

DAÑO EN LA ESTACION DE BOMBEO DE EL SALADO

La estación de bombeo de El Salado está localizada cerca de la confluencia de los ríos Salado y Coca sobre depósitos aluviales a 25 m sobre el nivel del río. En este punto, arenas aluviales, gravas y bloques se extienden hasta una profundidad de aproximadamente 200 a 300 m bajo la planicie de inundación del río Coca (Almeida y Cruz, 1986).

Una vista en planta de la estación se muestra en la Figura 6.10. Daños severos en la estación fueron causados por un deslizamiento que ocurrió sobre granodiorita meteorizada y depósitos aluviales localizados aproximadamente 80 m sobre la estación. Los escombros de este deslizamiento viajaron aproximadamente 240 m al E, donde rompió el tanque principal de la estación y sepultó la válvula principal de las compuertas. El sitio del deslizamiento y del flujo de escombros se muestra en el diagrama insertado en la Figura 6.10.

Como se muestra en la Figura 6.10, la estación de bombeo de El Salado está compuesta de varias estructuras, las más importantes incluyen la válvula principal, casa de control, generadores, casa de bombeo, tanque de agua, tanque de petróleo, equipo de comunicaciones y vivienda del personal. Cada una de estas estructuras está indicada en dicha figura. Las características físicas y operacionales de estas estructuras y una breve descripción de su condición luego de los sismos se explican a continuación.

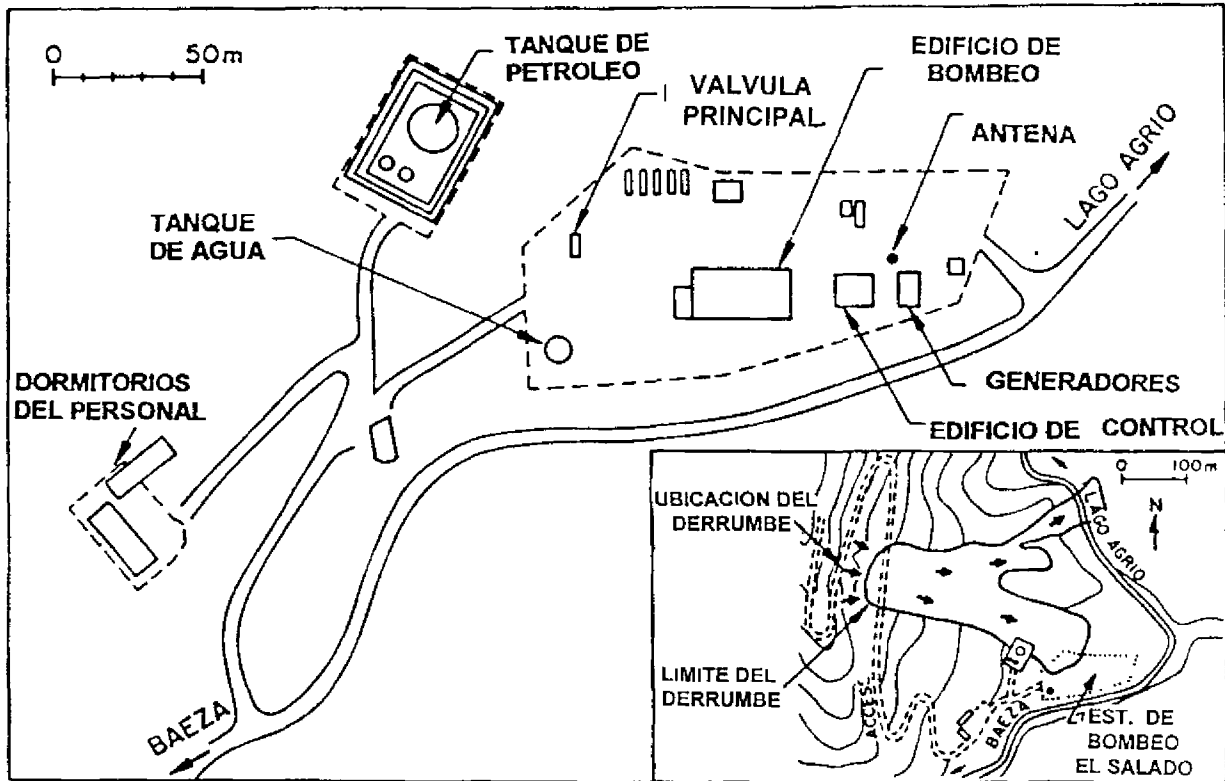


FIGURA 6.10 Vista en planta de la estación de bombeo de El Salado.

