



Proyecto del Tercer Juego de Esclusas

Traducción

Nombre del estudio en inglés: Review of Lower Trinidad dam project and Gatun lake 3 ft deepening feasibility studies

Nombre del estudio en español: Revisión de los estudios de factibilidad del proyecto del embalse de Bajo Trinidad y la profundización de 3 pies del lago Gatún

Fecha del informe final: 21 de abril de 2002

Fecha de la traducción: 7 de junio de 2006

Nombre del consultor: Junta de Consultores Geotécnicos

INFORME FINAL



21 de abril de 2002

Sr. Agustín Arias
Director, Departamento de Ingeniería y Proyectos
Autoridad del Canal de Panamá
Altos de Balboa, República de Panamá

Estimado Sr. Arias:

Re: Reunión No.12 de la Junta de Consultores Geotécnicos

En Panamá, del 18 al 21 de abril del 2002, se celebró la Reunión No.12 de la Junta. Adjuntamos la agenda de la reunión en el Anexo A.

La Junta agradeció la oportunidad de reunirse con, y rendirles un informe sobre sus observaciones y recomendaciones preliminares antes de terminar este informe a, las siguientes personas:

Dr. Luis D. Alfaro, Gerente, División de Ingeniería, y Director Interino,
Departamento de Ingeniería y Proyectos

Sr. Jorge de la Guardia, Gerente, División de Proyectos de Capacidad del Canal

Sr. Maximiliano De Puy, Gerente, Sección de Ingeniería Geotécnica

La Junta aprovechó la oportunidad para inspeccionar, tanto en lancha como a pie, sitios seleccionados en el Corte Culebra así como un área de despojo de desechos de la fase actual de la profundización del cauce.

Antes de su llegada a Panamá, la Junta había enviado, y revisado, cierto material relacionado con la propuesta del Proyecto de la Represa de Bajo Trinidad. Este material incluía los siguientes documentos: Vol. I de 31 de diciembre de 1999 y Vol. III (en borrador) de 1 de marzo de 2002, del Estudio de Reconocimiento, Identificación, Definición y Evaluación de Proyectos de Suministro de Agua del Canal de Panamá; cartas con comentarios acerca de la propuesta del Proyecto Trinidad, por David E. Kleiner y John Clark; memoranda con comentarios sobre el Vol. III, por personal de la ACP, y el alcance proporcionado al Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EEUU para el Vol. III.

Durante su permanencia en Panamá, la Junta recibió informes sobre algunas actividades de la Sección de Ingeniería Geotécnica, incluyendo el Programa de Profundización del Cauce (PPC) y las actividades del Programa de Control de Deslizamientos (PCD) relacionadas con el Deslizamiento de Culebra oeste, el Deslizamiento de Cucaracha sudeste y Piedra Morada. Además, la Junta fue puesta al tanto sobre los Estudios de Agua y Alternativas a la Profundización del Cauce por el Sr. Jorge de la Guardia y sobre



la Represa Propuesta para Bajo Trinidad, por el Sr. Robert W. Chamlee, Jefe de la Sección de Ingeniería Geotécnica y Seguridad de Represas, Distrito de Mobile, del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EEUU.

La reunión se enfocó principalmente en la Represa de Bajo Trinidad. En particular se centró en consideraciones sobre la eficacia del trabajo realizado a la fecha como base para determinar la factibilidad y el costo de este proyecto en comparación con otros proyectos que la ACP está contemplando realizar para aumentar el suministro de agua del Canal.

El personal de la ACP realizó presentaciones orales de alta calidad. Como siempre, fue notable la familiaridad del personal con muchos detalles importantes, y reforzó la confianza que el trabajo de este personal inspira a la Junta.

Este informe consiste de observaciones, comentarios y recomendaciones bajo los siguientes títulos:

1. Progreso de las Recomendaciones de la 11ª Reunión de la Junta
2. Programa de Profundización del Cauce
3. Programa de Control de Deslizamientos (PCD)
4. Represa Propuesta para Bajo Trinidad
5. Resumen
6. Próxima reunión

PROGRESO DE LAS RECOMENDACIONES DE LA 11ª REUNIÓN DE LA JUNTA

La 11ª Reunión de la Junta, celebrada del 28 de octubre al 2 de noviembre del 2001, se enfocó en el Programa de Ensanche del Corte, el Programa de Control de Deslizamientos y el Estudio Sísmico de la Represa de Gatún (ESRG).

La Junta recomendó lo siguiente:

- (1) Mapeo geológico adicional y análisis de opciones para remediar el Deslizamiento de Culebra oeste.
- (2) Análisis de alternativas para reparar el Deslizamiento de Cucaracha sudeste y Piedra Morada.
- (3) Trazados poligonales periódicos a través del Deslizamiento de Culebra este para determinar si las escarpas están relacionadas con un único movimiento de deslizamiento.
- (4) Someter a prueba el Sistema de Información Geográfica (SIG) y la tecnología del Sistema de Posicionamiento Global en tiempo real para usarlos en el Programa de Control de Deslizamientos.
- (5) El desarrollo de un manual para establecer protocolos de diseño y operaciones para el Programa de Control de Deslizamientos.



