

CDU 551.242:551.4(729.16)

1. La elección incorrecta del coeficiente de probabilidad "t" puede traer consigo una red de exploración insuficiente, lo que significaría un estudio geológico incompleto, y a la larga un aumento de los costos de producción de las plantas metalúrgicas procesadoras.
2. En la actualidad no está definida la probabilidad con la que han de calcularse los distintos parámetros. Por ello es que debe ser utilizada la vía experimental que se propone en el presente trabajo. No obstante es de recalcar el hecho de que la industria es la que debe establecer esta probabilidad de confianza, y a partir de allí elegir el coeficiente de probabilidad "t".

REFERENCIAS

1. POGREVITSKY, E. O.: Busqueda y exploración de yacimientos minerales útiles. Ed. Nedra, Moscú, 1968.
2. NAZAROV, I. V.: Metodología de las investigaciones geológicas. Ed. Ciencia, Novosibirsk, 1982.

REGIONALIZACION INGENIERO-GEOLOGICA
DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CUBA

RESUMEN

En este artículo se hace un análisis del Plan Director de la ciudad de Santiago de Cuba, explicándose la metodología utilizada en la confección del esquema de regionalización ingeniero-geológica y se realiza un estudio de cada región, así como se ofrecen las conclusiones para el desarrollo de la ciudad.

Este trabajo forma parte del tema "Esquema ingeniero-geológico de la ciudad de Santiago de Cuba", el cual el autor prepara para defender próximamente en el Instituto de Minas de Leningrado, en opción por el grado de Candidato a Doctor.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РЕГИОНАЛИЗАЦИЯ
ГОРОДА САНТЯГО ДЕ КУБА

Резюме

В этой статье проводится анализ генерального плана города Сантьяго де Куба, излагается методика, используемая в разработке инженерно-геологической региональной схемы, осуществляется исследование каждого региона, а также предлагаются выводы по будущему развитию города.

Эта работа является частью темы: "Инженерно-геологическая схема города Сантьяго де Куба", которую автора готовит для будущей защиты кандидатской диссертации в Ленинградском Горном Институте.

Ing. Rafael Guardado Lacaba
Profesor Auxiliar
Departamento de Ciencias Geológicas Aplicadas
del ISMMMOA

El análisis del Plan Director de la ciudad de Santiago de Cuba recoge los resultados de dos importantes fases de trabajo en la elaboración del plan de desarrollo de la ciudad: 1. Fase de análisis de la situación actual, cuyo objetivo fundamental es detectar las particularidades y restricciones que posee el núcleo en estudio para su desarrollo a corto, medio y largo plazo; 2. Política de desarrollo, cuyo objetivo es proponer la estrategia a medio y largo plazo de desarrollo de la ciudad, tomando como base la política de desarrollo nacional y las características propias que presenta el núcleo urbano y su marco regional.

El plan de desarrollo constructivo está concebido hasta el año 2000, con un corte o etapa intermedia en el año 1990, lo que permitirá hacer un balance de la etapa. El área de estudio (límite urbano) abarca 2 898 ha para una densidad de 106 hab/ha [1]. En el Plan Director de la ciudad de Santiago de Cuba se plantean 4 grandes direcciones. Las variantes de ocupación del suelo son: I variante, norte; II variante, sureste; III variante, sur; IV variante, noreste.

