



REPUBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS  
**INGEOMINAS**



**ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DEL CERRO DE CRISTO REY**

**PROYECTO "CONCHA ACUSTICA"**

Por : PABLO E. CARO P.  
JESUS GARCIA N.

Bogotá, diciembre de 1987



## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
FIGURAS	
1. INTRODUCCION	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Localización	3
2. GEOLOGIA	5
2.1. Geomorfología	5
2.2. Litoestratigrafía	5
2.3. Tectónica	9
2.3.1. Pliegues	9
2.3.2. Fallas	9
3. GEOTECNIA	10
3.1. Consideraciones Geotécnicas Generales	10
3.2. Estabilidad del área del Proyecto "Concha Acústica" antes de las excavaciones	13
3.3. Estabilidad del área en el Proyecto "Concha Acústica" durante las excavaciones.	13
3.4. Análisis Cinemático de Estabilidad	15
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	18
BIBLIOGRAFIA	21



## F I G U R A S

	Pág.
Figura 1. Mapa de localización	2
Figura 2. Mapa Geológico (Tomado de Ulloa C., Caro P., 1985)	4
Figura 3. Corte Esquemático (Tomado de Ulloa C., Caro P., 1985)	7
Figura 4. Esquema Geomorfológico	8
Figura 5. Litología del Talud en Roca	11
Figura 6. Cerro de Cristo Rey-Villavicencio. Diagrama de Círculos Principales	17



## RESUMEN

En el sector occidental de Villavicencio, se adelanta la construcción de una Concha Acústica con capacidad para 18.000 espectadores. Entidades Gubernamentales y representantes de la ciudadanía de Villavicencio, solicitaron al INGEOMINAS, un concepto sobre la geología y la estabilidad de las laderas del cerro de Cristo Rey y concretamente del área del Proyecto "Concha Acústica".

Las rocas de la parte occidental aledaña al perímetro urbano, se caracterizan por estar muy fracturadas, falladas, alteradas y los depósitos cuaternarios muy espesos y permeables. Existe además un fallamiento activo a lo largo del piedemonte Llanero. Las rocas que afloran en el área del proyecto son areniscas muy friables, porosas y permeables, con intercalaciones de arcillolitas muy plásticas; la orientación general es hacia el NE y un buzamiento en el sentido de la contrapendiente; los suelos que cubren las rocas son areno-arcillosos y con espesor entre 1 y 2.5 m

La posición estructural de las rocas en el área del proyecto es en términos generales estable. Sin embargo, es importante anotar que de-



pendiendo de la orientación de los cortes, se pueden originar fallas planares y en cuña.

Al iniciar las excavaciones y haber arrojado material suelto hacia la quebrada La Salle, se desestabilizó el talud externo del carretable, se taponaron los conductos de drenaje y se inundó tanto el sector del colegio La Salle como las viviendas ubicadas aguas abajo del botadero de material.



