

REVISTA

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA

Año 2 No. 4 Vol 2

Marzo - Mayo 1.991



**EVOLUCION DE LAS MATEMATICAS
EN LA INGENIERIA**

**METODOS ACTUALES DE
MICROZONIFICACION SISMICA (I)
TAXONOMIA DE PROTOCOLOS DE
COMUNICACIONES**



**REVISTA
ESCUELA
COLOMBIANA
DE INGENIERIA**

Año 2 No. 4 Vol.2
Marzo - Mayo 1.991

Director
GERMAN RICARDO SANTOS GRANADOS

Consejo Editorial
CARLOTA LOPEZ ARANGO
RICARDO LOPEZ CUALLA
MARIA CRISTINA CORREAL
RAMIRO CABAL SANCLEMENTE
JAVIER BOTERO ALVAREZ

Editora
BLANCA VILLAMIL DE ALVAREZ

Director Comercial y de Producción
ALDO G VILLAMIL A.

Asesor Especial
HERNANDO ALVAREZ RINCON

Directora de Publicidad
TERESA VARGAS FERIA

Arte y Diagramación
LILIANA GALLEGO C.

Transv. 6 No. 51 A - 43
Tels: 232 18 86 Fax 287 10 05 Bogotá

La ESCUELA y la REVISTA no son responsables de las ideas y conceptos emitidos por los autores de los diferentes trabajos publicados. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos de la REVISTA citando la fuente y el autor.

**CONSEJO DIRECTIVO DE LA
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA**

Presidente

Ing. Ignacio Umaña de Brigard

Vocales

Ing. Luis Guillermo Aycardi Barrero
Jorge Eduardo Estrada Villegas
Manuel García López
Alvaro González Fletcher
Alberto Montañés Peña
Armando Palomino Infante
Ricardo Quintana Sighinolfi
Arturo Ramírez Montúfar
Jairo Romero Rojas
Ricardo Salazar Ferro

Rector

Ing. Eduardo Silva Sánchez

Secretario

Ing. Alberto Salamanca Pinzón

Kilómetro 13 Autopista Norte Tel: 676 00 77
Fax: (571) 676 04 79 A.A. 14520 Bogotá

Licencia Mingobierno en trámite

Marzo/Mayo de 1991



NUESTRA PORTADA

Francisco López Arango

Colección Privada

SUMARIO

2 EDITORIAL

Por Jairo A. Romero Rojas

4 Estudio Geotécnico de sistemas de conducción en terrenos montañosos (III)

Por Manuel García L

8 Métodos actuales de microzonificación sísmica (I)

Por Sergio Londoño Korgi

12 Taxonomía de protocolos de comunicaciones

Por Luis Fernando Rodríguez

16 Evolución de las matemáticas en la ingeniería (I)

Por Jaime Lesmes

20 Empuje de tierras para rellenos de geometría compleja y con cargas

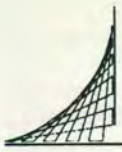
Por Manuel Delgado V.

26 El Temperamento

Por Bernardo Liévano León

30 NOTICIAS:

- Consejo Académico
- Graduandos Segundo Semestre 1.990
- Ingeniería Siglo XXI
- Inauguración Bloque B



EDITORIAL

UN INTERROGANTE

¿Quién enseñará, o quién debe enseñar ingeniería civil en el siglo XXI?

La necesidad de profesores en ingeniería civil aumentará, en los próximos años, porque la oportunidad de trabajo en el campo de la ingeniería civil deberá incrementarse para atender el deterioro de la infraestructura nacional existente, los servicios del crecimiento poblacional natural y las demandas y necesidades ambientales futuras.

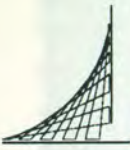
Vincular docentes de tiempo completo a las escuelas de ingeniería civil no ha sido, no es, ni será tarea fácil. Surge el debate de la experiencia necesaria para tener la capacidad de enseñar y, dentro de la actividad profesoral, el conflicto de qué es más importante: enseñar, administrar o investigar.

Indudablemente que hoy se reconoce, admira y premia al investigador o al administrador, pero se demerita al docente. Cuando un profesor universitario establece un programa de investigación, con financiación apropiada, recibe el máximo honor, no importa que dicha investigación sólo conduzca a un impacto mínimo sobre la sociedad, no tenga aplicación práctica o solamente sea un trabajo más de consultoría. Será por ello difícil encontrar docentes que desarrollen herramientas educativas, textos didácticos y transmitan sus conocimientos en ingeniería civil; pues ello no conducirá al gran reconocimiento de los investigadores.

La Universidad tiene, ante todo, una función docente. La calidad de los egresados, a nivel profesional, es función de la calidad de la enseñanza y, por lo tanto, de las cualidades de sus docentes. Los buenos docentes no son necesariamente buenos investigadores ni excelentes administradores.

En un ambiente profesoral óptimo sólo ingenieros ejemplares, con vasta experiencia profesional práctica, deberían enseñar; pero en la realidad éste objetivo no se ha concretado y, seguramente tampoco en el futuro, hasta tanto no se logre que el sacrificio de la docencia sea realmente recompensado.

JAIRO A. ROMERO ROJAS



ESTUDIO GEOTECNICO DE SISTEMAS DE CONDUCCION EN TERRENOS MONTAÑOSOS (III)

Por: **MANUEL GARCIA LOPEZ**
I.C., MSCE.(*)

Existe una diferencia fundamental entre las estructuras individuales o en grupos y las obras de desarrollo lineal. Las primeras ocupan áreas limitadas, relativamente pequeñas; por lo tanto, puede ejecutarse un programa de investigación geotécnica que permita obtener información detallada de las condiciones del subsuelo. En cambio, las segundas cubren áreas tan extensas que no siempre es posible realizar estu-

dios detallados a lo largo de la ruta completa. El estudio geotécnico de estos sistemas debe basarse en una evaluación amplia, lo más completa posible, de las condiciones regionales, con investigaciones detalladas en sitios de estructuras importantes y en zonas de inestabilidad activa o potencial ineludibles.

Un estudio geotécnico tiene como propósito determinar, analizar y predecir el comportamiento del terreno ocupado, o

que va a ocuparse, por una obra de ingeniería, teniendo en cuenta las condiciones geológicas, hidrológicas (climáticas) y topográficas de la región. En el caso presente se refiere especialmente a la estabilidad y deformación de los suelos y rocas donde estará localizada la tubería de conducción de agua, petróleo, gas, combustibles, y estructuras tales como bocatomas, desarenadores, estaciones de bombeo, tanques de almacenamiento y emisarios finales.

En la Tabla 1, que hemos adaptado de O'Rourke y Crouse (1984), se resumen los puntos principales del estudio y selección de ruta en proyectos lineales. El estudio pone en práctica modernas técnicas de reconocimiento y evaluación del terreno; define y analiza unidades o formaciones geológicas, aspectos técnicos y geomorfológicos, presencia de fallas y zonas de brecha, y el grado de meteorización de las rocas. Se observan características de comportamiento de suelos y rocas en relación con obras de ingeniería; se establecen las clases de movimientos típicos de taludes en la región, los mecanismos de falla, su incidencia en conducciones ya existentes o en otras obras de ingeniería y las posibles medidas correctivas de la inestabilidad del terreno.

La identificación cuidadosa de los taludes potencialmente inestables, atiende al hecho de que los mayores riesgos sísmicos estarán asociados con laderas que ya muestran señales de movimiento bajo condiciones estáticas.

**Socio y Director de Estudios, Ingeniería y Geotecnia., Ingenieros Consultores, Apartado Aéreo 14455, Bogotá Colombia. Profesor Asociado, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Profesor Fundador, Escuela Colombiana de Ingeniería*

Tabla 1

PRINCIPALES COMPONENTES DE LA EVALUACION GEOTECNICA Y LA SELECCION DE RUTA PARA OBRAS LINEALES E INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

| Información o actividad básica. | Uso de los datos y resultados de la actividad |
|---|---|
| 1. Mapas topográficos. | Selección de corredores. Definición de vías de acceso y centros de operación. Identificación de áreas de inestabilidad potencial. Influencia sobre áreas desarrolladas (urbanas, agropecuarias) Interferencia con proyectos existentes. |
| 2. Geología regional. | Características fisiográficas. Geología superficial y del substrato. Identificación de dificultades potenciales. Selección de áreas para estudio más detallado. |
| 3. Sensores remotos. | Identificación de formas del terreno, tipos de suelos, áreas con inestabilidad de taludes, fallas geológicas, presencia y acción del agua. |
| 4. Clima e hidrología. | Pluviosidad, distribución de la lluvia en el año, caudales. Temperatura ambiente. |
| 5. Mapas de riesgo sísmico y de deslizamiento. | Localización de zonas de fallas activas, áreas propensas a licuación, zonas de deslizamiento activo o potencialmente inestables. |
| 6. Reconocimiento aéreo. | Complementa y clarifica información proveniente de mapas y sensores remotos. |
| 7. Inspección del terreno. | Recorrido de los posibles corredores. Reconocimiento detallado de sitios. |
| 8. Investigación de campo y laboratorio. Sitios especiales. | Exploración por métodos manuales y mecánicos (apiques, trincheras, sondeos y perforaciones en sitios especiales. Muestreo (muestras inalteradas y remoldeadas). Mediciones del agua subterránea. Ensayos de campo (penetración, carga directa, permeabilidad). Ensayos de laboratorio (clasificación, resistencia al corte, expansividad, dispersividad, compresibilidad) |

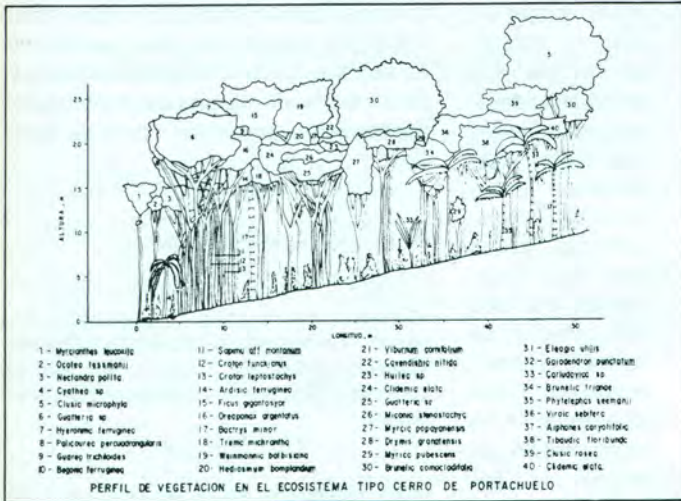


Figura 1

PERFIL DE VEGETACION EN EL ECOSISTEMA TIPO CERRO DE PORTACHUELO

El examen de deslizamientos recientes ayudará a comprender la acción de factores y mecanismos de falla. Los resultados se aplican tanto a la definición de corredores con menores riesgos geotécnicos, para nuevas líneas de conducción, como a la conservación y mantenimiento de conducciones existentes.

Evaluación del efecto sobre el medio ambiente

La construcción de obras de Ingeniería produce deforestación, excavación, exposición de áreas de suelo o roca antes protegidas, remoción de soporte, concentración de aguas, sobrecarga y bloqueo o alteración del drenaje natural por efecto de rellenos y disposición de desechos. La magnitud de estos efectos dependerá de la técnica de construcción y las obras preventivas o remediales que se implanten desde el comienzo, simultáneas con la ejecución de las obras. Los problemas aumentarán en proporción a las alteraciones del drenaje superficial y a la infiltración. Entre los propósitos del diseño está el de identificar las áreas donde pueden ocurrir los mayores problemas y planear de antemano

ponde a las condiciones ambientales antes de entrar el proyecto en ejecución. Los efectos del proyecto se estiman tanto en el caso de que se introduzcan medidas de mitigación de sus efectos como en el caso de que no sean introducidas. El estudio ecológico tiene aquí un papel destacado. Para la determinación, clasificación y descripción de los diferentes ecosistemas que se desarrollan en la zona de influencia de la construcción de un proyecto, se tienen en cuenta los siguientes factores (Corredor, 1987):

- Temperatura, determinada por el gradiente altitudinal.
- Humedad (precipitación y humedad relativa).
- Topografía.
- Acción antropogénica.

