

RESUMEN DEL INFORME FINAL

Control de la erosion y escurrimiento
de las laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUGRU



Cohidro Consultores Cia. Ltda.
Camp Dresser & McKee International Inc.

CDM

environmental engineers, scientists,
planners, & management consultants

CAMP DRESSER & McKEE INC.

Post Office Box 9626
2001 Northwest 62nd Street
Fort Lauderdale, Florida 33310
305 776-1731

April 5, 1985

Office of Development Information
and Utilization
Bureau for Development Support
Agency for International Development
Washington D.C. 20523

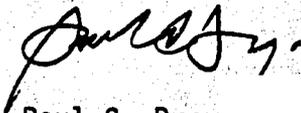
Re: Quito, Ecuador
Pichincha Slope Protection
Contract No. 518-0046-C

Gentlemen:

CDM is pleased to submit to you two (2) copies of the Final Report in Spanish for the above referenced project. This is in accordance with the terms of our contract and completes all work required.

Sincerely,

CAMP DRESSER & McKEE INC.



Paul C. Drey
Associate

PCD/ter

File: 3029-20-SP

cc: Mr. Gregory J. Goewey, AID/Ecuador

Enclosures

Control de la Erosión y Esgurrimiento de las Laderas del Pichincha

Resumen del Informe Final de la Quebrada Yacupugru

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION

Objetivo del Estudio

AREA DE ESTUDIO

Sistema de Drenaje
Geología de Superficie
Riesgos Geológicos
Vegetación y Uso del Terreno
Hidrología

MEDIDAS DE MITIGACION

Medidas de Control
Plan de Mitigación
Estimados de Costos

LISTA DE FIGURAS

<u>NO.</u>	<u>TITULO</u>
1	Areas de drenaje del Pichincha
2	Detalles de tipos de deslizamientos
3	Mapa de riesgos geológicos de la Quebrada Yacupugru
4	Mapa fotográfico con el uso de la vegetación

INTRODUCCION

Objetivo del Estudio

En las últimas dos décadas, la ciudad de Quito ha sufrido, con crecida frecuencia, los resultados de aluviones que se forman en las laderas orientales del Volcan Pichincha. Este fenómeno se origina por lluvias torrenciales en áreas específicas y que usualmente ocurren en el invierno, y con menos frecuencia acumulan materiales en estas áreas que son después acarreados a la ciudad. La capacidad de los colectores que atraviesan la ciudad no es suficiente para conducir las aguas lluvias de las quebradas. Por lo tanto, el peligro que amenaza a la ciudad a lo largo de las faldas del Pichincha es de tal magnitud que el Gobierno Nacional declaró un estado de emergencia en el año 1983.

El alcance de los trabajos a realizar en este proyecto se decidió mediante reuniones con la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID), la Empresa Municipal de Alcantarillado (EMA) y otros representantes de la Ciudad de Quito conjuntamente con la firma consultora Camp Dresser & McKee International Inc. (CDM). La meta del proyecto actual es la elaboración de estudios hidráulicos, hidrológicos y geológicos de la Quebrada Yacupugru para determinar las posibles soluciones que permitan controlar la erosión y derrumbe de materiales. Esta quebrada fue seleccionada por EMA debido a recientes aluviones (año 1983) y las medidas de control tomadas por EMA actualmente bajo construcción. Aunque las quebradas en las laderas orientales del Pichincha parecen tener características muy diferentes, el estudio actual servirá de alguna manera para estudios futuros de otras quebradas seleccionadas. Las áreas de drenaje de la falda oriental del Pichincha y la Quebrada Yacupugru están indicadas en la Figura 1.

A pesar de que este estudio se circunscribe a la Quebrada Yacupugru, se advierte que para implementar soluciones integradas es necesario conocer el comportamiento de cada una de las quebradas, sobre todo de aquellas que por sus características biológicas y geológicas constituyen un peligro inminente. De hecho EMA se encuentra construyendo una serie de obras para dar solución a los problemas de un grupo de quebradas continguas.