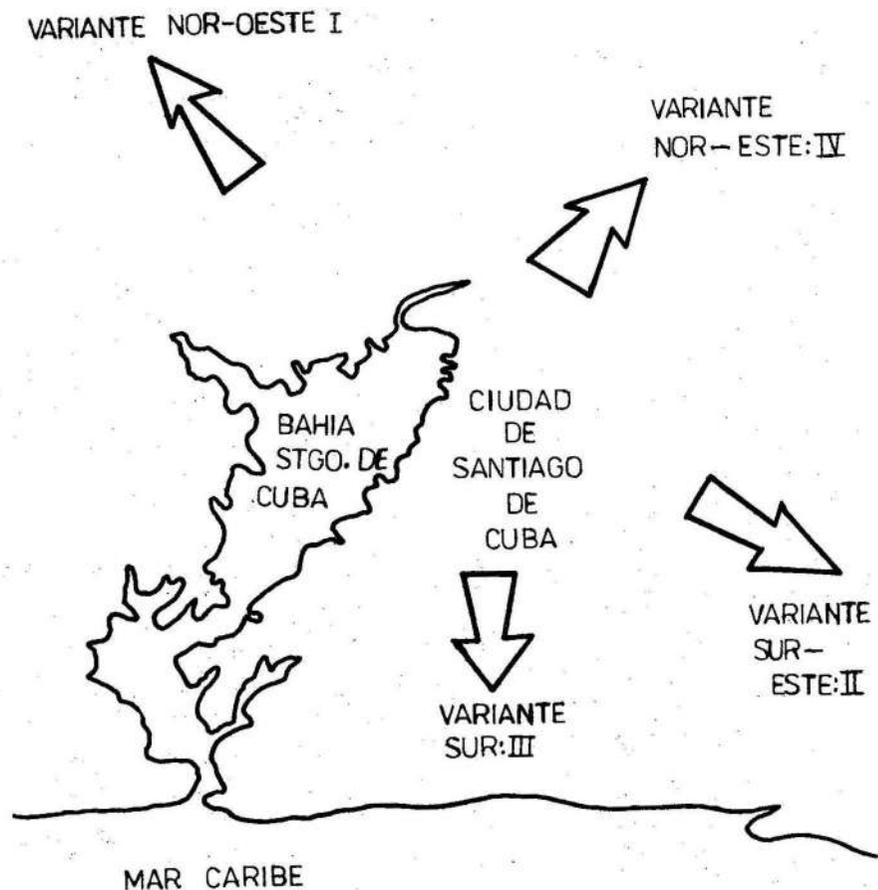


Fig. 1. Variante del desarrollo prospectivo de la ciudad de Santiago de Cuba al año 2000.

La variante norte está al norte y oeste de la ciudad, y a ambos lados de la Carretera Central, con capacidad para ubicar la población que habrá aumentado hasta el año 2000. Luego de esta fecha el crecimiento debe seguir otra dirección.

La variante sureste está en terrenos que afectan las instalaciones de la Empresa Avícola Nacional; queda en cierta forma desintegrada de la ciudad actual, por lo que requiere de un nuevo centro urbano.

La variante sur presenta problemas con la ubicación del aeropuerto "Antonio Maceo" y de la contaminación que representa la Fábrica de Cemento.

La variante noreste crece en la zona de El Caney; requiere un nuevo centro urbano y su principal desventaja es que afecta la única zona agrícola con que cuenta la ciudad.

Uno de los problemas actuales del planeamiento constructivo de la ciudad de Santiago de Cuba es el insuficiente estudio del medio geológico.

El esquema ingeniero-geológico confeccionado en la Facultad de Geología y Geofísica del ISMMMOa ha sido realizado en función de brindar apoyo al Plan Director de la ciudad de Santiago de Cuba. Este esquema ha sido confeccionado según los estudios acumulados en el período 1976-82. Los materiales han sido tomados de los archivos del Laboratorio de Geotécnica de Santiago de Cuba, y de los trabajos de levantamiento geológico, geomorfológico e ingeniero-geológico realizados por profesores y alumnos del ISMMMOa.

Para realizar el esquema de regionalización ingeniero-geológica de la ciudad de Santiago de Cuba, fueron empleadas las metodologías indicadas por los profesores I. V. Popov en 1961 y V. D. Lomtadze en 1968 y 1978, así como las normas para el levantamiento ingeniero-geológico confeccionadas por los países del CAME [2, 3, 4, 5, 6].