Las condiciones en gran parte de las vertientes de las cordilleras dan lugar a la formación de varios tipos de ecosistemas altitudinales definidos especialmente por la temperatura, la cual está en relación estrecha con la humedad. Una vez delimitados y clasificados los ecosistemas existentes a lo largo del corredor de una conducción, en el estudio

las medidas para evitarlos o controlarlos durante la construcción misma. Al asegurar la estabilidad del terreno mediante obras de control geotécnico se logra la protección del medio ambiente. En la evaluación del efecto de las obras sobre el medio ambiente intervienen tanto la definición del estado inicial de referencia, como la incidencia de la construcción y operación de aquel. El estado inicial de referencia corres

ecológico y de protección ambiental se puede llegar a las recomendaciones para la conservación y restauración del medio ambiente, las cuales son introducidas en el diseño geotécnico y civil. Por ejemplo, se presentan en la Tabla 2 y las figuras 1 y 2 parte de los resultados del estudio del corredor para el Gasoducto Apiay - Villavicencio - Bogotá. Se muestran los perfiles de vegetación típicos de dos de los seis ecosistemas determinados entre Villavicencio y Bogotá. Como se ve en la Tabla 2, además de describir las condiciones físicas y biológicas de los ecosistemas se pueden dar indicaciones tales como buscar los terrenos con mayor influencia antropogénica, eludir las zonas de bosques en restablecimiento, recomendar la adopción de prácticas de control de erosión, entre ellas la siembra de especies nativas reconocidas en el mismo estudio, o la plantación de especies arbustivas de poca altura, gran follaje y alta ramificación y la recuperación de los cauces cruzados.

Comentarios finales

En el diseño pueden quedar zonas críticas que no pueden evitarse, y esto impone otra condición especial de las obras lineales, la cual consiste en desarrollar una ingeniería geotécnica muy efectiva, de supervisión o asesoría durante la construcción, de manera que en todo momento se estén verificando en el campo las suposiciones de diseño, o se introduzcan los cambios necesarios para acomodarse a las condiciones reales.

La inspección y la supervisión de campo deben ser realizadas por individuos calificados, con experiencia adecuada. Estos deben estar familiarizados con los tipos, procesos y mecanismos de falla comunes en los materiales de las regiones atravesadas; la identificación y clasificación apropiada de los fenómenos de falla y del grado de riesgo que imponen, resulta de importancia para eludirlos o para establecer diseños de corrección y prevención, prácticos, económicos y eficientes. Debe tener conocimiento y autoridad que le permitan introducir o recomendar modificaciones apropiadas en diseño o construcción.

Mediante la asesoría directa al Constructor, al Propietario o al Operador

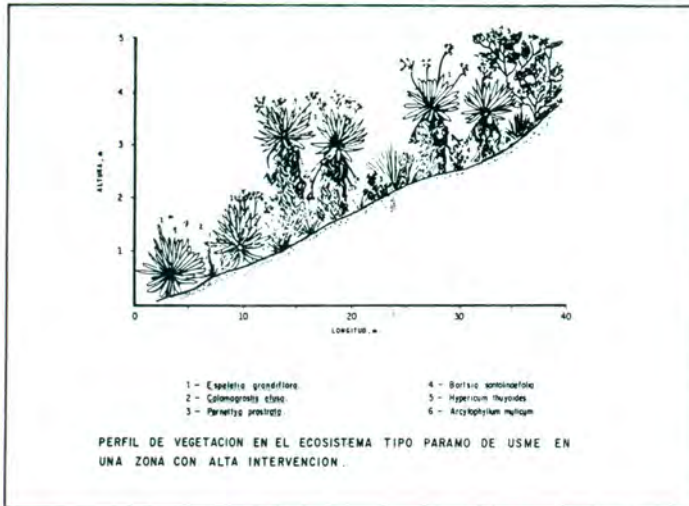


Figura 2

PERFIL DE VEGETACION EN EL ECOSISTEMA TIPO PARAMO DE USME EN UNAZONA CON ALTA INTERVENCION

de Sistemas de Conducción, la geotecnia permite introducir los cambios o precisar aspectos de las obras según las condiciones imperantes durante la construcción o inducidas por ésta. De acuerdo con el Interventor y el Constructor es posible

obras de control de erosión provisionales y permanentes, así como las medidas preventivas o correctivas de deslizamientos. Este se ha logrado disponiendo ciertos requisitos de tiempo y espacio entre distintas etapas del proyecto.

plantear variantes por zonas que aparezcan más estables, cuyo diseño seguirá los mismos criterios que se aplican en la selección del trazado original, o diseñar las obras de estabilización y las medidas preventivas antes que los fenómenos de falla del terreno se tornen incontrolables. De otra parte, se ha comprobado en proyectos recientes la bondad de establecer límites de tiempo para llevar a cabo las

Como complemento de esto que podríamos llamar el enfoque institucional, conviene incluir en los Contratos la aceptación del pago en cualquier momento, de actividades como conformación, drenaje, empradización y reforestación: se logra entonces que la limpieza y restauración finales del corredor se vayan ejecutando en seguida de la colocación o enterrado de la tubería, de manera que la protección geotécnica y ambiental opere de inmediato.

Bibliografía

-Corredor, Henry (1987). "Evaluación Ambiental Preliminar del Corredor del Gasoducto Villavicencio-Bogotá", Trabajo No. 665, Ingeniería y Geotecnia Ltda., para Ecopetrol, Bogotá.

-IGL (Ingeniería y Geotecnia Ltda),1990, "Manual de Mantenimiento, Oleoducto Santiago - El Porvenir", Trabajo No. 1043, para Lasmo Oil (Colombia) Limited - Asociación Upia. Bogotá

-O'Rourke T.D. y Crouse C.B. (1984), "Description of Seismic Hazards", en "Guidelines for the Seismic Design of Oil and Gas Pipeline Systems", Cap. 2. Committee on Gas and Liquid Fuel Lifelines, ASCE, N.Y.

TABLA 2
CLASIFICACION DE ECOSISTEMAS EN EL ALINEAMIENTO DEL GASODUCTO VILLAVICENCIO - BOGOTA

| TIPO | -1- | -2- | -3- | -4- | -5- | -6- |
|----------------------------|--|--|--|--|--|---|
| FACTORES | CUCHILLA DE BUENAVISTA | ALTO DE PORTACHUELO | LOMA DE LA JABONERA | VEREDA DE ESTAQUECA | PARAMO DE USME | SECTOR USME |
| CLASIFICACION DE HOLDRIDGE | Bosque Húmedo Tropical (bhT) | Bosque muy Húmedo Paramontano (bhPM) | Bosque Húmedo Paramontano (bhPM) | Bosque Húmedo Montano Bajo (bhMB) | Bosque Húmedo Montano (bhM) | Bosque Seco Montano Bajo (bsMB) |
| TOPOGRAFIA | Escarpada, de pendiente suave a fuertemente ondulada. | Partes mas altas de las cordilleras. (1800-2300 m.s.n.m) | Flanco Occidental del Cañon del Río Elanco. (1000-1500 m.s.n.m) | Valles (1500-2000 m.s.n.m) | Mayor altura sobre el nivel del mar. | Terrenos ondulados y planos. (2500-2800 msnm) |
| VEGETACION | Vestigios de bosques de galería, gramíneas y pastos naturales. | Arboles de diferentes tamaños - bambus - palmas y helichos plantulas y plantas pequeñas. (Ver figura 1) | Dasel continuo de especies arboreas de poco fuste. | Escasa la vegetación natural - agricultura y ganadería. | Cubierta vegetal no continua propia de los Paramos. Ver figura 2 | Vegetación natural eliminada. Cultivos. |
| PRECIPITACION (mm) | Hasta 3000 anuales | Hasta 5000 anuales | 3000 - 4000 anuales | | Hasta 1500 | Hasta 750 |
| ANTROPOGENICO | Acción intensa y activa | Muy poca intervención. | Acción intensa | Acción activa (agricultura y ganadería) | Acción activa, aunque no tan marcada (agricultura y ganadería). | La mayor influencia debido al asentamiento y desarrollo urbano. |
| FAUNA | Aves, serpientes, insectos, dípteros y algunos mamíferos. | Mamíferos herbívoros, monos, guatínos, ardillas, borugo, ciervos, reptiles y anfibios. | Algunos mamíferos, reptiles, anfibios, aves. | Fauna poco representada por la ausencia de vegetación natural. | Fauna diezmada por la acción antropogénica. | Insectos, aves y roedores. |
| RECOMENDACIONES | -Buscar los terrenos con mayor influencia antropogénica. -Eludir los bosques en restablecimiento. -Siembras de especies nativas. | -Buscar los sectores con menor pendiente -Enterrar los tubos en contacto con el material parental del suelo. -No dejar terrenos descubiertos. -Construcción de cortacorrientes. | -Diseñar y construir sistemas de control de erosión, cortacorrientes, trincheras y barreras vivas. | -Hallar sitios estables. -No dejar el suelo descubriendo. -Plantación de especies arbustivas de poca altura, gran follaje y alta ramificación. | -Profundizar la tubería. -Sitios de menor grado de pendiente. -Plantación de especies vegetales en los sitios donde el terreno sea removido. | -Para este tipo de ecosistema realmente el cambio ya está dado |



MÉTODOS ACTUALES DE MICROZONIFICACION SISMICA (I)

ING. SERGIO LONDOÑO KORGI *

El problema que representa para las comunidades humanas la ocurrencia de los terremotos ha estado buscando solución durante muchos siglos. El camino racional para enfrentarlo es encontrar su causa. Por esta razón las diferentes culturas han dado diferentes explicaciones a la generación de los terremotos. Los japoneses creían que estos se generaban cuando el pez Namazu se ponía furioso y se revolcaba. Los antiguos griegos culpaban a Poseidón el dios del mar, por producir los terremotos, reflejando en su mitología el hecho de que la actividad sísmica de esa región de la Tierra se genera bajo el Mediterráneo. La mitología Hindú narra que cuando uno de los ocho poderosos elefantes que soportaban la Tierra se cansaba, se agachaba y sacudía su cabeza produciendo un terremoto. Un científico holandés explicó el terremoto de Lisboa en 1755 como el resultado de una explosión de dinamita en el fondo del mar, y el consiguiente flujo de gases inflamados moviéndose horizontalmente dentro de la corteza. Todas las culturas han mitificado el origen de tal fenómeno. Sin embargo, el actual estado del conocimiento sobre el origen de los terremotos no dista demasiado de lo que se sabía hace 13 siglos. Sólomente hasta comienzos del último tercio del presente siglo apareció la teoría de la tectónica de placas, dando por fin explicación racional a las constantes que se observaban alrededor de la Tierra en cuanto a la localización espacial de eventos sísmicos. Día a día hemos progresado con mayor entusiasmo gracias principalmente al desarrollo de instrumentos que nos permiten registrar la traza de las ondas que transmiten la energía destructora. Así que el problema con el cual nos enfrentamos hoy en día es tal vez el exceso de información numérica. Se necesita entonces de computadores con alta capacidad de procesamiento y técnicas de graficación rápida que nos permitan estudiar vi-

sualmente el material recolectado. En el caso específico de Colombia, no se ha llegado aún al problema de la información numérica de datos recolectados en nuestro suelo, debido a la falta de equipos implantados. Sin embargo, gracias a la información recolectada en estaciones telosísmicas localizadas en otros países, por un lado, y por otro lado a la investigación geológica, geotécnica y empírica realizada por investigadores nacionales y extranjeros en nuestro país, se ha podido avanzar en el desarrollo del conocimiento de nuestra sismicidad. Afortunadamente el futuro próximo va a ver enriquecido nuestro banco de datos en forma abundante con la puesta en marcha de la Red Sismológica Nacional, cuyo gestor ha sido el Profesor Alberto Sarria. Se espera que en 1991 esta red comience a generar información útil, pues cubrirá más del cincuenta por ciento del área del país y el total del área andina.