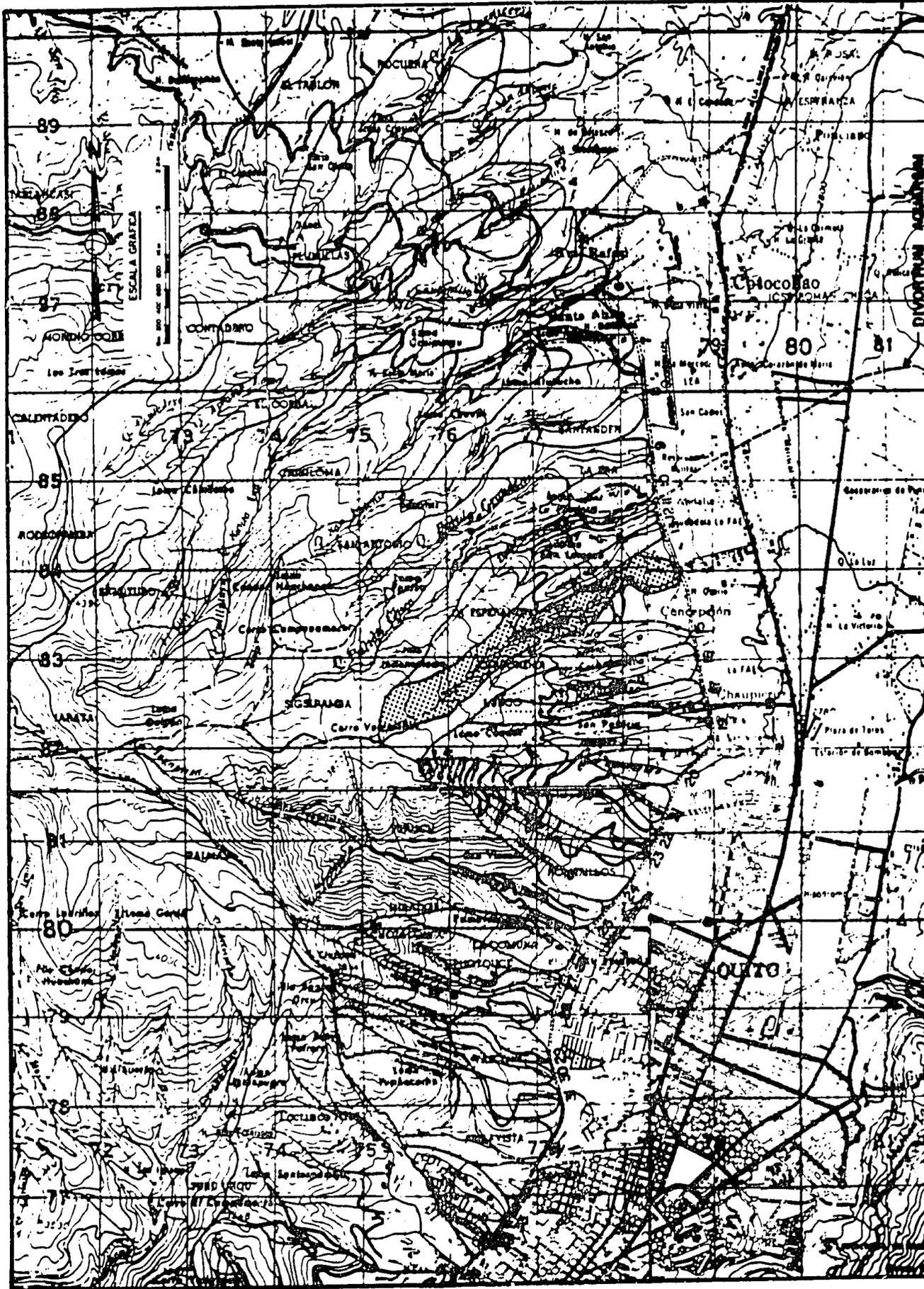


FIGURA 1
Marzo 1985

Areas de Drenaje del Pichincha

Camp Dresser & McKee Inc.
Cotacachi Consultores Cia Ltda.

AREA DE ESTUDIO

Sistema de Drenaje

La capacidad de los colectores es relativamente pequeña si se compara con el volumen de aguas lluvias que pueden ocurrir en las tempestades fuertes en las laderas del Pichincha. Los períodos de retorno que se adaptan en el diseño de los colectores de aguas lluvias de un área urbana son generalmente pequeños, y por consiguiente sus dimensiones son insuficientes para conducir caudales de aguas lluvias de una tempestad con largos períodos de retorno (25 ó más años). Por esto se habla de colectores relativamente pequeños. En algunas áreas, especialmente a lo largo de la Avenida Occidental, la entrada a los colectores esta ubicada a unos 40 metros bajo la parte superior de los rellenos. Consecuentemente el flujo en exceso puede acumularse a la entrada de los colectores hasta que las lluvias fuertes cesen. En otros colectores existe muy poca capacidad de almacenamiento disponible a la entrada para acomodar la cantidad de agua en tiempo de caudales altos y por consiguiente el agua se desborda y causa daños.

Debido a que los colectores son relativamente pequeños, estan propensos a bloqueos por piedras grandes, ramas y gran cantidad de sedimentos que son arrastrados por el fondo de la quebrada. Además, en áreas donde se encuentran barrios ubicados cerca de las quebradas, grandes cantidades de desperdicios sólidos son descargados en las quebradas, hecho que tiende a bloquear la entrada de los colectores. En dos ocasiones en el año 1983 fue necesario usar dinamita para limpiar las entradas de los colectores. Es obvio que el mantener la entrada de los colectores totalmente limpias es un problema de mantenimiento serio para EMA.

EMA ha construido azudes en muchas de las quebradas para controlar la erosion ascendente del fondo de la quebrada, y disminuir la velocidad del flujo. En la Quebrada Yacupugru hay instalados 43 azudes. EMA ha planeado estos azudes para mantener una pendiente longitudinal del lecho de aproximadamente dos por ciento, comparada con la pendiente natural de

25 por ciento o más. Muchos de estos azudes tienen salidas para descarga de fondo que permiten el escurrimiento de agua por la parte posterior del azude durante períodos de escurrimientos bajos. Si estas salidas funcionan apropiadamente, los azudes sirven para reducir los flujos máximos almacenando temporalmente el agua y ayudan también a reducir los efectos producidos por los flujos de lodo en las áreas aguas abajo. Sin embargo, debido a la fuerte pendiente longitudinal de estas quebradas, estos azudes tiene muy poca capacidad de almacenamiento, y su efecto en crecidas mayores y flujos de lodos es pequeño. Muchos de las salidas en los azudes viejos están completamente bloqueadas y los sedimentos se han acumulado hasta el borde del vertedero. Estos azudes, donde se acumulan sedimentos, ayudan muy poco a reducir los flujos de materiales de suelo y crecidas, pero producen una disminución de la pendiente longitudinal del lecho que retardará las velocidades del flujo aguas arriba del azud.