- (6) Que se de alta prioridad a proceder con los estudios del impacto del Programa de Profundización del Cauce sobre la estabilidad de los taludes.
- (7) Que se amplíe el alcance de la evaluación del riesgo sísmico para que incluya al Canal como un todo, visto como un sistema.

Durante esta Reunión No.12, la Junta recibió informes sobre:

- (1) Los planes para remediar los Deslizamientos de Culebra oeste y Cucaracha sudeste, y Piedra Morada, en respuesta a los puntos (1) y (2) que anteceden.
- (2) Un análisis del impacto del Programa de Profundización del Cauce sobre la estabilidad de los taludes del Corte Culebra en respuesta el punto (6) anterior.

Adicionalmente, se informó a la Junta que se había establecido una línea base a través del Deslizamiento de Culebra este, en respuesta al punto (3) que antecede. Se llevarán a cabo nuevos levantamientos durante la temporada de lluvias.

No se reportó ningún progreso específico en cuanto a los puntos (4), (5) y (7) anteriores. Dado que la reunión se enfocó primordialmente en la propuesta de la Represa de Bajo Trinidad y en vista del relativamente poco tiempo que transcurrió desde la última reunión, la Junta entiende que no ha habido suficiente tiempo para terminar estas tareas. No obstante, en la Sección 3.1 que aparece a continuación se reitera que continua siendo necesario articular una estrategia que haga énfasis en la importancia del Programa de Control de Deslizamientos.

PROGRAMA DE PROFUNDIZACIÓN DEL CAUCE

En enero del 2002, iniciaron los trabajos para aumentar la profundidad del Canal bajando la elevación del fondo de 37 pies a 34 pies PLD¹. El propósito del trabajo actual, que se está realizando con personal de la ACP, es incrementar la confiabilidad del Canal en el manejo de tráfico con un calado de 39.5 pies. Dado lo leve de esta profundización del cauce, no se espera que esta afecte significativamente la estabilidad de los taludes del Corte Culebra.

Se están contemplando dos proyectos adicionales para profundizar el cauce para atender la demanda en el futuro. El primero de estos proyectos reduciría la elevación del fondo del cauce a 29 pies PLD; y el segundo proyecto bajaría la elevación del fondo del cauce a 24 pies PLD. Estas reducciones adicionales en la elevación del fondo del cauce afectarían significativamente la estabilidad de muchos de los taludes del Corte Culebra.

Durante los últimos meses, la Sección de Ingeniería Geotécnica llevó a cabo un estudio para evaluar los efectos que estos dos posibles proyectos adicionales de profundización tendrían sobre los taludes. Este estudio se encuentra resumido en un informe de tres

¹ Siglas en inglés para *Precise Level Datum* o Nivel de Referencia Preciso, que es el cero o la elevación base utilizada en el Canal.



volúmenes titulado “Estudio sobre el efecto de la profundización sobre los taludes del Corte Culebra”, fechado abril del 2002.

El propósito primordial del estudio era identificar aquellas bordadas del Corte Culebra donde la profundización del cauce desestabilizaría los taludes lo suficiente como para requerir medidas de estabilización; y estimar la extensión de las medidas de estabilización necesarias, con propósitos presupuestarios. Los estudios ofrecieron una base sólida para la estimación de costos, a la vez que sirvieron como un medio adecuado para identificar aquellas áreas que podrían verse más afectadas por la profundización del cauce.

Si se llegara a ejecutar estos proyectos de profundización, se requerirían estudios detallados de diseño para cada sección donde se requiera estabilizar laderas.

Los estudios tomaron en cuenta 10 condiciones diferentes para cada ladera, como se demuestra en el cuadro que aparece a continuación:

No. de Caso	Elevación y descripción del fondo del cauce
Caso 1	32 pies PLD – condición actual, permite 2 pies de sobre-dragado
Caso 2	32 pies PLD – con material (volado) muy suave o débil de los 32 a los 27 pies PLD
Caso 3	27 pies PLD – permite reducir la elevación del fondo a 29 pies, con 2 pies de sobre-dragado
Caso 4.1	27 pies PLD – solamente con excavación subacuática
Caso 4.2	27 pies PLD – con excavación subacuática y seca para estabilizar los taludes donde se encontró que era necesario
Caso 5	32 pies PLD – con material (volado) muy suave o débil de los 32 a los 22 pies PLD
Caso 6	22 pies PLD – permite reducir la elevación del fondo a 22 pies con 2 pies de sobre-dragado
Caso 7.1	22 pies PLD – solamente con excavación subacuática
Caso 7.2	22 pies PLD – con excavación subacuática y seca para estabilizar los taludes donde se identificó que era necesario
Caso 8	22 pies PLD – con material (volado) muy suave o débil de los 22 a los 16 pies PLD

Se está considerando realizar operaciones de perforación y voladura por debajo de la profundidad de excavación para eliminar la necesidad de una segunda o tercera fase de perforación y voladura si se emprendiera una segunda o tercera fase de profundización del cauce. El material “pre-volado” que se dejaría en el fondo del Canal tendría poca solidez, lo cual fue explicado en el análisis de los Casos 2, 5 y 8.