La utilidad primaria del conocimiento que tengamos de la ocurrencia de eventos sísmicos es poder prevenir la ocurrencia de tragedias en los lugares de la Tierra que ocupa el hombre, ya sean estos ciudades, embalses naturales o artificiales, campos para cultivo, reservas forestales o minerales, vestigios de antiguas culturas, etc. Por supuesto priman las ciudades puesto que allí es donde se concentra el mayor número de personas, además de ser los centros culturales de los pueblos. A lo largo de la historia hemos tenido que sufrir la destrucción de ciudades enteras por causas naturales, entre las cuales una de las más destructivas es la ocurrencia de terremotos. Esta experiencia nos ha señalado claramente aquellas zonas de las ciudades que presentan mayor vulnerabilidad ante estos eventos. Sin embargo, la historia muestra cómo las gentes vuelven a asentarse y a desarrollar sus industrias en los mismos lugares que alguna vez fueron devastados por fenómenos sísmicos. No es del caso entrar a discutir quienes son los

Procesos que originan desastres

Geodinámica externa

1. Fallamiento del Suelo
2. Avalanchas
3. Deslizamientos
4. Flujo de Lodos
5. Asentamientos
6. Hundimientos
7. Caída de Rocas
8. Licuefacción de Suelos
9. Erosión
10. Inundaciones
11. Reptación
12. Movimientos de Arenas

Geodinámica interna

1. Terremotos
2. Maremotos
3. Erupciones Volcánicas
4. Fallamientos Geotectónicos

Meteorológicas Hidrológicas Oceanográficas

1. Lluvias
2. Vientos
3. Variación de Temperatura
4. Inundaciones
5. Tormentas Tropicales
6. Sequías
7. Huracanes

Figura 1

responsables. Basta con señalar que las autoridades de la comunidad o ciudad juegan un papel primario, pues a ellos compete la regulación de la utilización de las tierras y aquí es donde entra el papel de la Ingeniería Sísmica, colaborando con estudios racionales de las diferentes zonas de la ciudad y entregando a las autoridades estos resultados con el fin de

* Ingeniero Civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería (1980), Master of Science de Rensselaer Polytechnic Institute (1983). Curso de Post-Grado en Ingeniería Sísmica IISEE, BRI, TSUKUBA, Japón (1986). Actualmente ingeniero asistente de dirección INGETEC S.A.



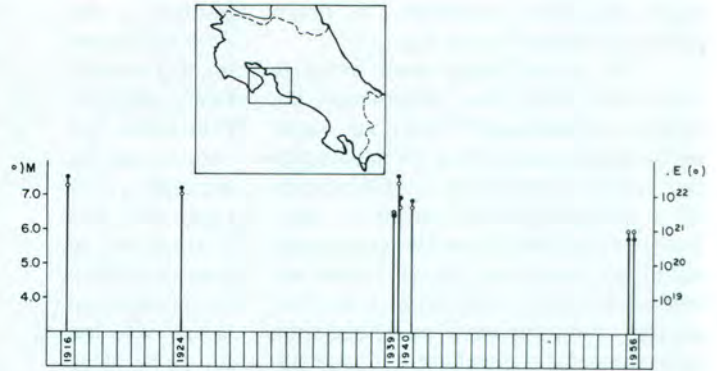
que ellas puedan legislar racionalmente con el respaldo de la técnica. Es pues responsabilidad del ingeniero efectuar los estudios de la forma mas completa posible para que las comunidades cuenten con la mejor información respecto a los peligros que pueda representar la utilización de zonas de la ciudad no aptas para levantar determinadas construcciones, o darles uso específico.

La presente exposición mostrará algunos ejemplos de estudios conducentes hacia la microzonificación de ciudades latinoamericanas, cuyo estado de avance tuvo oportunidad de conocer recientemente el autor, durante el Seminario Internacional de Microzonificación y de Seguridad de Sistemas de Servicios Públicos Vitales, organizado por el CIS-MID, Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, en Lima, Perú, del 23 de agosto al 7 de septiembre de 1990.

1. Factores generales en microzonificación

Microzonificación significa localizar e identificar los riesgos a que se verán sometidas aquellas zonas urbanas que por alguna razón no son aptas para

ser habitadas o utilizadas. Como primer paso para lograr este objetivo es necesario establecer el entorno fenomenológico de la región y su influencia potencial en el área a estudiar. Estos fenómenos involucran los terremotos, las inundaciones, las erupciones volcánicas, los tsunamis, flujos de lodo, deslizamientos, avalanchas, grandes fallas del suelo, huracanes y tormentas tropicales, (Figura 1). Estos grandes fenómenos han mostrado su recurrencia a través de los tiempos, por lo tanto no podemos desconocerlos en el momento de la búsqueda de procesos que originan desastres. Como ejemplo de la magnitud de los fenómenos naturales que se presentan podemos observar en la Figura 2 el tamaño comparativo de algunas erupciones volcánicas, (Giesecke, 1990). Todos recordamos el tamaño y efecto de la erupción en 1980 del Monte Santa Helena en Estados Unidos, y hemos sabido de la erupción del Krakatoa, Indonesia, en 1886, la cual fue escuchada a

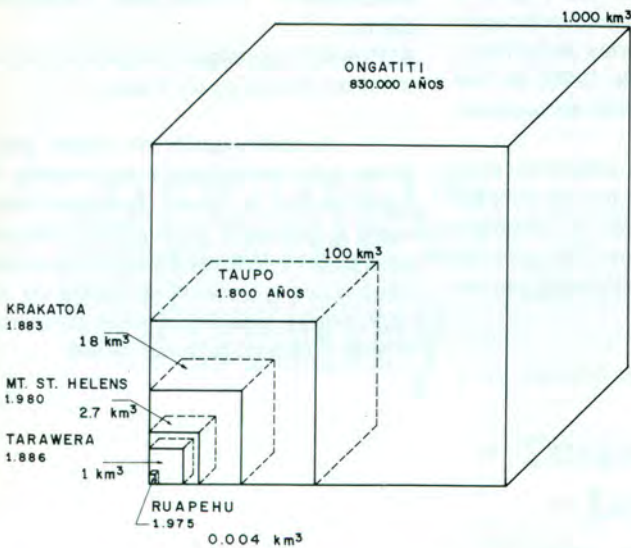


RECURRENCIA EN EL TIEMPO DE EVENTOS MAYORES
REF. MORALES, 1990

Figura 3

5.000 kilómetros de distancia y cuya nube de cenizas produjo efectos negativos sobre la temperatura de la atmósfera. Estas dos erupciones se ven empujadas por la del volcán Ongatiti, Nueva Zelandia, ocurrida hace unos 830.000 años, y se cree que ésta erupción está lejos de haber sido la más grande del cuaternario.

En el área de los terremotos han ocurrido eventos de gran tamaño como por ejemplo los de Chile de 1960 y Alaska de 1964 cuya magnitud Richter fué estimada entre 8.3 y 8.6. El terremoto de Ancash-Chimbote en Perú que cobró 52.000 vidas en 1970. El terremoto de Tangshan, China en 1976, del cual existen versiones de más de 500.000 muertos. En los últimos 30 años han perecido más de 60.000 iraníes por causa de los terremotos. Desde que se tiene noticias de los destrozos y pérdida de vidas humanas, se ha calculado que más de 13 millones de personas han perecido por causa de terremotos. Durante la década de los ochenta esta cifra superó los 250.000 víctimas, sin contar los enormes perjuicios económicos, sociales y psicológicos que se generaron. En Colombia hemos sufrido grandes destrozos por acción sísmica. Para citar solo algunos ejemplos podemos contar los terremotos de Mariquita-Honda en 1825, Cúcuta en



TAMAÑO COMPARATIVO DE ALGUNAS ERUPCIONES VOLCANICAS
VOLUMENES APARENTES ESTIMADOS
REF. GIESECKE, 1990

Figura 2



1875, Manizales y Tumaco en 1979 y Popayán, 1983. Es interesante anotar cómo los grandes eventos sísmicos muestran recurrencias que aunque pueden variar dentro de cierto rango, en algún momento sucederán, tal como podemos observar en la Figura 3.

En un segundo paso hacia la microzonificación se determinan los riesgos potenciales de carácter local, estableciendo los límites de aceptación de riesgo y así se delimitan los límites de las microzonas para el uso de la tierra. Existen otros dos pasos los cuales consisten en monitorear la ocurrencia de fenómenos en la microzona y su respuesta, y en introducir modificaciones para aumentar o disminuir el riesgo potencial de las áreas microzonificadas.

Es absolutamente necesario resaltar la gran necesidad de que las oficinas de planeación y desarrollo urbano se involucren dentro de todo el proceso de la microzonificación urbana, con el fin de que sepan darle uso real al resultado de dichos estudios. La inversión que efectúe una comunidad social en estudios conducentes a microzonificar, será totalmente desperdiciada si las entidades gubernamentales encargadas de regular el crecimiento urbano desconocen su existencia.

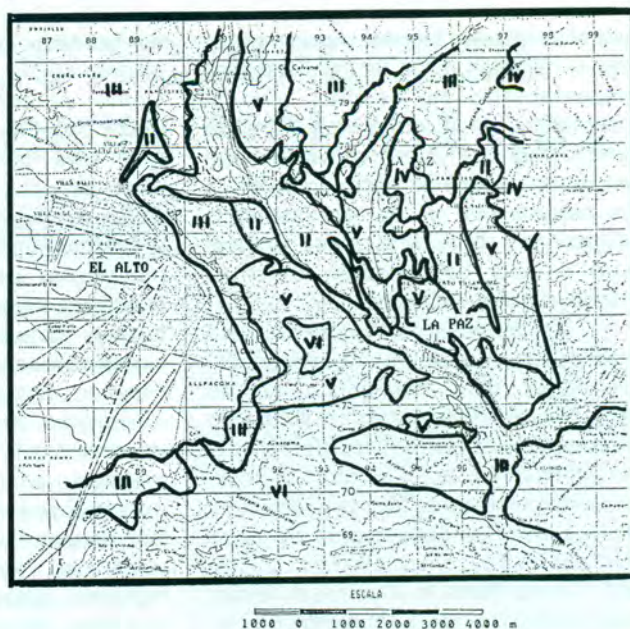
2. Microzonificación geológica

La microzonificación geológica es una de las técnicas más utilizadas principalmente por dos razones: efectuar unos pocos sondeos en una gran área permite estimar la presencia de grandes depósitos litológicos y por consiguiente su clasificación geoestructural en áreas con características similares. La otra razón es que la zonificación geológica nos lleva necesariamente a la identificación de las fallas geotectónicas de la corteza que son

precisamente las fuentes de generación de terremotos. La descripción geológica del entorno urbano implica especificar las propiedades de cada uno de los estratos y por tanto se podrá extrapolar el nivel de comportamiento relativo de las ondas sísmicas al atravesar estos medios. Por supuesto se efectúa una recopilación de los eventos sísmicos generados en la zona cercana con el fin de inferir la localización de fallas que puedan representar peligro para la ciudad. Posteriormente se complementa esta información con la exploración geotécnica y el análisis de sus características de comportamiento mecánico con el fin de afinar los límites entre zonas. La Figura 4 muestra el mapa de microzonificación geológica para las ciudades de La Paz y El Alto en Bolivia, (Ayala, 1990), el cual como primera aproximación es bastante útil.

La metodología adoptada para efectuar la zonificación de los peligros geológicos asociados con la amenaza sísmica en los alrededores del golfo de Nicoya en Costa Rica sigue los siguientes pasos, (Morales, 1990):

1. Estudiar la sismicidad histórica de la



MAPA PRELIMINAR DE MICROZONIFICACION SISMICA PARA LAS CIUDADES DE LA PAZ Y EL ALTO

REF.: AYALA, 1990

Figura 4

región en la cual se desea conocer el tipo de amenaza geológica.

