

**MUNICIPALIDAD DE SANTA ANA
DESIZAMIENTO ALTO TAPEZCO**

ESTUDIO GEOTECNICO

**PROPUESTAS PARA REDUCCION DEL
RIESGO Y SISTEMAS DE CONTROL**

PRESENTAN:

**ING. GASTON LAPORTE MOLINA
ING. SERGIO SAENZ AGUILAR**

NOVIEMBRE, 1992

San José, 5 de Noviembre de 1992

Señores
Comisión de Emergencia
Municipalidad de Santa Ana
Presente

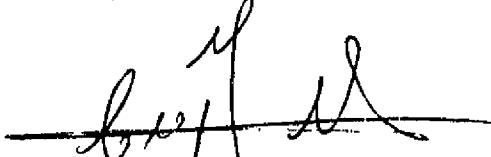
Estimados señores:

De acuerdo a los términos de referencia del contrato suscrito entre las partes, procedimos a realizar los estudios geotécnicos del deslizamiento en el Cerro Tapezco, necesarios para evaluación del riesgo y definir soluciones para su mitigación. Adjunto se presenta el informe final que incluye el detalle del trabajo realizado, así como las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

Se destaca que el trabajo de campo, análisis y diseño geotécnico fue desarrollado por los ingenieros Gastón Laporte Molina y Sergio Sáenz Aguilar, con el apoyo del geólogo Fernando Molina.

Quedando a sus órdenes para aclarar o ampliar cualquier aspecto expuesto en el informe.

Atentamente



Ing. Sergio Sáenz Aguilar



Ing. Gastón Laporte Molina

cc. Archivo

CONTENIDO

Carta de Presentación

I- Antecedentes.

II- Marco Geológico.

2.1 Geología Regional.

2.2 Geología Local.

III- Caracterización del deslizamiento.

3.1 Morfología.

3.2 Mecánica del deslizamiento.

3.3 Análisis de Estabilidad.

IV- Influencia de la lluvias en la estabilidad del Cerro.

4.1 Objetivos.

4.2 Lluvias que provocan deslizamientos.

4.3 Alertas por lluvias en el Cerro Tapezco.

V- Evaluación del Riesgo y Vulnerabilidad.

VI- Alternativas de Solución

6.1 Obras en el cauce del Río Uruca.

6.2 Estabilización del Deslizamiento.

VII- Instrumentación de Control y Sistemas de Alarma.

7.1 Control del avance del movimiento

7.2 Sistemas de alarma Contralluvia.

7.3 Control del caudal del Río Uruca.

VIII- Conclusiones y Recomendaciones.

IX- Referencias.

ANEXOS

- Memoria de cálculo de Volúmenes y Costos.
- Control Topográfico.
- Referencias a Nivel Internacional
- Fotografías

I- ANTECEDENTES

Desde hace varios años ha existido la inquietud por parte de la Municipalidad de Santa Ana, de definir el grado de riesgo que significa el deslizamiento del Alto de Tapezco, así como la posibilidad de solucionar o reducir este riesgo.

Dentro de los avances o gestiones realizados en ese sentido se pueden mencionar entre otros, un seminario sobre el deslizamiento (set. 1986), tesis Ing. Rodolfo Ureña (Dic. 1983), trabajos de estudiantes Esc. Geología UCR, trabajos del Dr. Sergio Mora, trabajos del ICE (Depto. Geología) y finalmente la tesis del Geol. Fernando Molina. Ante este marco de referencia la Municipalidad, decidió efectuar una contratación para realizar estudios geotécnicos tendientes principalmente a buscar soluciones para resolver el problema o en su defecto, mitigar el impacto en la zona.

A través del tiempo, ha quedado demostrado que el valle por donde fluye el Río Uruca, se ha visto afectado por avenidas de materiales, producto de los derrumbes que ocurren en la falda superior del Cerro Tapezco. Estudios comparativos de la evolución del fenómeno (F. Molina 1990), muestran el rápido incremento de la zona inestable, destacándose en épocas recientes el efecto producido por los huracanes Gilbert (Set 1988) y Joan (Oct 1988), condiciones que pueden repetirse con una alta probabilidad, y hacen evidente la necesidad de tomar las medidas pertinentes para evitar tragedias tanto de pérdidas de vidas como de recursos

materiales.

Se destaca que los objetivos principales del presente estudio, de acuerdo a los términos de referencia del contrato, se plantean para la búsqueda de soluciones realistas y definición en la medida de lo posible, del riesgo que significa el deslizamiento. Se ha supuesto que estos estudios se basan en los trabajos anteriores, en lo referente a meteorología, control topográfico, perforaciones, resultados de laboratorio, geofísica y geología. Cualquier información complementaria para el análisis de soluciones y riesgo, se generaría dentro de los términos del mismo estudio, siempre y cuando no significaran estudios globales, exhaustivos o detallados, imposibles de realizar dentro de los recursos disponibles para esta contratación.

II- MARCO GEOLOGICO

2.1 Geología Regional

En el área de estudio y alrededores se han distinguido dos formaciones geológicas que se mencionan a continuación:

2.1.1 Pacacua:

Definida por Castillo (1969) como una secuencia constituida por conglomerados brechosos y areniscas conglomeráticas, areniscas y limonitas, de origen tobáceo, con un espesor total superior a 1148m, en la sección Tipo ubicado en el Flanco norte del Cerro Pacacua.

Rivier (1979), subdivide esta formación en dos unidades: Unidad Inferior: le asigna un espesor de 1200m., está constituida por material volcano-sedimentario de ambiente costanero.

Unidad Superior: constituida por una serie marina, afectada en la mayoría de los afloramientos por metamorfismo de contacto producido por el Intrusivo de Escazú.

2.1.2 Intrusivo del Escazú

Castillo (1969), le da el nombre de Intrusivo de Escazú al cuerpo ígneo expuesto en los Cerros de Escazú que intruye las rocas sedimentarias del Terciario generando un fuerte metamorfismo de contacto.

Según Rivier (1979), los Cerros de Escazú forman el último cuerpo plutónico en el extremo noroeste de la Cordillera de Talamanca.

2.2 Geología Local

Los materiales predominantes y sobre los que se ha desarrollado el deslizamiento, pertenecen a la Formación Pacacua. Con base en la división hecha por Rivier (1979) corresponde a la unidad inferior.

En este lugar es difícil describir y caracterizar las rocas, debido a su intensa meteorización y alteración. De una misma litología resultan materiales con diferentes características de color, textura y propiedades mecánicas diversas.

A continuación se da una descripción general de los materiales que constituyen el perfil del suelo en el área del deslizamiento.

2.2.1 Parte inferior

Esta constituido por una intercalación de material clástico, entre los que se pueden diferenciar, brechas de cemento silíceo, areniscas tobáceas, areniscas silíceas de diferentes granulometrías y conglomerados.

Esta secuencia presenta buenas condiciones físico-mecánicas y no muestra evidencia de movimiento. En el cañón formado por la quebrada Peter en el pie del deslizamiento es posible observar su parte inferior

constituída por estas rocas que mantienen cortes verticales sin presentar derrumbes o inestabilidad. La secuencia litológica mencionada, en algunos lugares se encuentra sobreyacida de manera discordante por una arenisca guijarrosa, de color amarillo con un porcentaje alto de matriz arcillosa, poniendo en evidencia el movimiento de un material sobre otro. El contacto superior de este horizonte puede ser fácilmente observado en la parte más baja del deslizamiento en que se concentran las aguas que caen en cascada hacia la Quebrada Peter.

2.2.2 Parte media del perfil de suelos.

Los materiales pertenecientes a la parte media del deslizamiento presentan características, debidas a la alteración hidrotermal, continuación se mencionan los materiales litológicos observados: arenisca silícea recristalizada, color gris verdoso (recibe el nombre de epidotita), tobas muy porosas de grano fino intercaladas con areniscas gravosas de matriz arcillosa, intercalaciones de lutitas y areniscas finas que en algunos sectores son transformadas por la alteración en arcilla de color crema, por último se tiene un material tobáceo de color morado muy deleznable. Todos estos materiales presentan vetas de ceolita, calcita y cuarzo lechoso en menor proporción.

Es obvio que los materiales descritos anteriormente

fueron afectados por fluidos hidrotermales, que aprovecharon planos de debilidad, como los de estratificación y fallamientos, contribuyendo a la alteración de las rocas.

La anterior reflexión se apoya en la presencia de:

-Epidotita cuyo origen se debe a alteración hidrotermal.

-Vetas de ceolita y calcita en cantidades considerables y en menor proporción de cuarzo lechoso.

-Material de color morado, que constituye bolsas, típico de la influencia de fluidos hidrotermales sobre rocas que contengan mucho vidrio volcánico.