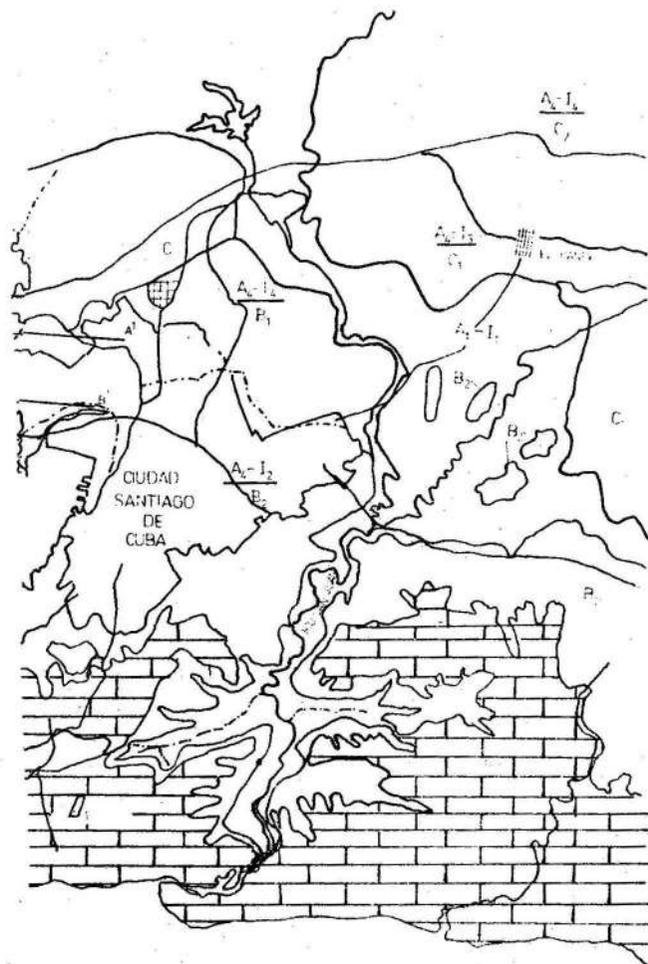


 CALZAS - REGION D.
 CORRESPONDIENTE A LA FORMACION CIUDAMAR

 LÍMITE DE LA CIUDAD

 LÍMITES DE LAS REGIONES

 LÍMITES DE LA SUBREGIONES



$\frac{A_2 - I_3}{C_1}$ = REGION DE DEPOSITOS CUATERNARIOS
 REGION ROCAS VOLCANOGENICAS LEDIFENARIAS
 FORMACION COBRE

 CARRETERAS PRINCIPALES

 RIOS

Fig. 2. Esquema de regionalización ingeniero-geológica de la ciudad de Santiago de Cuba. Escala 1: 25 000.

El mapa de esquematización ingeniero-geológico (Figura 2) ha sido dividido en regiones y subregiones. Las regiones han sido subdivididas según los principios geólogo-genéticos, expresados por las letras A, B, C y D; las subregiones se expresan en números arábigos y letras, Como A₁, A₂, etcétera.

En el esquema se han dividido las zonas en dos órdenes: de primer orden las condiciones geomorfológicas; de segundo orden las hidrogeológicas. Estas zonas se expresan en números romanos, letras minúsculas y cifras, según las subdivisiones que implique. La subdivisión responde a las condiciones de complejidad que posee la ciudad de Santiago de Cuba y al Plan Director señalado anteriormente. La escala del trabajo ha sido I: 25 000.

En el mapa de regionalización ingeniero-geológica de la ciudad de Santiago de Cuba se divide el territorio en cuatro regiones ingeniero-geológicas: 1. Región de sedimentos cuaternarios (A); 2. Región de rocas terrígeno-carbonatadas (B); 3. Región de rocas vulcanógeno-sedimentarias (C); 4. Región de rocas carbonatadas (D).

Para la confección del esquema de regionalización nos hemos basado en las normas SNIP-II-15-74, que diferencian las rocas de los suelos como base natural y como materiales de construcción. Con los suelos relacionamos las rocas friables, los conglomerados (no cementados con gravas, y que contienen más del 50 % de partículas mayores de 2 mm), arenas que contienen menos del 50 % de la masa del tamaño 2 mm y arcillas relacionadas con el índice de plasticidad mayor de $I_p \geq 0,01$.

Con las rocas duras y semiduras, que no admiten sistemas dispersos, y que no poseen un comportamiento mecánico como los suelos friables, relacionamos las rocas ígneas, sedi-

mentarias y metamórficas; de aquí que para el territorio de Santiago de Cuba dividamos las rocas en dos grandes grupos: 1. Friables cohesivas y no cohesivas (suelos), comprenden los suelos cuaternarios; 2. Duras y semiduras, comprenden las rocas terrígeno-carbonatadas de la Fm. La Cruz y vulcanógeno-sedimentarias de la Fm. El Cobre.