En respuesta a los problemas de inundaciones del 1983, EMA planificó y está actualmente construyendo un canal de desagüe que conducirá las aguas lluvias de la Quebrada Delicias, la Quebrada la Esperanza y de la Quebrada Yacupugru a la Quebrada Runachanga que tiene un colector con más capacidad y dispone de un mayor volumen para almacenamiento a la entrada del colector. Otro de los objetivos de EMA al combinar la corriente de varias cuencas es el alterar la distribución del caudal pico proveniente de cada quebrada.

Geología de Superficie

La ciudad de Quito esta ubicada en un valle estructuralmente controlado, compuesto de suelo sedimentario y conocido en geología por el Graben Interandino. El valle esta orientado en una dirección de norte a sur y le sirve de borde occidental las faldas del Volcan Pichincha el cual forma parte de los volcanes activos e inactivos de la Cordillera Occidental.

La pendiente geométrica del Pichincha esta formada de múltiples flujos de lava. Sobre estos flujos de lava se encuentran depósitos de suelos de materiales piroclásticos, ceniza volcánica, arrastres y morena glacial.

Las aguas de lluvias y los hielos glaciales han esculpido los depósitos y formado numerosas quebradas en las faldas del Pichincha.

Se realizaron interpretaciones aerofotogeológicas y levantamiento de mapas geológicos en el campo en la cuenca de la Quebrada Yacupugru. Datos relativos a los depósitos geológicos de la superficie fueron compilados en aerofotografías infrarrojas y estereo-pares a una escala de 1:10,000. La información fue entonces transferida a planos de base topográficos preparados a la misma escala que las fotografías. Los suelos y lecho de roca sobrecargados identificados en el área de drenaje de la quebrada consiste en tres unidades geológicas. Desde la superficie del suelo, estas unidades son las siguientes: 1) cenizas volcánicas, 2) coluvión y 3) capas de lava.

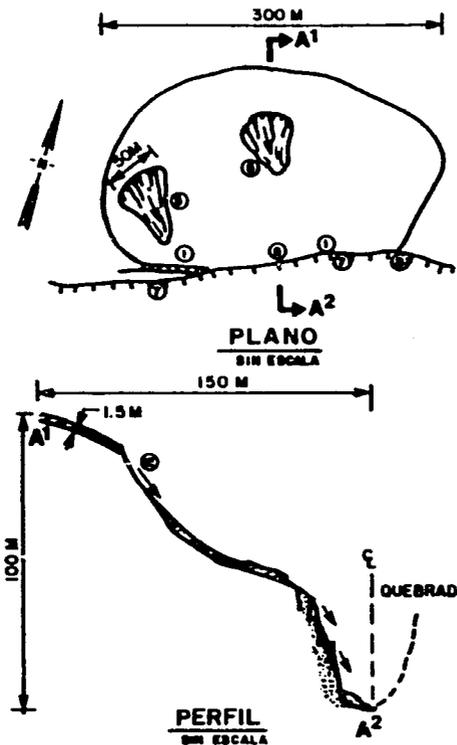
Riesgos Geológicos

En base a las interpretaciones aerofotogeológicas y levantamientos de mapas en el campo, se evaluaron los riesgos geológicos dentro de área de drenaje de la Quebrada Yacupugru. Los riesgos principales identificados fueron los aluviones, por lo tanto se concentró la atención en la identificación y detalle de estos. Los materiales del suelo y rocas provenientes de estas áreas inestables caen al cauce de la quebrada por varios mecanismos y son incorporados a la escorrentía durante fuertes lluvias produciendo los peligrosos aluviones.

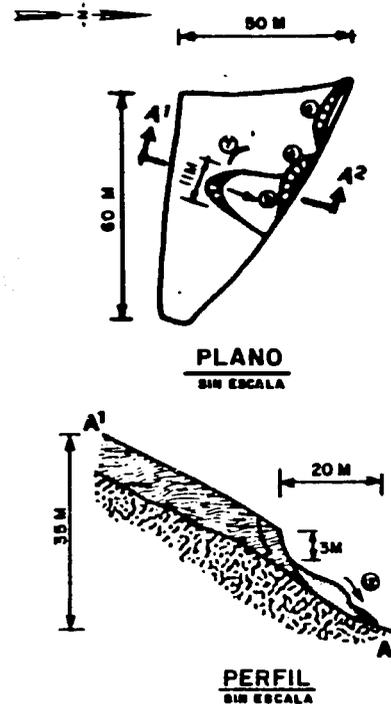
Los derrumbes en la Quebrada Yacupugru se clasifican en cuatro tipos básicos: 1) derrumbes, 2) hundimientos, 3) distribución lateral, y 4) desprendimiento de tierra. En la Figura 2 se presentan detalles de los tipos de deslizamientos presentes en la Quebrada Yacupugru.