Válvula Principal

La válvula principal controla el flujo desde la estación y, por tanto, la presión en la línea. En caso de emergencia permite cerrar el oleoducto. Los escombros producidos por los deslizamientos sepultaron completamente este dispositivo. Debido a que el sistema de control remoto de la estación se perdió, enterrado bajo los escombros, se operó manualmente la válvula. Como consecuencia de esto, un desconocido pero significativo volumen de crudo en la línea al E de la estación de bombeo, se perdió por flujo desde las secciones rotas al O de dicha estación.

Centro de Control

El centro de control fue una estructura de un piso de concreto reforzado cimentado sobre una losa de concreto. Contenía el equipo de control necesario para la operación correcta de la estación de bombeo. Los daños visibles a esta estructura consistieron de una fractura de 12 mm de ancho a lo largo del piso de la losa. Los operadores de la sala de control indicaron que los paneles de control habían sido dañados por los sismos. La energía eléctrica se suspendió en la estación inmediatamente después del segundo evento principal (M=6.9) El equipo de reserva y los generadores de emergencia fallaron.

Generadores

Dos generadores de diesel fueron usados como fuente principal de energía eléctrica para la estación. Aproximadamente 12 mm de asentamiento diferencial y más de 25 mm de desplazamiento horizontal se observaron en la losa de concreto de uno de los generadores. Durante el reconocimiento del sitio, aproximadamente 3 semanas después de los sismos, este generador todavía estaba siendo reparado. Además, uno de los tanques elevados de diesel para los generadores se volteó como consecuencia de los sismos.

Casa de Bombeo

La casa de bombeo contenía cinco bombas de diesel, cada una de ellas soportadas en bloques de concreto y descansando sobre pilotes de acero de 300 mm de diámetro. El asentamiento relativo del suelo de los pilotes soportantes varió de 35 a 100 mm. Este asentamiento aparentemente contribuyó a movimientos diferenciales entre los motores de las bombas y los intercambiadores de calor, los cuales fueron soportados sobre cimentaciones superficiales. Este asentamiento diferencial causó desajustes en las conexiones giratorias. La Figura 6.11 muestra la casa de bombeo durante la reconstrucción de la estación. En la fotografía, la excavación a lo largo del costado de la estructura ha expuesto la cimentación compuesta por pilotes.

Equipo de Comunicación

La principal antena de radio se dobló y llegó a ser inoperable. Esta antena era utilizada para transmitir información continua sobre las operaciones y constituía el principal medio de comunicación de emergencia.