Sería ventajoso efectuar la profundización del cauce mediante una draga de corte succión capaz de excavar hasta los materiales más duros sin necesidad de realizar operaciones de



perforación y voladura, porque no afectaría la solidez del material que se encuentra debajo del cauce.

Los mecanismos de resistencia al corte y estabilidad que se usaron en los análisis de estabilidad fueron escogidos con base en las condiciones geológicas de cada bordada. Para representar a cada una de las diversas condiciones geológicas encontradas en el Corte, se utilizaron modelos separados de estabilidad. Las condiciones freáticas utilizadas en los análisis se basaron en niveles acuáticos observados en indicadores de nivel de agua, piezómetros de multipuntos, piezómetros Casagrande y registros de perforación, cuando estuvieron disponibles. Cuando no se podía contar con información, los niveles piezométricos se basaron en el criterio del personal de la Sección de Ingeniería Geotécnica. En aquellos casos en los que la relación promedio de la presión de poro (r_u) era menos de 0.3, se elevó los niveles piezométricos para establecer la relación promedio de la presión de poro en 0.3.

La Junta considera que los métodos utilizados en el estudio fueron apropiados para los fines del mismo y felicita al personal de la Sección de Ingeniería Geotécnica por haber realizado un estudio tan extenso y efectivo de forma tan eficiente.

El riesgo de que la profundización del cauce desate fallas en los taludes es mayor cuando prevalece una o más de las siguientes condiciones:

- La estabilidad existente antes de la profundización depende significativamente de la resistencia del pie del talud, la cual disminuirá o desaparecerá al realizar la profundización.
- La estabilidad existente antes de la profundización depende de si la resistencia está totalmente cedida o es más alta, y la falla en el talud podría reducir la resistencia al corte al menor valor residual.
- La estabilidad existente antes de la profundización es marginal y la posibilidad de mejorar la estabilidad acostando el talud es limitada. La estabilidad actual de muchos taludes en los cuales han ocurrido fallas en el pasado, es marginal.

El riesgo supuesto por la profundización del cauce es mayor donde los deslizamientos tienen mayor potencial de alta movilidad; es decir, movimiento rápido de material hacia el prisma de navegación.

El informe del estudio identificó tres áreas problemáticas: el Deslizamiento de Culebra este, el Deslizamiento de Culebra oeste, y el Deslizamiento de Piedra Morada.

La estabilidad del Deslizamiento de Culebra este es marginal (factor de seguridad estimado = 0.9). La masa del deslizamiento se está moviendo lentamente y se pueden ver grietas y escarpas en ella. Realizar excavaciones para profundizar el cauce reducirá el factor de seguridad. Una medida que se está contemplando para remediar esto es excavar para acostar el talud. La Junta sugiere que, además del análisis que se le realizó a la



sección perpendicular al eje del cauce, se debe analizar también una sección diagonal que se extiende desde la base del Cerro Oro hacia el noroeste, para examinar las posibles consecuencias de la excavación sobre la estabilidad del Cerro Oro.

La estabilidad del Deslizamiento de Culebra oeste también es marginal (factor de seguridad estimado = 1.0). El área se está moviendo lentamente hacia el Canal, y se están abriendo grietas en toda el área entre el Canal y el talud superior con mayor inclinación. El mecanismo aparente en el campo genera dudas sobre la efectividad de la excavación como medida correctiva. La Junta cree que sellar las grietas, nivelar y sembrar vegetación para mejorar el drenaje, y reducir la infiltración de agua de la superficie va a encarar la situación con mayor efectividad.

La estabilidad del talud en frente de Piedra Morada también es marginal (factor de seguridad estimado = 0.8). Excavar el material más suave frente a Piedra Morada expondrá la cara aun más, la cual muestra señales de desmoronamiento. La Junta opina que eventualmente será necesario estabilizar la cara de Piedra Morada y establecer un monumento cerca del frente de la roca para que sea posible determinar si la parte masiva de Piedra Morada se está moviendo. Las fundaciones del monumento deberían ser suficientemente profundas para que éste no sea afectado por los fenómenos de la superficie.

3. PROGRAMA DE CONTROL DE DESLIZAMIENTOS

3.1 Principios del Programa de Control de Deslizamientos

Aunque el Programa de Control de Deslizamientos no ocupa una porción dominante de la agenda de esta reunión, la Junta opina que sería oportuno y productivo revisar los principios y aspectos prácticos generales que rigen el Programa de Control de Deslizamientos.

En opinión de la Junta, el Programa de Control de Deslizamientos tiene dos objetivos:

- a. Evitar el volumen de desechos del deslizamiento que entran al cauce de navegación del Canal, los cuales serían de tal magnitud que afectarían las operaciones de tráfico.
- b. Contribuir a que se maneje con efectividad de costos los deslizamientos actuales y potenciales a lo largo del derecho de vía del Canal.