2.2.3 Parte superior del deslizamiento.

El tipo y características de los materiales presentes en las capas muy superficiales, pueden ser fácilmente observados en las cicatrices del deslizamiento provocadas por los huracanes Gilbert y Joan; así como por los resultados de los sondeos existentes. Se concluye así que las primeras capas del perfil del suelo están constituidas por suelos de origen residual, producto de la alteración de las rocas sedimentarias que conforman la parte mediana del deslizamiento (areniscas, lutitas y tobas). De los sondeos realizados se concluye que el espesor de este horizonte varía entre 5.0 y 10.0 metros (Ver hojas de perforación anexas al final de este informe). En las lutitas suele ser notable los sistemas

de pequeñas grietas y fisuras, que se pueden abrir con facilidad por relajación de esfuerzos, desencadenando procesos de meteorización mecánica que pueden ser muy rápidos. En general los perfiles de suelos donde predominan lutitas son más susceptibles a la desintegración mecánica que a la descomposición química, en lo que difieren de la mayoría de las rocas.

Un esquema global del perfil típico del terreno propuesto por Molina (1990) en función de investigaciones de campo y de los resultados de los sondeos realizados por el ICE, se presenta en la figura adjunta .

iii- CARACTERIZACION GEOTECNICA DEL DESLIZAMIENTO

3.1 Morfología

EN UNA VISTA EN PLANTA, el deslizamiento presenta una forma cercana a la elíptica, con su eje mayor orientado en dirección E-W., que alcanza una longitud de 889m y un ancho de 452m. Su forma acusa una actividad por sectores, dando un aspecto escalonado.

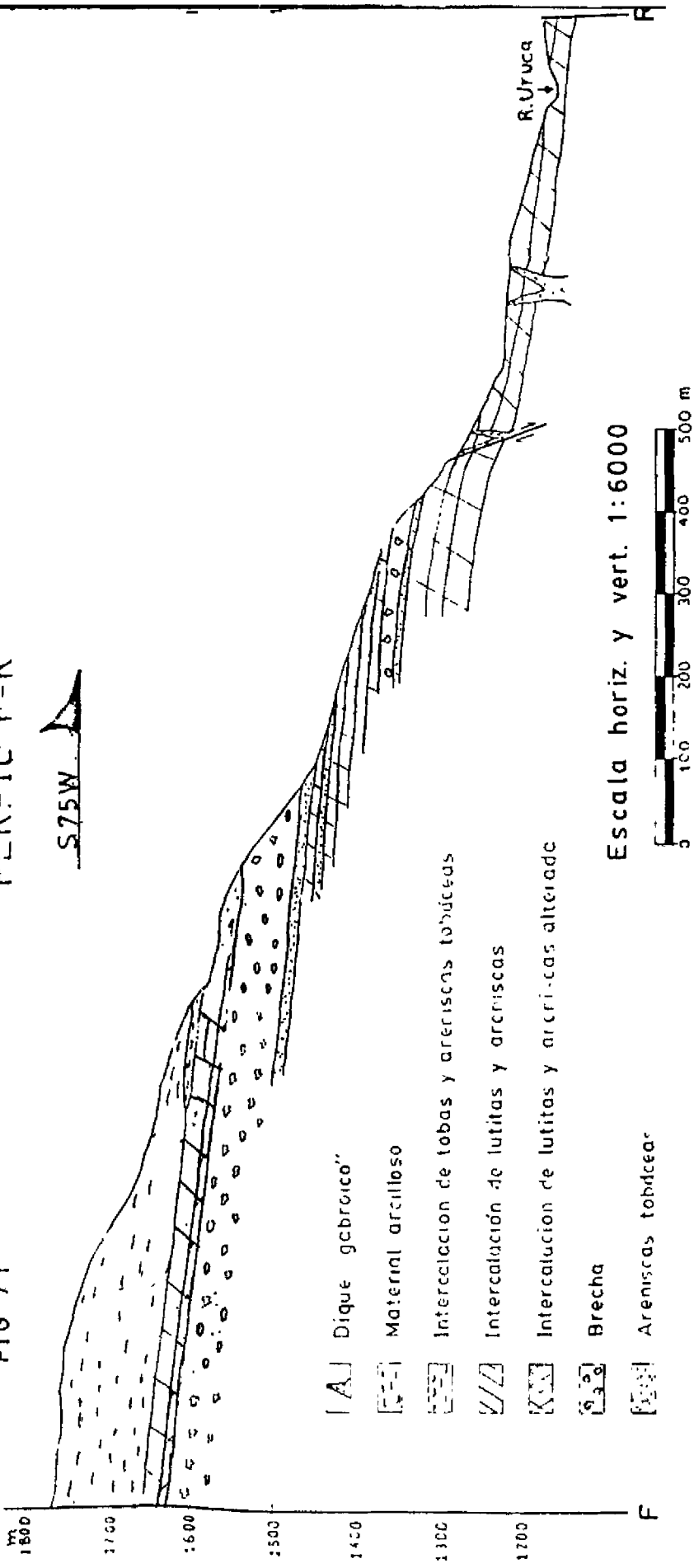
Las elevaciones varían desde 1760msnm en la corona superior y 1500msnm en su base, que se encuentra aflorando a unos 350m sobre el nivel del río Uruca. Por esto, se le denomina como un deslizamiento "colgante", cuyo movimiento se encuentra a favor del buzamiento de los materiales sedimentarios subyacentes.

Molina (1990) realizó un análisis de interpretación de fotografías aéreas donde muestra el avance del área inestable en el período comprendido entre 1945 y 1989. El estado último del deslizamiento al final de dicha secuencia se presenta en las figuras adjuntas. Mediante trabajos de campo este mismo autor subdividió el área inestable en 7 bloques, de acuerdo a los vectores de movimiento típicos de cada uno (ver figura adjunta). Concluyó también que se trata de un movimiento compuesto; rotacional en la parte más alta y traslacional en la base. Menciona también que las partes más altas de suelo residual se inestabilizan fácilmente y producen un efecto de empuje desestabilizador en las partes más bajas. Todo ello favorecidos por la presencia de un nivel de aguas freáticas