2. Calcular el tamaño y localización probable para un terremoto.
3. Agrupar los materiales geológicos con propiedades físicas similares, los rasgos tectónicos y la topografía correspondiente.
4. Prever los posibles peligros del terremoto por zonas en un mapa.

A continuación de haber efectuado esta metodología se necesita la participación de otras disciplinas tales como la geotécnica y la ingeniería sísmica para poder refinar este mapa, las cuales deberán considerar la influencia de las condiciones locales sobre el comportamiento de las estructuras civiles.



TAXONOMIA DE PROTOCOLOS DE COMUNICACIONES

Por: LUIS FERNANDO RODRIGUEZ*

En su sentido normal, taxonomía es la ciencia que estudia la clasificación de formas vivientes. En el caso de los protocolos de comunicación de datos, que establecen un conjunto de reglas para interconexión de equipos y procesos de computación, numerosas variantes se han desarrollado en un ambiente competitivo y cada vez más exigente, que ha resultado en la evolución de una fauna de arquitecturas de comunicación que recuerda la variedad que uno espera encontrar en una selva tropical. En los últimos años, una organización independiente, la ISO (International Standards Organization) ha creado una serie de recomendaciones para permitir intercambiar y compartir información en un ambiente de redes y equipos de diferentes vendedores, que forman el modelo OSI (Open Systems Interconnection). Sin embargo, la definición de los protocolos asociados con este modelo ha tomado un largo tiempo, y aún no se ha terminado, con lo que han surgido diferentes arquitecturas ya sea como soluciones interinas, ya sea como productos propietarios.

El propósito de esta nota es presentar la relación de algunas de las arquitecturas de comunicaciones más comunes hoy en día con el modelo OSI, y así proveer una guía para comparar sus funciones y alcance. Además de un breve resumen del modelo OSI, hablaremos de TCP/IP y X.25, por su importancia como protocolos establecidos en forma independiente de cualquier proveedor, y también de ISDN, la red digital de servicios Integrados, y su papel en el esquema de comunicaciones de datos. Por último, dedicaremos unas palabras a FDDI, la más nueva de las normas para redes locales.

OSI

El objetivo del modelo OSI es

facilitar el intercambio de información y recursos en un ambiente de redes y equipos de diferentes vendedores. El modelo divide el proceso de interconexión de datos en siete capas, cada una de las cuales lleva a cabo una función diferente dentro del proceso. Trabajando cooperativamente, estas funciones hacen posible el intercambio de información en forma independiente del tipo de equipo en que reside cada uno de los procesos que establecen la comunicación. Cada capa del modelo opera con base en servicios o funciones ofrecidas por las capas que le son inferiores, y a su vez implementa servicios que están disponibles para las capas superiores del modelo.

Sin embargo, cada capa se relaciona únicamente con la capa correspondiente del sistema con el cual se ha establecido la comunicación. De esta forma, un cambio en la operación interna de una capa no afecta las capas superiores e inferiores, sino únicamente las capas correspondientes en los sistemas con los cuales se establece la comunicación. Esto permite cambiar la implementación o tecnología usada en una cualquiera de las capas, sin que este cambio afecte otras partes del modelo.

Las capas definidas por el modelo, y sus funciones, son las siguientes:

Funciones de Conectividad :

Capa física (capa 1) maneja los requisitos físicos y mecánicos de transmisión de señales entre sistemas. Define los conectores que deben usarse, la codificación de datos en señales compatibles con el medio usado, y las características eléctricas, sincronización, y normas de modulación.

Capa de enlace de datos (capa 2) sincroniza la transmisión, y maneja detección y recuperación de errores de

transmisión. En efecto, ofrece a las capas superiores el servicio de enlace de datos libre de errores entre nodos adyacentes. Los procedimientos usados están definidos en la norma ISO HDLC (High-Level Data link Control).

Capa de red (capa 3) establece, mantiene y termina la comunicación entre nodos de la red. Se encarga de definir el camino a usar, tanto a nivel de enlace físico como lógico, y controla el flujo de mensajes entre nodos.

Funciones de Interoperabilidad:

Capa de transporte (capa 4) implementa un canal transparente para el intercambio de datos. Se encarga del control extremo a extremo (es decir, desde el nodo fuente al nodo destino) de la sesión de comunicación, una vez que el enlace ha sido establecido a través de las funciones de la capa 3.

Capa de sesión (capa 5) maneja el diálogo entre los participantes de la sesión, estableciendo y controlando los aspectos de la comunicación que dependen de las características específicas de los nodos de la red en los que residen los procesos que se están comunicando.

Capa de presentación (capa 6) se encarga de traducir los diferentes formatos de datos propios de cada equipo específico a un formato independiente, que es enviado a través de la red, y transformado de nuevo al formato adecuado por la capa de presentación correspondiente en el nodo destino.

* Especialista en redes y comunicaciones para el proyecto ENTERPRISE 2000 de NCR. Tiene un título de ingeniería Eléctrica en la Universidad de los Andes y un MS en Ciencias de la Computación de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign



Funciones de soporte a aplicaciones distribuidas:

Capa de aplicaciones (capa 7) provee servicios de información para permitir el uso de la red por los programas de usuario, y dar soporte a la comunicación entre aplicaciones. ISO ha definido actualmente normas para funciones tales como transferencia de archivos (FTAM), correo electrónico (X400), y otros. Algunas funciones importantes, tales como protocolos de administración de redes, CMIP, se encuentran aún en desarrollo.

TCP/IP

Los protocolos TCP/IP (Telecommunications Protocol/Internet Protocol) fueron diseñados por el ejército de Estados Unidos para permitir intercomunicación entre los diferentes equipos que utiliza. La implementación de estos protocolos surgió de los requerimientos del Ejército, que es uno de los principales compradores de equipos de computación en los Estados Unidos.

Debido a esto, TCP/IP opera en los computadores de todos los proveedores importantes. A su vez, y gracias a esto, TCP/IP se ha vuelto una norma de hecho para redes de datos, en especial aquellas que comunican sistemas UNIX, debido a que se trata de protocolos probados, y que se espera que a su tiempo permitan migración a protocolos OSI, una vez que estos hayan sido ampliamente implementados y probados.

TCP/IP es un conjunto de protocolos que ofrece la misma funcionalidad que el modelo OSI, con énfasis en la conexión de equipos diferentes, y en permitir a los usuarios de cada red la creación de sus propios protocolos. Aunque la mayoría de las otras arquitecturas de comunicaciones, trataron de usar este principio, en la práctica sólo se ha realizado en TCP/IP, hasta el punto de que algunas aplicaciones originalmente implementadas como protocolos de usuarios han pasado a formar parte de TCP/IP, con la misma categoría de estándar, tal como el protocolo de administración de redes SNMP.

TCP/IP está estructurado en tres niveles, equivalentes a los siete niveles de OSI. Cada nivel ofrece uno o más protocolos que implementan diversas funciones:

Nivel Físico y de Enlace de datos

TCP/IP considera la implementación de estos dos niveles como fuera del alcance de lo definido por el protocolo. Por consiguiente, estas funciones pueden ser definidas por el implementador, permitiendo completa libertad en la escogencia del medio de transmisión, sin afectar las otras funciones del protocolo.

Protocolo Inter-Redes

El IP (Internet Protocol) implementa un servicio de datagramas entre redes diferentes, implementando las funciones de la capa 3 (Red) de ISO. Un datagrama es un paquete de datos que se envía de un nodo a otro sin necesidad de establecer previamente una sesión o canal virtual. Para permitir la transmisión de información entre redes diferentes, este nivel incluye también los Protocolos ARP y RARP (Address Resolution Protocol, y Reverse ARP) que permiten la traducción entre direcciones locales de una red, y direcciones globales de redes interconectadas.

Protocolo de Control de Transmisión

El TCP (Transport Control Protocol), que implementa las funciones de las capas de sesión y transporte de ISO. Con base en el servicio de datagramas implementado por la capa de IP, TCP implementa el servicio de circuitos virtuales con transmisión libre de errores para programas de usuarios. Para los usuarios que no requieren los servicios de circuitos virtuales, TCP/IP soporta el protocolo UDP (User Datagram Protocol), aproximadamente equivalente al nivel 4 de OSI. Este protocolo ofrece el envío de datagramas de usuario, sin garantizar entrega ni transmisión libre de errores.

Capa de Aplicaciones

La capa de aplicaciones implementa diferentes servicios de usuario:

FTP (File Transfer Protocol) implementa transmisión de archivos

SMTP (Simple Mail Transport Protocol) para correo electrónico

TELNET para sesiones interactivas remotas en computadores conectados a la red

SNMP (Simple Network Management Protocol) para administración de redes

X.25

X.25 y sus protocolos asociados definen los requerimientos para conexión a redes públicas de datos. Dado este alcance, X.25 se relaciona únicamente con los niveles 1 a 3 de OSI, que tratan de la comunicación de la red con el equipo de computación. Los protocolos de niveles superiores de OSI tratan del control de procesos dentro del equipo de computación mismo. Así, X.25 provee las funciones definidas en los tres primeros niveles de OSI, con algunas funciones del nivel cuatro. El cumplimiento de la norma X.25 garantiza solamente la conexión con equipos remotos que también cumplen con X.25, pero no asegura que los datos recibidos por el enlace sean inteligibles al destinatario de los mismos.

Otra cosa que la norma X.25 NO describe es el funcionamiento interno de la red pública de datos. El término "red X.25" se refiere a una red de conmutación de paquetes de datos a la cual se puede tener acceso usando la recomendación X.25 de CCITT. Este título, aunque técnicamente correcto, es incómodamente largo, y bastante pedante. De allí que es uso común de hablar de redes X.25.

La familia de recomendaciones asociadas con X.25 y la conexión de redes públicas comprende X.25, que define la conexión de un equipo de computación (Data Terminal Equipment) con dispositivos de acceso a la red pública de datos, denominados DCE (Data communication Equipment)

X.75, que define el intercambio de paquetes entre redes públicas de datos.

X.121, que establece los requerimientos para comunicación entre DTEs conectados a diferentes redes públicas



de datos. Debido a que aún no son comunes los accesos digitales directos a redes públicas de datos con capacidad para ensamblar y desensamblar paquetes, otros protocolos cubren la conexión a la red por medio de enlaces análogos orientados a caracteres. Estos enlaces deben conectarse a un dispositivo que recibe caracteres y los agrupa en paquetes, que transfiera a la red, o viceversa.

Estos dispositivos son los PAD (Packet Assembly/Dissassembly). Para cubrir esas funciones existen las siguientes recomendaciones:

X.28, que define la conexión de un terminal orientado a caracteres a un PAD

X.3, que define las funciones de un PAD

X.29, que define la conexión de un PAD a la red pública de datos

ISDN

La demanda por servicios avanzados de comunicación de datos, y la disponibilidad de tecnología digital ha llevado a plantear la necesidad de integrar los diferentes servicios de comunicaciones (voz, datos, y eventualmente imágenes) en una sola red pública de comunicaciones, que reemplace a la red telefónica tradicional. La red digital de servicios integrados (ISDN, Integrated

Services Digital Network) es el conjunto de normas que ha sido desarrollado por los organismos internacionales de creación de normas y las compañías proveedoras de equipos de comunicaciones. ISDN es un proveedor del servicio de transporte de datos, y como tal puede asimilarse a los tres primeros niveles de OSI. Otras capas superiores de ISDN definen otros servicios no relacionados con OSI. Debido a que es un servicio portador únicamente, ISDN sólo garantiza transporte transparente de información entre las entrefaces de usuario con la red ISDN. Otras funciones asociadas con protocolos de comunicaciones deben ser suministradas por el usuario. En particular, el usuario puede aplicar a los datos entregados por ISDN protocolos propietarios, o protocolos estandarizados por otras organizaciones, en particular ISO.

