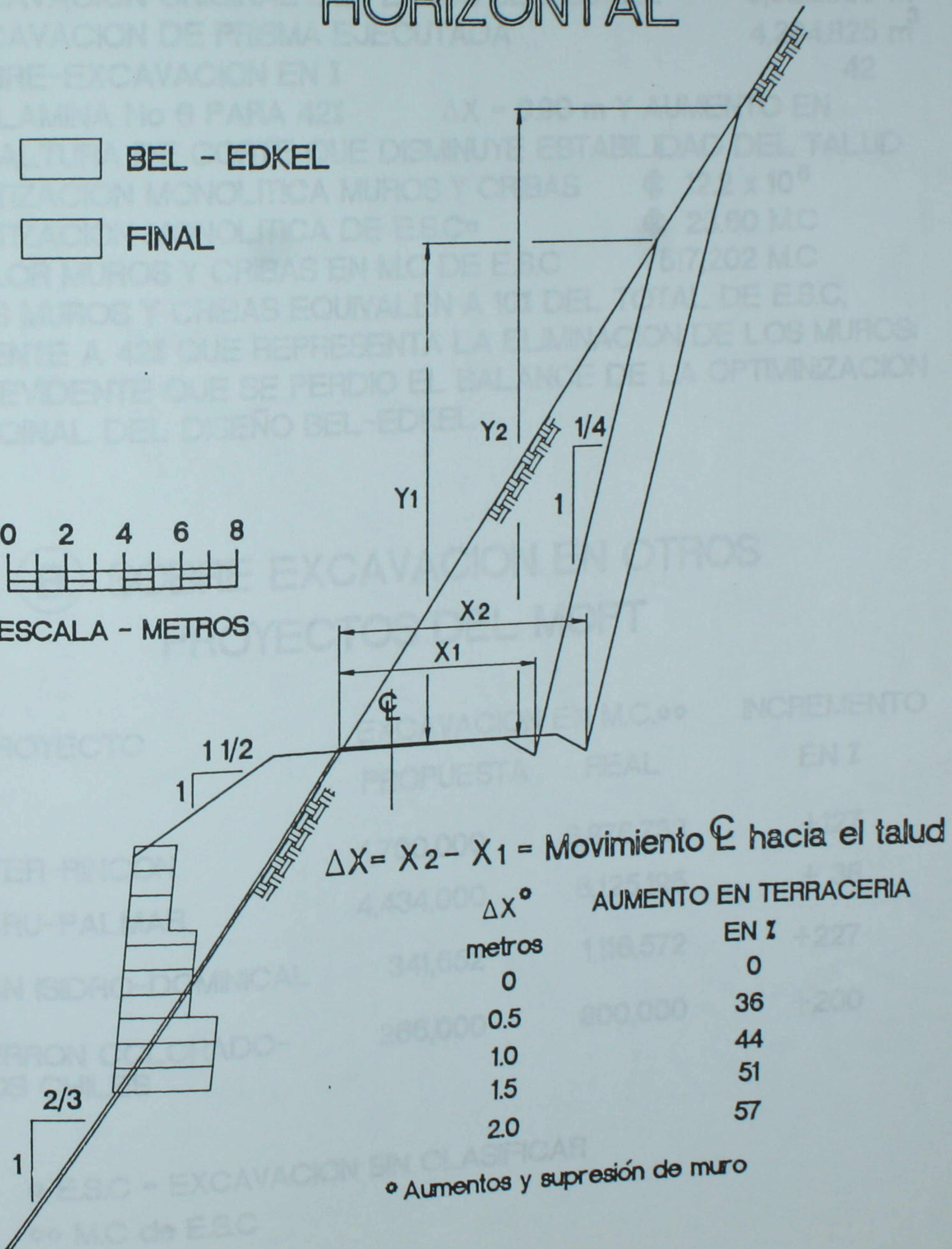
LAMINA No 6

ELIMINACION TIPICA DE MUROS MANTENIENDO RASANTE Y AJUSTANDO ALINEAMIENTO HORIZONTAL

-  BEL - EDKEL
-  FINAL



ESCALA - METROS



LAMINA No 7

**(A.) AJUSTES EN \mathcal{C} ENTRE 63+900 Y 79+400
DERIVADOS DE ELIMINAR MUROS**

EXCAVACION ORIGINAL DE PLANOS BEL-EDKEL	3,022.900 m ³
EXCAVACION DE PRISMA EJECUTADA	4,294.825 m ³
SOBRE-EXCAVACION EN %	42
EN LAMINA No 6 PARA 42% $\Delta X = 0.90$ m Y AUMENTO EN LA ALTURA DE CORTE QUE DISMINUYE ESTABILIDAD DEL TALUD	
COTIZACION MONOLITICA MUROS Y CRIBAS	\mathcal{C} 12.2 x 10 ⁶
COTIZACION MONOLITICA DE E.S.C*	\mathcal{C} 23.60 M.C
VALOR MUROS Y CRIBAS EN M.C DE E.S.C	517,202 M.C