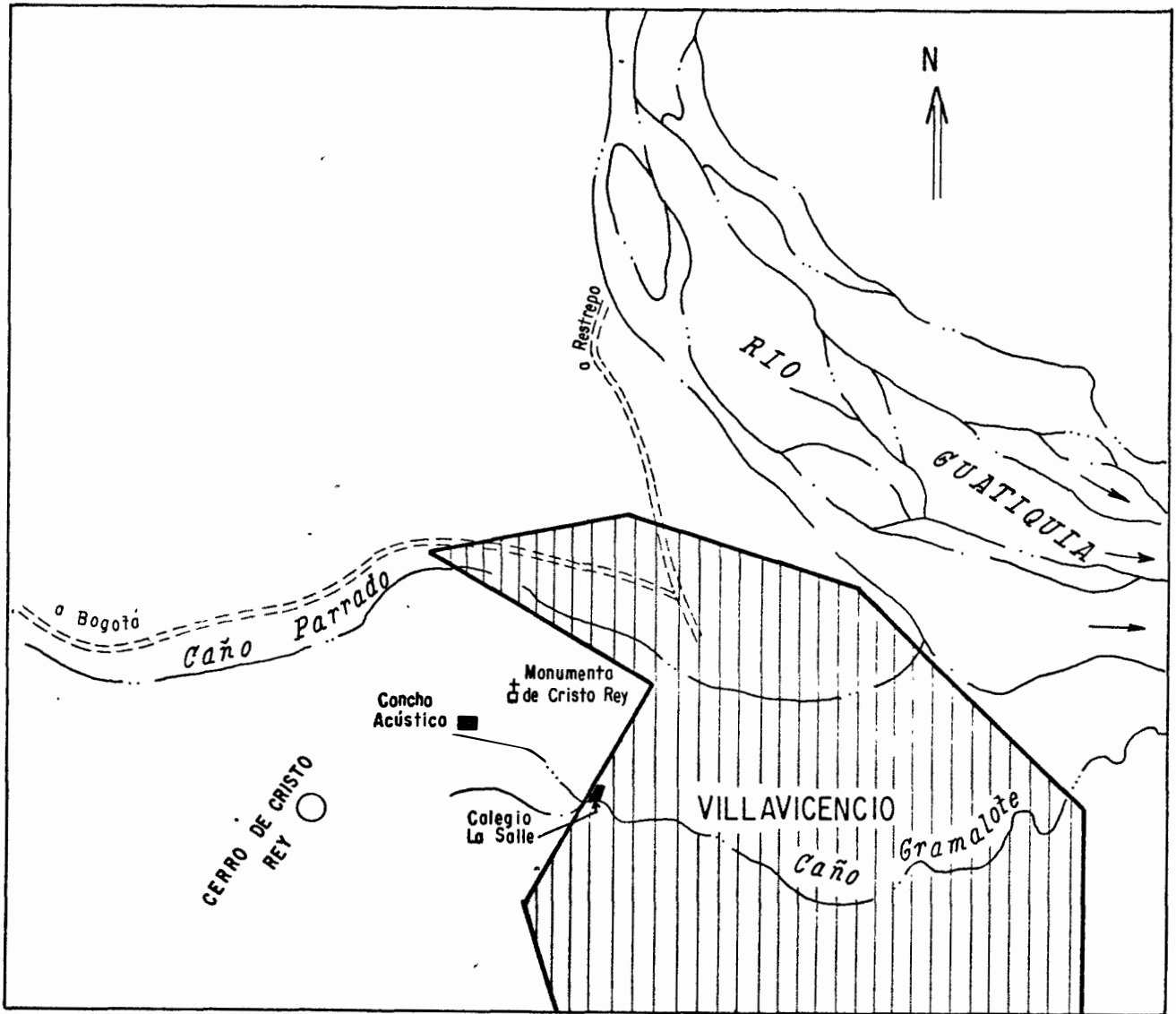
## 1. INTRODUCCION

### 1.1. ANTECEDENTES

Durante el curso de "Geomorfología Aplicada a Riesgos Naturales", dictado en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en el período noviembre-diciembre de 1987, se efectuaron prácticas de campo a lo largo de la carretera Bogotá-Villavicencio con el objeto de observar algunos problemas de orden geotécnico y riesgos naturales, especialmente en sectores aledaños al perímetro urbano de la ciudad de Villavicencio. En esta zona se visitaron tres sectores :

- a. Río Guatiquía, por la carretera Villavicencio-Restrepo y en su margen izquierda desde la carretera hasta el Aeropuerto de Vanguardia.
- b. Cerro de Cristo Rey, área del Proyecto de la "Concha Acústica" (Fig.1)
- c. Deslizamiento de "El Mirador".

En estas prácticas participó el grupo multidisciplinario que asistía al curso; además, representantes de ACOPI, Seccional Meta y la Asocia



# INGEOMINAS

## MAPA DE LOCALIZACION

Autor Pablo Caro		Dibujo	
Geología Ambiental		Cartografía - Ingeominas	
Escala	0 250 500 m	Fecha	Figura



ción Pro-defensa del Río Guatiquía. Para el área del Proyecto "Concha Acústica", se hizo una evaluación preliminar de estabilidad geológica y tectónica por el grupo multidisciplinario y se escuchó a los representantes de las entidades mencionadas, quienes manifestaron que faltaban estudios técnicos que garantizaran la estabilidad y seguridad de la obra del proyecto, lo mismo que su inversión.

Mediante oficio No. C-48-438, enviado por la Oficina Nacional para Atención de Emergencias de la Presidencia de la República al INGEO-MINAS, solicitando el respectivo concepto técnico, este Instituto co misionó al Geólogo Pablo Caro, quien se desplazó a Villavicencio, es cuchó las inquietudes y sugerencias sobre el Proyecto "Concha Acústica" por parte de los representantes de la Cámara de Comercio de Villa vicencio, del Secretario de Obras Públicas y del Ingeniero Interven tor del Proyecto entre otros. Posteriormente se tomó la información de campo y estos datos fueron analizados con la participación del In geniero Geotecnista, Jesús García.

## 1.2. LOCALIZACION

El Cerro de Cristo Rey, se encuentra localizado al occidente del pe rímetro urbano de Villavicencio (Figura 1). El área del Proyecto Concha Acústica se encuentra ubicada en la ladera oriental del cerro al sur del caño Parrado y al noroeste del Colegio de La Salle.





### 1.3. CLIMA Y PRECIPITACION

En general el clima de Villavicencio puede considerarse como cálido-húmedo con una precipitación promedio anual de 3840 mm (Gómez Cajiao, 1982) con un período muy marcado de invierno de abril a noviembre y uno relativamente seco de diciembre a marzo.