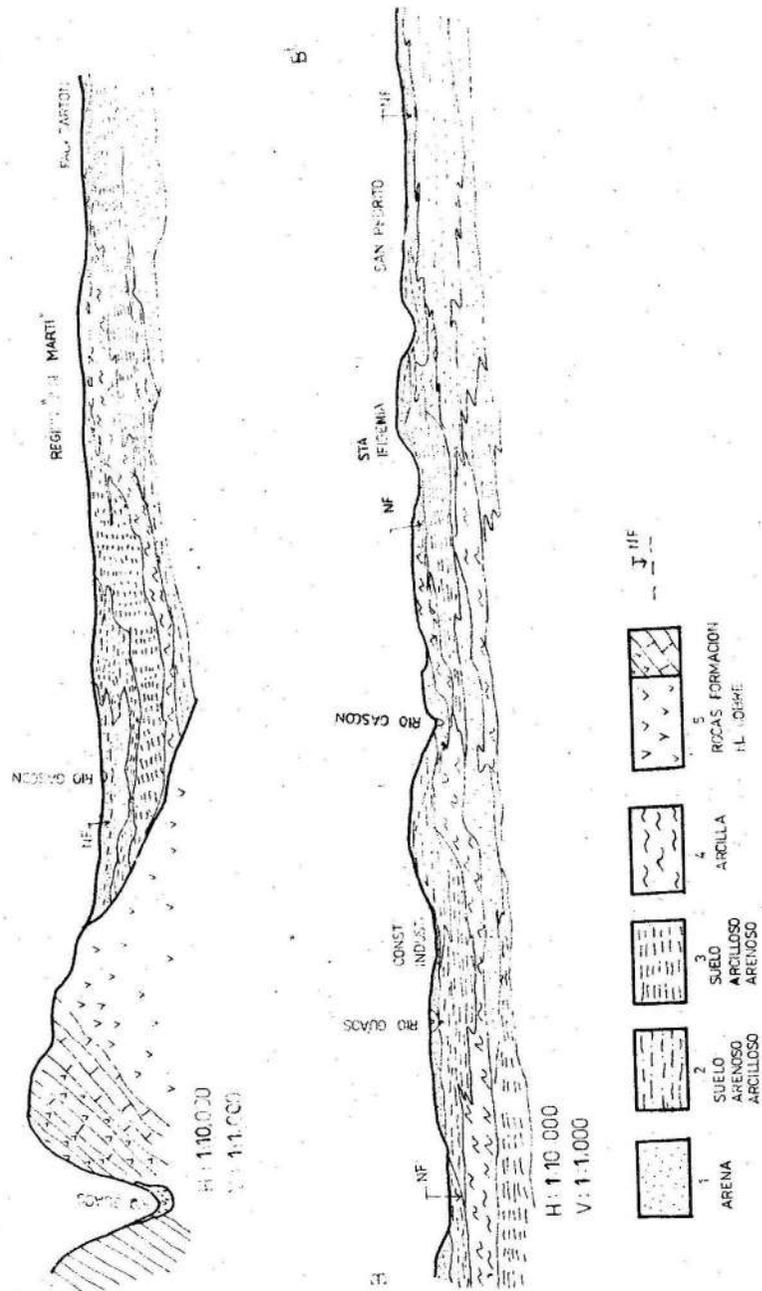
En este trabajo nos referiremos ampliamente a la I Región, ya que posee las condiciones más desfavorables para la construcción.

I Región de sedimentos cuaternarios (Región A)

Representa el grupo de rocas más distribuidas en el territorio de Santiago de Cuba. Por su origen podemos dividir las en: sedimentos aluviales (A₁), sedimentos deluviales proluviales (A₂), sedimentos eluviales (A₄) y sedimentos antropogénicos (A₃).

La región representa las rocas más débiles desde el punto de vista ingeniero-geológico y pueden quedar enmarcadas en los grupos III y IV de la clasificación ingeniero-geológica [7], como rocas friables cohesivas y no cohesivas. En el territorio de Santiago de Cuba aparecen 2 zonas bien definidas como depósitos aluviales; la primera representa los depósitos del norte y noreste de la bahía santiaguera, que desde el punto de vista geomorfológico está representada por los valles aluviales de los ríos Paradas, Gascón y Guaos (A₁-I₁). Los depósitos cuaternarios del oeste de la bahía de la ciudad de Santiago de Cuba representan el valle aluvial del río San Juan y han sido expresados la simbología A₁-I₂. En la Figura 3 se plasman los perfiles esquemáticos de los depósitos cuaternarios del norte y noreste de la bahía santiaguera. En ellos se ponen de manifiesto los depósitos friables, con un predominio de material arcilloso.

PERFILES DE LOS DEPOSITOS CUATERNARIOS



Según las condiciones de yacencia de las aguas subterráneas, las zonas han sido divididas en los siguientes órdenes:

- A₁-I₁-II₁ - para la profundidad de las aguas subterráneas de 0-2 m en los aluviales del norte noreste de la bahía;
- A₁-I₁-II₂ - para la profundidad de las aguas subterráneas entre 2-6 m en los aluviales del norte noreste de la bahía;
- A₁-I₂-II₁ - para la profundidad de las aguas subterráneas en los aluviales del río San Juan con profundidad entre 1-2 m;
- A₁-I₂-II₂ - ídem para una profundidad entre 2-6 m;
- A₁-I₂-II₃ - ídem para una profundidad entre 6-10 m .

Si tenemos en cuenta el incremento de la sismicidad de las subregiones en grados, veremos que las mismas se conjugan (ver Tabla 1).

Los procesos y fenómenos geológicos que se desarrollan en esta región son las inundaciones en las zonas bajas (por ejemplo en San Pedrito) en época de lluvias y debido al poco drenaje superficial y subterráneo del territorio, sobre todo en la franja que bordea la parte norte y noroeste de la bahía. Los ríos Paradas, Guaos y Gascón son ríos intermitentes, que en época de lluvias se convierten en grandes caudales.

TABLA 1. Explicación para el esquema ingeniero-geológico de la ciudad de Santiago de Cuba, de la región donde se desarrollan los depósitos cuaternarios. (R. Guardado.)