Las principales herramientas utilizadas en el Programa de Control de Deslizamientos son las siguientes:

- a. reconocimiento de deslizamientos
- b. monitoreo de deslizamientos
- c. análisis de equilibrio límite



- d. porcentaje estimado de cambios en el factor de seguridad como criterio de diseño
- e. renivelación, primordialmente acostado de taludes
- f. drenaje de aguas subterráneas
- g. drenaje de aguas superficiales

La Junta solicita que el personal del Canal haga un resumen de sus puntos de vista sobre los principios y las prácticas que rigen el Programa de Control de Deslizamientos para su posterior discusión. Esta recomendación se había hecho en el informe de la Reunión No.11.

La experiencia sugiere que solamente aquellos deslizamientos que presentan extrema movilidad entrañan riesgo para la navegación. La Junta hace notar que hace falta una síntesis actualizada de la experiencia del Canal en relación con eventos esporádicos dignos de mención. Dicha síntesis se podría utilizar como guía para evaluar el riesgo de los deslizamientos. La Junta recomienda que al armar esta síntesis se incorpore lo siguiente: geometría de taludes, tipo de materiales, historia de precipitaciones lluviosas y movilidad. También agregaría valor que se discutieran algunos eventos no-esporádicos ocurridos durante períodos de fuertes precipitaciones lluviosas. Esta síntesis debería ser tema de discusión en la próxima reunión de la Junta.

3.2 Deslizamiento de Culebra oeste

En su informe del 2 de noviembre del 2001, la Junta señaló que las excavaciones subacuáticas del ensanche del cauce eran probablemente la causa inmediata de que este deslizamiento se reactivara en el 2000. En diciembre del 2000, el desplazamiento horizontal del deslizamiento estaba en el rango de 1-2.5 m. Debido a que el movimiento del pie del deslizamiento interfería con el cauce, las fuerzas de mantenimiento inmediatamente removieron parte del pie, lo que sin duda redujo la estabilidad de la masa del deslizamiento.

El trabajo correctivo preliminar consistió en excavaciones de carga superficial desde la cabeza hasta el pie del deslizamiento. Aunque la remoción del material de la cabeza del deslizamiento fue beneficiosa, este esfuerzo se vio limitado porque en el área había grandes piedras de basalto y por el contacto con un contacto de basalto casi-vertical en el Cerro Sión, a la altura de la cabeza del deslizamiento, lo que impuso serias limitaciones a la excavación. Las excavaciones de materiales superficiales del área del pie del deslizamiento tuvieron un efecto negativo en la estabilidad. Se instalaron nuevos medidores electrónicos de distancia en el deslizamiento, que detectaron desplazamientos horizontales en los taludes excavados del pie, del orden de 1-1.8 m durante los 3 meses posteriores a la terminación de la excavación.

Actualmente, la masa del deslizamiento continúa existiendo en condiciones inestables. El movimiento hacia el cauce continúa. En el área del pie del deslizamiento continúan formándose grietas y hundimientos.



La Junta está de acuerdo con los planes de la Sección de Ingeniería Geotécnica para reducir la carga activa del deslizamiento con excavaciones adicionales en la cabeza del área (volumen de excavación estimado: 340,000 m³). Como parte de esta excavación, se tendrán que remover grandes piedras de basalto derivadas del Cerro Sión. También será necesario instalar una barrera protectora (probablemente una malla de alambre) durante esta excavación, para controlar la caída de rocas de las formaciones de basalto y aglomerado de Pedro Miguel de las laderas de los Cerros Sión y Hodges. La malla de alambre protegerá contra leves caídas de rocas. No obstante, se debe ejercer extrema precaución dado que este trabajo es inherentemente peligroso y desarrollar un plan de trabajo seguro.

Re-nivelar el área del pie del deslizamiento, el cual actualmente está casi plano, también puede ser útil para establecer estabilidad en toda la masa del Deslizamiento de Culebra oeste. La Junta de Consultores Geotécnicos recomienda que el área del pie sea re-nivelada aproximadamente con las siguientes especificaciones:

- (1) Rellenar todas las grietas.
- (2) Talud total ~ 0.5% hacia el canal y los pozos de drenaje.
- (1) Suelos superficiales de grano fino compactados y protegidos con hierba.
- (2) Canaletas protegidas con hierba con buen drenaje superficial.

Una de las preocupaciones mencionadas en el informe de la Junta, fechado 2 de noviembre de 2001, era que no se conoce mucho sobre la geología de los Cerros Sión y Hodges. De ahí que todavía existe la posibilidad de que la remoción de material de la cabeza del deslizamiento cause inestabilidad imprevista en la pared cabezal y quizás fallas catastróficas. Por consiguiente, antes de intentar realizar cualquier excavación importante desde esta parte del deslizamiento se debería determinar en detalle la geología del área de la cabeza del deslizamiento de Culebra oeste (particularmente en su extremo norte) incluyendo el mapeo de las juntas. Es sustancial que se entienda la estructura geológica de esta masa tan bien como se entiende la del Cerro Oro. El mapeo de la geología del área de los Cerros Sión y Hodges es una tarea de bajo costo que debería ser realizada independientemente de las medidas correctivas que se utilicen.