En base a las condiciones geológicas, intensidad de derrumbes y topografía, la Quebrada Yacupugru se divide en tres zonas peligrosas. Estas zonas se presentan en la Figura 3. La Zona 1 tiene mayor posibilidad de aportación de materiales en los arrastres futuros. El material de suelo y de roca se acumula por un período de tiempo a lo largo

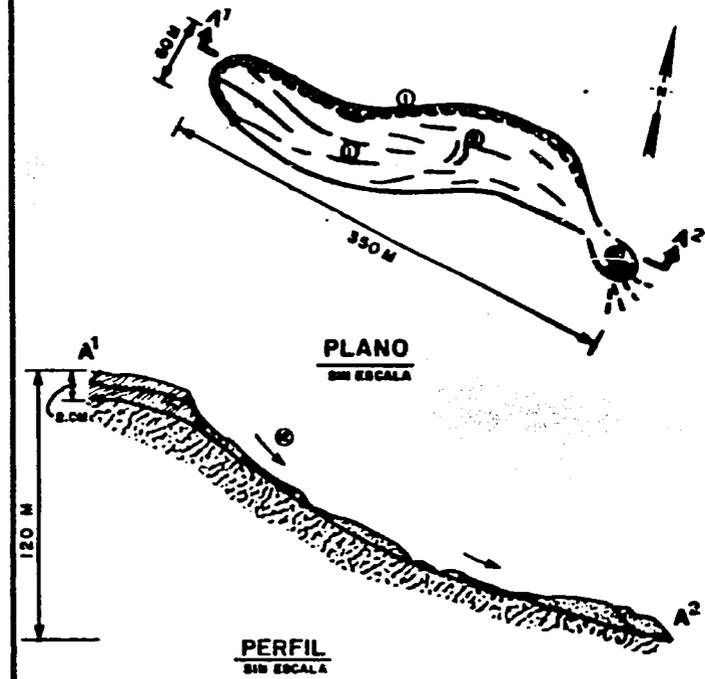
DESPLAZAMIENTO NÚM. 3 (HUNDIMIENTO-VOLCAMIENTO)



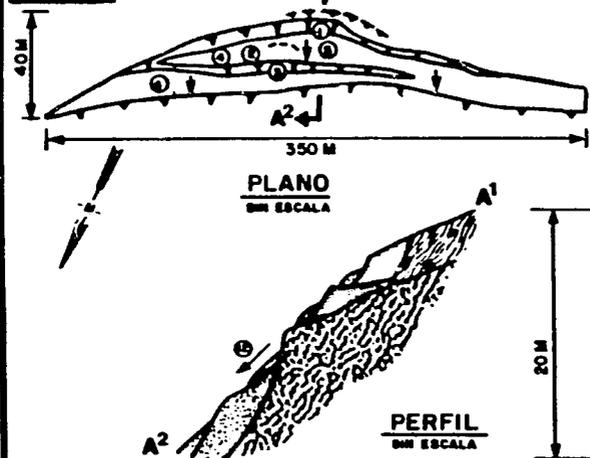
DESPLAZAMIENTO NÚM. 6 (HUNDIMIENTO)



DESPLAZAMIENTO NÚM. 27 (HUNDIMIENTO-FLUJO DE ARCILLA)



DESPLAZAMIENTO NÚM. 14 (EXTENSIÓN LATERAL DE TIERRA)



LEYENDA
UNIDAD GEOLOGICA

NOMBRE Y SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
CAÍDA DE CENIZA	LÍMDO DE COLOR CAFÉ A NEGRO, CON POCAS ARENAS FINAS Y LAPILLI
COLUVIÓN	LÍMDO DE COLOR CAFÉ A NEGRO, CON POCAS ARENAS FINAS - CENIZA
	LÍMDO DE COLOR CAFÉ Y LÍMDO ARENOSO FINO CON UNA CANTIDAD VARIABLE DE ARENA GRUESA A FINA Y LAPILLI, CANTOS RODADOS Y BÓLOS OCASIONALES - FLUJO DE ARCILLA
FLUJO DE LAVA	FRAGMENTOS DE ANDESITA DE COLOR GRIS, FINOS A MEDIOS CEMENTADOS EN UNA MATRIZ DE ARENA LIGERA DE COLOR CAFÉ - BRECHA VOLCÁNICA

SÍMBOLOS DEL PLANO DE DESPLAZAMIENTO

- ① SUPERFICIE DE DESPLAZAMIENTO
- ② DESPLAZAMIENTO DE ESCOMBROS
- ③ DESPRENDIMIENTO DE POCAS
- ④ DESPLAZAMIENTO SUBSIDIARIO
- ⑤ MATERIAL DEL DESPLAZAMIENTO DE ESCOMBROS
- ⑥ ÁREA DE REPTACIÓN
- ⑦ DEPRESIÓN
- ⑧ ESCARPE DE ERUSIÓN
- ⑨ CRESTERA DE PRESIÓN
- ⑩ GRIETA DE TRACCIÓN
- ⑪ DESPLAZAMIENTO NOTORIO
- ⑫ DIRECCIÓN DEL MOVIMIENTO DE DESPLAZAMIENTO