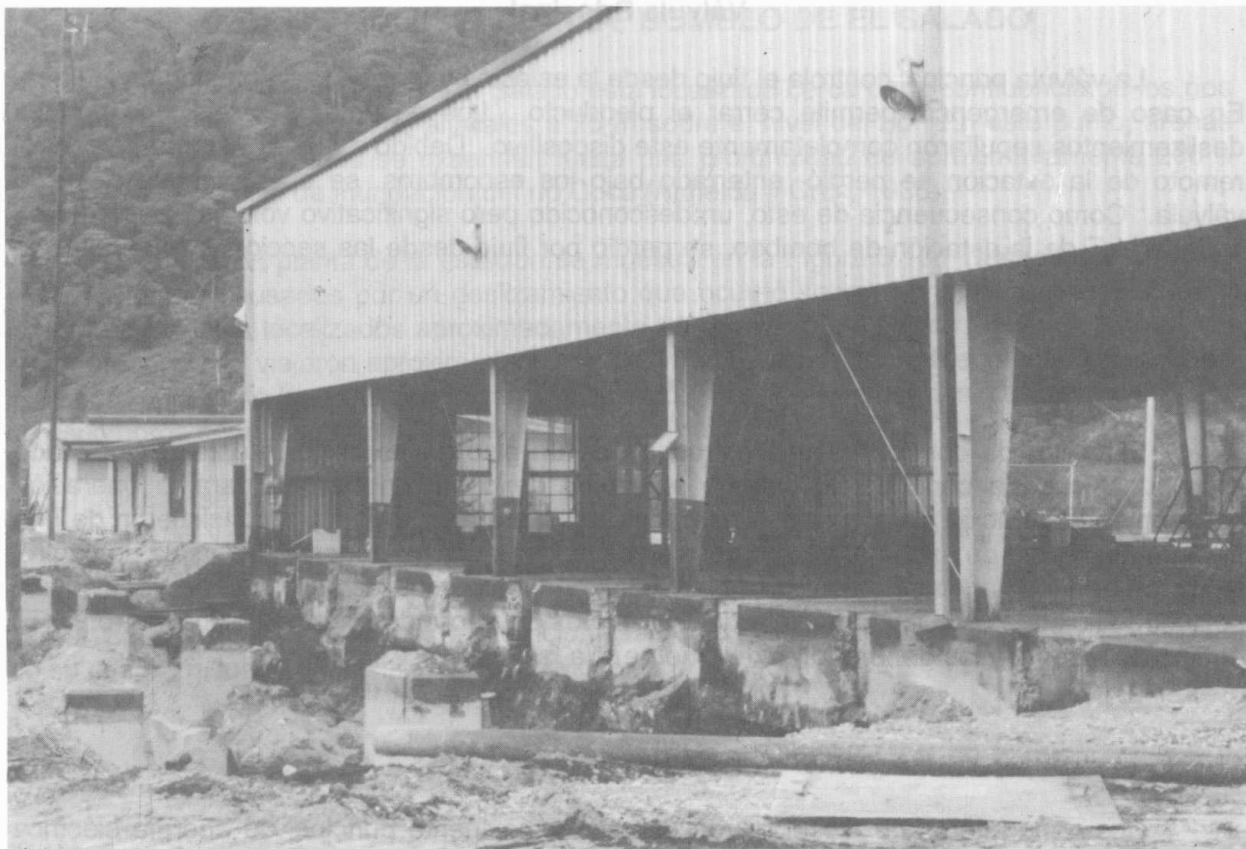


FIGURA 6.11 Casa de bombeo en la estación de El Salado. Nótese el asentamiento del suelo relativo a los bloques de los pilotes de cimentación.

Tanque de Agua

El tanque de agua principal era de 10 m de diámetro y 5.5 m de altura; fue construido con láminas de acero de aproximadamente 7 mm de espesor. Su propósito era el suministro de agua para combatir incendios. El tanque de 2.000 barriles estaba completamente lleno al momento de los sismos. Como se muestra en la Figura 6.12, ocurrió un arrugamiento cerca de la cresta del tanque, aparentemente en respuesta al movimiento violento del agua. Una gran protuberancia circunferencial, o "pata de elefante", se desplegó en la unión entre el tanque y su pared de anillo de concreto (Figura 6.13). La tubería principal salió fuera del tanque empujada por una cupla compresiva, desconectando el tanque de la red de bombeo.

Tanque de Petróleo

El tanque de petróleo de 15 m de diámetro, que dio liberación de presión y sirvió como reservorio, estuvo lleno hasta la mitad durante los sismos. El tanque fue construido con placas de acero de 12 mm de espesor y tenía aproximadamente 10 m de altura. Los escombros producidos por el deslizamiento golpearon el tanque causando su colapso y derramando 4.500 barriles de petróleo sobre toda la estación. La Figura 6.14 muestra una foto del tanque

colapsado y dos tanques pequeños de gasolina que fueron destruidos también por el deslizamiento y el flujo de lodo. La excavación y la inspección durante la reconstrucción revelaron que el petróleo se había filtrado subterráneamente al río Coca, localizado a 100 m de distancia, y que los suelos infiltrados alcanzaron una profundidad de aproximadamente 10 m. Un incendio con el crudo se produjo cerca del tanque dañado durante la reconstrucción de la estación, 2 meses después de los sismos.

Vivienda del Personal

Los dormitorios y comedores eran estructuras de un piso de concreto reforzado. Se observaron fuertes daños superficiales en las viviendas. Igualmente, se observó algún daño estructural a las vigas de concreto reforzado en los comedores.