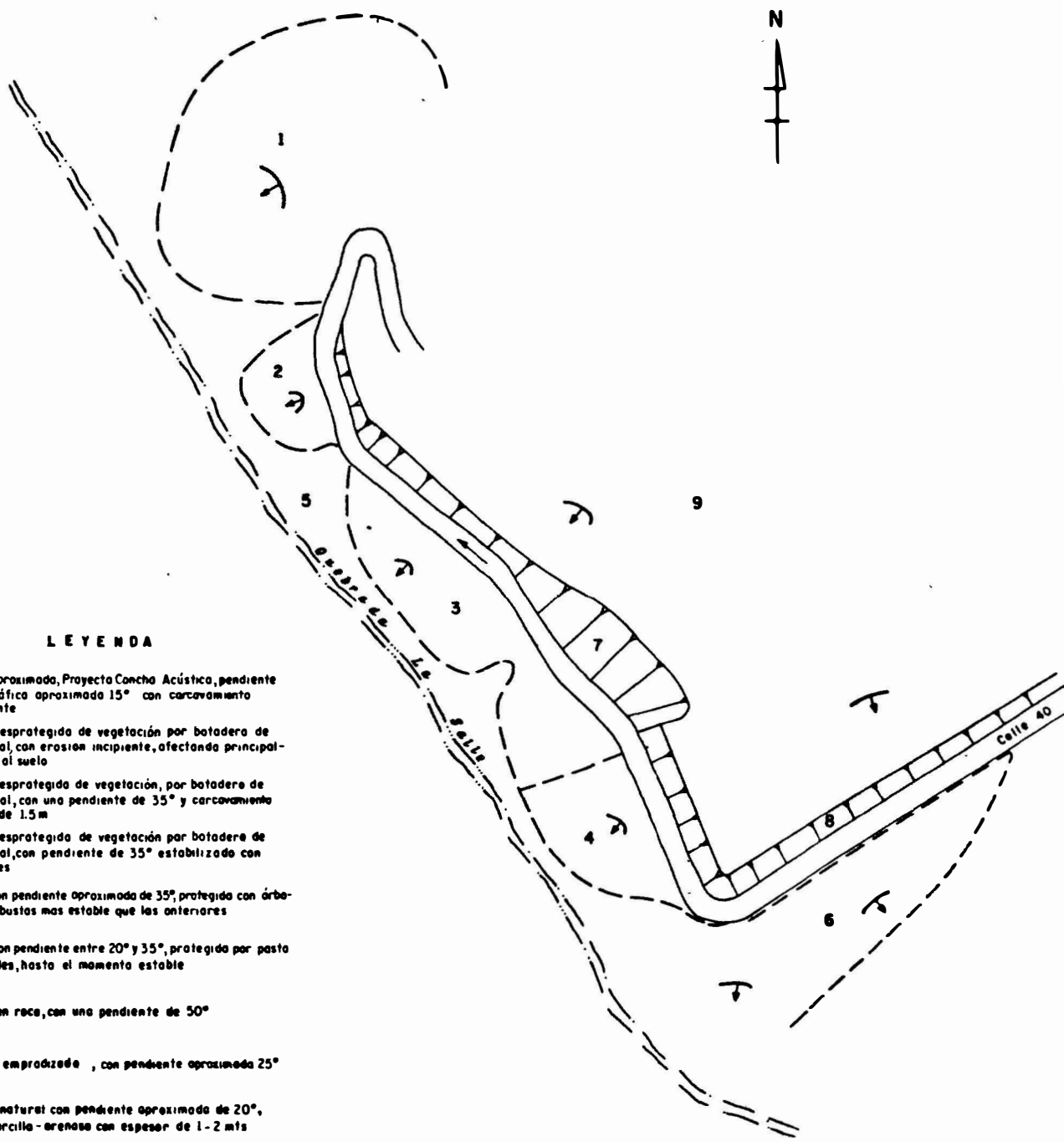
## 2. GEOLOGIA

### 2.1. GEOMORFOLOGIA

El cerro de Cristo Rey, hace parte del flanco Oriental de la cuchilla de Buenavista, la cual se caracteriza por presentar orientación NE-SW con una topografía que varía de abrupta a escarpada y un drenaje dendrítico a rectangular con valles muy estrechos y profundos. El sector del Proyecto "Concha Acústica", presenta una topografía abrupta a ondulada, dada por niveles arenosos resistentes a la erosión y niveles arcillosos blandos. Los niveles arenosos presentan pendientes topográficas entre  $20^{\circ}$  y  $40^{\circ}$ , mientras que los niveles arcillosos presentan pendientes de unos  $15^{\circ}$  aproximadamente (Figura 2).

### 2.2. LITOESTRATIGRAFIA

En el flanco oriental del cerro de Cristo Rey (área del Proyecto de la "Concha Acústica"), afloran rocas de edad Cretáceo Superior, corres-



**LEYENDA**

- Area aproximada, Proyecto Concha Acústica, pendiente topográfica aproximada 15° con cárcavamiento incipiente
- Zona desprotegida de vegetación por botadero de material, con erosión incipiente, afectando principalmente al suelo
- Zona desprotegida de vegetación, por botadero de material, con una pendiente de 35° y cárcavamiento hasta de 1.5 m
- Zona desprotegida de vegetación por botadero de material, con pendiente de 35° estabilizado con gaviones
- Zona con pendiente aproximada de 35°, protegida con árboles y arbustos más estables que los anteriores
- Zona con pendiente entre 20° y 35°, protegida por pasto y árboles, hasta el momento estable
- Talud en roca, con una pendiente de 50°
- Talud empinado, con pendiente aproximada 25°
- Talud natural con pendiente aproximada de 20°, suelo arcillo-arenoso con espesor de 1-2 mts

↘ Dirección de inclinación de la pendiente.  
 — Carreteable nuevo

<b>INGEOMINAS</b>			
<b>ESQUEMA GEOMORFOLOGICO</b>			
Autor: P. Carré		Dibujó: Cor. Geografía - Ingeominas	
Escala: 1:1000		Fecha: I-18/88	
		Fig 2	