3.3 Deslizamiento de Cucaracha sureste

El Deslizamiento de Cucaracha sureste (conocido también como el deslizamiento de la Extensión de Cucaracha sur) ocurrió el 27 de noviembre del 2001, con un volumen aproximado de 25,000 m³, del cual cerca de 7,000 m³ cruzaron el prisma de navegación. No obstante, el tráfico no se vio interrumpido por causa de este deslizamiento. La draga Christensen removió el material del deslizamiento que había entrado al cauce. El deslizamiento móvil superficial (grosor máximo ~ 15 m) aparentemente ocurrió a lo largo de una superficie de falla semicircular en la formación de Cucaracha, con grietas de tensión en el área de la cabeza y el cabezal de la escarpa que limitaba el aglomerado de Pedro Miguel y algo de basalto, evitando así que progresara hacia el cabezal. Las



lecturas del Medidor Electrónico de Distancia indican que la masa del deslizamiento continúa moviéndose lentamente hacia el Canal; durante la estación seca, desde el 27 de noviembre del 2001, el movimiento lateral máximo fue de aproximadamente 80 mm.

En el informe del 2 de noviembre del 2001, la Junta recomendó que se estudiaran las siguientes alternativas correctivas:

- (1) Remoción del material de la cabeza del deslizamiento.
- (2) Instalación de drenajes horizontales.
- (3) Mejoras al drenaje de la superficie.

Un análisis teórico anterior de esta masa móvil, realizado por la Sección de Ingeniería Geotécnica llevó a una medida correctiva consistente primordialmente de costosas excavaciones de aglomerado de Pedro Miguel, más allá de la escarpa actual de la cabeza. La Junta opina que esta excavación sería innecesariamente onerosa y que no se justifica dado el leve riesgo que representa para el Canal este deslizamiento, dada su poca profundidad.

En lugar de excavar la masa de aglomerado de Pedro Miguel por encima de la escarpa de la cabeza, la Junta recomienda las medidas correctivas detalladas a continuación, que serían menos invasivas y costosas:

- (1) Recoger y dirigir el agua del talud superior hacia afuera del área del deslizamiento.
- (2) Construir una zanja de drenaje superficial lateral inmediatamente hacia arriba del deslizamiento desde las grietas de tensión en el área de la cabeza del deslizamiento para dirigir el agua superficial hacia afuera de las grietas.
- (3) Remover material Cucaracha con potencial de deslizamiento de la cresta del derrumbe.
- (4) Instalar un sistema de drenajes horizontales en el aglomerado de Pedro Miguel.

La Junta cree que estas medidas, menos costosas, inhibirán la movilidad en este sitio de modo que se pueda controlar los movimientos hacia el cauce como parte de las medidas regulares de mantenimiento.

3.4 Piedra Morada

En su informe sobre la Reunión No.11, la Junta hizo notar que los movimientos que se estaban dando en Piedra Morada eran superficiales y sugirió que merecen ser estudiados más a fondo.

El personal de la ACP evaluó las condiciones de Piedra Morada y observó que la degradación ha sido causada por meteorización, lo que ha hecho que mucha de la roca expuesta entre al cauce de navegación. Se llevó a cabo un número de análisis de equilibrio límite del deslizamiento en frente de Piedra Morada; estos análisis revelaron



solamente una estabilidad marginal. En última instancia, la profundización del cauce probablemente desestabilizaría la masa frontal, exponiendo más de Piedra Morada y causando mayor desintegración por fragmentación de superficie. El personal de la ACP propuso estabilizar y proteger la formación expuesta actualmente.

La Junta no considera que el desmoronamiento actual de Piedra Morada sea una forma significativa de falla, salvo que se pueda decir que afecta severamente las operaciones del Canal. Por lo tanto, la Junta le otorga una baja prioridad a la propuesta de medidas correctivas para Piedra Morada, considerando la actual competencia por la disponibilidad de fondos. La Junta recomienda que se mantenga bajo observación la formación de Piedra Morada y que se reconsidere la necesidad de tomar medidas de estabilización más adelante.

4. PROPUESTA PARA CONSTRUIR UNA REPRESA EN BAJO TRINIDAD

4.1 Antecedentes

El Estudio de Reconocimiento del Canal de Panamá, fechado 31 de Diciembre de 1999, efectuado por el Cuerpo de Ingenieros del Distrito de Mobile, evaluó cerca de 34 opciones para incrementar el suministro de agua para la operación del Canal, el uso de la población y la generación de electricidad. Este estudio calificó al XIII Proyecto del Río Bajo Trinidad con una relación costo/beneficio de 1.4. Como resultado de este estudio y de la relativamente baja importancia del Proyecto Trinidad, la ACP solicitó a la Junta que revisara el proyecto, prestando especial atención al trabajo que se realizó bajo contrato para la Comisión del Canal Panamá, a principios de los 60. La ACP convocó la Reunión No.10 de la Junta con el propósito primordial de revisar la información relacionada con el Proyecto de la Represa en el Río Bajo Trinidad. Se le proveyó copias de los informes de 1963 sobre este proyecto, efectuados por Shannon and Wilson, Inc., y Tudor Engineering Co., a la Junta. Durante la Reunión No.10, la Junta recibió informes verbales sobre la geología del sitio, las propiedades de la Lama del Atlántico, y el asentamiento, la deformación y la estabilidad de las fundaciones. La Junta sugirió diseños conceptuales tentativos y reseñó el enfoque recomendado. El Paso (1) del enfoque recomendado consistía en que un equipo con experiencia en diseño de represas realizara un estudio de factibilidad detallado, con apoyo de personal de ingeniería de la ACP.