FIG 71

PERFIL F-R

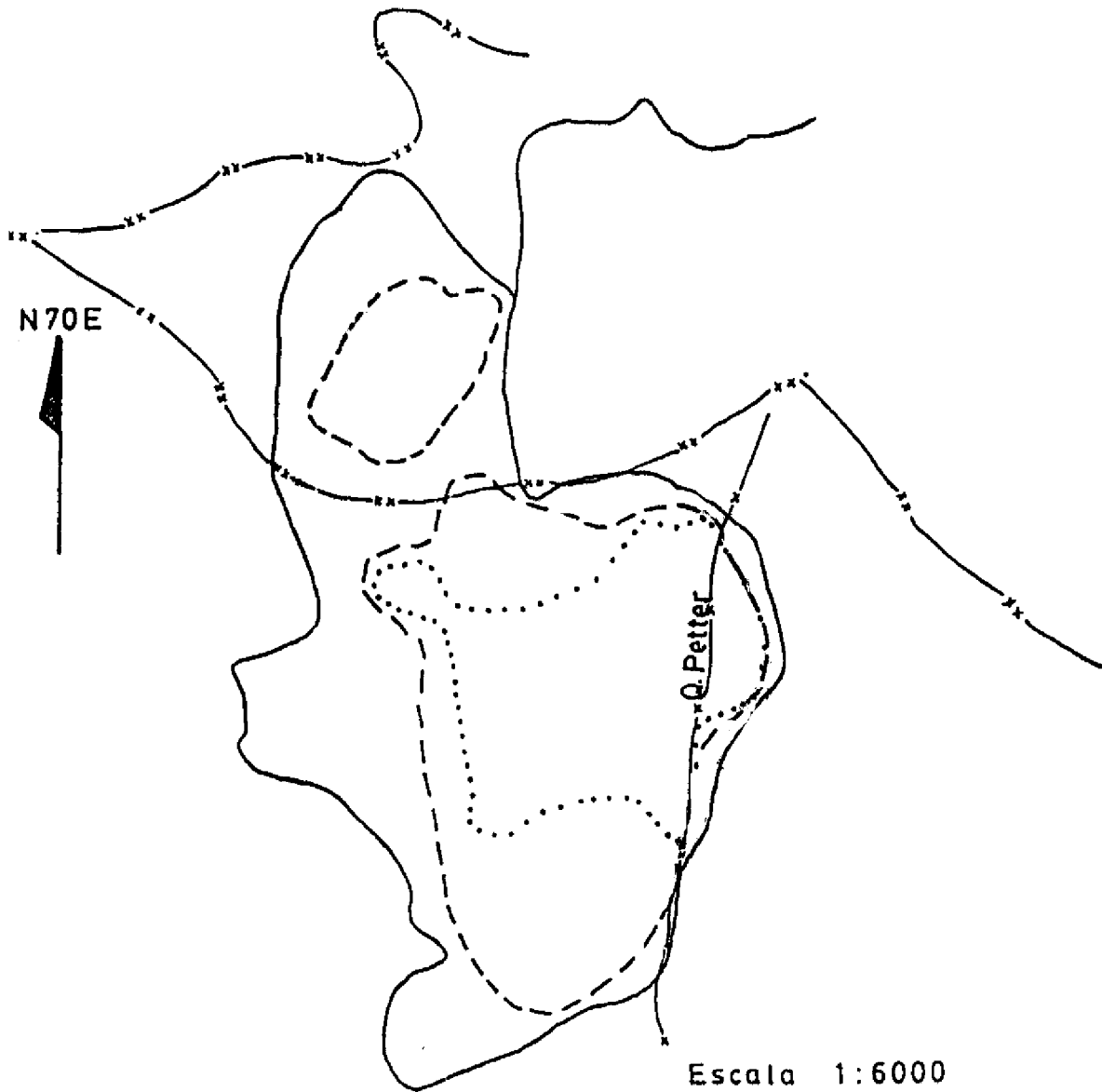
S75W



Tomado de Ref. N°10

F. Molina

Crecimiento del Deslizamiento Alto de Tapezco



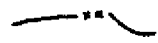
Deslizamiento activo 1945



Deslizamiento activo 1965



Deslizamiento activo 1989



Camino

Escala 1:6000

Tomado de Ref. 10



AÑO 1989 - ESCALA APROX. 1: 20 000

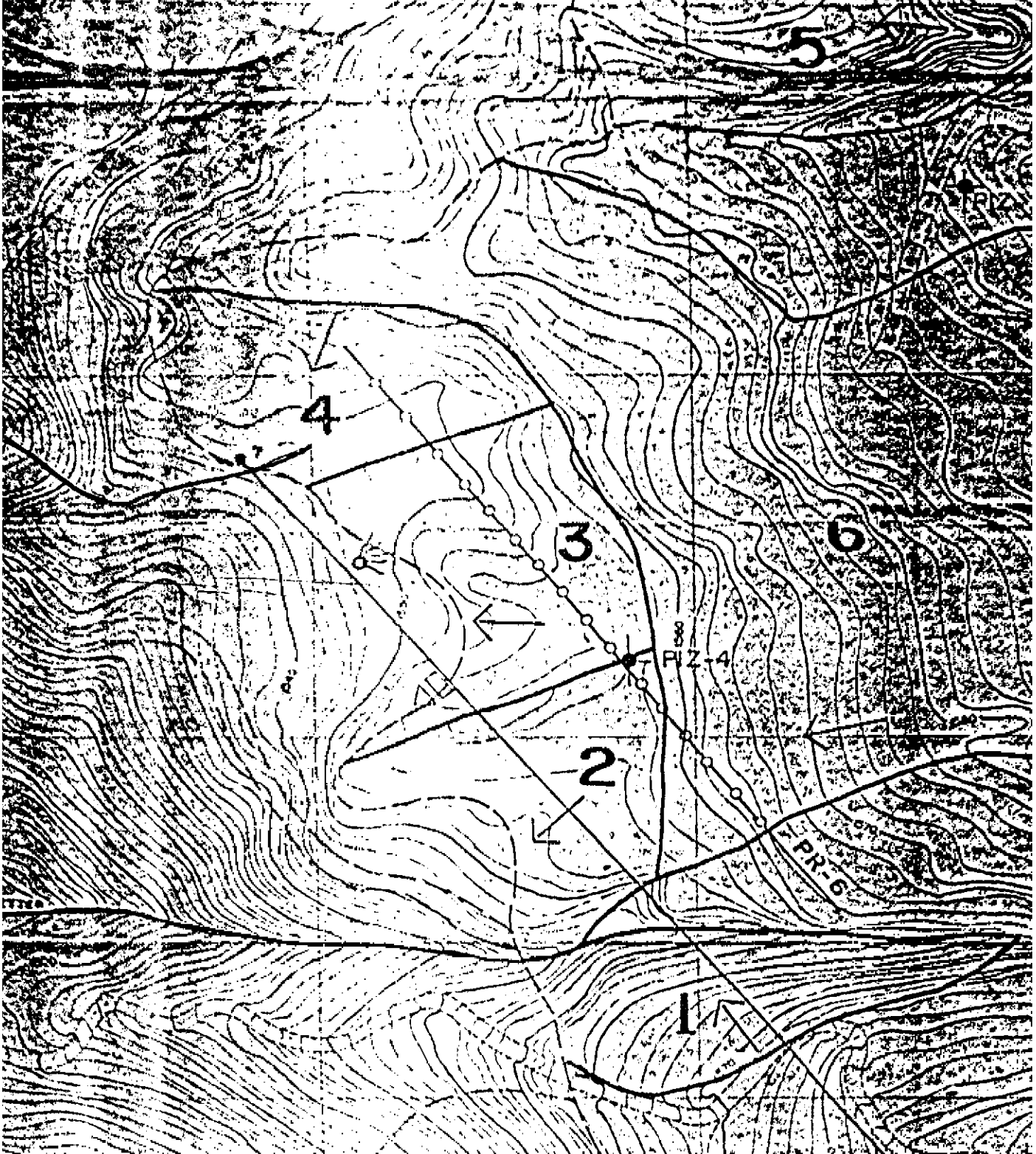
SIMBOLOGIA

	DESLIZAMIENTO
	ARBOLEDAS
	ESCOMBROS
	CICATRIZ
	REPTACION Y EROSION INTENSA
	DIRECC. DE MOVIMIENTO
	DIVISORIA
	RIO Y QUEBRADAS
	CAMINO
	PUNTO DE REFERENCIA

Tomado de Ref. 10



Planta de Movimiento de
Bloques Deslizantes
(F. Molina - 1990) Red. 10



relativamente someras (Ver figura adjunta)

Por medio de las perforaciones, perfiles geoléctricos y lá última medida hecha en el campo por H. Taylor y M. Taylor (1989) que registró una extensión de 25.8ha., se ha estimado que el volumen total de terreno desestabilizado es de 12.9 millones de metros cúbicos. Sin embargo, es poco probable que todo este material presente un movimiento súbito y simultáneo. No obstante, a partir de ello, cuanto menor sea el volumen considerado, mayor será su posibilidad de desprendimiento. En términos generales el deslizamiento a la fecha es poco predecible por depender en buena manera de los factores sísmicos y meteóricos externos. Sin embargo, se sabe que existen periodos en los cuales el deslizamiento se encuentra en equilibrio temporal, que pueden ser interrumpidos por un sismo que genere la aceleración necesaria al suelo, o fenómenos que produzcan precipitaciones de lluvias intensas, estimulando así movimientos súbitos. Considerando lo anterior se pueden dar desprendimientos de dos tipos:

- "Flujos de lodo o escombros", fenómeno que se presentó durante las lluvias provocadas por los huracanes Gilbert y Joan en 1988.

- Las partes altas del deslizamiento generan un efecto de empuje desestabilizador sobre las partes bajas provocando desprendimientos en el frente del deslizamiento.

Es importante hacer énfasis en que, la actividad sísmica acaecida entre 1990 y 1991 ha generado cambios importantes en

el frente del deslizamiento, mostrando hoy día una estabilidad más precaria.

Al frente del deslizamiento se le ha estimado un volumen de material inestable de alrededor de 2 millones de metros cúbicos, el cual representa la mayor amenaza, especialmente si parte de este material llegá a caer sobre la quebrada Petter o Tapezco.

Se estima que solo del frente del deslizamiento, que es la parte más inestable, alrededor de 700 mil m³ pueden alcanzar el lecho de la quebrada Petter y a la quebrada Tapezco un volumen cercano a los 1.2 millones de m³. En ambos casos suficientes para generar problemas aguas abajo.