ZONAS INGENIERO-GEOLÓGICAS							
Región	Subregión	Tipos de rocas	Primer orden Elementos geomorfológicos	Segundo orden Nivel freático	Simbología	Incremento sismicidad en grados	Procesos y fenómenos geológicos
Sedimentos cuaternarios (A)	Sedimentos aluviales A ₁	Suelos arcillosos, arcillas, suelos arenosos, arcillosos, con potencia de 2-20 m, en la cuenca Paradas 30 m Descansan sobre rocas vulcanogeno-sedimentarias	A ₁ -I ₁ Valle aluvial, acumulativo. Pendiente 3,5-10 % (no más de 3°). Cota absoluta hasta 20 m; ríos Paradas, Gascón y Guasos	A ₁ -I ₁ entre 0-2 m presenta pantanosidad		+ 2	empantamiento
				A ₁ -I ₂ entre 2-6 m II ₂		+ 1	inundaciones en zonas bajas
	Sedimentos deluviales proluviales A ₂	Arcilla limosa, arcilla arenosa, arcilla plástica, arenas y conglomerados de gravas y fragmentos de porfirita andesítica. Potencia no mayor de 9-10 m	A ₂ -I ₂ Relieve deluvial proluvial y erosivo denudativo. Pendiente de 10-25 % (10-12°) H = 20-50 m	A ₂ -I ₂ nivel freático 4-6 m		+ 1	deslizamientos
				I ₁			
Sedimentos antropogénicos A ₃	Suelo arcilloso, potencia 2-6 m. Arena arcillosa hasta 11 m. Con material orgánico	A ₃ -I ₁ Llanura pendiente 0-0,5 %, hasta 1°. H = 1-2 m	A ₃ -I ₁ Nivel freático 0-1,5 m		+ 3	inundaciones en época de lluvia	
			II ₁				
Sedimentos aluviales A ₄	Arcilla margosa, arcilla plástica, arcilla limosa. Lentes de caliza con potencia de 6-8 m. En la parte sur de la ciudad estos sedimentos yacen sobre calizas y margas. M. La Cruz, Miembro Quintero N ₁	A ₄ -I ₁ Relieve erosivo denudativo, ondulado a llano. H ≈ 50-70 m	A ₄ -I ₁ NF 1-5 m		+ 1		
			II ₁				
	Arcillas, suelo arenoso arcilloso, arcilla plástica con nódulos calizos de potencia 5-6 m, sobre suelo calizo y/o margoso. Potencia 6-8 m. Miembro Versailles N ₁ -2	A ₄ -I ₂ Relieve de zocalo, terraciforme, disecionado, ondulado. H ≈ 100-120 m	A ₄ -I ₂ NF 2-6 m		+ 1		
			II ₁				
			A ₄ -I ₂ NF 6-10 m		+ 0,5		
			II ₂				
	Arcillas arenosas, arcillas aleuríticas, arena fina, potencia 6 m. Yace sobre rocas volcánicas, tobas y porfirita andesítica. Miembro Caney P ₁	A ₄ -I ₃ Erosivo, colinas disecionadas H ≈ 30-75 m	A ₄ -I ₃ NF 1-4 m		0 + 0,5		
			II ₁				
Arcilla, arena arcillosa, arcilla aleurítica con potencia 2-5 m. Yacen sobre tobas. Miembro Hongoloso P ₁ -2	A ₄ -I ₄ Erosivo. Pre-montañoso, ondulado, intensamente disecionado H ≈ 75-210 m	A ₄ -I ₄ NF 1-4 m		+ 0,5			
		II ₁					
		A ₄ -I ₄ NF 10 m		0			
		II ₂					

La subregión $A_2-I_2-I_1$ abarca los depósitos proluviales, colindando con los taludes que poseen cierta inclinación ($10-12^\circ$), ya sea al norte y noreste de la bahía de Santiago de Cuba o al norte de la ciudad. La potencia de estos sedimentos varía de 3-10 m. Según su composición litológica ellos representan rocas arcillosas limosas, arcilla plástica, arenas y conglomerados. Los fenómenos geológicos característicos de esta subregión son los deslizamientos de tierra. Los niveles freáticos oscilan entre 4-6 m.

La subregión $A_3-I_1-II_1$ representa los sedimentos antropogénicos, los cuales bordean la bahía de Santiago. Son los suelos más débiles, formados fundamentalmente por arcillas, que contienen manifestaciones de restos orgánicos. Dichos sedimentos presentan una superficie llana, casi horizontal, y los niveles freáticos están a 0-1,5 m; es la zona más desfavorable y peligrosa desde el punto de vista ingeniero-geológico.