Antes de esta Reunión No.12, la Junta recibió y revisó los siguientes documentos:

- Estudio de Reconocimiento del Canal de Panamá, Vol. I, fechado 31 Dic 1999 (Secciones 1, 2, 3, 4, y 16), preparado por el Cuerpo de Ingenieros del Distrito de Mobile.
- Estudio de Reconocimiento del Canal de Panamá, Vol. II (Sección 35), preparado por el Cuerpo de Ingenieros del Distrito de Mobile.



- Estudio de Reconocimiento del Canal de Panamá, Vol. III (Borrador), fechado 1 de marzo de 2002 (Secciones 36 a 45) preparado por Cuerpo de Ingenieros del Distrito de Mobile.
- Carta de David E. Kleiner, fechada 8 de febrero de 2002, con una adición a la conclusión y las recomendaciones en hoja separada, sin fecha.
- Carta actualizada del Sr. John Clark
- Memorando de la ACP a IPC, fechado Feb 13, 2002.
- Memorando de la ACP a IPC, fechado Mar 13, 2002.
- Alcance del estudio de reconocimiento del Proyecto de la Represa de Trinidad por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EEUU.
- Disco compacto (presentación en Power Point), preparado por la Sección de Ingeniería Geotécnica de la ACP.

Sección 36 – El Estudio de Reconocimiento del Canal de Panamá, Vol. III (Borrador), presenta un reconocimiento de evaluación del nivel del Río Bajo Trinidad de 22.9 m a 30.5 m., y con un estimado inicial de costos totales del proyecto en el orden de los \$812,304,000.

Durante la Reunión No.12, se presentó una comparación entre la profundización del Río Indio, Río Bajo Trinidad y el Cauce a 27.5 PLD como opciones competidoras con costos de construcción del proyecto estimados en \$280,000,000; \$812,000,000; y \$300,000,000, respectivamente. La Junta también recibió una presentación por Robert W. Chamlee, del Cuerpo de Ingenieros del Distrito de Mobile, en referencia al estudio de reconocimiento efectuado recientemente por el Cuerpo, analizado en el Borrador del Vol. III, fechado 1 de marzo de 2002.

En el estudio de reconocimiento del Distrito de Mobile se propuso una represa con taludes sumergidos de 1(V) a 15 (H) y se sugiere que la construcción del terraplén podría requerir una construcción en fases que permitiera el tiempo para que se consoliden las fundaciones y se gane la correspondiente solidez entre una fase y otra.

4.2 Comentario

Los resultados del trabajo del Distrito de Mobile decepcionaron a la Junta. A esta última no le parece que en este estudio se aprovecharon suficientemente los siguientes recursos:

- El trabajo realizado por Tudor y Shannon & Wilson en 1963,
- la literatura actual sobre construcciones submarinas en suelos blandos,
- el aporte del personal geotécnico de la ACP,
- la experiencia en construcciones de complejos en ambientes geológicos similares, incluyendo técnicas de construcción tales como la colocación de geotextiles y drenajes de arena (llorones) en un ambiente marino.



La Junta opina que existe la data necesaria para conducir un estudio de factibilidad detallado y producir un estimado de costos de igual confiabilidad que los estudios realizados para Río Indio y la profundización del Cauce. Este estudio se ve como un estudio de escritorio que no requirió mayor trabajo de campo. La Junta también opina que el actual estimado de costos podría ser reducido considerablemente si los costos de los materiales para el terraplén fueran más exactos y los volúmenes más realistas. Al haberse terminado el estudio, se podrá realizar una comparación válida entre las tres opciones (Río Indio, Río Trinidad y profundización del Cauce). Hoy por hoy, es imposible hacer esta comparación.

4.3 Enfoque Recomendado

La Junta recomienda que la ACP forme un Equipo de Estudio con ingenieros y científicos de la ACP, asesores sobre diseño de terraplenes expertos en ingeniería geotécnica (el Consultor del Equipo de Estudio), contratistas con experiencia en terraplenes y dragados marinos (el Contratista del Equipo de Estudio), así como contratistas para los drenajes de arena. El Equipo de Estudio deberá tener la experiencia y preparación requeridas para producir un estimado de costos balanceado y confiable para diseñar un relleno de prueba, el cual será necesario para poder refinar aun más el estimado de costos.

La Junta prevé que este estudio facilitaría lo siguiente:

- (1) Establecer de forma transparente si la Represa del Río Bajo Trinidad es factible o no, con base en tecnología actual comprobada.
- (2) Estimar los costos para el(los) diseño(s) propuesto(s), utilizando costos basados en experiencia, de acuerdo a las condiciones de Panamá.
- (3) Indicar la incertidumbre probable asociada a los estimados de costo.
- (4) Indicar el valor de un relleno de prueba para reducir la incertidumbre asociada a los estimados de costo.