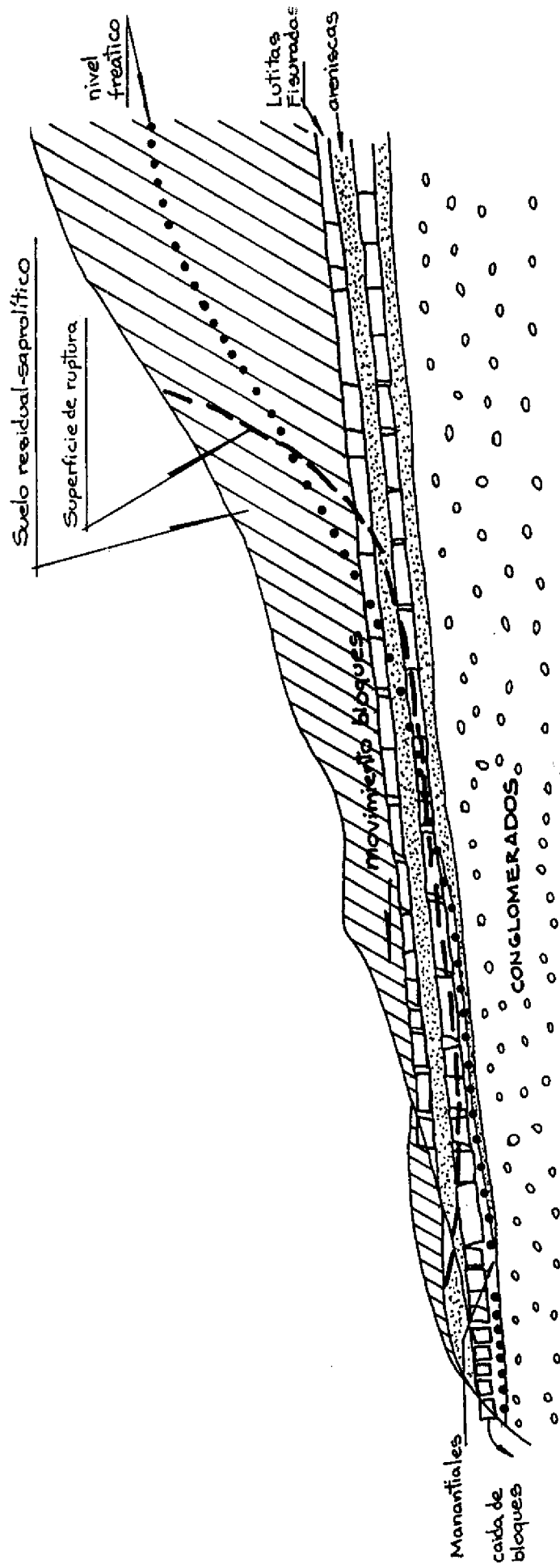
3.2 Mecánica del deslizamiento

Desde las primeras etapas de estudio del Cerro Tapezco han surgido varios modelos de inestabilidad, cuya concepción lógica se ha ido mejorando en función del avance paulatino de las investigaciones. Al principio se habló de una falla rotacional de grandes dimensiones. Mas tarde en vista de los afloramientos de brechas volcánicas con buzamiento desfavorable observados en la base del derrumbe, se pensó que se trataba más bien de un movimiento traslacional de las lutitas y areniscas alteradas sobre ese contacto. Finalmente y a partir de los resultados de los sondeos realizados por el ICE y de trabajos de campo, el geólogo Molina plantea una hipótesis muy razonable de un movimiento compuesto, como se ha mencionado anteriormente; es decir traslacional en la base

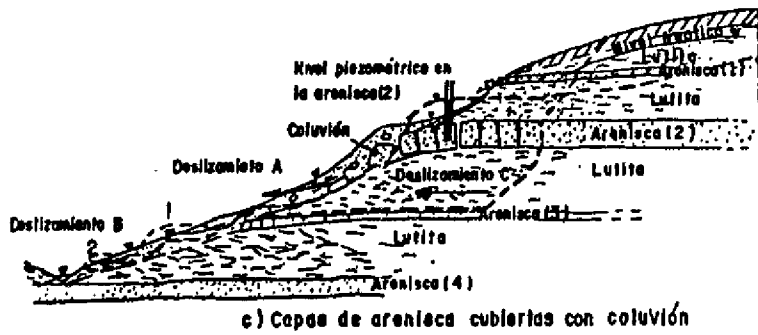
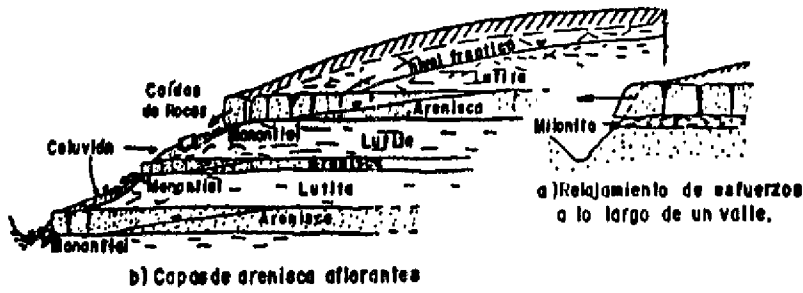
y rotacional en la parte superior. No obstante dicho autor no deja claro el mecanismo propio del proceso de inestabilidad. Para el área más afectada, definida por el eje mayor de la elipse, los autores de este trabajo concuerdan plenamente con que se trata de un movimiento compuesto. Sin embargo se difiere en la concepción planteada de que los derrumbes en la parte superior inestabilizan las partes más bajas del deslizamiento. Se considera más bien que los efectos de inestabilidad se inician desde la parte inferior (movimiento traslacional); y son estos los que motivan el desprendimiento de las masas de suelo residual de las partes más altas (movimientos rotacionales).

La anterior argumentación se fundamenta en un mecanismo típico de inestabilidad como el que se presenta en figura adjunta. La secuencia de lutitas estratificadas con areniscas constituyen un caso especial de estructura geológica, que por su frecuencia tiene particular interés en muchos problemas relacionados con deslizamientos en suelos residuales. Las areniscas son muchas veces más firmes que las lutitas pero son también mucho más permeables y permite la difusión del agua de filtración. Tal situación sumada a la presencia de un nivel freático alto y a la fisuración de la lutita por relajación de esfuerzos, produce erosiones en las capas de areniscas y movimientos de los bloques de lutita (ver figura adjunta). Esto genera un movimiento típicamente progresivo y traslacional en la parte baja; altamente sensible a las variaciones del nivel freático y consecuentemente a los

MODELO TIPOICO DE INESTABILIDAD CERRO TAPEZCO



- Nota:
- 1- Litología tomada de Ref. N° 10
 - 2- Modelo del deslizamiento interpretado por Saenz-Laporte.



Perfiles de meteorización típicos y problemas de estabilidad en lutitas interestratificadas con arenisca.

Ref. N° 15

periodos de lluvia intensa. La pérdida de apoyo de la base de la ladera produce obviamente movimientos rotacionales de las capas de suelo residual que conforman actualmente la parte superior del deslizamiento.

La presencia de un nivel freático alto en las capas superiores de suelo residual se ve favorecido por acumulaciones de detritos (suelo residual más bloques) en la parte baja del deslizamiento, que impiden el drenaje libre del agua através de las capas de areniscas. Esto produce subpresiones importantes en las capas de arenisca y consecuentemente deslizamiento de pequeños bloques de lutita.

Tales subpresiones son especialmente importantes al final de periodos lluviosos donde el nivel freático se encuentra bastante superficial.

El modelo de inestabilidad propuesto se fundamenta en varias visitas de inspección realizadas al sitio donde se observan los afloramientos de manantiales através de las capas de areniscas, que se encuentran confinadas entre el suelo residual y los conglomerados de base. Tal proceso como se ha insistido es progresivo y se detendrá solamente hasta que el conglomerado quede expuesto, a menos que se realicen obras de estabilización como las que mencionan, más adelante.

Los deslizamientos más superficiales en la parte alta del deslizamiento se atribuyen también a la pérdida de la succión del suelo, ocasionada por la infiltración del agua de lluvia. Este efecto es reconocido actualmente como causa principal de la inestabilidad de laderas en suelos

residuales. El hecho de que estos deslizamientos ocurran durante periodos de lluvia intensa es bastante congruente con la teoria de pérdida de succión; dado que esta disminuye con el grado de saturación en el suelo. Así la época más crítica de estabilidad coincide precisamente con el final de periodos lluviosos donde la infiltración paulatina del agua aumenta gradualmente la conductividad hidraulica del suelo. De esta manera una lluvia fuerte que ocurra cuando el suelo se encuentre muy húmedo puede producir un avance rápido del frente de saturación y una pérdida de succión que origina el deslizamiento.

Todo lo anterior deja claro que el riesgo de desprendimientos importantes, que puedan bloquear el Río Uruca es alto. El movimiento se produce gradualmente; no obstante el volumen de material deslizado de mayor riesgo puede ocurrir principalmente durante un sismo, a finales de periodos de lluvia intensa o bajo una combinación de ambos efectos.

3.3 Análisis de estabilidad.

Para el caso analizado no se hace necesario realizar estudios de estabilidad, dado que el objetivo de los mismos sería definir si los taludes son estables o no. Tal cuestionamiento resulta redundante en vista de que es obvio que se está en presencia de un deslizamiento activo.

No obstante si en el futuro y por rigor académico se desearan efectuar estos estudios, se recomienda tomar en

consideración los siguientes aspectos.

- 1- La componente principal del deslizamiento es traslacional a lo largo del contacto entre capas alternadas de lutitas y areniscas. Este desplazamiento produce descompresiones del suelo en la parte alta del deslizamiento que produce fallas rotacionales progresivas en las capas de suelo residual.
- 2- Para el análisis del movimiento general se deberá tomar en cuenta que el desplazamiento traslacional produce grietas de tracción profundas en las capas de suelo residual. Por este motivo no se deberá considerar la resistencia al corte en la zona decomprimida por las grietas de tracción.
- 3- Para el análisis de estabilidad el movimiento traslacional se deberá considerar la resistencia residual de las lutitas en el contacto con las areniscas. Esta observación es de vital importancia dado que el plano de ruptura a lo largo de ese contacto constituye alrededor de un 80% de la superficie de ruptura total.
- 4- El problema de estabilidad del cerro Tapezco debe analizarse bajo la condición de esfuerzos efectivos. Desde este punto de vista deben considerarse los efectos de subpresión en las capas de areniscas motivados por taponamientos del drenaje en la base del deslizamiento; producto de los mismos derrumbes de las capas de suelo residual.