LOS MUROS Y CRIBAS EQUIVALEN A 10% DEL TOTAL DE E.S.C,
FRENTE A 42% QUE REPRESENTA LA ELIMINACION DE LOS MUROS;
ES EVIDENTE QUE SE PERDIO EL BALANCE DE LA OPTIMIZACION
ORIGINAL DEL DISEÑO BEL-EDKEL

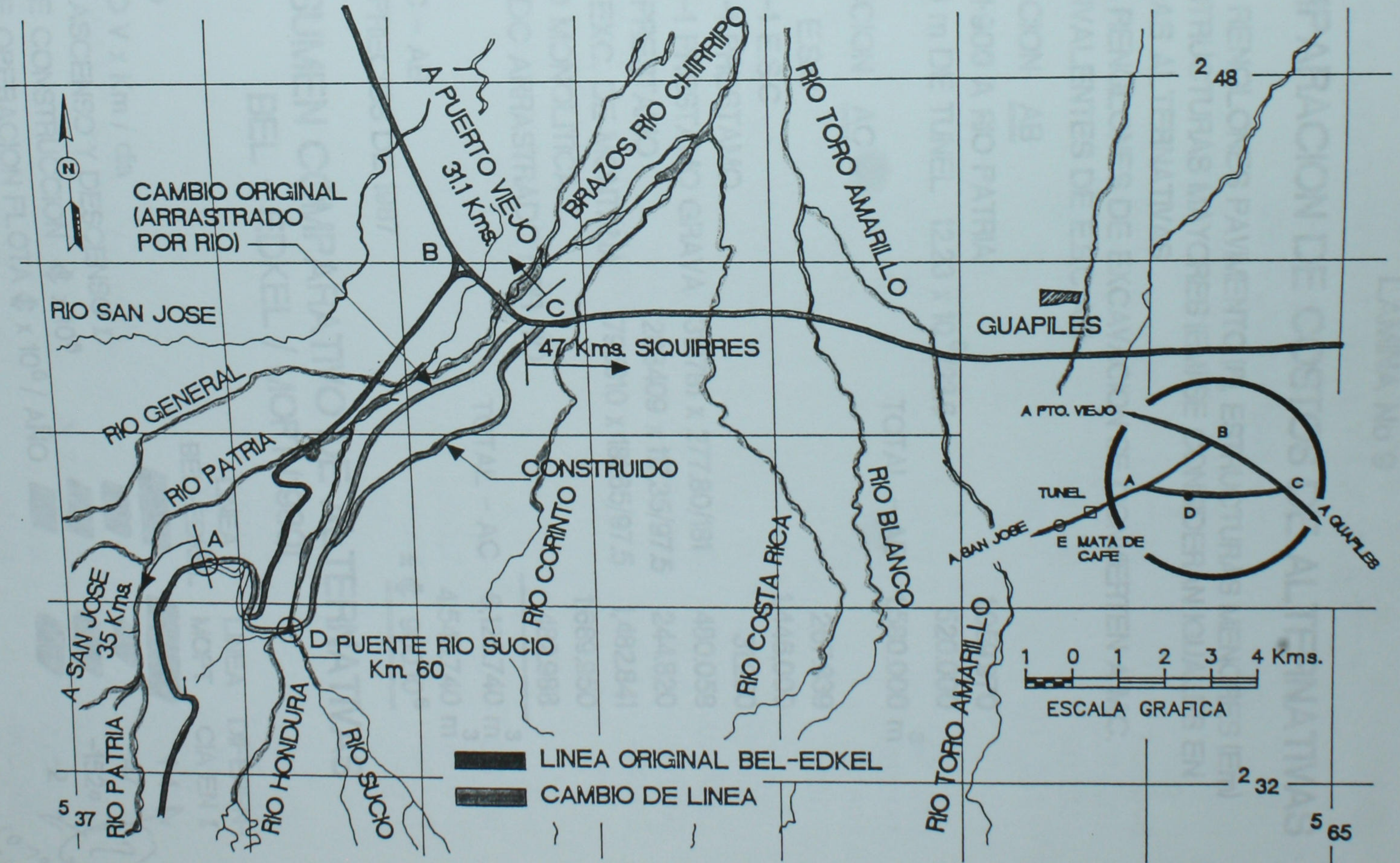
**(B.) SOBRE EXCAVACION EN OTROS
PROYECTOS DEL MOPT**