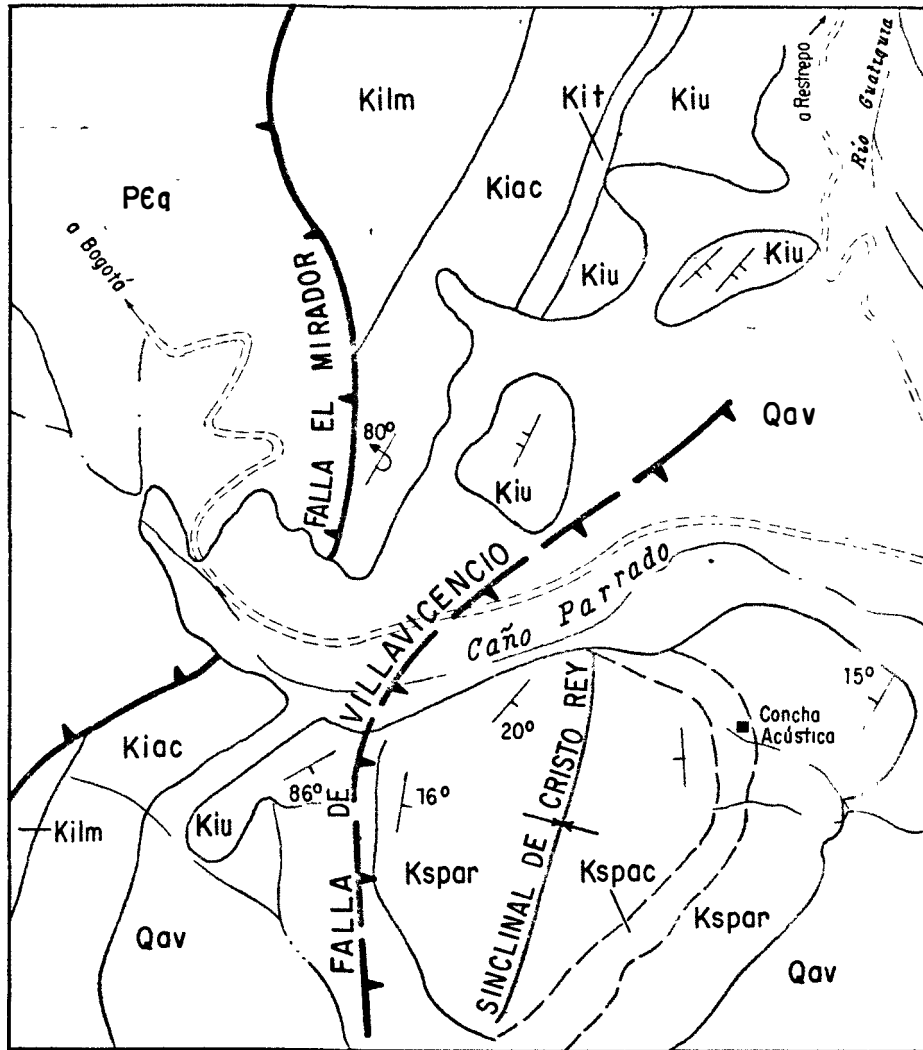


pondientes al Grupo Palmichal (Ulloa C., Caro P.-1985, Figura 3).

La secuencia aflorante en el área del Proyecto está constituida por : un nivel inferior con predominio arenoso, un nivel intermedio de lutitas arcillosas con esporádicas intercalaciones arenosas (donde se efectúa la cimentación de la obra) y un nivel superior arenoso (Figuras 4 y 5).

En general las areniscas que conforman los niveles arenosos son de color gris claro a blanco y en partes con manchas negras de asfalto y rojizas de óxidos de hierro, cuarzosas, de grano medio a grueso en sectores conglomeráticas; granos angulares a subredondeados (0.3-0.4 Powers M.,1953) de esfericidad media a alta, (0.65 a 0.80 Rittenhouse, 1943), contacto entre granos tangente largo (Griffiths,1967), matriz arcillosa menor del 10%, bien sorteados (1.2-1.4 Beard D. and Weyl P. 1973), Las areniscas son friables a muy friables con restos de fósiles, una permeabilidad primaria aproximada de 1 m/día y una transmisividad aproximada de 20 m<sup>2</sup>/día (Vásquez L. y Ulloa A.-1983), más la permeabilidad y porosidad secundaria alta, puesto que las rocas están fracturadas a muy fracturadas (Figura 5).

Las lutitas son de colores negro a gris oscuro frescas y amarillentas a rojizas alteradas, con abundantes restos de vegetales y microfósiles, muy plásticas, en sectores con laminación ondulada lenticular y bolsas o lentes de arena de grano fino. En general son blandas y suelen estar muy fracturadas y replegadas. Sobre el nivel intermedio de lutitas,



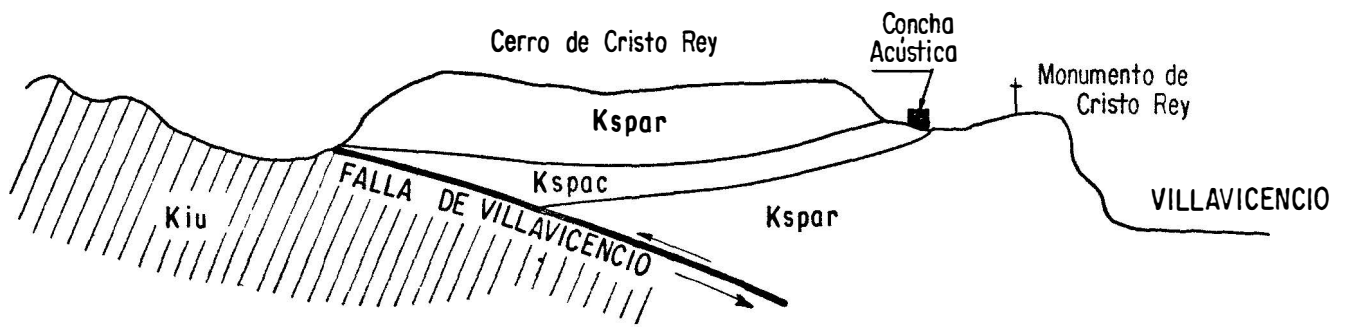
**LEYENDA**

- Qav Cuaternario  
Abanico de Villavicencio.
- Kspac Grupo Palmichal  
Lutitas arcillosas
- Kspar Grupo Palmichal  
Areniscas friables.
- Kiu Formación Une  
Areniscas friables
- Kif Formación Fόμεque  
Lutitas y calizas.
- Kiac Areniscas de Cáqueza  
Areniscas friables
- Kilm Lutitas de Macanal  
Lutitas carbonosas
- PEq Grupo Quetame  
Filitas y cuarcitas


**CONVENCIONES**

- Falla de cabalgamiento
- Rumbo y Buzamiento  
medido en campo
- Rumbo y Buzamiento  
fotogeológico
- Rumbo y Buzamiento  
invertido

<b>INGEOMINAS</b>			
<b>MAPA GEOLOGICO</b> ( Tomado de Ulloa C., Caro P, 1985 )			
Autor Pablo Caro	Dibujó		
Geología Ambiental	Cartografía - Ingeominas		
Escala 0 250 500 m	Fecha	Figura	



<b>INGEOMINAS</b>		
<b>CORTE ESQUEMATICO</b> ( Tomado de Ulloa C., Caro P, 1985 )		
Autor Pablo Caro Geología Ambiental	Dibujo Cartografía - Ingeominas	
Escala	Fecha Enero 18 / 88	Figura Nº 4



se ha efectuado la fundación de pilotes y zapatas para la estructura de la Concha.