FDDI

Al igual que las normas IEEE 802.3, IEEE 802.4 y IEEE 802.5, FDDI (Fiber Distributed Data Interface) define el medio de transmisión y capa física, y el protocolo de control de acceso a una red de tipo local, basada en este caso particular en una arquitectura de token ring con tecnología de fibra de vidrio, que

ofrece una elevada capacidad de transmisión, debido al ancho de banda disponible en el medio usado. Con estas características, FDDI es el probable sucesor tecnológico de las redes locales existentes, con la ventaja de implementar las funciones de soporte para el protocolo IEEE 802.2, para acceso lógico a la red, al igual que otros protocolos mencionados arriba. Esto quiere decir que la migración a FDDI no debe afectar los programas que dependen de los niveles superiores de la red local, permitiéndole una mejora enorme en su capacidad, de una forma completamente transparente a las aplicaciones de usuario.

A pesar del exceso de abreviaturas, hemos cubierto únicamente algunas variantes de protocolos públicos, sin entrar en las arquitecturas que se han constituido en normas de hecho, tal como la arquitectura SNA de IBM, DECNET de Digital, NFS de Sun, y las numerosas redes experimentales, algunas de ellas integradas con sistemas operacionales de última generación, tal como el legendario PLAN NINE, en el cual trabajan actualmente los miembros del grupo creador de UNIX, y que podría ser el sucesor de los ambientes operacionales a los que estamos acostumbrados hoy en día.

LE RESERVAMOS SU ESPACIO PUBLICITARIO



Comercializa:

ALVILL Y Cia Ltda

Bogotá: Trans. 6 No. 51 A 43 Tels: 2321886- 2871127 .

Medellin: Calle 7 A Sur No. 35-55 Apto 309 El Poblado Tel: 2688054.



EVOLUCION DE LAS MATEMATICAS EN LA INGENIERIA (I)

POR: JAIME LESMES *

Para los Ingenieros Civiles graduados hace más de 25 años, como es mi caso, las disciplinas que constituyen actualmente el ciclo de matemáticas en la enseñanza de la profesión aparecen en gran parte como "completamente diferentes" a las que estudiamos, a veces por los nombres de los tópicos tratados, a veces, y principalmente, por su contenido.

Sin embargo, no es que las matemáticas hayan cambiado: lo que sucede es que han progresado y que varias teorías, algunas de ellas desarrolladas hace muchos años, han entrado solamente en época reciente en los planes de estudio de la ingeniería y de otras ciencias, debido a factores intrínsecos del progreso y difusión mismos de las matemáticas, y a factores externos, entre estos últimos notablemente el desarrollo de los computadores.

En esta conferencia me propongo tratar los temas siguientes:

- I. El ciclo de matemáticas para Ingeniería Civil: 1956 vs 1989.
- II. Una disciplina "nueva": el Algebra Lineal.
- III. Matemáticas clásicas y matemáticas modernas.
- IV. Dos tópicos especiales: el cálculo matricial y el método de los elementos finitos.
- V. Sobre la influencia de los computadores en la matemática actual.
- VI. Una teoría en gran actividad investigativa: el Caos.

I. EL CICLO DE MATEMATICAS PARA INGENIERIA CIVIL: 1956 VS. 1989

Para ilustrar las diferencias o mejor, las modificaciones, en el ciclo de matemáticas para Ingeniería Civil, a las que me referí en la Introducción, voy a tomar como puntos de referencia el programa por el que estudié (Universidad Nacional: 1956-1961) y el programa actual de la universidad donde trabajo (Universidad de los Andes: 1989).

CICLO DE MATEMATICAS EN 1956

- Primer Año:
Algebra
Geometría Euclidiana
Aritmética Analítica (I Semestre)
Trigonometría (II Semestre)
- Segundo Año:
Cálculo Diferencial e Integral
Geometría Analítica
- Tercer Año:
Matemática avanzada (Un Semestre)
- Otras disciplinas relacionadas:
Trigonometría Esférica y
Cosmología (Un Semestre)
Estadística

CICLO DE MATEMATICAS EN 1989

- Curso remedial (1) :
Algebra y Trigonometría
- I Semestre:
Cálculo I
- II Semestre:
Cálculo II
Geometría Analítica (Vectorial)

III Semestre:
Algebra Lineal
Cálculo Vectorial

IV Semestre:
Ecuaciones Diferenciales

Otras disciplinas relacionadas:
Informática
Probabilidad
Estadística
Investigación de Operaciones.

Antes de proseguir, debo aclarar que en los programas de estudio de otras ramas de la Ingeniería figuran disciplinas matemáticas que no he mencionado aquí.

Una primera comparación entre los programas de 1956 y de 1989 nos muestra que la diferencia entre ellos no es tan radical como se piensa frecuentemente: la columna vertebral es, como antes, el Cálculo Diferencial e Integral, y en ambos aparecen la Geometría Analítica y las Ecuaciones Diferenciales curso (de 1989) cuyo contenido corresponde grosso modo con el de Matemática avanzada (de 1958)).

El menor contenido en cursos "elementales" en los programas actuales se explica por las modificaciones en los programas de secundaria, los cuales, dicho sea de paso, vienen siendo elaborados con criterios bastante discutibles, pero éste no es el lugar para analizarlos. Menciono solamente que la mayor víctima de esas modificaciones fue la Geometría, de valor formativo indudable, y que quedó reducida a su más mínima expresión.

* Ingeniero Civil y Matemático de la Universidad Nacional (1961). PhD en Matemáticas Universidad de Frankfurt, Alemania (1967). Actualmente profesor del Departamento de Matemáticas de la Universidad de los Andes. Conferencia dictada en la SCI en 1.989.



El Cálculo Infinitesimal sigue siendo una disciplina básica por excelencia en la formación de los Ingenieros, y las diferencias entre su enseñanza hace 30 años y ahora se hallan especialmente en el uso actual del lenguaje y la notación conjuntistas, la sustitución de la regla de cálculo y las tablas de logaritmos por las calculadoras de bolsillo, y un mayor destaque de los métodos numéricos y gráficos, debido a las facilidades de cómputo que proporcionan las calculadoras electrónicas y los computadores.

Hay un aspecto que también resalta al comparar los programas, y es el lugar destacado que en el actual ocupan los métodos vectoriales: el enfoque de la Geometría Analítica es vectorial, el Cálculo Vectorial ocupa todo un semestre, y encontramos una disciplina cuyo nombre, en mi época, solamente conocíamos de oídas: el Algebra Lineal.

Voy a profundizar un poco sobre esta.

II. UNA DISCIPLINA "NUEVA": EL ALGEBRA LINEAL

El Algebra Lineal es a la vez una de las ramas más antiguas de las matemáticas y una de las más nuevas.(2)

En efecto, son lineales métodos como la regla de tres y la regla de falsa posición, nacidos para satisfacer las necesidades de los calculadores prácticos y que figuran más o menos confusamente enunciadas en todos los manuales de aritmética práctica, desde el papiro de Rhind de los egipcios hasta los de nuestras escuelas primarias, pasando por los árabes y los innumerables "Libros de Cálculo" de la Edad Media y del Renacimiento. En lo que se refiere a obras de los matemáticos propiamente dichos, mencionemos que ya en los Elementos de Euclides se encuentran teorías abstractas de carácter lineal. Sin embargo, durante mucho tiempo, los progresos del Algebra Lineal consistían sobre todo en los del cálculo algebraico. Hasta el siglo XVIII los tratados de álgebra piensan haber cumplido su misión una vez que han expuesto reglas de resolución de sistemas de primer grado, y en tratados del siglo XIX, e incluso en obras más recientes, este punto de vista sólo es modificado por algunos progresos de notación, que permiten escribir

sistemas de n ecuaciones con n incógnitas, y por la introducción de los determinantes, que permiten dar fórmulas explícitas de resolución para el "caso general".

Las reglas de composición de fuerzas y velocidades, bien conocidas en Mecánica desde finales del siglo XVII, no tuvieron repercusión sobre el Algebra, posiblemente porque los intereses de los matemáticos desde mediados del siglo XVII hasta finales del siglo XVIII estuvieron dirigidos hacia los vastos horizontes abiertos por la creación del Cálculo Infinitesimal, y es solamente hacia el año de 1.800 cuando el movimiento de ideas que lleva a la representación geométrica de los números complejos conduce al empleo en matemáticas puras de la suma de vectores (3). Hablemos un poco sobre esto.

Según Dieudonné (4), el primer gran descubrimiento en matemáticas que fue netamente más allá de los conocimientos de la Antigüedad Clásica fue la fórmula de resolución de la ecuación general de tercer grado:

$x^3 - px = q$ ($p > 0, q > 0$), obtenida a comienzos del siglo XVI por Scipione da Ferro, de la Universidad de Bolonia, conocida hoy en día como fórmula de Cardano. Allí aparecen raíces cuadradas de números reales negativos, que los algebristas italianos y sus sucesores manejaron formalmente, sin mayor reato de conciencia. En el siglo XVIII, Euler introdujo la notación $x + y i$, siendo $i = \sqrt{-1}$. Es al final del siglo XVIII cuando Gauss y otros dos matemáticos menos conocidos, Wessel y Argand, logran dar un sentido a los cálculos con los "números complejos" ($a + bi$), nombre con el que se les conoce desde entonces; el número $a + bi$ se asimila al punto de coordenadas (a, b) en el plano.

Una interpretación equivalente, propuesta más tarde por Hamilton, es la de considerar ($a + bi$) como una pareja $\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ de números reales, con las reglas de cálculo:

$$\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a' \\ b' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a + a' \\ b + b' \end{pmatrix}$$

para la adición;

$$\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a' \\ b' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a a' - b b' \\ a b' + b a' \end{pmatrix}$$

para la multiplicación.

La pareja $\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ se identifica con el número real a , de modo que los números reales aparecen como casos particulares de los números complejos, y la regla 2 nos dá:

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \end{pmatrix} = -1,$$

o sea el "cálculo imposible": $i^2 = -1$, si $i = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ Una vez justificados los cálculos sobre los números complejos, estuvo sembrado el germen de teorías inmensas que se desarrollarían durante todo el siglo XIX: la teoría de funciones analíticas de variables complejas (Cauchy, Riemann, Weierstrass, Poincaré) y la teoría de los números algebraicos (Gauss, Dirichlet, Dedekind, Hilbert).

La noción de suma definida por la fórmula (1) ya se había presentado en otros contextos a los que aludí antes, a saber, en la suma de fuerzas o de velocidades por la "regla del paralelogramo", conocida desde comienzos del siglo XVII.

Las propiedades de esta suma de parejas de números reales son completamente análogas a las de la suma de números reales. Ahora bien, si se hace la construcción de estos paralelogramos en el espacio, se consideran las triplas de números reales $\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}$ y se define su suma por:

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a' \\ b' \\ c' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a + a' \\ b + b' \\ c + c' \end{pmatrix}.$$

Y (por qué detenerse ahí? Nada impide llamar **vector de dimensión n** un sistema de n números reales:

$$\vec{X} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{pmatrix}$$

para un entero n cualquiera: los números a_j ($1 \leq j \leq n$) son los componentes del vector \vec{X} , y la suma de dos vectores $\vec{X} + \vec{X}'$ es un vector cuyas componentes son las sumas $a_j + a'_j$ de las componentes de \vec{X} y de las de \vec{X}' .