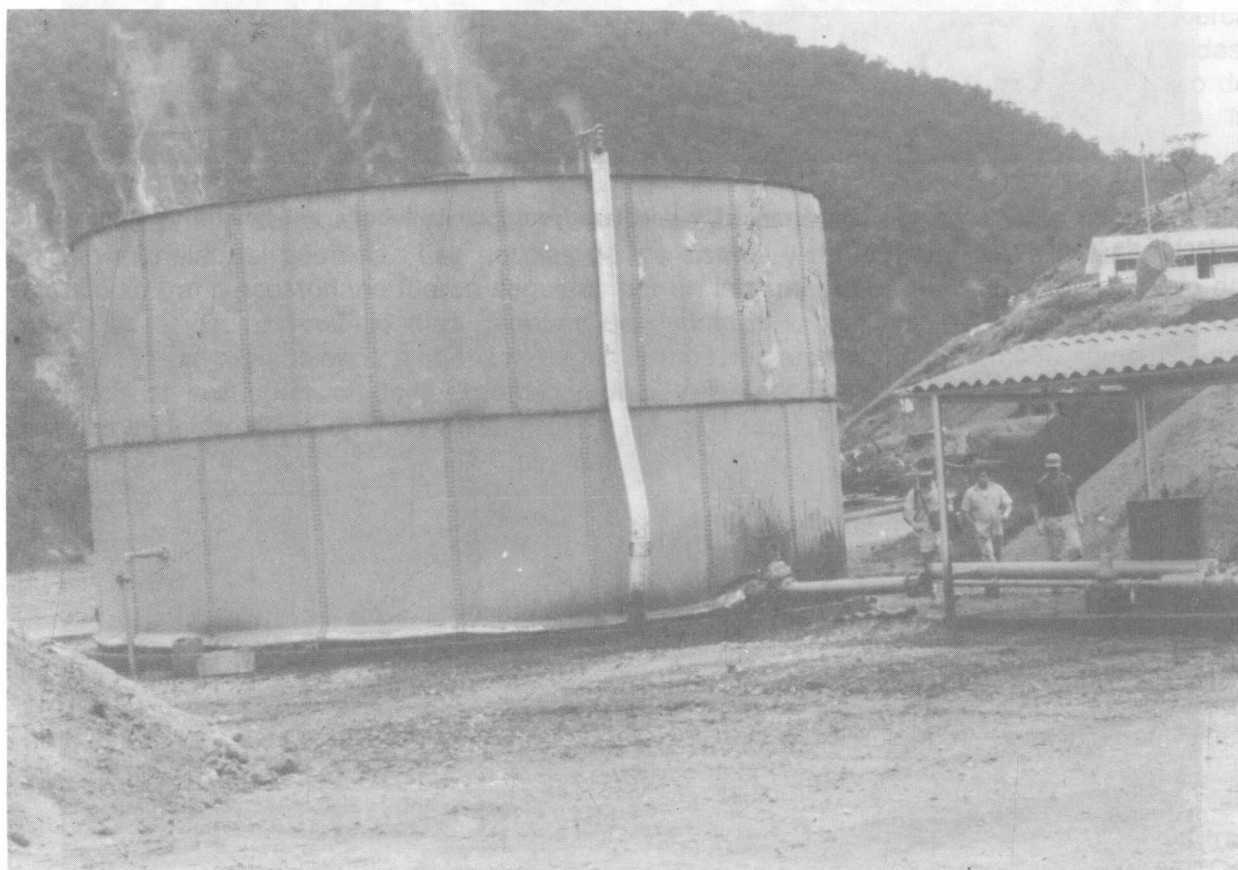


FIGURA 6.12 Tanque de agua dañado en la estación El Salado.