## 2.3. TECTONICA

### 2.3.1. Pliegues.

El cerro de Cristo Rey, hace parte del flanco oriental del anticlinal de Buenavista (Ulloa C., Caro P.-1985), el cual presenta orientación NE-SW con cabeceo hacia el SW. Dentro del flanco oriental, existe una estructura sinclinal menor con orientación NE-SW e inclinación muy suave y que ha sido denominada por Ulloa C. y Caro P. (1985) como Sinclinal de Cristo Rey (Figuras 3 y 4). En el flanco oriental de esta estructura (Figura 4) se adelanta la construcción de la Concha Acústica.

### 2.3.2. Fallas.

La tectónica en el sector de Villavicencio y en general a lo largo de todo el piedemonte oriental de la Cordillera Oriental es compleja, donde se presentan numerosas fallas, siendo la mayor parte de ellas de cabalgamiento (Ulloa C., Rodríguez E.-1979).

Las principales fallas de cabalgamiento que afectan la región de Villavicencio son : La Falla de El Mirador, la Falla de Villavicencio y la Falla de Cola de Pato (Figuras 3 y 4).

La Falla de Villavicencio (Figura 4), presenta una orientación NE-SW y pone en contacto rocas de la Formación Une con rocas del Grupo Pal-



Michal en el cerro de Cristo Rey. Esta falla y las fallas satélites a ésta deben estudiarse cuidadosamente para ver si presentan movimientos recientes. La Falla de Cola de Pato, afecta sedimentos de la Formación Corneta, de edad Cuaternaria.

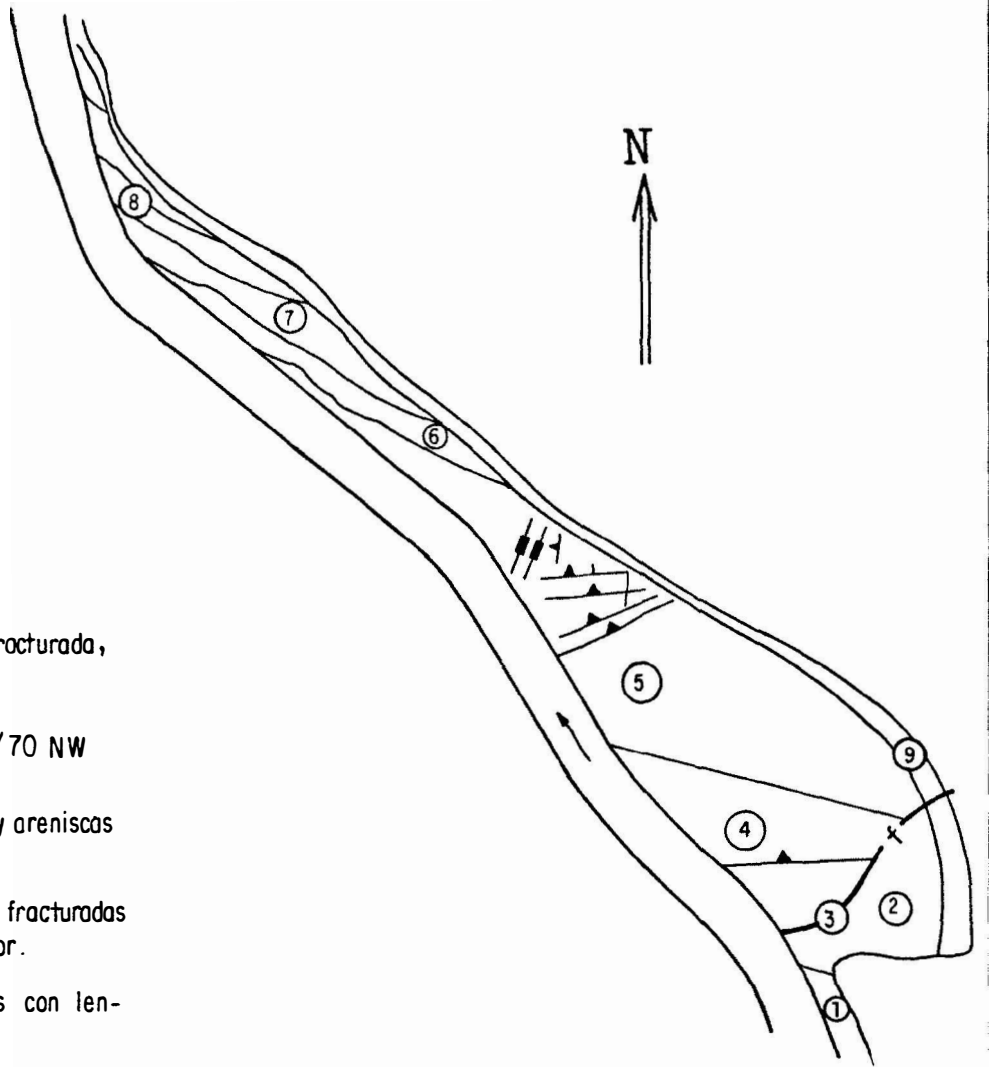
En sectores aledaños a Villavicencio existen fallas con actividad reciente entre ellas la Falla de Servitá y la Falla de Cumaral de acuerdo a estudios de riesgo sísmico adelantados por la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá para el "Proyecto Hidroeléctrico Río Negro-Guayuriba".