5- En el estudio de los deslizamientos rotacionales en la parte superior de la zona inestable, se deberán considerar en los cálculos de estabilidad, el efecto de la pérdida de la succión del suelo, producida por la infiltración del agua de lluvia.

En realidad puede decirse que para el estudio del Cerro Tapezco, solamente existen los análisis de estabilidad realizados por el geólogo Fernando Molina. No obstante, aunque tales estudios constituyen un aporte valioso al conocimiento del problema, los autores consideran que los resultados son poco realistas por las siguientes razones:

a-Se analizó la estabilidad en términos de esfuerzos totales.

b-Concepción errónea de la mecánica del deslizamiento, dado que la superficie de ruptura crítica es poco realista (forma muy irregular no acorde al movimiento traslacional en la parte inferior).

c-Se manejan con poco criterio los parámetros de resistencia del material, es decir se trabaja combinando parámetros

(cohesión-fricción) poco realistas. No se considera por ejemplo la resistencia residual de las capas de lutitas y areniscas; que como se indicó anteriormente constituye la principal componente del deslizamiento.

Los autores del presente trabajo sugiere que para efectuar análisis de estabilidad, realista y acorde a la mecánica del deslizamiento es necesario realizar pruebas especiales de laboratorio para determinar la resistencia residual de las lutitas (corte directo y triaxial a altas deformaciones), y también pruebas triaxiales en muestras no saturadas de los perfiles de suelo residual.

IV- INFLUENCIA DE LAS LLUVIAS EN LA ESTABILIDAD DEL CERRO

4.1 Objetivo.

Se sabe con certeza que el efecto de las lluvias es una de las causas importantes de la inestabilidad del Cerro Tapezco.

Se pretende en este capítulo estudiar las intensidades de lluvias que podrían producir deslizamientos importantes del cerro. En función de tales intensidades se proponen sistemas de alerta a los vecinos de Matinilla, Salitral y Santa Ana.

4.2 Lluvias que provocan deslizamientos.

Corta Nunes y Vargas (1982) basados en la experiencia Brasileña de deslizamientos de taludes naturales en suelos residuales, recomiendan valores críticos entre 40mm/hora y 50m/hora en 15 minutos, como intensidades de lluvia peligrosas para las que se recomienda el cierre de carreteras. Para el área de Hong Kong, Brand (1984) sugiere un límite máximo de 70mm/hora como límite encima del cual los deslizamientos pueden ocurrir. Vauglan (1985) describiendo las lluvias que producen deslizamientos en Japón, indica que éstos ocurren para intensidades de cerca de 65mm/hora en el periodo más crítico.

Guidecini e Iwasa (1976) analizando las relaciones entre intensidad de lluvia diaria y deslizamientos, para varias regiones de Brasil, concluye que la ocurrencia de gran

cantidad de deslizamientos está normalmente asociado con intensidades mayores a 150mm en 24 horas.

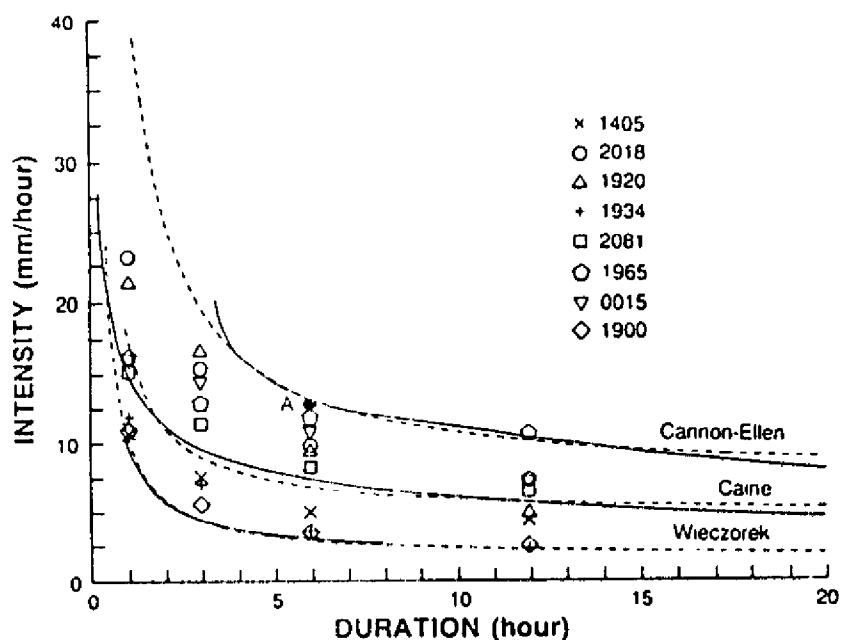
A lo largo de las autopistas de la costa Japonesa YOSHIMATSU (1990) menciona que se accionen sistemas de alarma cuando la precipitación diaria acumulada alcanza un valor de 140mm.

Wieczorek et al (1990) con base en correlaciones estadísticas entre lluvias monitoreadas con pluviógrafos y deslizamientos, establecen relaciones entre la intensidad y la duración de la tormenta que puede producir los deslizamientos (Ver figura adjunta). De lo mismo puede observarse que lluvias de corta duración requieren de altas intensidades para disparar deslizamientos; en tanto que lluvias de larga duración requieren de intensidades más bajas para ese mismo propósito.

Sin embargo la ocurrencia de lluvias con intensidades suficientes para producir deslizamientos esta íntimamente ligada a las condiciones de pre-saturación del suelo, o sea, a los niveles de humedad que el terreno se encontraba en el momento de la lluvia crítica. En otras palabras, cuanto más húmedo el suelo, más rápidamente ocurre la saturación en superficie y con mayor velocidad el frente de saturación puede avanzar a través del suelo. Al contrario, cuanto más seco el suelo, más difícil será la ocurrencia de las condiciones que puedan producir un deslizamiento.

Evidentemente las condiciones de humedad previa del suelo son gobernadas por la lluvia precedente a cada evento.

DESLIZAMIENTOS VRS. INTENSIDAD DE LLUVIA

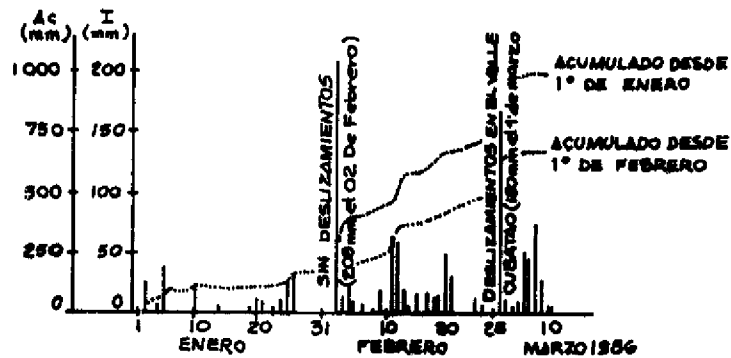


Intensidad de lluvias y duración de tormentas para inicio de flujos de detritos en taludes susceptibles. La tormenta de Cannon-Ellen es para abundantes deslizamientos en la región de la Bahía de San Francisco. La tormenta de Caine es para deslizamientos eventuales en taludes naturales basados en datos de todo el mundo. La tormenta de Wieczorek es para deslizamientos eventuales cerca de La Honda, California. (Modificado de Keefer et al., 1987).

Ref. N=6

Así es de la acción combinada de lluvia precedente y lluvia intensa de corta o media duración, que ocurre un deslizamiento. En la figura adjunta se presenta un diagrama de pluviometría que ilustra bien esta saturación. En el primer evento de lluvia intensa, 208mm en el día 2 de Febrero de 1986, después de un mes seco no se produjo ningún deslizamiento; en tanto que 180mm el día 1 de mayo, después de un mes muy lluvioso, hubo varios deslizamientos en la región de la autopista Los Inmigrantes (Brasil).

.....



- Indices pluviométricos diarios y acumulados asociados a los deslizamientos del 01/03/86 (Ref. 3)

Guidani e Iwsa concluye sin embargo, que intensidades de lluvia superiores a 250mm/día son capaces de desencadenar movimientos de masas, prácticamente bajo cualquier circunstancia. Tal valor puede verse como un límite superior sobre el cual no cabe duda de que ocurrirán deslizamientos de grandes proporciones.