(2) (BOU), pp. 85 y ss. La mayor parte de las referencias históricas son extraídas de este libro y de (DIE).
 (3) (BOU), pag 78 "La evolución del álgebra"
 (4) (DIE), pp 115 ss. : "Les nouveau calculs"



Otra operación sobre los vectores proviene de la noción de **homotecia** en el plano: esto se refiere al producto de un vector $\vec{X} = (\vec{X}_1, \vec{X}_2)$ por un número α (llamado **escalar** para distinguirlo de los vectores), producto que se define por la fórmula:

$$\alpha \vec{X} = \begin{pmatrix} \alpha x_1 \\ \alpha x_2 \end{pmatrix}$$

El producto por un escalar se generaliza de manera obvia a un vector \vec{X} igual a un sistema de n números reales, a saber, si:

$$\vec{X} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}, \text{ entonces } \alpha \vec{X} = \begin{pmatrix} \alpha x_1 \\ \alpha x_2 \\ \vdots \\ \alpha x_n \end{pmatrix}$$

y si consideramos los vectores "unitarios":

$$\vec{e}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}, \vec{e}_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}, \dots, \vec{e}_n = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix}$$

entonces todo vector \vec{X} se puede escribir de manera única en la forma:

$$\vec{X} = x_1 \vec{e}_1 + x_2 \vec{e}_2 + \dots + x_n \vec{e}_n.$$

A mediados del siglo XIX, Grassmann introdujo otra operación sobre los vectores, que permite simplificar mucho el empleo de coordenadas, a saber el **producto escalar** de dos vectores:

$$\vec{U} = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix}, \vec{V} = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{pmatrix}$$

que se define por la fórmula:

$$\vec{U} \cdot \vec{V} = u_1 v_1 + u_2 v_2 + \dots + u_n v_n,$$

y generalizando sus propiedades en 2 y 3 dimensiones, se definen la longitud del vector \vec{U} :

$$|\vec{U}| = \sqrt{\vec{U} \cdot \vec{U}}$$

y el ángulo θ entre dos vectores no nulos:

$$\cos \theta = \frac{\vec{U} \cdot \vec{V}}{|\vec{U}| \cdot |\vec{V}|}$$

La ortogonalidad entre \vec{U} y \vec{V} viene expresada por $\vec{U} \cdot \vec{V} = 0$. El producto escalar obedece reglas de cálculo muy simples:

$$\vec{U} \cdot \vec{V} = \vec{V} \cdot \vec{U}$$

$$(\vec{U} + \vec{U}') \cdot \vec{V} = (\vec{U} \cdot \vec{V}) + (\vec{U}' \cdot \vec{V})$$

$$(\alpha \vec{U}) \cdot \vec{V} = \alpha (\vec{U} \cdot \vec{V})$$

Muchas proposiciones de la Geometría Euclidiana se vuelven casi evidentes una vez que se las traduce en términos de vectores y de producto escalar.

Por otra parte, se puede prescindir de la restricción a un número finito de dimensiones y del uso explícito de coordenadas, y considerar espacios vectoriales abstractos, con o sin producto escalar. Entre los **espacios vectoriales** con producto escalar, de dimensión infinita juegan un papel muy importante, tanto en matemáticas puras como en matemáticas aplicadas, los llamados "espacios de Hilbert", a los que aludiré explícitamente más tarde.

El Álgebra Lineal estudia los espacios vectoriales y las transformaciones lineales entre ellos. Más adelante volveré sobre este tema.

III. MATEMÁTICAS CLÁSICAS Y MATEMÁTICAS MODERNAS

La noción de espacio vectorial es uno de los primeros ejemplos de estructura matemática abstracta. Puede de-

cirse que la noción moderna de "estructura" empieza a desarrollarse hacia 1900 y aparece con toda claridad unos 30 años más tarde (5).

La idea de estructura en la que se basa una teoría matemática se desprende de la constatación de que lo que juega el papel principal de la teoría son las **relaciones** entre los objetos matemáticos que figuran en ella, mucho más que la naturaleza de esos objetos. Puede suceder que ciertas relaciones se expresen de una misma manera en dos teorías diferentes; diremos entonces que el sistema de estas relaciones y de sus consecuencias es una misma estructura **subyacente** a las dos teorías. La introducción de la noción de estructura es tal vez la característica más sobresaliente de la matemática del siglo XX y ha sido un factor decisivo en el gran progreso de esta ciencia.

En una teoría "clásica" se consideraban dados los objetos de los que ella se ocupaba: números, figuras geométricas, magnitudes, etc., obtenidos por abstracción a partir de objetos accesibles a nuestros sentidos, de los cuales aquellos eran las imágenes. La introducción de estructuras abstractas ha permitido relacionar entre sí problemas de teorías aparentemente muy alejadas, y reconocer lo esencial en el planteamiento de numerosos problemas, facilitando así su estudio y su solución.

Estas teorías no provienen del deseo de abstraer "porque sí", sino que han sido consecuencia de la naturaleza profunda (y a menudo oculta) de objetos y relaciones clásicas, y han permitido resolver problemas que antes parecían inaccesibles.

Me referiré ahora a un tema que, aunque empezó a desarrollarse hace más de un siglo, solamente apareció en los programas de enseñanza hace unos 25 años y del cual se ha hecho, especialmente en los niveles elemental y medio, un uso muy cuestionable: la noción de conjunto y el lenguaje conjuntista.

La idea de reunir objetos de una misma naturaleza en una "colección" es sin duda tan antigua como el lenguaje, y lo mismo puede decirse de la noción de "parte" de un "todo", que bien puede ser una colección de objetos, o una "extensión" como el plano o el espacio. La necesidad de comprender y utilizar estas



nociones aparece desde el comienzo de las matemáticas griegas, en el famoso principio de Euclides de que "el todo es mayor que cualquiera de sus partes", que él usa sistemáticamente al comparar áreas, ángulos y longitudes.

Por otra parte, los matemáticos de todos los tiempos han hablado de los conjuntos formados por los objetos que ellos consideran, utilizando gran variedad de nombres: lugares geométricos, clases de números, subgrupos, multiplicidades, sistemas, etc. La palabra alemana "Menge" (conjunto) viene a predominar a partir de G. Cantor (1845-1918).

Sin embargo, los matemáticos griegos jamás hablan de "el conjunto de los enteros", ni de "el conjunto de los puntos del plano". Esto se explica porque esos son conjuntos infinitos, noción negativa, difícil de concebir, y objeto de innumerables debates filosóficos. La mayoría de los matemáticos, desde Euclides hasta Cauchy, evitan hablar de esta noción para no mezclarse en polémicas fútiles. Cuando encuentran un conjunto infinito, o bien, como Euclides, dicen que después de haber contado un número (finito) cualquiera de sus miembros se encontrará siempre uno más, o bien, como Gauss, no dicen nada al respecto.

Es R. Dedekind quien en su obra "Was sind und was sollen die Zahlen" (Qué son y qué deben (ser) los números) publicada en 1888, introduce un lenguaje muy preciso, y aunque su influencia inmediata no fue grande, contribuyó a que hacia comienzos del siglo XX se impusiera un lenguaje semejante y **uniforme** en todas las partes de la matemática. Con algunas adiciones posteriores a Dedekind, este lenguaje se ha transformado en lo que podríamos llamar el **lenguaje conjuntista ingenuo**, utilizado hoy universalmente. Dedekind **no** presenta su lenguaje en forma axiomática; puede decirse que éste, a pesar de las controversias posteriores sobre los fundamentos, permite expresar las ideas matemáticas sin ambigüedad.

Como en el caso de Euclides con el punto y la recta, Dedekind no da una verdadera definición de conjunto, ni de elemento de un conjunto; la relación fundamental es la de **pertenencia** de un

elemento x a un conjunto E , que actualmente se denota " $x \in E$ " (" x pertenece a E ": notación debida a Peano); la negación se denota " $x \notin E$ ". La primera noción que se define es la de **parte o subconjunto**: A es subconjunto de E , lo que ahora denotamos " $A \subseteq E$ ", si todo elemento de A es elemento de E . La negación de " $A \subseteq E$ " se denota " $A \not\subseteq E$ ". Dedekind admite también que si se tiene simultáneamente $A \subseteq B$ y $B \subseteq A$, entonces $A=B$: un conjunto está definido por sus elementos.

Dedekind pasa rápidamente por las nociones de unión e intersección, ya conocidas en casos particulares y codificadas por G. Boole en relación con la lógica formal (1854), pero no considera ni la noción de **complemento** de una parte A de un conjunto E (es el conjunto de los elementos de E que no pertenecen a A : se denota por $E - A$), ni la de conjunto \emptyset vacío (sin elementos). Lo que sí es nuevo y va a ser esencial para toda la matemática es el concepto general de **función o aplicación**: dados dos conjuntos cualesquiera E, F , una aplicación f de E en F es una ley que a todo elemento x de E le hace corresponder un elemento **bien determinado** $f(x)$ de F , llamado "el valor de f en x ". Actualmente una tal aplicación se denota $x \rightarrow f(x)$, y también se usa la notación $f: E \rightarrow F$ para precisar el conjunto E donde f está definida y el conjunto F donde toma sus valores.

Más tarde, Cantor introduce la noción de **producto** (cartesiano) $E \times F$ de dos conjuntos cualesquiera: es el conjunto de las parejas ordenadas (x, y) de todos los elementos x de E y todos los elementos y de F . Se puede así remitir la noción de aplicación $f: E \rightarrow F$ a la de subconjunto Γ , del producto $E \times F$: la gráfica de f es el subconjunto f de $E \times F$ formado por todas las parejas de la forma $(x, f(x))$, para todos los elementos $x \in E$.

La importancia de este lenguaje es que permite a los matemáticos a partir de los últimos años del siglo XIX hablar de relaciones entre objetos de naturaleza **completamente indeterminada**: estos serán elementos de conjuntos puestos como **objetos primitivos** de una teoría axiomática. Una **estructura** está determinada por un cierto número de tales relaciones "primitivas" sujetas a un sistema de axiomas; la teoría de una tal

estructura ser el desarrollo de las propiedades que son únicamente consecuencias de esos axiomas, y no dependen de la naturaleza de los objetos matemáticos que puedan verificar esos axiomas.

Debo, tal vez, en este punto y dentro del contexto de esta conferencia, hacer una digresión sobre la oposición que se hace corrientemente entre "matemáticas puras" y "matemáticas aplicadas". Quizás sea más apropiado, como dice Dieudonné ([DIE], pg. 29), hablar de "matemáticas" y de "aplicaciones de las matemáticas". En efecto, si se comparan, por ejemplo, la biología molecular y la patología clínica, vemos que ambas se ocupan de los mismos objetos, la una estudiándolos en su comportamiento interno, la otra, en su papel como parte del cuerpo humano; pero, por el contrario, los "objetos" de que tratan los matemáticos no son de la misma naturaleza que los de los ingenieros o los físicos. Podemos decir que en las aplicaciones de las matemáticas se trata de prever el comportamiento de ciertos objetos del mundo sensible en condiciones dadas, teniendo en cuenta leyes generales que rigen ese comportamiento: se fabrica un **modelo** matemático de la situación estudiada, haciendo corresponder a los objetos materiales que se estudian, objetos matemáticos que los "representan", y a las leyes a las cuales están sujetos esos objetos materiales, se les hace corresponder **relaciones** matemáticas; así el problema dado se traduce en un problema matemático, y si se le puede resolver, de manera exacta o aproximada, la solución se traduce en sentido inverso, lo que "resuelve" el problema dado.

BIOGRAFIA

[BOU] Bourbaki, N. "Elementos de Historia de las Matemáticas" Alianza Editorial, Madrid, 1976.

[BOY] Boyer, C.B. "A History of Mathematics". John Wiley and Sons, New York, 1968.

[DIE] Dieudonné, J. "Pour l'honneur de l'esprit humain. Les mathématiques aujourd'hui". Hachette, 1987.

[KAP] Kaplan, W. "Matemáticas Avanzadas para estudiantes de Ingeniería". Addison Wesley Iberoamericana, 1986.



EMPUJE DE TIERRAS PARA RELLENOS DE GEOMETRIA COMPLEJA Y CON CARGAS

POR: MANUEL DELGADO V *

La determinación del empuje lateral de tierras es un paso esencial en el análisis de estructuras de contención. Cuando la geometría del relleno se presenta compleja y actúan sobre él cargas lineales verticales, no es posible calcular los empujes mediante la simple aplicación de fórmulas, siendo necesario recurrir al empleo de métodos gráficos, que pueden ser labores relativamente largas y engorrosas. La programación en computador de dichos métodos, ofrece ventajas como la de permitir realizar los cálculos en forma rápida y precisa, liberando para el Ingeniero tiempo y esfuerzo, que pueden emplearse en adelantar análisis paramétricos, de gran utilidad para juzgar la validez de datos y resultados. La presente nota describe un programa para la determinación del empuje activo de tierras, mediante la aplicación del Método de la Cuña de Prueba, según el enfoque de Coulomb.