### 3. GEOTECNIA

#### 3.1. CONSIDERACIONES GEOTECNICAS GENERALES

La ciudad de Villavicencio se halla ubicada en el sector del piedemonte de la Cordillera Oriental de Colombia; su parte central es la de mayor importancia dada su gran inversión tanto en la construcción como en el comercio. Esta parte central se ha localizado en el quiebre de pendiente entre la parte plana de los Llanos Orientales y la parte abrupta o estribaciones de la cordillera. Esta situación hace que tanto Villavicencio como sus sectores aledaños, tengan un comportamiento geotécnico especial. Entre los principales factores que influyen en este comportamiento se tienen :

1. La precipitación es excesivamente alta, es decir, con un promedio



## LEYENDA

- ① Arcillolitas.
  - ② Arenisca masiva muy fracturada, porosa y permeable.
  - ③ Falla Geológica N45E/70 NW
  - ④ Alternancia de lutitas y areniscas friables, fracturadas
  - ⑤ Areniscas friables muy fracturadas hacia la parte superior.
  - ⑥ Nivel de lutitas negras con lentes de areniscas
  - ⑦ Areniscas de grano medio, friables.
  - ⑧ Lutitas arcillosas blandas alteradas.
  - ⑨ Suelo.
- — ▲ Diaclasas.

## INGEOMINAS

### LITOLOGIA DEL TALUD EN ROCA

Autor Pablo Caro Geología Ambiental		Dibujo Cartografía - Ingeominas	
Escala 0 10 20 m	Fecha Enero 18/88	Figura	5





de 4.000 mm/año y un máximo de 7.000 mm/año; esto permite que sus vertientes conduzcan un alto caudal, el cual ayudado por su pronunciada pendiente y arrastre de sedimentos de la cordillera, se haga torrencial y al llegar a la parte plana cambien fácilmente de curso, afectando bienes, principalmente construcciones y fincas; tal fenómeno es fácilmente observable en los ríos y quebradas tales como Guatiquía, Guayuriba y Susumuco entre otros.

2. El sector del Piedemonte Llanero, ha sido muy afectado tectónicamente y es frecuente el fracturamiento o fallamiento y las inversiones de la secuencia estratigráfica, especialmente en la localidad de Villavicencio. Este tectonismo marcado, hace que las rocas se encuentren muy fracturadas y alteradas y por lo tanto de mala calidad para la construcción o cimentación de obras civiles importantes.
3. Los cambios temporales en la dirección de las corrientes (especialmente del Río Guatiquía), hacen que existan zonas potenciales de riesgo por inundación.
- ✓ 4. A lo largo de todo el Piedemonte Llanero, existen fallas geológicas activas y por lo tanto, el riesgo sísmico debe considerarse como alto.
5. Tanto las rocas como los sedimentos inconsolidados en el sector de Villavicencio en general, tienen una porosidad y permeabilidad



relativamente alta.

6. En los sectores aledaños a Villavicencio, en su parte alta, son frecuentes los deslizamientos activos y potenciales.

### 3.2. ESTABILIDAD DEL AREA DEL PROYECTO "CONCHA ACUSTICA" ANTES DE LAS EXCAVACIONES

Inicialmente tanto el área de cimentación de la Concha Acústica como también de la nueva vía de acceso, no presentaban problemas de estabilidad como se puede apreciar en las fotografías aéreas de los sectores donde posteriormente se efectuaron las excavaciones. En ellas, no se observan ni fenómenos de erosión ni de remoción en masa.

### 3.3. ESTABILIDAD DEL AREA EN EL PROYECTO "CONCHA ACUSTICA" DURANTE LAS EXCAVACIONES

Las obras adelantadas hasta el momento, corresponden a la excavación y movimiento de tierra en el sector de la Concha Acústica y la excavación de la vía de acceso a la Concha, por el lado SW.

En el sitio correspondiente a la Concha, el material removido, ha sido principalmente un suelo arcilloso, con espesores entre 1 y 2 m y la cimentación se efectúa directamente sobre roca (lutitas) sin embargo, la parte correspondiente a graderías, mediante el descapote ha



quedado expuesto a los agentes meteóricos y presenta un caracavamiento incipiente en roca. Por otro lado, el material de la parte NW de la fundación, corresponde a arcillas y arcillolitas muy alteradas, húmedas y con un nivel freático entre 5 y 6 m. Dado el grado de alteración y la composición del material alterado, se debe tener cuidado al respecto, especialmente si se trata de material expansivo con un nivel freático a esa profundidad.

Indudablemente el área más inestable en estos momentos es la correspondiente a la comprendida entre la quebrada La Salle y la excavación de la nueva vía (Figura 2, zonas 2,3,4 y 5). La causa principal de desestabilización de esta área, ha sido el mal manejo del material re movido, el cual fue arrojado hacia la quebrada La Salle, afectando no sólo el área mencionada (zonas 2, 3, 4 y 5), sino causando además obs trucción de redes por arrastre y acumulación de material e inundaciones por falta de drenaje en los sectores ubicados aguas abajo del botadero.

No sobra además advertir que en la información solicitada por INGENIERIA MINAS, sobre estudios de factibilidad y diseño de las obras y suminis trada posteriormente por la Secretaría de Obras Públicas de la Gobernación del Meta, no se recibieron las correspondientes al diseño del carretable o vía peatonal. Es indudable que al haber arrojado mate rial hacia la quebrada La Salle, se ha desestabilizado el área, invo lucrando un sobre-costos o imprevisto bastante alto del proyecto.



### 3.4. ANALISIS CINEMATICO DE ESTABILIDAD

Se pretende evaluar la posibilidad cinemática de fallas planar y en cuña de el sector denominado "Cerro de Cristo Rey" en Villavicencio.