La región más distribuida en el área es la de los sedimentos eluviales; por esta razón hemos dividido estos sedimentos, según las condiciones geomorfológicas, en cuatro subregiones:

1. A_4-I_1 - sedimentos eluviales del miembro Quintero (Fm. La Cruz);
2. A_4-I_2 - sedimentos eluviales del miembro Versalles (Fm. La Cruz);
3. A_4-I_3 - sedimentos eluviales del miembro Caney (Fm. El Cobre);
4. A_4-I_4 - sedimentos eluviales del miembro Hongolosongo (Fm. El Cobre).

La subregión A_4-I_1 (II_1, II_2) representa los sedimentos eluviales desarrollados en las rocas conglomeradas del miembro Quintero; los números romanos II_1 y II_2 indican los niveles freáticos de 1-5 m el primero y de 5-10 m el segundo.

La subregión A_4-I_2 ($II_{1,2,3}$) representa las rocas eluviales del miembro Versalles, con una profundidad de las aguas a II_1 de 2-6 m, II_2 de 5 a 10 m y II_3 de 10 m. Son suelos muy importantes desde el punto de vista constructivo y sobre ellos se asienta más del 60 % de la ciudad de Santiago de Cuba. La potencia de los suelos es variable y oscila entre 6 y 8 m. Es característico encontrar entre los suelos eluviales de la Fm. La Cruz bolsones de roca caliza, muy resistente y dura. Es de destacar que estos sedimentos son deslizables en pendientes someras ($\geq 10-12^\circ$), en particular cuando son sobresaturados.

La subregión A_4-I_3 ($II_{1,2,3}$) representa los sedimentos eluviales de las rocas porfiritas, andesitas y tobas del miembro Quintero. Esta subregión se subdivide desde el punto de vista hidrogeológico en dos zonas: zonas con niveles de 1-4 m ($A_4-I_3-II_1$), zonas con niveles mayores de 10 m ($A_4-I_3-II_2$) y zonas con niveles mayores de 10 m ($A_4-I_3-II_2$). La potencia de los sedimentos eluviales es somera, se calcula de 6 m y la composición litológica es de arcilla arenosa, arcilla aleurolítica y arcilla fina. El material ofrece buenas bases para las cimentaciones de obras ingenieriles.

La subregión A_4-I_4 (II_1-II_2) abarca los sedimentos eluviales del miembro Hongolosongo; para niveles freáticos de 1-4 m tenemos la zona A_4-I_4 (II_1) y para los niveles freáticos ≥ 10 , la zona A_4-I_4 (II_2).

Región de las rocas carbonatadas (Región D)

Estas rocas aparecen en la Fm. Ciudadamar y se agrupan dentro de las de edad cuaternaria. La subregión está formada por una estrecha franja de roca caliza organosa, que se extiende al sur de la ciudad. Son rocas masivas y compactas. Conforman un relieve característico, que se dife-

rencia del resto del territorio en que forma terrazas costeras, con una pendiente abrupta al mar, donde pueden apreciarse los fenómenos de abrasión marina y los desprendimientos de grandes bloques (por ejemplo la zona de San Pedro del Mar). Son rocas carsificadas y según el nivel freático las podemos señalar como rocas con niveles mayores de 10 m de profundidad D-I₁-II₁. El límite inferior está señalado por el contacto de calizas arenosas finas, de color blanco, que a veces contienen restos de corales algo recristalizados y las calizas arenosas arcillosas, de color crema que contienen abundantes moldes internos de bivalvas y gasterópodos. Esta formación constituye una secuencia monótona de calizas organógenas, arcillas organodetríticas, a veces margas; en las partes superiores del corte de la Fm. Ciudadamar aparecen calizas arcillosas de color blanco amarillento, que contienen por lo general grandes cantidades de restos de corales y calizas organodetríticas, con finas intercalaciones de conglomerados. Por último aparecen calizas finamente arenosas, de color blanco rojizo, con su superficie afectada por los procesos cársicos. Hacia el sur la formación aumenta considerablemente su potencia, estando representada casi exclusivamente por calizas organógenas masivas y muy cavernosas, las cuales están distribuidas en las elevaciones terraciformes que bordean la costa. La potencia calculada para esta formación oscila entre 30 y 60 m, aunque hacia el sur sobrepasa los 60 m. Desde el punto de vista físico-mecánico estas rocas poseen una densidad que oscila entre 1,70-1,90 g/cm² y su porosidad varía entre 20-32 %. El módulo general de la deformación lo compone de 10 MP_a-MP_a.

Región de las rocas terrígeno-carbonatadas (Región B)

La región B de las rocas carbonatadas la integran un conjunto de interestratificaciones de conglomerados, areniscas, arcillas, margas y calizas que pueden ser agrupadas

según la clasificación ingeniero-geológica entre las duras y semiduras [7]. Esta región se divide en dos subregiones, según las características geólogo-genéticas que son: la subregión terrígeno-carbonatada del miembro Quintero (B₁-I₁) y la subregión terrígeno-carbonatada del miembro Versalles (B₂-I₂).