PROYECTO	EXCAVACION EN M.C.**		INCREMENTO EN %
	PROPUESTA	REAL	
INTER-RINCON	1,700,000	3,878,733	+127
BARU-PALMAR	4,434,000	6,125,195	+ 38
SAN ISIDRO-DOMINICAL	341,652	1,116,572	+227
TERRON COLORADO- LOS CHILES	266,000	800,000	+200

* E.S.C = EXCAVACION SIN CLASIFICAR

** M.C de E.S.C

ESQUEMA DEL CAMBIO DE ALINEAMIENTO Km.47 A Km.63+900



A. COMPARACION DE COSTOS DE ALTERNATIVAS

LOS RENGLONES PAVIMENTO (P), ESTRUCTURAS MENORES (Em) Y ESTRUCTURAS MAYORES (EM) SE CONSIDERAN IGUALES EN AMBAS ALTERNATIVAS

LOS RENGLONES DE EXCAVACION SE CONVIERTEN A M.C. EQUIVALENTES DE E.S.C ASI:

SECCION AB

63+900 A RIO PATRIA	1,059.970
216 m DE TUNEL 12.23 x 10 ⁶ / 23.6	520.000
TOTAL - AB	1,580.000 m³

SECCION AC

3A E.S.C	267.839
3A-1 E.S.C	1,446.000
3A-1 PRESTAMO	31.250
3A-1 PRESTAMO GRAVA 312781 x 277.80/181	480.058
2 PRESTAMO 203409 x 117.35/97.5	244.820
2 EXC. DE MONTAÑA 795910 x 181.65/97.5	1,482.841
AD MONOLITICA	1,689.950
2, DC ARRASTRADO POR RIO	482.988
TOTAL - AC	6,125.740 m³

AC - AB

A PRECIOS DE 1987

± ₡ 900.10⁶

**B. RESUMEN COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS
BEL - EDKEL / MOPT (1980)**

ELEMENTO	LINEA BEL-EDKEL	LINEA MOPT	DIFERENCIA EN %
RECORRIDO V x Km / día	1653	73470.4	+4
RELACION ASCENSO Y DESCENSO %	338	57	-47
COSTOS DE CONSTRUCCION ₡ x 10 ⁶	369	218	-152*
COSTOS DE OPERACION FLOTA ₡ x 10 ⁶ / AÑO	52	529	-2

* A precios de 1987 ₡ 900 x 10⁶

2
Costos
Operación
Tiempo

LAMINA No.10
**MOVIMIENTO DE TIERRA Y DERRUMBES
 POR SECCION**
 (REF. LAMINA No.8)

SECCION (63+900, 87+550), 3B Y 3C, EA

	<input type="checkbox"/>	X	0
EXC. TOTAL	6,311.100	1,207.246	7,518.346
EXC. PRISMA	5,707.786	1,006.716	6,714.502
DERRUMBES	603.314	200.530	803.844
	11%	3%	12%

SECCION (63+900, 60+300), 3B1, AD

	<input type="checkbox"/>	X	0
EXC. TOTAL	1,213.733	476.217	1,689.950
EXC. PRISMA	1,097.706	354.441	1,452.147
DERRUMBES	116.027	121.776	237.803
	11%	8%	16%

SUB-SECCION (46+300, 51+150), 2, DC

	<input type="checkbox"/>	X	0
EXC. TOTAL	482.988	561.780	1,044.768
EXC. PRISMA	-	561.780	561.780
DERRUMBES	482.988 *	-	482.988
	100%	0%	86%

SUB-SECCION (51+140, 52+327), 3A, DC

	<input type="checkbox"/>	X	0
EXC. TOTAL	-	267.780	267.780
EXC. PRISMA	-	231.947	231.947
DERRUMBES	-	35.893	35.893
		15%	15%

SUB-SECCION (52+327, 57+615), 3A-1, DC

	<input type="checkbox"/>	X	0
EXC. TOTAL	-	1,439.379	1,439.379
EXC. PRISMA	-	1,355.294	1,355.294
DERRUMBES	-	84.085	84.085
		6%	6%