Como es sabido, los diversos tipos de falla que se presentan en taludes en roca, están asociados con las diferentes estructuras geológicas, de manera que es importante reconocer los problemas potenciales de estabilidad durante las etapas iniciales del proyecto. Algunos de estos patrones estructurales pueden ser observados, examinando los diagramas de polos.

Es de anotar, que en la representación estereográfica, es necesario incluir el corte de la cara del talud, ya que el deslizamiento puede ocurrir únicamente como resultado del corte hacia la cara libre del talud.

Para el análisis de las condiciones de estabilidad cinemática de los taludes, se establecieron los siguientes pasos :

- a. Recolección de datos estructurales del macizo rocoso.
- b. Análisis preliminar de los datos estructurales para establecer las diferentes familias de discontinuidades.
- c. Análisis preliminar de taludes cinemáticamente estables para falla



planar y en cuña.

Una vez realizada la labor de campo, se procedió a la elaboración del diagrama de polos, frecuencia y el diagrama de círculos principales, el cual se presenta en la Figura 6. En general, se encontraron las siguientes discontinuidades :

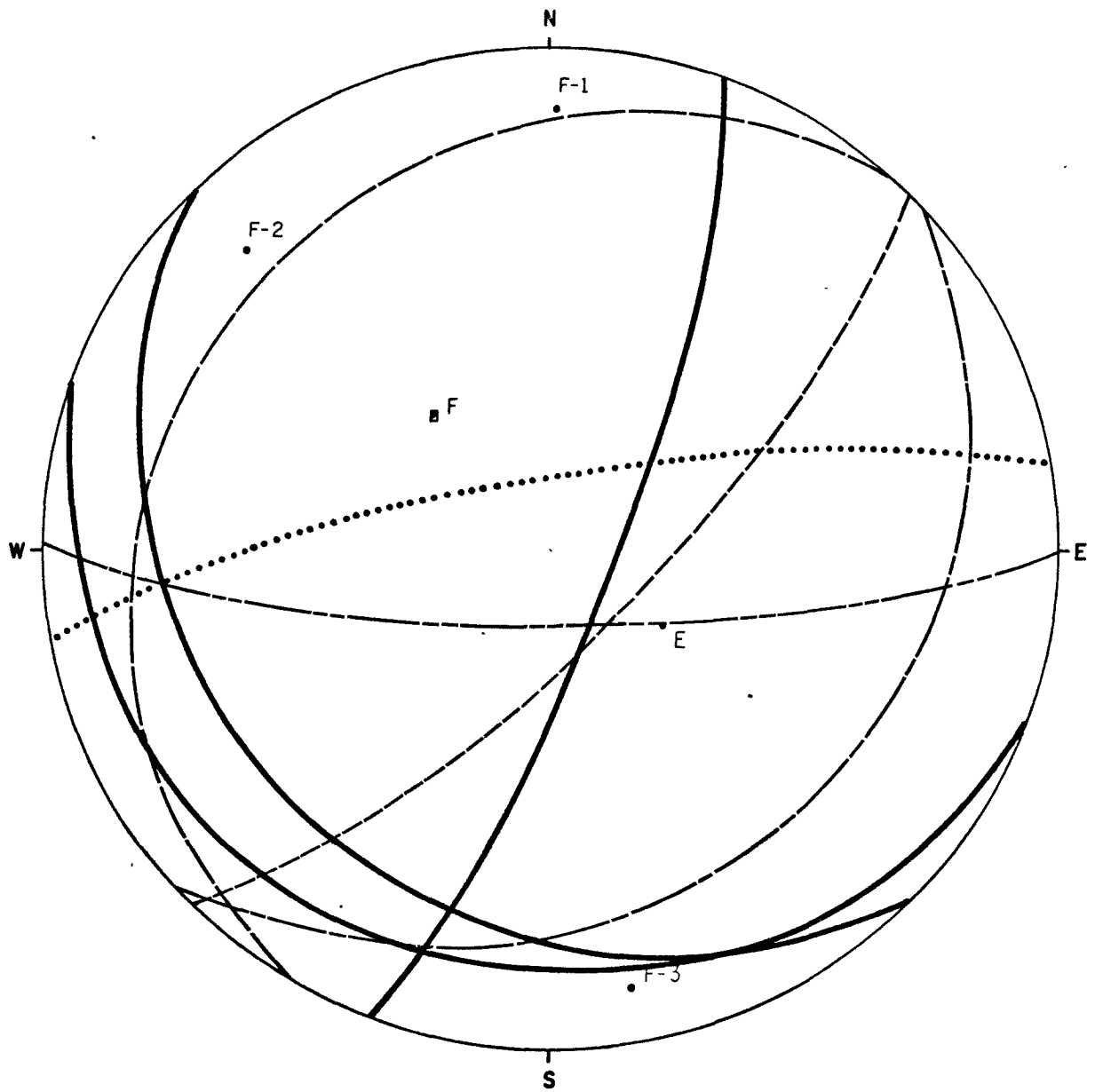
Familia	$\alpha$	$\rho$
Familia 1	$180^{\circ}$	$80^{\circ}$
Familia 2	$136^{\circ}$	$74^{\circ}$
Familia 3	$350^{\circ}$	$80^{\circ}$
Estratificación	$305^{\circ}$	$22^{\circ}$
Falla Geológica	$140^{\circ}$	$30^{\circ}$

$\alpha$  Dirección de Buzamiento

$\rho$  Buzamiento

El diagrama de círculos principales muestra que existe condición cinemática de falla en cuña, para el corte que presenta una dirección de N  $20^{\circ}$  E, con una inclinación de los taludes superior a los  $80^{\circ}$ .