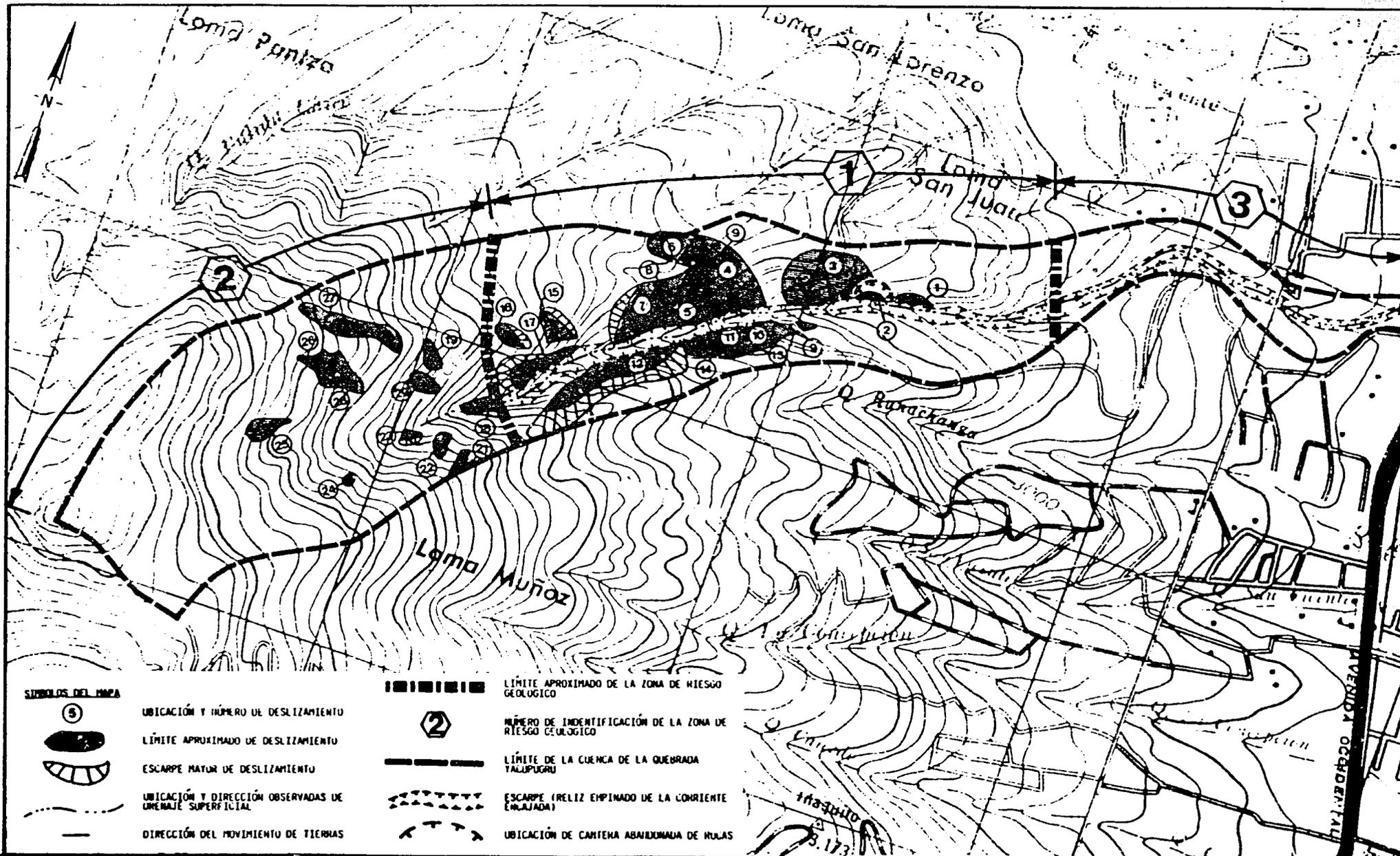
NOTAS:

1. REFIERENSE A LA FIGURA 9 PARA LA UBICACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA YACUPUGURU.
2. LAS DIMENSIONES DE DESPLAZAMIENTOS ANOTADAS DURANTE LA PLANIMETRÍA DE CAMPO (20 DE ENERO AL 8 DE FEBRERO DE 1965) SON APROXIMADAS.
3. LOS PERFILES DE LOS DESPLAZAMIENTOS SON ESQUEMÁTICOS CON LA INTENCIÓN DE REPRESENTAR CONDICIONES GEOLOGICAS QUE HAN SIDO INFERIDAS.
4. CLASIFICACIONES DE DESPLAZAMIENTO SEGUN DAVID J. VARNES (1978). TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, WASHINGTON, D.C.

Camp Dresser & McKee Inc.
Cohidro Consultores Cia Ltda.

Detalles de Tipos de Deslizamientos

FIGURA 2
Marzo 1985



Camp Dresser & McKee Inc.
 Cohidro Consultores Cia Ltda.

Mapa de riesgos geológicos de la Quebrada Yacupugru

FIGURA 3
 Marzo 1985

del canal, debido principalmente a los derrumbes que ocurren en las pendientes cercanas a la quebrada. Cada una de los cuatro tipos de derrumbes identificados en el área de drenaje de la Quebrada Yacupugru puede ocurrir en el futuro con variadas frecuencias. Además, el tipo y lugar de los derrumbes futuros determinará el volumen de material que llegará al cauce del canal.