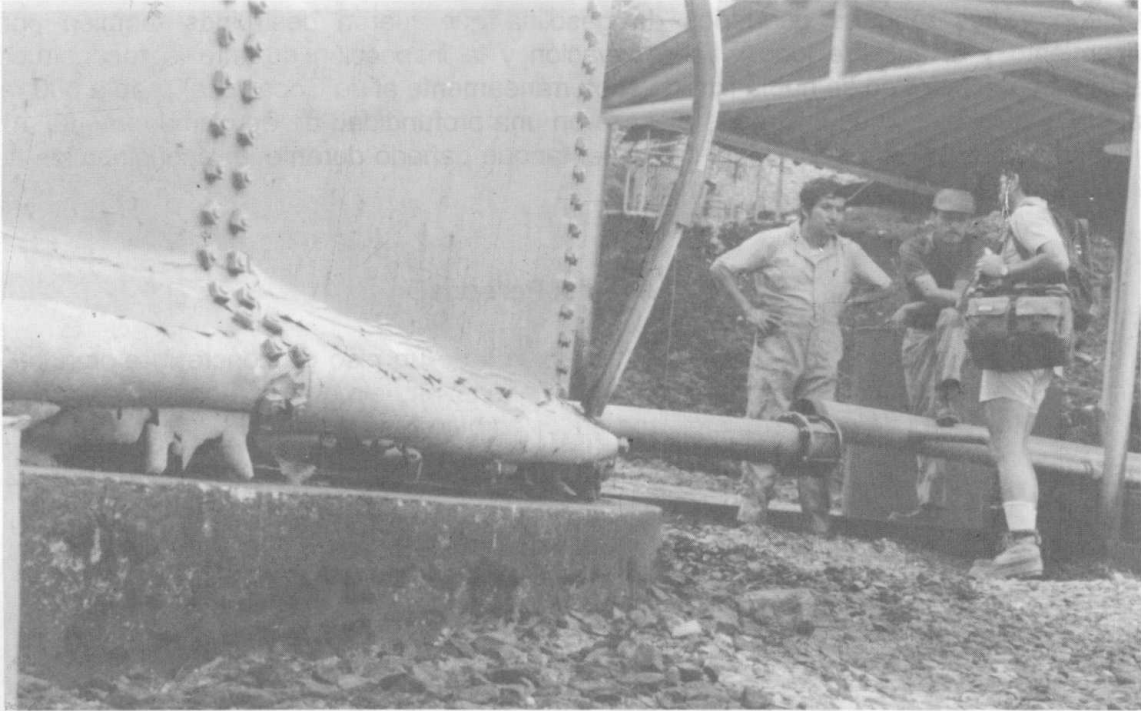


FIGURA 6.13 Abultamiento circunferencial y desplazamiento de la tubería del tanque de agua de la estación de bombeo de El Salado.

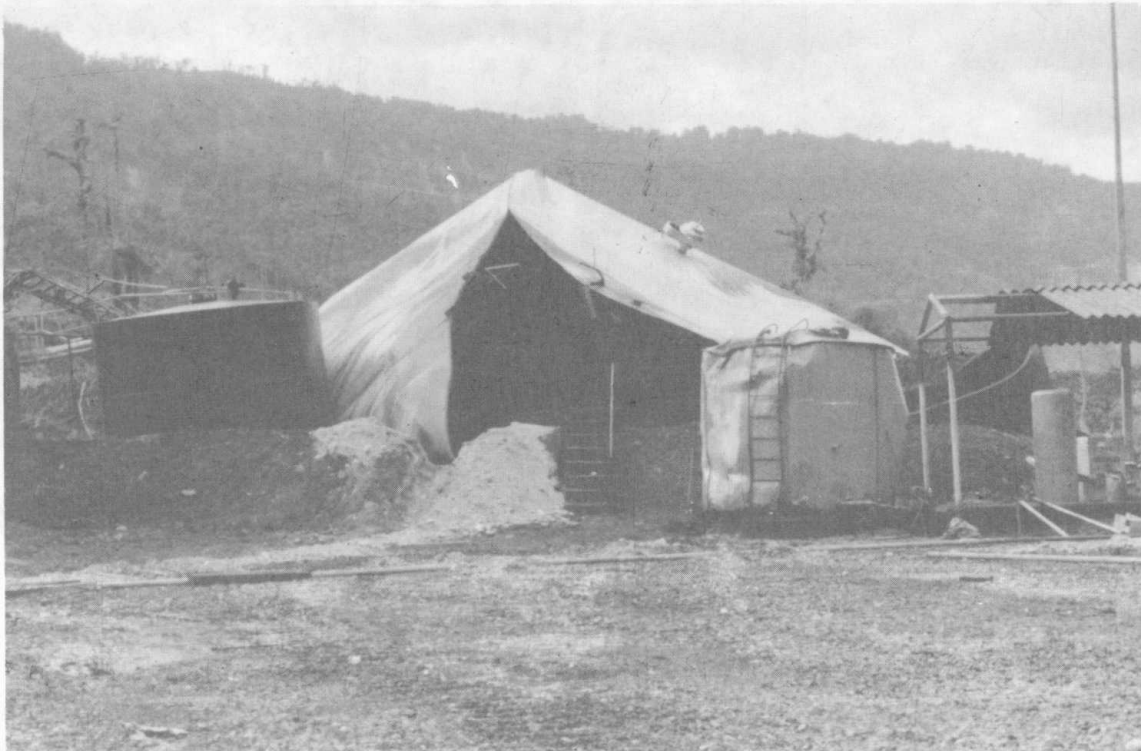


FIGURA 6.14 Tanque de petróleo destruido por escombros del deslizamiento en la estación de bombeo de El Salado.