Desde el punto de vista geológico, la región B formada por rocas de la Fm. La Cruz posee una estructura bastante simple, la cual ha sido denominada como un graben sinclinal [8]. Las estructuras plicativas están poco desarrolladas y consisten en pliegues muy suaves de pequeña amplitud y extensión. Las estructuras disyuntivas son las más importantes.

El grupo de fallas sublatitudinales está integrado por los sistemas de fallas más antiguos, los cuales se disponen paralelos a la dirección de las estructuras más viejas, correspondientes a la Fm. El Cobre. Los grupos de fallas sublongitudinales están formados por sistemas de fallas más jóvenes, dispuestas en sentido transversal a las estructuras de la Fm. El Cobre. Estos sistemas de fallas sublongitudinales han complicado el modelo tectónico de las rocas de la Fm. La Cruz, dividiéndola en numerosos bloques.

La subregión B₁-I₁ representa las rocas terrígeno-carbonatadas del miembro Quintero, que constituyen la parte más baja de la columna estratigráfica de la Fm. La Cruz. Litológicamente el miembro Quintero está integrado por conglomerados gruesos de cemento calcáreo-arcilloso de color blanco crema, a veces pardo verdoso, sus cantos poseen tamaños que por lo general oscilan entre 10 y 30 cm, teniendo forma angulosa; los clastos están representados por rocas de la Fm. El Cobre, predominan las tobas de color verde de grano fino, las calizas y las rocas efusivas de

composición media y básica. El espesor calculado para este miembro oscila entre 20-30 m y el mismo se acuña de sur a norte y de este a oeste.

El relieve es ondulado, compuesto por colinas aisladas en toda la parte norte de la ciudad, destacándose la Loma de Quintero, con alturas de 75-80 m; hacia el sur el relieve es suave y las pendientes son leves (2° - 3°).

De acuerdo a las condiciones hidrogeológicas la subregión puede dividirse en tres subzonas: 1. Subzona de profundidad mínima de las aguas subterráneas, 1-4 m ($B_1-I_1-II_2$); 2. Subzona de profundidad mínima de las aguas subterráneas entre 4-10 m ($B_1-I_1-II_2$); 3. Subzona de profundidad mínima mayor de 10 m ($B_1-I_1-II_3$).

Los procesos y fenómenos geológicos que ocurren en esta región se caracterizan por deslizamientos de tierra, fundamentalmente en la Loma de Quintero, la erosión intensa de los taludes y la formación de cárcavas, donde se alcanzan profundidades de 1-2 m.

Región de rocas vulcanógeno-sedimentarias (Región C)

La subregión C comprende las rocas vulcanógeno-sedimentarias de la Fm. El Cobre. La región puede dividirse por su composición geólogo-genética en dos subregiones: C_1 , donde afloran las rocas del miembro Caney, y C_2 , donde afloran las rocas del miembro Hongolosongo. Estas son las rocas más antiguas del territorio (edad Paleoceno-Eoceno); además son rocas resistentes y pueden enmarcarse dentro del grupo de rocas duras y semiduras.

La región C, según los índices geomorfológicos puede desmembrarse en dos zonas subordinadas a cada subregión y se expresan como C_1-I_1 , para la subregión Caney, y C_1-I_2 para la Hongolosongo.

La subregión de las rocas vulcanógeno-sedimentarias del miembro Caney (C_1) se caracteriza por presentar un relieve de llano a ondulado, el cual está subordinado a la tectónica del territorio. Las cotas máximas para esta región alcanzan valores de 150-200 m. La pendiente media oscila de 0,6 a 0,8 para las zonas llanas y de 10-20 % (hasta 11°) para las zonas onduladas; el relieve es diseccionado.

En cuanto a la composición geológica, se presentan rocas (dioritas, andesitas, porfiritas y material tobáceo) que constituyen buenas bases naturales para las construcciones.

Según la profundidad de las aguas subterráneas, la subregión Caney puede dividirse en 3 zonas:

- $C_1-I_1-II_1$ - subzona de profundidad mínima del nivel freático de 1 m;
- $C_1-I_1-II_2$ - subzona con profundidad mínima del nivel freático entre 1-4 m, con un pH de 7-9 y una mineralización de 0,6-2,2 g/l;
- $C_1-I_1-II_3$ - subzona con profundidad mínima del nivel freático mayor de 10 m.

Los fenómenos geológicos más desarrollados para esta subregión son los desprendimientos de rocas y las cortezas de meteorización de las rocas antes señaladas.