La Junta espera que el estudio de factibilidad evalúe, pero no se restrinja a, los siguientes elementos de diseño y construcción:

- (1) Limpieza, Dragado Superficial y Depósito de Desechos, y control de limo: La Junta anticipa que los árboles sumergidos tendrán que ser removidos, y que se requerirá dragado superficial de sedimentos muy blandos desde el área base de la represa. La metodología y el estimado de costos se deben obtener del personal de la ACP y el Contratista del Equipo de Estudio.
- (2) Capa de separación: La Junta prevé que se colocará un geotextil o su equivalente entre la Lama del Atlántico y una capa suprayacente de arena/grava. La experiencia con rellenos adquirida en Asia podría ser útil. Se requiere el aporte del Consultor del Equipo de Estudio. La metodología y el estimado de costos deberán ser provistas por el Contratista del Equipo de Estudio.
- (3) Capa de Arena/Grava: La Junta piensa que se colocará una capa de arena/grava sobre la capa de separación. Esta capa deberá proveer drenaje para la



instalación del llorón, y no deberá licuarse bajo el sismo de diseño. El grosor, la composición y la densidad serán definidos por el Consultor del Equipo de Estudio. La metodología y el estimado de costos deberán ser provistos por el Contratista del Equipo de Estudio.

- (4) Llorones: La Junta anticipa que se utilizarán llorones, los cuales serán instalados con espacios (entre ellos) y profundidad pre-determinados. Hay disponible mucha información referente a experiencia en instalaciones profundas en los trabajos de relleno de Asia y la Represa de Kennecott Tailings, en Salt Lake City. El Consultor del Equipo de Estudio suministrará el diseño. La metodología y el estimado de costos deberán ser provistos por el Contratista Especialista.
- (5) Capa de Separación: La Junta prevé que se utilizará una capa de separación adicional entre la capa de arena/grava y el relleno suprayacente. Esto repite lo descrito en el punto (2) anterior.
- (6) Caracterización del Relleno: Las características del relleno y su disponibilidad programada controlan el diseño, la construcción y el costo del relleno subacuático (berma sumergida). La Junta pronostica que la escogencia inicial de fuentes para el relleno y su disponibilidad se basarán en la planificación estratégica de la ACP. Con esta guía, el Consultor del Equipo de Estudio podrá establecer las características materiales probables mientras el Contratista del Equipo de Estudio sugiere la metodología y el costo unitario estimado. La Junta percibe dos condiciones diferentes bajo las cuales se podrá construir la represa, pero puede haber más. Estas son:
 - (a) Construcción de la represa sin construir las nuevas esclusas.
 - (b) Construcción de la represa con las nuevas esclusas.

En la primera instancia, se podría obtener relleno de la Fase actual de la Profundización del Cauce, depósitos de desechos previamente acumulados, áreas de préstamo secas abandonadas, o excavaciones anteriores para las nuevas esclusas y la profundización de las mismas. En la segunda, probablemente sería más atractivo el relleno proveniente de la construcción de las esclusas y la correspondiente profundización.

- (7) Berma Sumergida: La Junta prevé que el diseño de la berma sumergida indicará la geometría requerida para proveer la estabilidad adecuada y, de ser necesarias, las medidas para controlar la infiltración. Toda construcción de berma sumergida será llevada a cabo mediante una planta flotante. El Consultor del Equipo de Estudio suministrará la metodología y los costos unitarios estimados. Puede haber un número de alternativas que ameriten consideración.
- (8) Represa Sub-aérea: La represa sub-aérea requerirá que se contemplen especialmente asentamientos a largo plazo y la provisión de medidas de control de infiltraciones. Se espera que la colocación del relleno emplee medidas convencionales, pero no se debería excluir la colocación hidráulica. El Consultor del Equipo de Estudio proveerá el diseño, mientras que el Contratista



- del Equipo de Estudio suministrará la metodología y los costos unitarios estimados.
- (9) Medidas Especiales: Además de los llorones, es posible que se necesite tomar otras medidas especiales, tales como instalación de un muro interceptor, medidas no-tradicionales de protección contra olas, vibro-densificación, etc. La Junta espera que el Equipo de Estudio consulte con contratistas especialistas con experiencia, para establecer una metodología y costos unitarios estimados aceptables.
- (10) Diseño de Relleno de Prueba: La Junta opina que será necesario utilizar un relleno de prueba como aporte al diseño final y, por consiguiente, el diseño de dicho relleno de prueba es una tarea que corresponde específicamente a este Equipo de Estudio. La Junta espera que el Equipo de Estudio demuestre que el proyecto de la Represa del Río Bajo Trinidad es factible. Además, la Junta prevé que seguirá existiendo una gran incertidumbre asociada al estimado de costos, la cual se deberá primordialmente a incertidumbre sobre los métodos de construcción, el desempeño de las fundaciones de la represa, y su impacto sobre el cronograma. El principal objetivo del relleno de prueba sería reducir esta incertidumbre.