Por limitaciones de espacio no se tratan las bases teóricas del método. Sin embargo, para el lector interesado se incluye una breve Bibliografía. El capítulo 11 de la referencia (1) ofrece un tratamiento conciso del tema, enfocado a las aplicaciones. La referencia (6) constituye un manual completo del lenguaje Quick Basic en el cual se escribió el programa.

El programa es aplicable al análisis de empujes en muros rígidos, con desplazamiento suficiente para que se generen empujes activos, y que contengan rellenos homogéneos granulares o cohesivos, con superficie cualquiera y cargas lineales verticales en su superficie. En el muro la espalda será plana, vertical o inclinada a un ángulo con la vertical y vértice en el talón, de sentido contrario a las agujas del reloj.

La geometría se define en un corte del muro con el relleno a la derecha.

La espalda del muro y la superficie del relleno se definen por medio de las coordenadas de una poligonal cuyos vértices se numeran en orden creciente y en forma sucesiva: particularmente, el punto 1 corresponderá al talón y el 2 a la cúspide de la espalda del muro o corte de la vertical con la superficie del relleno, según el tipo de muro, y que viene a ser el vértice inicial del relleno.

Se deben fijar vértices de la poligonal en todos los puntos de aplicación de las cargas lineales en la superficie del relleno.

Debe prepararse un archivo en ASCII de datos de entrada en disco, que incluya parámetros del relleno y de la poligonal, coordenadas cartesianas de la poligonal, y magnitud y ubicación de las fuerzas.

Seguirán el formato que se presenta en el ejemplo de aplicación.

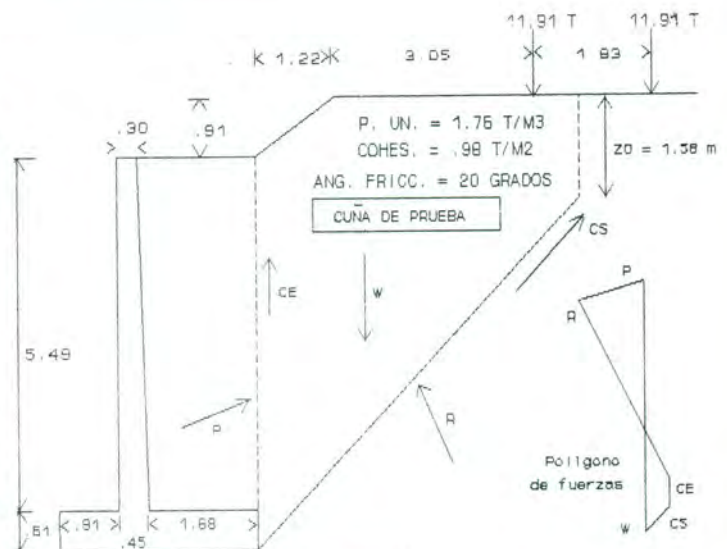


Figura 1

DESCRIPCION DEL PROGRAMA

El presente programa es una versión sencilla que se ofrece con fines didácticos. Es susceptible de mejorarse en aspectos como los referentes a detección de errores, entrada interactiva de datos y presentación de gráficos en pantalla. Es también fácilmente adaptable a necesidades específicas del usuario.

Está escrito en Quick Basic V.4 de Microsoft. Puede correrse en el ambiente Quick Basic o compilarse. Corre en microcomputadores tipo XT o AT, bajo sistema operacional DOS. Ni la Revista, ni el Autor asumen responsabilidad por el uso del programa.

El programa consta de un módulo principal y un conjunto de subrutinas. El módulo principal tiene los siguientes propósitos: Lectura del archivo en disco de los datos de entrada. Iniciación de arreglos y parámetros. Presentación en pantalla de los datos de entrada para su verificación. Definición de límites y control del cálculo de empujes para secuencias de

Ingeniero Civil de la Universidad Nacional. Magister en Ingeniería Civil de la Universidad Nacional. Socio y Asesor de suelos, Fundaciones y Pavimentos de Consultoría Colombiana S.A. Profesor de Fundaciones y Mecánica de Suelos en la Escuela Colombiana de Ingeniería



EMPUJE DE TIERRAS

cuñas de prueba. Apertura del archivo en disco de los datos de salida, consistente en listas de valores de abscisas y empujes. Impresión de resultados.

Las coordenadas de la poligonal muro relleno se mantienen en memoria en los vectores $x(\text{vert})$, $y(\text{vert})$. La subrutina <ajuscoordenadas> guarda en vectores auxiliares $xa()$, $ya()$ valores de coordenadas que son modificados temporalmente para definir sistemas de coordenadas en las diferentes situaciones de las cuñas de prueba, con el fin de usar la subrutina <areas> para calcular las áreas de las cuñas y restaurar los valores originales de los vectores $x()$, $y()$.

La subrutina <buscay> busca sobre la poligonal muro-relleno la ordenada ($y\text{punto}$) y el número del vértice inmediatamente a su izquierda (vert), dada la abscisa ($x\text{punto}$) del punto de corte del plano de rotura con la superficie del relleno.

La subrutina <cabpantalla> coloca un mensaje de encabezamiento en las pantallas del programa. La subrutina <calculce> calcula la fuerza de adherencia CE en la espalda del muro, cuando el relleno tiene cohesión (c), considerando que dicha adherencia es nula en la altura de la grieta de tensión (z_0).

La subrutina <calempujc> resuelve el polígono de fuerzas para calcular los empujes (p) de las diferentes cuñas de prueba, cuando el suelo tiene cohesión. Modifica la poligonal y llama las subrutinas <ajuscoordenadas> y <areas>. Calcula también la fuerza de cohesión CS sobre la superficie de rotura. La subrutina <calempujfi> cumple una función similar a la subrutina anterior, pero se aplica al caso de relleno con fricción interna y cohesión nula ($c=0$).

La subrutina <empumaximos> calcula los empujes (p) para diferentes cuñas de prueba, cuyas abscisas del punto de corte de la superficie de rotura con la poligonal, se van incrementando en $\text{delx} = .2 \text{ m}$. Los intervalos de cálculo van acotados por límites de abscisas que son definidos por el módulo principal, de donde se llama esta subrutina. La subrutina también registra el valor máximo del empuje (p) en cada intervalo, junto con la abscisa ($x\text{punto}$), número del vértice a la izquierda (vert) y el valor (teta) del ángulo de inclinación de la superficie de rotura, correspondientes. Finalmente, en un archivo de salida en disco, guarda listas de abscisas ($x\text{punto}$) y valores positivos del empuje ($p > 0$), para posterior graficación. La subrutina <iniciarpunt> ubica sobre la poligonal la abscisa ($x\text{punto}$) y vértice a la izquierda (vert), correspondiente a una cuña para iniciar el proceso de cálculo, cuya inclinación de la superficie de rotura es de 85° .

EJEMPLO

A partir de las dimensiones y características del relleno mostradas en el corte del muro de la Figura 1, se prepara un archivo en ASCII como el indicado a continuación:

Archivo de datos de entrada

```
Problema 11.6 Bowles. pag 504
numvert vertinic numverfu
6,2,2
fi del gam c cade
20.,0.,1.763,.9765,1.0
coordenadas x
10.,10.,11.219,14.267,16.096,20.096
coordenadas y
0.,6.096,7.01,7.01,7.01,7.01
ncf() fv()...
4,11.91,5,11.91
```

Marzo/Mayo de 1991

EMPUJE ACTIVO POR COULOMB

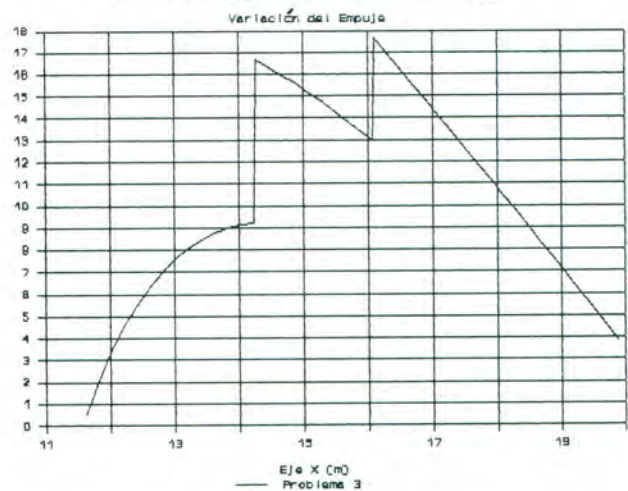


Figura 2

Impresión de resultados

La corrida del programa produce la siguiente impresión de datos y resultados:

```
Problema 11.6 Bowles. pag 504
ANGULO FRICCIÓN RELLENO (°)           = 20
ANGULO DE FRICCIÓN RELLENO MURO       = 0
COHESION (T/M2)                        = .9765
COEFICIENTE DE ADHERENCIA              = 1
PESO UNITARIO RELLENO (TN/M3)         = 1.763
```

EMPUJES ACTIVOS MAXIMOS DETECTADOS CON CALCULOS CADA 0.2 M

| EMPUJE TN. | ABSCISA M. | ANGULO TETA |
|------------|------------|-------------|
| 9.24 | 14.22 | 52.122 |
| 16.65 | 14.27 | 51.829 |
| 17.62 | 16.10 | 41.682 |

Otros resultados

El programa genera un archivo de salida, en disco, formato ASCII, consistente en un listado de abscisas y valores correspondientes calculados de los empujes, que permiten obtener por computador, mediante un programa gráfico, la impresión de un gráfico como el que se muestra en la Figura 2.