Se trató de estimar el volumen de material que se incorporará a los arrastres futuros, resultado de las lluvias en el orden de frecuencia de una vez en 25 años y más. Esta estimación se realizó para la formulación del plan de mitigación. Es difícil predecir debido a la gran complejidad del problema y a la necesidad de basar ciertas decisiones en juicio y suposiciones de ciertos hechos en cada zona de peligro. Las siguientes suposiciones generales fueron tomadas en cuenta:

- Solo la Zona 1 es capaz de producir volúmenes de materiales significativos que serán incorporados en los arrastres futuros.
- Arrastres de tipo desplome y deslizamiento lateral contribuirán significativamente al flujo de materiales.
- Los tipos desplazamiento y derrumbes contribuirán en menor escala al flujo de materiales.

En base a estas suposiciones, el volumen de material en la Zona 1 para incorporación en arrastres futuros es de aproximadamente 60,000 metros cúbicos. Este volumen es aproximado y supone la ausencia de medidas de mitigación dentro de los límites de la Quebrada Yacupugru.

Vegetación y Uso del Terreno

En base a la interpretación de las aerofotografías y las observaciones de campo se determinaron los tipos y variedades de vegetación en la Quebrada Yacupugru. La estructura física de la vegetación se observa en la interpretación de los mapas y directamente influye en el comportamiento hidrológico. La Figura 4 indica el uso de vegetación en la Quebrada Yacupugru y se nota además que el tipo de vegetación más efectiva para el control de la escorrentía ocurre a una altura media en la Quebrada

LEYENDA DE TIPOS ECOVEGETATIVOS

- | | | |
|----------------------------|---------------|---------------------------------|
| 1 Paramo | 2 Ceja Andina | 5 Pasto o Paramo Achaparrado |
| 3 Bosques Subandinos | | 7 Terrenos Semidesarrollados |
| 4 Plantacion de Eucaliptos | | 8 Canteras y Canal de Diversion |
| 5 Tierra de Pasto | | 9 Terrenos Cultivados |



Yacupugru y en la pendiente interior de las laderas de la quebrada. El crecimiento de la vegetación en las laderas del Pichincha refleja la topografía y la interacción del uso humano. Las laderas superiores de la Quebrada Yacupugru están cubiertas principalmente por vegetación de páramo. Los pastos de chaparro y los bosques naturales del Pichincha son consiguientemente restringidos a áreas que no son afectadas por incendios. En la Quebrada Yacupugru solo las laderas interiores más empinadas de la quebrada son cubiertas por ese tipo de vegetación natural. El Museo de Historia Natural considera en riesgo de extinción varias de estas especies. En el campo científico, estético y recreativo, las quebradas son de un valor significativo como áreas naturales debido a la presencia de estas especies y otros numerosos elementos de la flora natural.

Se puede lograr un mejoramiento de las condiciones hidrológicas a través del uso de la vegetación. Estos tipos de vegetación pueden producirse en la Quebrada Yacupugru y son Ceja Andina y los Bosques Subandinos. Los procesos naturales de los cambios de la vegetación aparentemente favorecen el desarrollo de los tipos de vegetación de chaparro después de un cierto tiempo. La invasión de chaparro en el páramo y Tierra de Pasto eventualmente provocan el crecimiento de terrenos de chaparros en la ausencia de incendios. Este proceso mejoraría las características hidrológicas de la Quebrada Yacupugru.

Hidrología

Los datos de precipitación registrados en el área fueron usados para estimar la escurrimiento de la Quebrada Yacupugru. Se examinó la precipitación de las tempestades del año 1983 y además las estimaciones de la cantidad de lluvia de otras tempestades. La tempestad del 30 de abril de 1983 produjo una gran cantidad de lluvia en el área cercana a la Quebrada Yacupugru. Se registraron precipitaciones de 70 mm cerca de la cuenca, producidas en un período de tres horas. Aproximadamente 40 mm fueron registrados en la primera hora de la lluvia.

Para estimar los caudales picos de inundaciones, se usó las curvas de intensidad y frecuencia de las lluvias registradas en el Observatorio Astronómico de Quito que mantiene registros diarios desde 1891 y registros de duración mas corta desde 1929. La intensidad de las lluvias registradas en el Observatorio de Quito fueron aumentadas un 20 por ciento para aplicarse a la Quebrada Yacupugru en base a los análisis detallados de precipitaciones en otras estaciones climatológicas. Un programa de computadora fue utilizado para evaluar la escorrentía producida en cada una de las cuatro quebradas que inciden de alguna manera en la Quebrada Yacupugru.

El sistema de canales en construcción por EMA tiene capacidad para transportar un caudal de una tempestad con un periodo de retorno de 100 años en las cuencas de Quebrada Delicias y la Quebrada la Esperanza. Sin embargo, en la Quebrada Yacupugru el caudal combinado de las tres cuencas sobrepasará la capacidad del canal a la Quebrada Runachanga con la escorrentía de una tempestad con un periodo de retorno de 10 años. Por esta razón, EMA ha propuesto un tanque de retención en este lugar.