El relleno de prueba sería construido en algún lugar en la línea central de la represa y a una escala adecuada. Los resultados de la prueba servirían de base para los Puntos 1-6 detallados anteriormente. El Equipo de Prueba proveería el diseño, el método de construcción y el estimado de costos del relleno de prueba. Luego de que el Equipo de Estudio presente el informe, la ACP podrá evaluar si vale la pena proceder con el relleno de prueba propuesto.

La Junta opina que un año sería suficiente para completar el estudio previsto. Este último no incluye ningún trabajo de campo adicional y podría acelerarse, si así lo deseara la ACP.

Durante esta reunión, la Junta rindió un informe verbal al Dr. Luis Alfaro, el Sr. Jorge de la Guardia, y el Sr. Maximiliano De Puy, y sugirió ejemplos de firmas que en ese momento tenían la preparación y la experiencia práctica necesarias para participar en el estudio de factibilidad, en calidad de miembros del equipo.

La Junta recomienda que la planificación y el trato contractual de este estudio de factibilidad incluyan las siguientes consideraciones:

- El trabajo deberá ser realizado de forma tal que esté fundamentalmente basado en experiencias con construcciones de terraplenes marinos y condiciones de fundaciones suaves similares.
- Los términos de referencia de la licitación deberán contener una sección técnica que requiera a los licitantes que incluyan en detalle su experiencia previa en trabajos directamente relacionados con construcciones marinas, colocación de



- material dragado, estabilización/tratamiento de fundaciones mediante llorones, etc.
- Otra porción de la Solicitud de Propuestas deberá incluir una propuesta de costos por precio unitario de mano de obra.
 - Se puede desarrollar un esquema de medición para calificar varios aspectos de la propuesta, con el fin de asegurarse de que los miembros del equipo tengan las competencias requeridas.

La Junta participaría gustosamente en la reunión inicial con el Equipo de Estudio para asegurarse de que los objetivos, el alcance, el propósito y el resultado deseados sean comunicados en forma efectiva y articulada. Además, la Junta agradecería la oportunidad de revisar periódicamente el progreso del estudio y/o proveer una guía y un enfoque adicionales.

5. RESUMEN

La Junta de Consultores Geotécnicos se reunió en Panamá desde el 18 al 21 de abril. Antes de llegar, la Junta revisó los materiales pertinentes a la propuesta para la construcción de la Represa de Río Bajo Trinidad. En Panamá, la Junta recibió presentaciones adicionales sobre la Represa de Río Bajo Trinidad, el Programa de Profundización del Cauce y el Programa de Control de Deslizamientos. La Junta se reunió con miembros de la alta gerencia de la ACP antes de preparar el informe.

La Junta quedó impresionada con la extensión del análisis aplicado a problemas potenciales de estabilidad de taludes asociados con el Programa de Profundización del Cauce. Se están tomando medidas preventivas adecuadas para los taludes que presentan mayor potencial de problemas, especialmente los de Culebra este, Culebra oeste, y Piedra Morada.

La Junta sigue preocupada por la necesidad de crear una estrategia comprensiva para la toma de decisiones relacionadas con el Programa de Control de Deslizamientos e insta a la terminación de una revisión y síntesis de la experiencia y al desarrollo de una estrategia integrada.

La Junta recomienda que se amplíen los estudios geológicos del área de los cerros Sión y Hodges sobre la cabeza del actual Deslizamiento de Culebra oeste, y que los esfuerzos correctivos efectuados en este deslizamiento hagan énfasis en reducir la infiltración en la parte inferior del mismo.

La Junta piensa que la excavación propuesta para el Deslizamiento de Cucaracha sureste no está justificada. En su lugar, recomienda realizar un mayor esfuerzo para mejorar el drenaje del talud y llevar a cabo solamente una pequeña excavación.



La Junta recomienda que se mantenga bajo observación la formación de Piedra Morada y que se revise en un futuro la necesidad de implementar medidas de estabilización.

La Junta no cree que el análisis efectuado hasta ahora sea el adecuado para comparar, en términos de factibilidad y costos, el proyecto propuesto para la Represa de Río Bajo Trinidad con los otros proyectos que compiten con este.

La Junta recomienda que se forme un Equipo de Estudio compuesto de consultores, contratistas y personal de la ACP con experiencia para que lleven a cabo un estudio de factibilidad y un estimado de costos para el proyecto propuesto para la Represa de Río Bajo Trinidad. La Junta también recomienda que se ponga mucha atención a la formación de este Equipo de Estudio para garantizar que sus miembros posean experiencia actualizada en la construcción de terraplenes marinos similares sobre una base suave. La Junta recomienda que los entregables de este estudio consistan en un diseño conceptual refinado que tome en cuenta técnicas probadas de construcción, una conclusión definitiva acerca de la factibilidad de la construcción, un estimado de costos con una incertidumbre reducida significativamente, y el diseño de un relleno de prueba. Con base en estos resultados, la Junta opina que la ACP podría comparar el proyecto para la Represa de Río Bajo Trinidad con los otros proyectos que compiten con este.