En general, los otros dos cortes, no presentan problemas de estabilidad, y el comportamiento general del macizo rocoso es estable.



- Familia 1
- Familia 2
- ..... Familia 3
- Estratificación
- Falla Geológica
- Talud

## INGEOMINAS

CERRO DE CRISTO REY-VILLAVICENCIO  
DIAGRAMA DE CIRCULOS PRINCIPALES

Autor: Jesús García Geología Ambiental	Dibujó Cartografía - Ingeominas
Escala	Fecha Enero 18 / 88   Fig.6



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Empradizar los taludes de la nueva vía hacia la Concha Acústica.
2. Dada la posición estructural de las rocas en contra de la pendiente topográfica, en el sitio de la Concha Acústica, ofrecen estabilidad para su fundación.
3. El material de corte del carretable, desestabilizó el suelo areno-arcilloso (en las zonas 2,3,4, y 5 de la Figura 4); en caso de continuar los fenómenos de remoción en masa, el material más susceptible a moverse es el suelo areno-arcilloso con un espesor entre 1 y 2.5 m.
4. Efectuar un sistema de drenaje tanto para roca, especialmente en sus contactos permeable e impermeable (areniscas-lutitas), como también para el suelo con el fin de evitar sobresaturación del material, a fin de prevenir la aceleración de fenómenos de remoción en masa.
5. Suspender el paso de vehículos y de maquinaria pesada, por el nuevo carretable a la Concha Acústica y aplicar los correctivos adecuados para su estabilidad. Por la parte alta existe otro carretable que permite llegar a la obra, el cual se encuentra en buen estado.



6. Reparar, cambiar o complementar el sistema de drenaje obstruido por el arrastre de material de la obra, especialmente del Colegio La Salle y sectores aledaños, con el fin de evitar inundaciones en épocas invernales.
7. Efectuar la geología urbana de Villavicencio junto con una zonificación geotécnica general, que permita establecer zonas de mayor a menor riesgo, tanto por deslizamientos como por inundaciones. Esto contribuirá enormemente para una planeación acertada en su desarrollo urbanístico.
8. Villavicencio, se encuentra ubicado en una zona de riesgo sísmico importante y por lo tanto, en el diseño de obras se debe tener en cuenta este factor.
9. El sector quebrado de la parte occidental de Villavicencio, es crítico en su estabilidad. El corte o despate de los taludes naturales debe hacerse previo estudio geológico y geotécnico, con el fin de evitar fenómenos de remoción en masa tales como el de la margen derecha de la quebrada La Salle, El Mirador y otros importantes ubicados contra las antiguas variantes.
10. Los análisis preliminares de estabilidad del macizo rocoso del "Cerro de Cristo Rey", muestran que el sector más propenso a fallas en cuña, corresponde al tramo de carretera que va en la dirección  $N 20^{\circ} E$ .
11. La profundización de cortes en la dirección mencionada anteriormente, puede originar la formación de cuñas dadas por la intersección de las familias 2 y 3 y familias 1 y 2.





12. En general, el macizo rocoso es estable, pero esta situación puede ser alterada por la realización de cortes en los que no se garantice la estabilidad de los mismos.
13. En la realización de vías de acceso a zonas montañosas, se debe garantizar la estabilidad tanto de los depósitos no consolidados, como del macizo rocoso, a fin de evitar problemas como los que se han presentado en el sector en estudio.
14. A menos que se tenga una gran cantidad de estudios del área de interés, la utilización de correlaciones entre las propiedades índices y los parámetros de compresibilidad son válidas; en caso contrario, se deberá exigir la realización de ensayos de consolidación a fin de determinar los parámetros de compresibilidad, y poder realizar de esta manera una correcta evaluación de los asentamientos de la estructura.

## B I B L I O G R A F I A

- BATEMAN J. (1987) Estudio de Suelos y Cimentaciones El Mirador-Villavicencio.
- BEARD D. and Weyl P. (1973) Influence of texture on porosity and permeability of unconsolidated sand : Am. Assoc. Petroleum Geologist. Bull V.57, No. 2.
- BRAY-HOEK (1974) Rock Slope Engineering.
- BROWN-HOEK (1978) Underground Excavations in Rock.
- CARO P. (1982) Contribución a la Geología de los Cuadrángulos L-11 y L-12 en el Sector del Piedemonte Llanero. IV Congreso Colombiano de Geología (en imprenta).
- GARCIA J. y Peñaloza F. (1986) Estabilidad de Taludes de Altura Creciente en Roca. Proyecto de Grad. Universidad Nacional.
- GOMEZ CAJIAO y Asociados (1982) Desarrollo Hidroeléctrico de los Ríos Negro y Humea, Informe de Factibilidad. Volumen IV-Proyecto Humea
- MONTERO J. (1987) Deslizamiento en el "Cerro de Cristo Rey"-Villavicencio. MOPT.
- RENZONI G. (1965) Geología del Cuadrángulo L-11, Villavicencio, Serv. Geol. Nal. Inv. Min. Nal. Bogotá.
- RITTENHOUSE G. (1943) Visual Method of, Estimating Two-dimensional Sphericity : Jour Sed. Petrology, V, 13 No. 1.
- ULLOA C., Caro P. (1985) Excursión Geológica Bogotá-Villavicencio. II Simposio Bolivariano de Explotación Petrolera en las Cuencas Submarinas.
- ULLOA C., Rodríguez E. (1976) Geología del Cuadrángulo K-12, Guateque, INGEOMINAS Inf. No. 1701.



VASQUEZ L. y Ulloa A. (1973) Estimación de la Permeabilidad Primaria a partir del Análisis Textual de la Muestra de Campo (en im pre nta).

WENTWORTH C. (1922) A Scale of grade and class terms for clastic sed iments. Jour. Geol. VI 20 p.