4.3 Alertas por lluvias en el Cerro Tapezco.

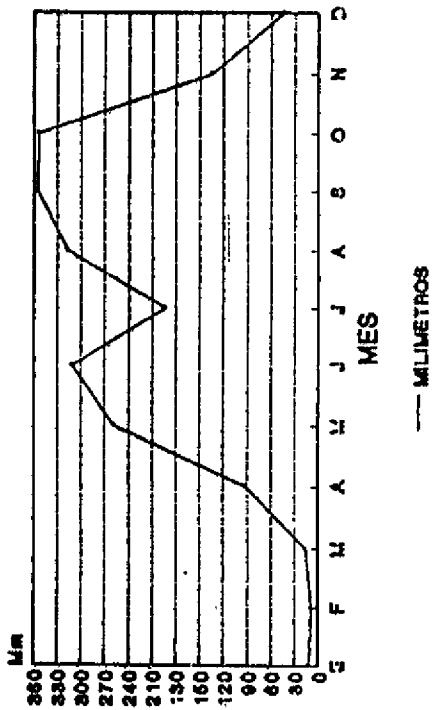
4.3.1 Pluviosidad del área

Los datos mencionados a continuación provienen del "Estudio Climatológico del Cerro Tapezco" realizado por la Lic. Roxana Badilla. Tal como se observa en la figuras adjuntas, bajo condiciones normales de lluvia, existe una disminución de la lluvia a partir de noviembre que se mantiene prácticamente hasta abril (estación seca), a partir de mayo comienza la estación lluviosa que es interrumpida en los meses de Julio y agosto por el veranillo. Posteriormente se presentan los meses lluviosos en setiembre y octubre. Por las razones antes expuestas son estos los meses más críticos en que lluvia de alta intensidad podría producir un deslizamiento importante del cerro.

4.3.2 Lluvias producidas por los Huracanes Joan y Gilbert.

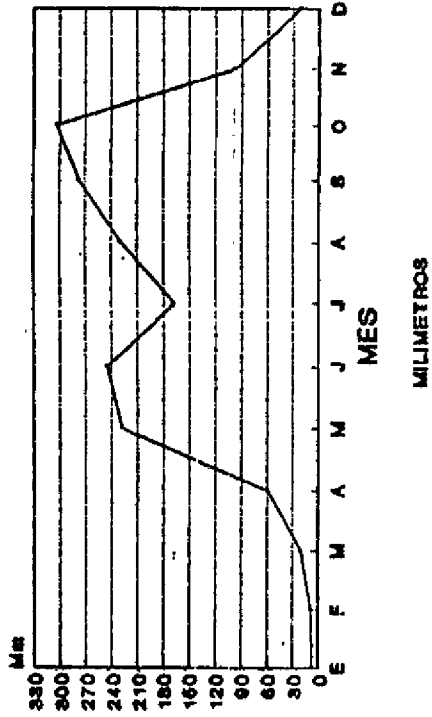
El año de 1988 fue extraordinariamente especial por los

SAN ANTONIO ESCAZU
LLUVIA PROMEDIO MENSUAL



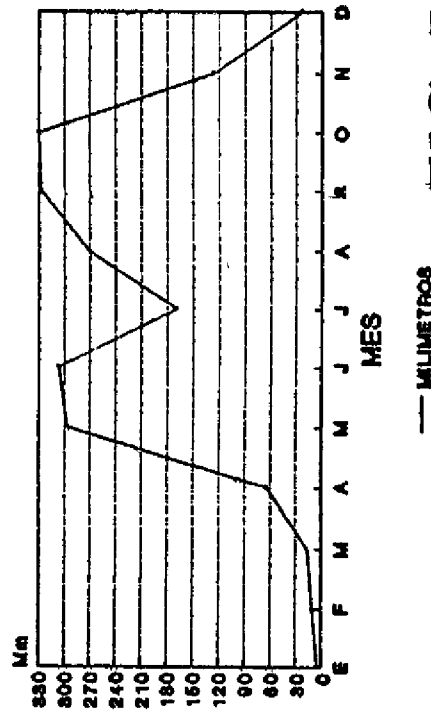
PERIODO 86-88

SALITRAL
LLUVIA PROMEDIO MENSUAL



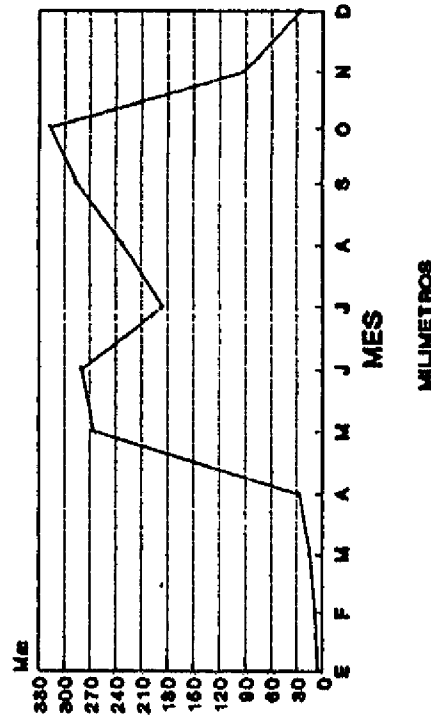
PERIODO 86-88

MATINILLA
LLUVIA PROMEDIO MENSUAL



PERIODO 73-88

CHIVERRAL
LLUVIA PROMEDIO MENSUAL



PERIODO 73-88

FIG 5a

Tomado de Ref. N= A

SANTA ANA
LLUVIA PROMEDIO MENSUAL

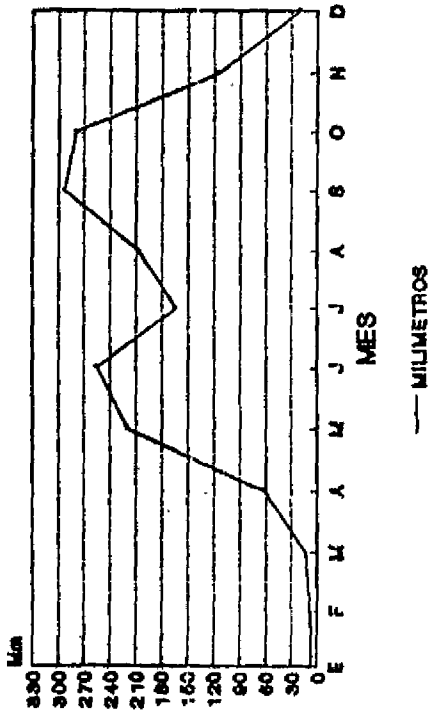


FIG 5b

PERIODO 44-54

CHIVERRAL (H. GILBERT)
LLUVIA DIARIA

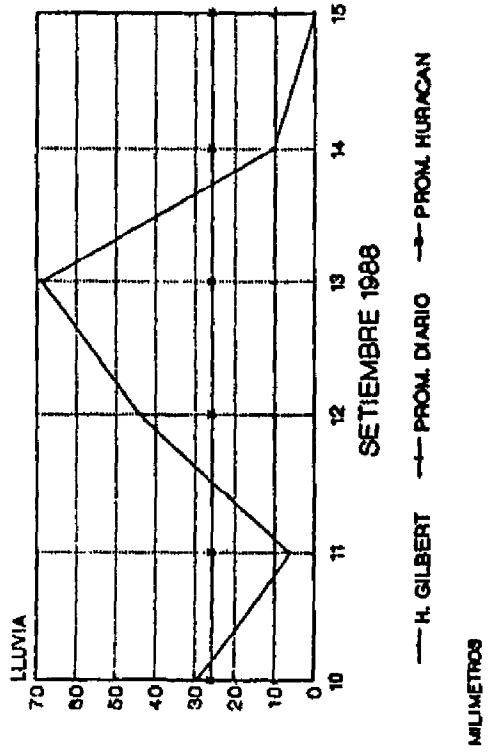
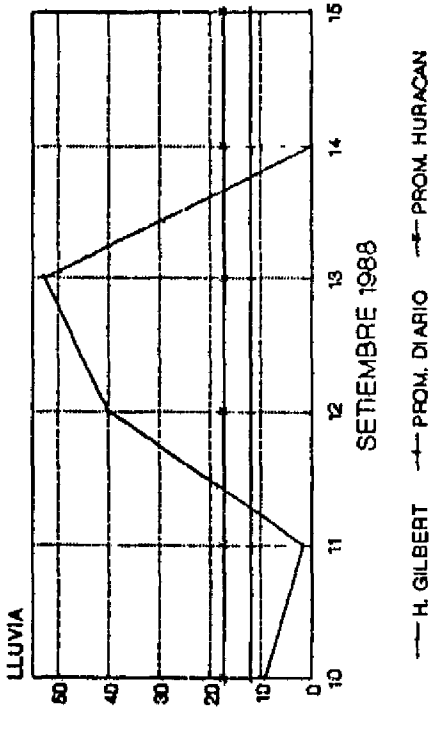