SECCION (46+300, 57+615), DC TOTAL

	<input type="checkbox"/>	X	0
EXC. TOTAL	482.988	2,268.939	2,751.927
EXC. PRISMA	-	2,149.021	2,149.021
DERRUMBES	482.988	119.918	602.906
	100%	6%	28%

INFORME FINAL PARA LAS CARRETERAS SAN JOSE - SIQUIRRES - PUERTO VIEJO

ABRIL 1975

CUADRO II - 9

COMPOSICION DE COSTO (C.C) E INCREMENTO VOLUMETRICO CONTINGENTE (IVC)
POR ITEM PRINCIPAL POR SECCION EN %

SECCION	ESTIMADO BEL \$ 103	CCT %	*T		P0		PI		E0		EI		TOTAL E.I.V.C.
			C.C.	I.V.C.	C.C.	I.V.C.	C.C.	I.V.C.	C.C.	I.V.C.	C.C.	I.V.C.	
1	57 999.00	15.1	38.1	3	12.6	-	9.0	3	11.5	-	28.8	1	1.7
2	56 236.00	15.6	27.8	3	16.8	-	20.3	3	8.9	-	26.2	1	1.7
3	136 563.00	36.2	59.2	15	10.2	-	15.2	-	3.9	-	5.2/12.6	1/17	10.2
4	40 638.00	10.5	21.6	3	18.1	-	30.0	-	7.1	-	23.2	1	0.88
5	34 905.00	9.0	45.6	3	15.5	-	20.5	3	11.1	-	7.3	1	2.06
6	53 277.00	13.6	---	-	---	-	---	-	---	-	100.0	-	10.00
TOTAL	379 618.00	100											4.6

* ITEM PRINCIPAL

T MOVIMIENTO DE TIERRA
P0 PAVIMENTO ASFALTICO
P1 BASE Y SUBBASE

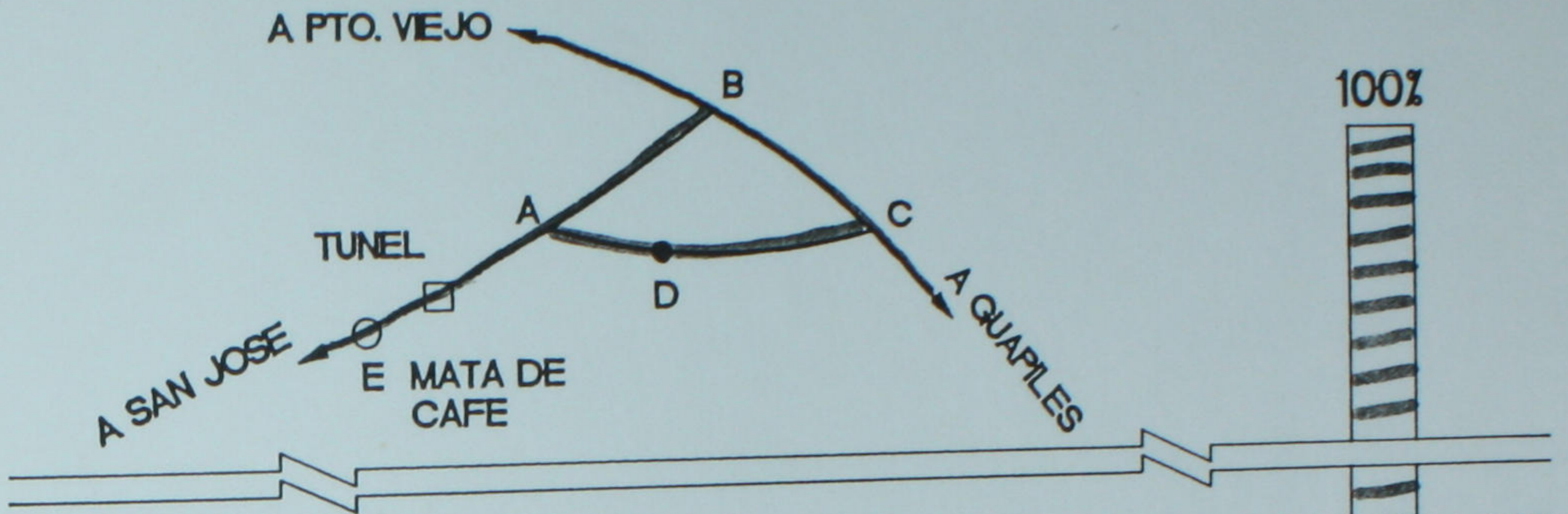
E0 ESTRUCTURAS MENORES
E1 ESTRUCTURAS MAYORES (TUNEL)