Es importante notar que la diferencia entre el flujo pico entre los periodos de retorno de 10, 50 y 100 años es relativamente pequeña. El flujo pico de 50 años es aproximadamente un 25 por ciento mayor que el caudal máximo de 10 años. El flujo pico de 100 años es solo un 10 por ciento mayor que el caudal máximo de 50 años.

MEDIDAS DE MITIGACION

Medidas de Control

Se estima que el caudal máximo en la Quebrada Yacupugru excederá la capacidad de las instalaciones de drenaje existentes y si se considera una tempestad con un período de retorno de 10 años.

Se presentan tres soluciones básicas para prevenir inundaciones en la zona de la Ciudad de Quito

- Reducir el volumen de escorrentía por control del uso del terreno y vegetación,
- Aumentar la capacidad de los canales de desagüe aguas abajo,
- Instalar obras de detención para almacenar la escorrentía máxima.

Se consideró el cambio en la vegetación y el uso del terreno en la estimación de escorrentía. En base al análisis hidrológico de estos cambios de vegetación, se puede obtener una reducción en los valores de caudal máximo pero el efecto neto es solamente del orden de 4 a 6 por ciento de los caudales que ocurrirían con condiciones de cuenca no favorables. Por lo tanto, medidas adicionales de control serán necesarias para eliminar los problemas de inundación. Los cambios en la vegetación y el uso del terreno se consideran como conveniente porque reducen la magnitud y costo de las otras medidas de mitigación.

En la Quebrada Yacupugru, las mejoras aguas abajo del canal de desagüe tendrán que ser significativas y muy costosas. Solamente algunos de los colectores existentes tienen capacidad suficiente para conducir flujos adicionales de aguas lluvias para el período de frecuencia de 10 años, y otros carecen aun de capacidad para las aguas lluvias en este período de frecuencia. Se necesitarían nuevos colectores en las calles existentes y en las áreas residenciales.

El uso de almacenamiento de detención parece ser una solución apropiada para evitar complicaciones y costos altos asociados con las mejoras de la capacidad del sistema aguas abajo. Los caudales máximos ocurren normalmente durante un período de varias horas ó menos debido al tamaño de las cuencas. El almacenamiento temporal de estos caudales máximos permitirá el uso de las instalaciones de desagüe existentes. Sin embargo, debido a la fuerte pendiente longitudinal de las ladera del Pichincha, será difícil establecer el volumen necesario de almacenamiento. EMA ha seleccionado un lugar para construir un tanque de retención a lo largo del nuevo canal que conducirá el agua desde la Quebrada Yacupugru a la Quebrada Runachanga. En esta área hay una cantidad limitada de espacio nivelado, con fuertes pendientes longitudinales en los alrededores.

Un lugar alternativo para el tanque de retención sería en la Quebrada Yacupugru, aguas arriba del punto de desvío para el nuevo canal. El caudal en este lugar sería solamente el de la Quebrada Yacupugru y un tanque de retención eliminaría los problemas de inundaciones aguas abajo. Debido a la empinada ladera de la quebrada, una estructura de detención relativamente estrecha sería necesaria. Sin embargo, debido a la fuerte pendiente longitudinal de la quebrada, se requiere una estructura relativamente alta para obtener el espacio de almacenamiento necesario. Se necesita construir además una vía de acceso para la construcción y limpieza de la cuenca. Una porción del espacio de almacenamiento tiende a llenarse con escorrentía inicial, sin dejar mucha capacidad para los caudales de lluvia máxima. Por consiguiente, se necesita una capacidad mayor de almacenamiento en este lugar.

El programa por computadora usado para estimar los hidrogramas de flujo de la cuenca de Yacupugru se usó además para estudiar los efectos de una estructura de retención en la Quebrada Yacupugru para la reducción de flujos máximos. La curva elevación-almacenamiento para la estructura de retención en este lugar fue incluido en el programa, y se investigaron varios tamaños de salidas y aliviaderos.

Se concluyó que usando dos estructuras, los flujos máximos para un período de frecuencia de 10 años en la Quebrada Yacupugru pueden reducirse de 17

metros cúbicos por segundo a 9 metros cúbicos por segundo y que este flujo máximo ocurriría después que el flujo máximo proveniente de la Quebrada Delicias y la Quebrada La Esperanza hayan pasado, para que el nuevo canal pueda desviar el caudal a la Quebrada Runichanga. Sin embargo, se necesitarían estructuras adicionales para acomodar los caudales y acarreos que puedan llegar con una tempestad con un período de frecuencia de lluvias de 50 y 100 años.

Plan de Mitigación

Toda obra hidráulica se construye para un determinado período de retorno el cual determina el grado de protección que se quiera dar a la estructura. La obra de protección y control de inundaciones son susceptibles de sobrecargarse, desbordarse y provocar inundaciones cuando se produzcan lluvias de intensidades altas y que superen a aquellas consideradas en el período de retorno adoptado, sin embargo gracias a estas obras de protección los eventuales desbordamientos o inundaciones habrán sido mitigados.