FIG 6a

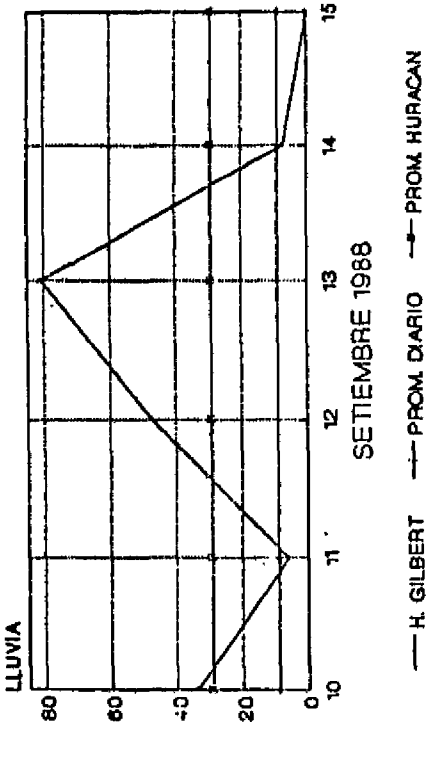
Tomado de Ref. N=1

S. ANT. ESCAZU (H. GILBERT)
LLUVIA DIARIA



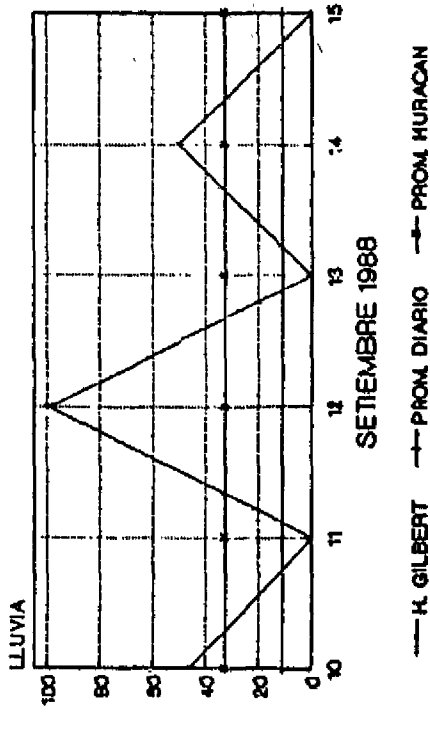
MILIMETROS

SALITRAL (H. GILBERT)
LLUVIA DIARIA



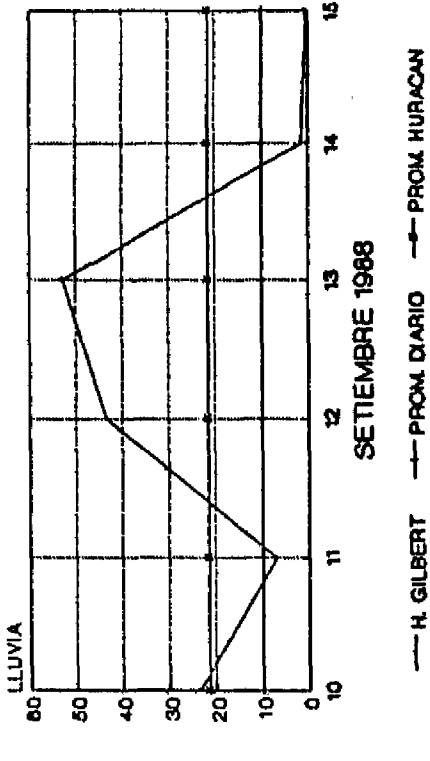
MILIMETROS

MATINILLA (H. GILBERT)
LLUVIA DIARIA



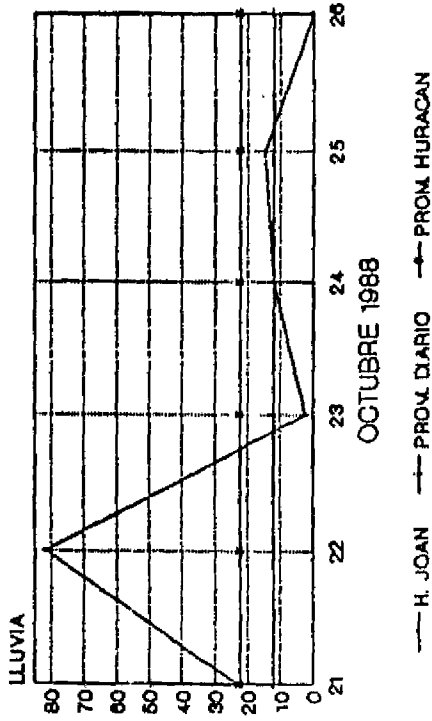
MILIMETROS

SANTA ANA (H. GILBERT)
LLUVIA DIARIA



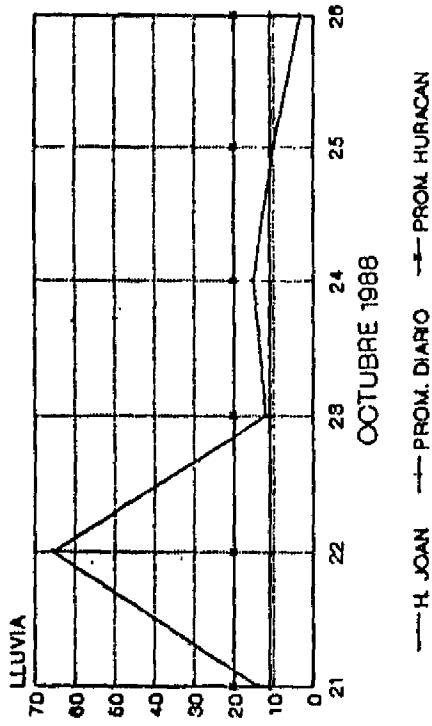
MILIMETROS

SAN ANT. ESCAZU(H.JOAN)
LLUVIA DIARIA



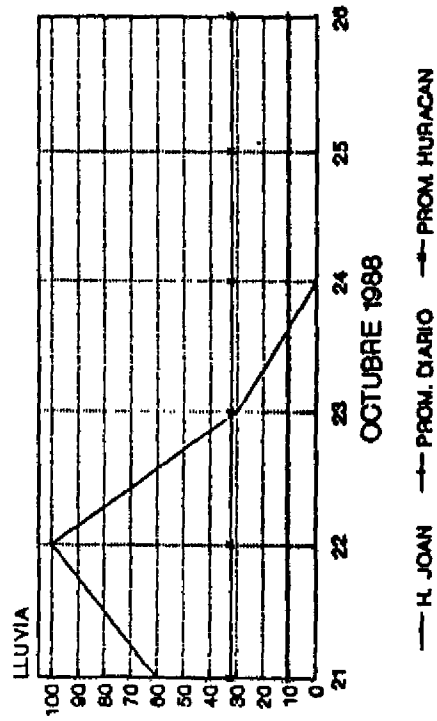
MILIMETROS

SALITRAL (H.JOAN)
LLUVIA DIARIA



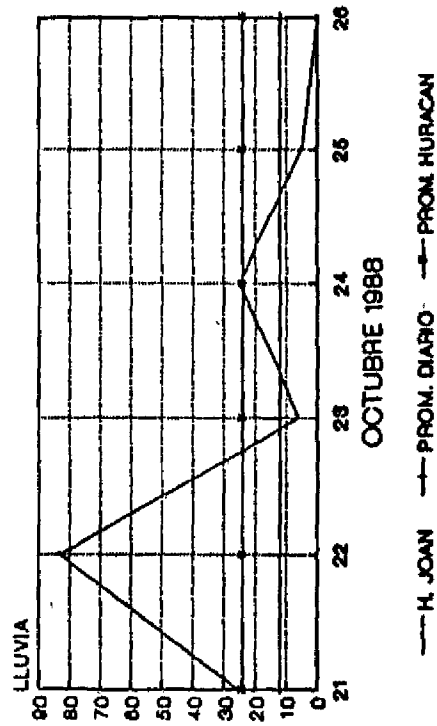
MILIMETROS

MATINILLA (H.JOAN)
LLUVIA DIARIA



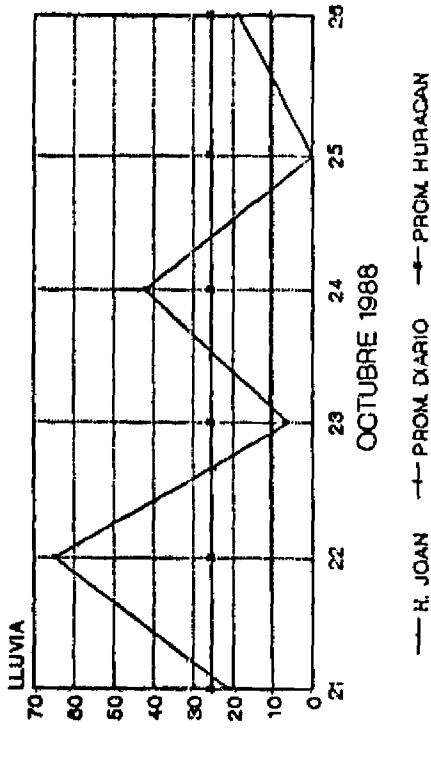
MILIMETROS

CHIVERRAL (H.JOAN)
LLUVIA DIARIA



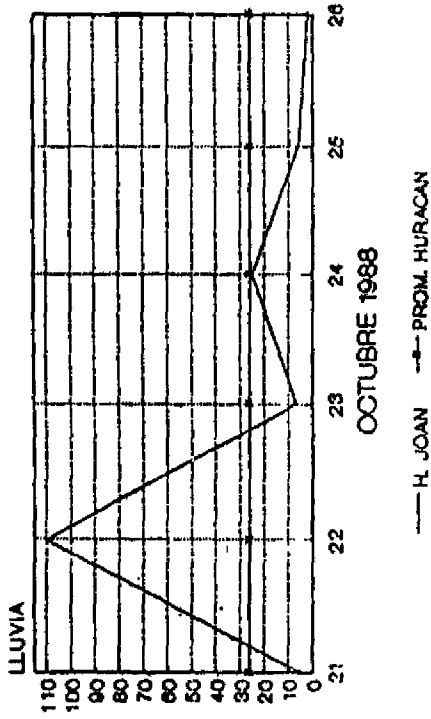
MILIMETROS

**SANTA ANA MUNI(H.JOAN)
LLUVIA DIARIA**



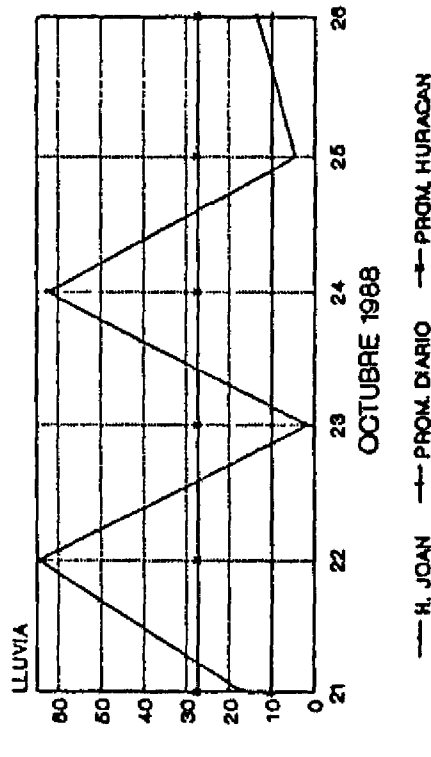
MILIMETROS

**SALITRAL O.URENA (H.JOAN)
LLUVIA DIARIA**

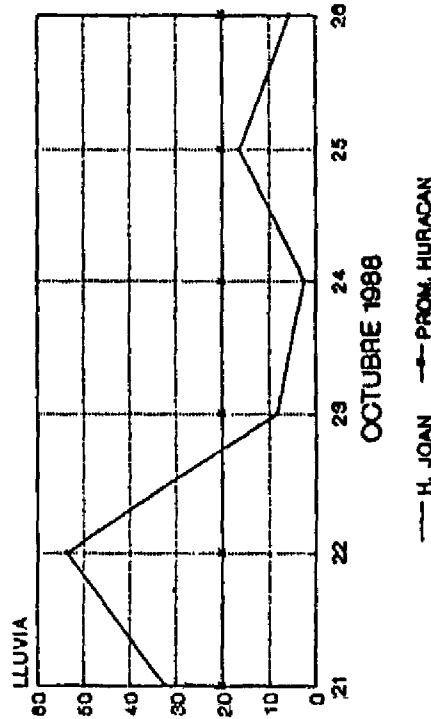


MILIMETROS

**SANTA ANA(H. JOAN) FIG 7b SUPER CANAL (H. JOAN)
LLUVIA DIARIA**



MILIMETROS



MILIMETROS

huracanes que nos afectaron. El huracán Gilbert, de efecto indirecto, y el huracán Joan, de efecto directo. El primero tuvo su mayor cercanía a nuestro país entre el 11 y 13 de setiembre y Joan del 18 al 22 de octubre. Ambos huracanes provocaron deslizamientos del Cerro Tapezco, pero sin producir avalanchas de alto riesgo para el cauce del Río Uruca.

Los registros de precipitación diaria en las estaciones más cercanas al Cerro Tapezco se presentan en las figuras adjuntas. Puede observarse de los mismos, como en muchas de las estaciones se registraron intensidades de hasta 110mm/día.

4.3.3 Control de lluvia para alarma.

Una primera alternativa para establecer sistemas de alarma sería mediante la utilización de registros pluviométricos, graficando curvas de precipitación acumulada como lo que se muestra en figura adjunta. Con base en lo expuesto en la sección 3.2 y en la experiencia adquirida en los huracanes Joan y Gilbert, parece muy prudente establecer una alarma cuando se mida en dichas curvas una intensidad de lluvia diaria de 120 milímetros.

Una segunda opción sería establecer la alarma con base en los resultados de registros pluviográficos, utilizando para control la curva propuesta por Wieczorek, previamente presentado en figura adjunta. De esta forma

deberá darse la alarma cuando el par ordenado intensidad-duración se ubique por encima de dicha curva. En la medida que se de seguimiento continuo al control de lluvias y deslizamientos, podrán mejorarse y afinarse los requisitos de lluvias para el establecimiento de alarmas.

V- EVALUACION DEL RIESGO Y VULNERABILIDAD

La amenaza la representa el deslizamiento del Alto de Tapezco, pues al desprenderse una fracción importante de sus materiales se producirá un alud y posiblemente un represamiento en la quebrada Petter, quebrada Tapezco, e inclusive en el Río Uruca acarreado como consecuencia directa la generación de un embalse temporal, con dimensiones directamente proporcionales a la cantidad de material que constituya la presa.

Se han podido diferenciar tres grados probables de amenaza:

-El primer caso lo representan las riberas del Río Uruca. Es el menos desfavorable pues afecta una área pequeña aunque su probabilidad de generación es mayor, ya que se espera que el río tenga la capacidad para encauzar el flujo de lodo y agua, sin que ocurra ningún desbordamiento. También, no se descarta la posibilidad de que el río reactive algún cauce antiguo, afectando una mayor extensión e inclusive cambie su cauce actual.