CCT- COMPOSICION DE COSTO DEL TOTAL
CC- COMPOSICION DE COSTO POR ITEM
IVC- INCREMENTO VOLUMETRICO CONTINGENTE

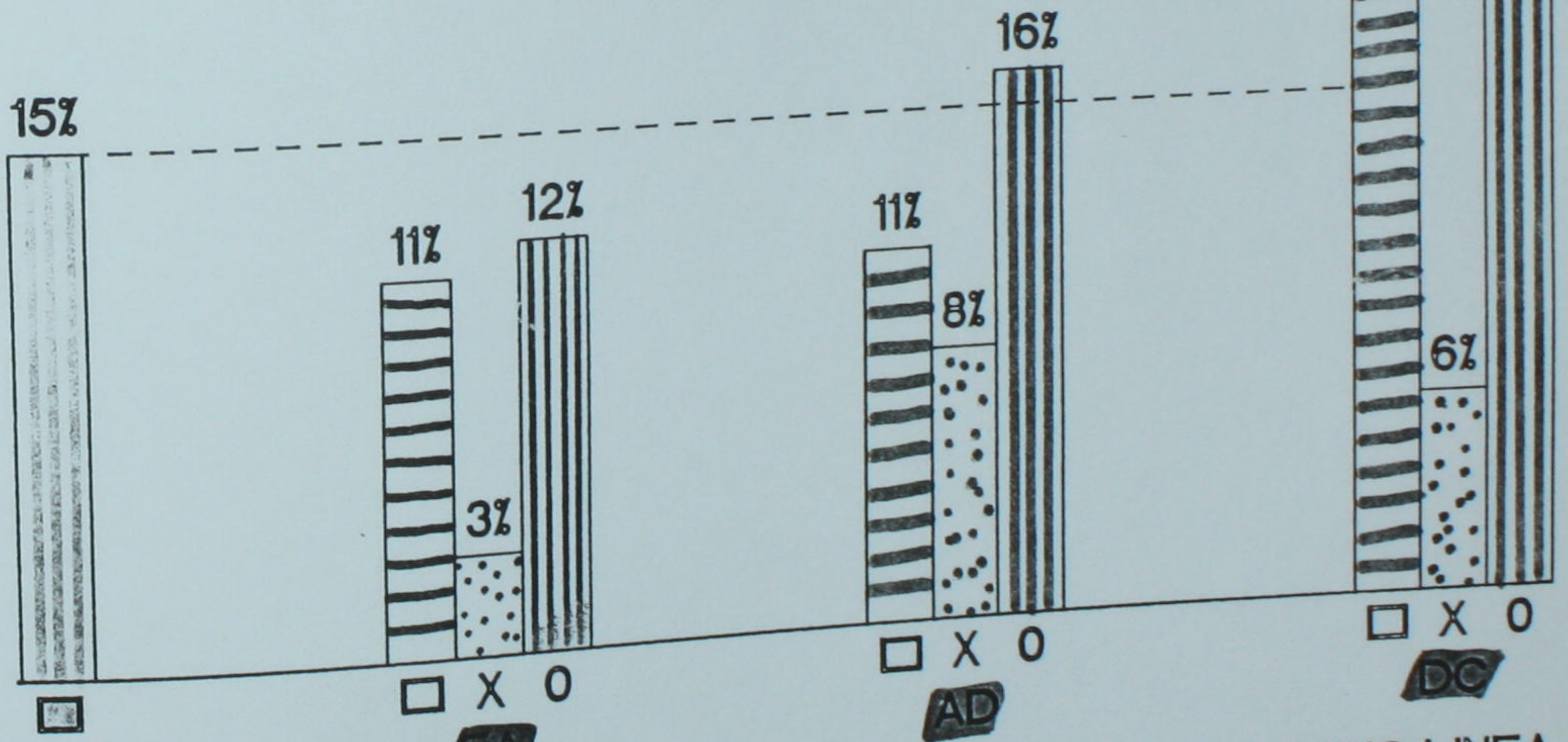
BEL - EDKEL

ANALISIS DE MAGNITUD DE DERRUMBES

REFERENCIA LAMINA No 10.



- BEL-EDKEL
- CAMBIO MOPT



IC

IC

IC

X

O

INCREMENTO VOLUMETRICO EN % ESTIMADO PARA 5 AÑOS DE CONSTRUCCION

0 - 5 AÑOS DE CONSTRUCCION

5 - 10 AÑOS DE CONSTRUCCION

0 - 10 AÑOS DE CONSTRUCCION