Debido a las ventajas de protección contra inundaciones que se pueden obtener construyendo estructuras de retención en la Quebrada Yacupugru, y debido a que estas estructuras contribuirán a retener los flujos de lodo que puedan ocurrir, se recomienda dos ó tres estructuras de retención en esta área. Las estructuras recomendadas serán de hormigón armado y tendrán una altura de 15 a 20 metros. Debido a que el volumen de almacenamiento al fondo de la represa aumenta rápidamente según aumenta la altura, se debe construir la estructura a la mayor altura permitida por las condiciones geológicas del lugar y considerando las restricciones económicas. Se deben considerar más de dos estructuras si la protección adicional que brindarían justifican el costo adicional. El número óptimo de estructuras, su ubicación y tamaño, vertederos y salidas no han sido determinadas en esta fase del estudio. Estos factores serán considerados en más detalle en la etapa de diseño.

Considerando que ni aun con las mejoras recomendadas, el nuevo canal de desagüe tendrá la capacidad para transportar los caudales máximos de inundaciones, como los caudales de una lluvia con períodos de retorno de 50 y 100 años, se recomienda la construcción de un canal de aliviadero. Este canal de aliviadero debe ubicarse al lado del nuevo canal de desagüe para desbordar los caudales excesivos hasta el cauce original de la quebrada debajo del punto de desvío. Este canal de aliviadero prevendrá los daños al canal de desagüe que ocurrirían si no se controla el flujo. El estudio determina que el flujo de diseño para estos canales revestidos de hormigón programados para el desvío de los caudales de las Quebradas La Esperanza y Delicias a la Quebrada Yacupugru no tienen capacidad suficiente para transportar caudales máximos de períodos de frecuencia de más de 10 años. Por esta razón, se considera importante que los caudales de la Quebrada Yacupugru sean controlados con la construcción de obras de retención aguas arriba del canal de desvío. Estas estructuras reducirán las velocidades excesivas del canal, proveerán una capacidad mínima de almacenamiento para realizar una reducción en los flujos máximos (y retardo de las descargas para que no coincidan con los flujos picos de las otras quebradas), así como también para contener arrastres producidos por saturación debido a la alta intensidad o la larga duración de las lluvias.

Estas estructuras propuestas estarán ubicadas en formaciones de rocas estables para prevenir su derrumbe. Se considera necesario las instalaciones de control de arrastre de materiales de la quebrada a una elevación de 3220 metros y otra aguas abajo en el cauce a una elevación de 3085 metros. Otra instalación de control de disipación de energía debe ser considerada a una elevación de 3380 metros para reducir la velocidad de caudal aguas arriba de las estructuras de control de arrastres de sólidos.

Se han detallado las obras propuestas de una manera muy preliminar usando los mapas disponibles y sin levantamientos adicionales de campo. El objetivo es el de suministrar un diseño conceptual de estas obras que permita estimar el costo aproximado, y así establecer la viabilidad del proyecto propuesto. Por lo tanto, los diseños conceptuales que se han

Control de la Erosion y Esgurrimiento de las Laderas del Pichincha

CUADRO 1

DATOS DE LAS ESTRUCTURAS DE CONTROL BAJO CONSIDERACION

Control de Arrastres a una Elevación de 3085 metros

Nivel Superior	3104	Nivel del Aliviadero	3102
Nivel de la Base	3084	Largo del Aliviadero	20 m
Largo de la Estructura	44 m	Altura del Aliviadero	18 m
Altura de la Estructura	20 m	Volumen de Almacenamiento	9400 m ³

Control de Arrastres a una Elevación de 3220 metros

Nivel Superior	3240	Nivel del Aliviadero	3238 m
Nivel de la Base	3281	Largo del Aliviadero	20 m
Largo de la Estructura	80 m	Altura del Aliviadero	22 m
Altura de la Estructura	22 m	Volumen de Almacenamiento	20000 m ³

Disipación de Energía a una Elevación de 3380 metros

Nivel Superior	3390	Nivel del Aliviadero	3388 m
Nivel de la Base	3378	largo del Aliviadero	15 m
Largo de la Estructura	41 m	Altura del Aliviadero	10 m
Altura de la Estructura	12 m	Volumen de Almacenamiento	1200 m ³

logrado tienen que definirse una vez que se haya determinado su ubicación, detalles y dimensiones con la información de investigaciones que serán parte de la fase del diseño final. Un resumen de los datos importantes de los diseños conceptuales se presentan en el Cuadro No. 1.

Estimados de Costo

Los costos unitarios de construcción preparados para esta fase de los estudios se han basado en los precios unitarios actuales de materiales, así como en los salarios o jornales vigentes para el componente de la mano de obra y la magnitud de las obras civiles que se recomienda implementar para controlar el escurrimiento previsto en la Quebrada Yacupugru. En base a los precios de materiales se estiman los costos unitarios para establecer un costo preliminar de cada obra y en base a las cantidades estimadas se definen los costos preliminares de construcción presentados a continuación:

<u>Obra</u>	<u>Nivel</u> (m)	<u>Volumen</u> (m3)	<u>Costo estimado</u>
Control de Arrastres	3085	9400	S/. 78'000.000
Control de Arrastres	3220	20000	138'000.000
Disipación de Energía	3380	1200	55'200.000

Los costos preliminares estimados de las estructuras de control están basados en los precios de mayo 1985. Las obras recomendadas suman un costo total estimado de S/. 271'200.000 (US\$ 2,260,000).

El Resumen del Estudio de la Quebrada Yacupugru sirve como resumen ejecutivo y por esta razón no incluye los resultados del estudio en mas detalle. Consulte el Informe Final para información adicional y detallada.