-El segundo caso acarrea una amenaza de nivel intermedio, la probabilidad de generación es menor. Ocurriría cuando el cauce del río no tenga la capacidad para encauzar la avalancha, formando un nuevo abanico aluvial al depositar los materiales en una área bastante extensa, favorecido por la topografía del terreno.

-El caso extremo representa una amenaza leve. La depositación de los materiales deberá tener un alcance máximo similar a los abanicos aluviales más grandes que se distinguen en fotografías aéreas y evidencias geológicas de antiguos eventos. Por su magnitud la probabilidad de generación es casi imposible, pues se requeriría de la conjugación de múltiples fenómenos.

En cuanto a la determinación volúmenes que se movilizan en cada caso, se necesitan estudios topográficos e hidrológicos que permitan estimar no solo los volúmenes del material deslizado desde la parte superior sino también los caudales del Río Uruca que producen el embalse. En los sitios en que las quebradas desembocan en el Río Uruca, es necesario contar con curvas de nivel cada metro, en un tramo hacia aguas abajo y principalmente aguas arriba para estimación del volumen de embalse que conjuntamente con la masa deslizada constituirán el volumen de la avalancha hacia aguas abajo. Se destaca que aun con esta información, es difícil tener valores confiables ya que la estimación de los volúmenes de la masa inestable que se puede desprender simultáneamente por el cauce de las quebradas, es una hipótesis que depende de varios factores independientes. No obstante estas limitaciones mencionadas, preliminarmente se han estimado volúmenes que se presentan en la memoria de cálculo incluida como anexo de este informe.

En el caso particular del Alto de Tapezco, al

desprenderse al menos una parte de su masa la topografía del terreno se presta para que una porción del material llegue a las quebradas vecinas y al Río Uruca, por consiguiente, los lugares potencialmente afectados son: Matinilla, Salitral, Santa Ana y Pozos (dependiendo de las dimensiones del desprendimiento).

Con respecto al impacto y a la vulnerabilidad de la población, infraestructura y líneas vitales (según Mora 1986) "deben enfocarse y evaluarse según tres modalidades de desarrollo:

-Primero: El conjunto de procesos que involucra el movimiento súbito y violento del deslizamiento, luego el alud hacia el Río Uruca, la formación de presas de material suelto y la generación de un embalse efímero. Para este caso debe evaluarse la destrucción que sufrirán las áreas involucradas en las laderas, aquellas que se verían sepultadas y las que se inundarían posteriormente.

Segundo: La generación y desarrollo de la avalancha a partir del proceso de ruptura de las presas y la liberación del embalse efímero que, dependiendo de sus dimensiones, afectará la mayor área, por lo que existe la posibilidad de que resulten dañados; varios caminos vecinales, una carretera nacional, la autopista San José-Ciudad Colón, la línea de transmisión eléctrica, la subestación reductora local, al menos dos docenas de puentes, al igual que extensas áreas de

cultivo, industrias artesanales, acueductos y varios sistemas productivos y de generación de servicios públicos y privados.

-Tercero: La influencia que podría tener la corriente de lodo en los cauces inferiores del Río Uruca y luego del Río Virilla. Sumado a esto, hay que estimar el perjuicio que causaría a las poblaciones ubicadas aguas abajo y la contaminación ambiental.