La subregión vulcanógeno-sedimentaria de las rocas del miembro Hongolosongo presentan un relieve característico de la subregión C_2-I_2 ; el relieve es de tipo premontañoso, con pendientes de 8 a 10° y donde se alcanzan valores mayores de 250 m. El relieve se encuentra subordinado a la tectónica de la región. Las rocas de la región C_2-I_2 pueden catalogarse como semiduras, fuertemente agrietadas, y su coeficiente de agrietamiento K_a alcanza valores de 12. Son, sin embargo, rocas resistentes, tobas de distinta granulometría y bien estratificadas. Según la hidrogeología de la región la hemos dividido en dos subzonas: $C_2-I_2-II_1$, subzona de profundidad de las aguas subterrá-

neas entre 4 y 10 m, y $C_2-I_2-II_2$, subzona de profundidad del nivel freático de las aguas subterráneas mayor de 10 m.

Los fenómenos geológicos son muy semejantes a los descritos en la región anterior. Sin embargo, debemos señalar que el agrietamiento es un factor que debe considerarse.

Del análisis integral del esquema de regionalización ingeniero-geológica de la ciudad de Santiago de Cuba puede afirmarse que una de las zonas más favorables para el futuro desarrollo de la ciudad lo representa la variante sureste, donde las bases para cimentar las obras son rocas margosas, que poseen una densidad de 1,53-1,94 ($8 \cdot 10^{-3}$ kg/cm³), una humedad y una resistencia a la compresión de $[(\sigma_{com} \cdot 10^{-5} \text{ Pa}) = 6-13]$, es decir, son rocas resistentes. El nivel freático es mayor de 10 en algunos casos, y las rocas poseen una yacencia horizontal. Son zonas donde el incremento de la actividad sísmica está cerca de cero, lo cual tiene como resultado proyectar obras para el grado de sismicidad de la región.

REFERENCIAS

1. "Informe del Plan Director de la ciudad de Santiago de Cuba". Instituto de Planificación Física. Provincia Santiago de Cuba, 1980.
2. POPOV, I. V.: Ingeniería geológica. Fundamentos de la ingeniería geológica regional, t. I, Ed. Nedra, Moscú, 1961 (en ruso).
3. LOMTADZE, V. D.: Metodología para la confección de mapas ingeniero-geológicos y tareas de la regionalización ingeniero-geológica, Materiales de la Cuarta Conferencia sobre Ingeniería Geológica Regional. Leningrado, 1968 (en ruso).
4. LOMTADZE, V. D.: Ingeniería geológica. Ingeniería geológica especial. Ed. Nedra, 1978 (en ruso).
5. Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas: Normas para la confección de mapas ingeniero-geológicos. La Habana, 1980.
6. Normas soviéticas, SNIP II.15.74. Goidat. Moscú, 1975.
7. LOMTADZE, V. D.: Ingeniería geológica. Ingeniería petrologica. Ed. Nedra, Leningrado, 1970 (en ruso).
8. CAMPOS D., MARIO: "Estratigrafía y tectónica de la Fm. La Cruz en la cuenca de Santiago de Cuba". Informe. Santiago de Cuba, 1972.

170

CDU 543.843:646.73:66-936.7(729.16)

ANÁLISIS DE LA SOLUBILIDAD DE LOS COMPLEJOS AMONIACALES DE Co^{2+}

RESUMEN

Para la investigación se modeló el proceso con el reactivo químico puro para el análisis $CoCO_3 \cdot nCo(OH)_2 \cdot TH_2O$ a escala de laboratorio. Los licores fueron preparados en series isomolares con un contenido de NH_3 total de 1-5 kmol. m⁻³. La lixiviación se efectuó en un agitador de botella a temperatura ambiente y en un termostato a 50 °C.

Se realizó el análisis de correlación par, obteniéndose altos valores de los coeficientes de correlación 0,933 y 0,969, correspondientes a 4 y 5 kmol. m⁻³ de NH_3 total, respectivamente, así como las ecuaciones matemáticas, por las cuales se puede determinar cualquier valor de la solubilidad del complejo amoniacal de Co^{2+} en función del contenido de NH_4^+ en la solución inicial.

Se obtuvieron las expresiones teóricas que describen las leyes de solubilidad del Co^{2+} en las mezclas carbonato-amoniacaes, por las cuales se pueden comparar diferentes complejos amoniacaes y determinar la influencia de la temperatura analíticamente.

Se estableció que la composición óptima del licor para la lixiviación del cobalto en el proceso CARON corresponde a 75-80 g.dm⁻³ de NH_3 total y 45-50 g.dm⁻³ de CO_2 . En estas condiciones de composición y temperatura ambiente la solubilidad del Co^{2+} es de 11-12 g.dm⁻³.

Se comprobó que el aumento de la temperatura en la lixiviación disminuye la solubilidad del cobalto en el licor hasta 9-10 g.dm⁻³ a 50 °C.