CARRETERA TRANS-ECUATORIANA DESDE BAEZA HASTA LAGO AGRIO

La carretera paralela a las tuberías (Figuras 5.1, 6.1, 6.2) es la principal arteria de transporte entre Quito y los campos petroleros del Oriente. Las inundaciones destruyeron los puentes de la vía en los ríos Salado y Aguarico así como largos tramos de camino entre los ríos Salado y Malo. Más de 6 meses después de los sismos, esta carretera todavía estaba interrumpida y la región oriental aún soportaba suplicios debido a la pérdida de este medio de transporte. La única alternativa de transporte a Lago Agrio fue por avión o por una combinación de viaje entre carretera y río. (El puente del río Salado fue reemplazado en 1988 por un puente Bailey que es usado constantemente.)

CONSECUENCIAS ECONOMICAS

La pérdida del oleoducto trans-ecuatoriano privó al Ecuador del 60% de sus ingresos provenientes de exportaciones. Como consecuencia, la pérdida de esta sola línea vital tuvo un efecto dramático en la economía del país. Suponiendo que la tubería podía transportar cerca de 250.000 barriles diarios a un precio promedio de 19 dólares por barril, el total de pérdidas, entre el 5 de Marzo y el primer uso provisional de la línea reconstruida el 18 de Agosto de 1987, fue de aproximadamente 790 millones de dólares. El costo estimado en la reconstrucción de la tubería es de cerca de 50 millones de dólares.

El precio del crudo intermedio West Texas es usado a menudo como un índice del precio mundial del petróleo. Las noticias de los sismos y de las pérdidas asociadas con el oleoducto trans-ecuatoriano fueron seguidas por un incremento en un 6.25% en el precio del crudo West Texas hasta 4 días después de ocurridos los sismos. Aunque el precio del petróleo había ido subiendo a la época de los sismos, los analistas del mercado afirmaron que la noticia de la suspensión de la exportación de petróleo por Ecuador inició una escalada en los precios del petróleo. Como consecuencia, los efectos económicos de la falla del oleoducto no estuvieron confinados a un solo país, sino que fueron sentidos a nivel mundial por especulación en el mercado.

RESUMEN

Los daños sísmicos al oleoducto trans-ecuatoriano representan la mayor pérdida producida en un solo oleoducto en la historia. Aunque los sismos del 5 de Marzo de 1987 hayan ocurrido en una remota región, sus consecuencias en términos de la falla de una línea vital tuvieron repercusiones nacionales e internacionales.

El movimiento sísmico tuvo únicamente un efecto limitado sobre la tubería, mientras que las deformaciones permanentes del terreno tuvieron una extensa y grave influencia. Los deslizamientos y flujos de escombros causaron la mayoría de los daños y contribuyeron virtualmente a todas las rupturas y deformaciones de la línea. Los daños producidos por los deslizamientos y flujos de escombros fueron causados directamente por la falla de los suelos y material rocoso que interceptaron la línea, o indirectamente por ríos hinchados con escombros que inundaron la línea y erosionaron la tubería.

El daño a la estación de bombeo de El Salado fue extenso. Casi todos los sistemas de la estación de bombeo fallaron para operarla correctamente después de los sismos. El daño

estructural más severo fue causado por un deslizamiento que destruyó el tanque de petróleo en la estación, derramando miles de barriles de crudo sobre la misma. Se observaron asentamientos diferenciales y desplazamientos horizontales permanentes en la mayoría de cimentaciones, los mismos que fueron responsables en parte del mal funcionamiento del equipo de control, conexiones entre bombas e intercambiadores de calor y generadores. El daño por el movimiento sísmico fue especialmente severo en el tanque de reserva de agua y en la antena de comunicaciones.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue posible gracias al soporte logístico de CEPE/Texaco, Inc. Se agradece especialmente a los empleados de CEPE/Texaco, Inc.: Dr. Juan Quevedo, Gerente General; Sr. Bob Paulsell, Superintendente; Sr. Bill Spear, Superintendente de Campo en el Chaco; y Sr. Jerry Isacks, Superintendente en Quito. El Sr. Gustavo Freile de Harbert Engineers brindó asistencia crítica durante las dos visitas de reconocimiento. El Ing. Iván Núñez de INECEL ayudó con información invaluable. Agradecemos a los Srs. "Swamp" Smith y Bill Spencer de Will Bros. Construction Company por su ayuda y hospitalidad. Deseamos expresar nuestra gratitud al Cap. Francisco Hidalgo de la Aviación de la Armada del Ecuador. Un agradecimiento y reconocimiento especial para el Prof. John M. Bird de la Universidad de Cornell por su ayuda y visión durante la segunda visita de estudio.

REFERENCIA

Almerda, E. y M. Cruz. 1986. Estudio geológico del Volcán Reventador, INECEL, Proyecto Geotérmico, Quito.