BIBLIOGRAFIA

- 1) J. E. Bowles. Foundation Analysis and Design. 4th Edition. McGraw-Hill. (1988).
- 2) C. S. Desai, J. T. Christian, Editors. Numerical Methods in Geotechnical Engineering. McGraw-Hill. (1977).
- 3) I. S. Dunn, L. R. Anderson, F. W. Kiefer. Fundamentals of Geotechnical Analysis. John Wiley & Sons. (1980).
- 4) R. F. Craig. Soil Mechanics. Van Nostrand Reinhold. (1974).
- 5) G. N. Smith. Elements of Soil Mechanics for Civil and Mining Engineers. Granada. (1982).
- 6) Steven Namerof. Quick Basic: The Complete Reference. Osborne MacGraw-Hill. (1989).



```
DECLARE SUB calcule ()
DECLARE SUB empumaximos ()
DECLARE SUB ajustcoordenadas ()
DECLARE SUB areas ()
DECLARE SUB iniciarxpunt ()
DECLARE SUB calempujc ()
DECLARE SUB calempujfi ()
DECLARE SUB buscay ()
DECLARE SUB cabpantalla ()
' ** PROGRAMA (ACTIVO1.qb)
' ** EMPUJE ACTIVO POR COULOMB RELLENO DEFINIDO POR COORDENADAS
' fi = Angulo fricción del relleno
' c = Cohesión en t/m2
' cade = Coeficiente de adherencia sobre espalda muro
' bet = Angulo inclinación espalda muro con la vertical
' gam = Peso unitario relleno t/m3
' tet = Angulo inclinación cuna con horizontal
' del = Angulo de fricción relleno muro
' vert% = Num. del vertice inmediatamente anterior en la poligonal
al punto corte cuna poligonal.
' xpi = Abscisa punto corte poligonal muro-relleno
' ypi = Ordenada punto corte poligonal muro-relleno
' numvert% = Número de vertices poligonal muro-relleno
' vertinic% = Número del vertice inicial relleno
' numverfu% = Número de vertices con fuerzas verticales
DIM SHARED vertinic%, vert%, xpunto, ypunto, w, tet, A, gam, fi, c, ce, z0
DIM SHARED p, xin, xfin, xpi, ypi, tin, numvert%, h, bet, cade
DIM SHARED kk%, numint%, numverfu%, del, numdat%
CONST PI = 3.14159, ca = PI / 180
CALL cabpantalla
REM ** LECTURA ARCHIVO DATOS
INPUT "Nombre del Archivo de Datos "; AR$
OPEN AR$ FOR INPUT AS #1
IF EOF(1) THEN GOTO cierre
INPUT #1, TIT$
IF EOF(1) THEN GOTO cierre
INPUT #1, guia$
INPUT #1, numvert%, vertinic%, numverfu%
DIM SHARED x(1 TO numvert% + 3), y(1 TO numvert% + 3), xa(1 TO 3)
DIM SHARED ya(1 TO 3), fv(1 TO numvert% + 1), xf(1 TO numvert% + 1)
DIM SHARED ncf(1 TO numverfu% + 1), pm(1 TO numverfu% + 1)
DIM SHARED xpm(1 TO numverfu% + 1), teta(1 TO numverfu% + 1)
IF EOF(1) THEN GOTO cierre
INPUT #1, guia$
INPUT #1, fi, del, gam, c, cade
INPUT #1, guia$
FOR i = 1 TO numvert%
    IF EOF(1) THEN GOTO cierre
    INPUT #1, x(i)
NEXT i
INPUT #1, guia$
FOR i = 1 TO numvert%
    IF EOF(1) THEN GOTO cierre
    INPUT #1, y(i)
NEXT i
INPUT #1, guia$
FOR j = 1 TO numverfu%
    IF EOF(1) THEN GOTO cierre
    INPUT #1, ncf(j)
FOR j = 1 TO numverfu%
    IF j = ncf(j) THEN
        IF EOF(1) THEN GOTO cierre
        INPUT #1, fv(j)
    END IF
NEXT j
NEXT i
cierre:
CLOSE #1

REM ** INICIAR ARREGLOS Y PARAMETROS
FOR i = 1 TO numverfu%: xf(i) = x(ncf(i)): NEXT i
fi = fi * ca: del = del * ca
bet = ABS(ATN((x(2) - x(1)) / (y(2) - y(1))))
z0 = (2 * c / gam) * SQR((1 + SIN(fi)) / (1 - SIN(fi)))

REM ** DATOS DE ENTRADA EN PANTALLA
PRINT : PRINT "DATOS DE ENTRADA"
PRINT "_____": PRINT
PRINT TIT$: PRINT
PRINT "ANGULO FRICCION RELLENO (x) = "; fi / ca: PRINT
PRINT "ANGULO DE FRICCION RELLENO MURO = "; del / ca: PRINT
PRINT
PRINT "COHESION (T/M2) = "; c: PRINT
PRINT "COEFICIENTE ADHERENCIA = "; cade: PRINT
PRINT "PESO UNITARIO RELLENO (TN/M3) = "; gam: PRINT
PRINT
PRINT "PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR"
DO
LOOP WHILE INKEY$ = ""
CALL cabpantalla
PRINT "COORDENADAS POLIGONAL MURO RELLENO Y FUERZAS"
PRINT "_____": PRINT
PRINT "VERTICE", " X ", " Y ", "FUERZA": PRINT
FOR i = 1 TO numvert%: PRINT i, x(i), y(i), fv(i): NEXT i
PRINT
PRINT "PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR"
DO
LOOP WHILE INKEY$ = ""
CALL cabpantalla
LOCATE 25, 1: COLOR 0, 7
PRINT " C A L C U L A N D O "; :
PRINT " Presione <Ctrl-NumLck> para detener proceso ";
COLOR 7, 0
LOCATE 4, 1
REM ** DEFINICION LIMITES CALC. EMPUJES MAXIMOS
tin = 85 * ca: xf(numverfu% + 1) = x(numvert%)
```



EMPUJE DE TIERRAS

```

CALL iniciarxpunt
IF c > 0 THEN
  CALL calculce
END IF
PRINT : INPUT "Nombre del Archivo de Salida de Resultados "; AR$
OPEN AR$ FOR OUTPUT AS #1
xin = xpi: numint% = 1: xfin = xf(numint%)
DO
  CALL empumaximos
  xin = xf(numint%)
  xfin = xf(numint% + 1)
  numint% = numint% + 1
LOOP UNTIL numint% = numverfu% + 2
CLOSE #1
PRINT : PRINT "EMPUJES ACTIVOS MAXIMOS DETECTADOS CON
CALCULOS CADA 0.2 M"
PRINT
PRINT "EMPUJE Tn.      ABSCISA M.      ANGULO TETA "
PRINT
FOR i = 1 TO numverfu% + 1
PRINT USING "####.##      ####.##      ####.###";
pm(i),
  xpm(i), teta(i)
NEXT
REM ** IMPRESION
PRINT : INPUT "IMPRIME S/N"; IMPR$
IF IMPR$ = "N" OR IMPR$ = "n" THEN GOTO final
LPRINT TIT$: LPRINT
LPRINT "ANGULO FRICCION RELLENO (x)  = "; fi / ca: LPRINT
LPRINT "ANGULO DE FRICCION RELLENO MURO = "; del / ca:
LPRINT
LPRINT "COHESION (T/M2)              = "; c: LPRINT
LPRINT "COEFICIENTE ADHERENCIA         = "; cade: LPRINT
LPRINT "PESO UNITARIO RELLENO (TN/M3)  = "; gam: LPRINT
LPRINT
LPRINT : LPRINT "EMPUJES ACTIVOS MAXIMOS DETECTADOS
CON CALCULOS CADA 0.2 M"
LPRINT
LPRINT "EMPUJE TN.      ABSCISA M.      ANGULO TETA "
LPRINT
FOR i = 1 TO numverfu% + 1
LPRINT USING "####.##      ####.##      ####.###";
pm(i),
  xpm(i), teta(i)
NEXT
LPRINT
LPRINT "(ARCHIVO DATOS EN DISCO .: AR$; *)": LPRINT
final:
PRINT : PRINT "TERMINACION DEL PROGRAMA"
END
SUB ajustcoordenadas
  xa(1) = x(vert% + 1): ya(1) = y(vert% + 1)
  xa(2) = x(vert% + 2): ya(2) = y(vert% + 2)

```

```

  xa(3) = x(vert% + 3): ya(3) = y(vert% + 3)
END SUB

```

```

SUB areas
  A = 0
  FOR i = 1 TO kk%
  A = A + (x(i) + x(i + 1)) * (y(i) - y(i + 1))
  NEXT i
  x(vert% + 1) = xa(1): y(vert% + 1) = ya(1)
  x(vert% + 2) = xa(2): y(vert% + 2) = ya(2)
  x(vert% + 3) = xa(3): y(vert% + 3) = ya(3)
END SUB

```

```

SUB buscay
' busca ordenada y vertice a la izquierda sobre poligonal dada la
abscisa

```

```

  ii = vertinic%
DO WHILE ii >= vertinic% AND ii < numvert%
  IF xpunto >= x(ii) AND xpunto < x(ii + 1) THEN
    vert% = ii
    ypunto = y(vert%) + (xpunto - x(vert%)) * (y(vert% + 1) -
y(vert%)) / (x(vert% + 1) - x(vert%))
  END IF
  ii = ii + 1

```

```

LOOP
  IF xpunto < x(vertinic%) OR xpunto >= x(numvert%) THEN
    PRINT "Abscisa no est en la poligonal"
  END IF
END SUB

```

```

SUB cabpantalla
  CLS
  COLOR 0, 7
  PRINT "EMPUJE ACTIVO DE TIERRAS POR COULOMB "
  PRINT " Relleno Definido por Coordenadas "
  COLOR 7, 0
  PRINT :
END SUB

```

```

SUB calculce
' ** CALCULO FUERZA ADHERENCIA ESPALDA MURO (CE)
  h = y(2) - y(1)
IF ABS(bet) > .0001 THEN
  dx3 = .2: xgmuro = x(vertinic%)
  xgmuro = xgmuro + dx3: xpunto = xgmuro
DO
  CALL buscay
  xgmuro = xpunto: ygmuro = ypunto
  DY = z0 - (ygmuro - y(vertinic%)) - (xgmuro - x(vertinic%)) /
TAN(bet)
  IF (DY1 / DY) < 0 THEN dx3 = -.5 * dx3
  IF DY1 <> 0 THEN
    IF ABS(DY / DY1) > 1 THEN

```



```
dx3 = -dx3
END IF
END IF
DY1 = DY
xgmuro = xgmuro + dx3: xpunto = xgmuro
LOOP UNTIL ABS(DY) < .01
difax = xgmuro - x(vertinic%)
ce = c * cade * (h / COS(bet) - difx / SIN(bet))
ELSE
ce = c * cade * (y(vertinic%) - z0)
END IF
END SUB

SUB calempujc
*** SUBROUTINA CALCULO EMPUJE SI COHESION C > 0
CALL ajustcoordenadas
x(vert% + 1) = xpunto: y(vert% + 1) = ypunto
x(vert% + 2) = xpunto: y(vert% + 2) = ypunto - z0
x(vert% + 3) = x(1): y(vert% + 3) = y(1)
kk% = vert% + 2
CALL areas 'CALCULO DE AREA
w = gam * ABS(A) / 2
FOR i = 1 TO vert%: w = w + fv(i): NEXT i
tet = ATN((ypunto - z0 - y(1)) / (xpunto - x(1)))
CS = Fuerza cohesión en superficie deslizamiento
CS = c * SQR((xpunto - x(1)) ^ 2 + ((ypunto - z0) - y(1)) ^ 2)
COV = Fuerzas constantes verticales
COH = Fuerzas constantes horizontales
COV = w - CS * SIN(tet) - ce * COS(bet)
COH = CS * COS(tet) - ce * SIN(bet)
p = (COV * SIN(tet - fi) - COH * COS(tet - fi)) / (SIN(bet + del) *
SIN(tet - fi) + COS(bet + del) * COS(tet - fi))
END SUB
```

```
SUB calempujfi
' ** SUBROUTINA CALCULO EMPUJES CON C=0
CALL ajustcoordenadas
x(vert% + 1) = xpunto: y(vert% + 1) = ypunto
x(vert% + 2) = x(1): y(vert% + 2) = y(1)
kk% = vert% + 1
CALL areas ' CALCULO DE AREA
w = gam * ABS(A) / 2
FOR i = 1 TO vert%: w = w + fv(i): NEXT i
tet = ATN((ypunto - y(1)) / (xpunto - x(1)))
p = w / (COS(bet + del) * (1 / TAN(tet - fi)) + SIN(bet + del))
END SUB
```

```
SUB empumaximos
```

```
' ** CALCULO EMPUJES MAXIMOS pm(l)
delx = .2: xpunto = xin: pm(numint%) = 0
DO WHILE xpunto < xfin
CALL buscay
IF c > 0 THEN
CALL calempujc
PRINT "P="; p; " xpunto="; xpunto; " vert%="; vert%; "
TET=";
tet / ca; " W="; w
ELSE
CALL calempujfi
PRINT "P="; p; " xpunto="; xpunto; " vert%="; vert%; "
TET=";
tet / ca; " W="; w
END IF
IF p > 0 THEN
WRITE #1, xpunto, p
END IF
IF p > pm(numint%) THEN
pm(numint%) = p: xpm(numint%) = xpunto: teta(numint%)
= tet / ca
END IF
xpunto = xpunto + delx
LOOP
END SUB

SUB iniciarxpunt
' ** BUSQUEDA COORDENADAS INICIAR ITERACIONES
xpunto = x(vertinic%): dx1 = .2: xpunto = xpunto + dx1
DO
CALL buscay
dify = ypunto - z0 - (xpunto - x(1)) * TAN(tin) - y(1)
IF dify1 <> 0 THEN
IF (dify / dify1) < 0 THEN
dx1 = -.5 * dx1
END IF
END IF
dify1 = dify
xpunto = xpunto + dx1
LOOP UNTIL ABS(dify) < .005
xpi = xpunto: ypi = ypunto
PRINT "X punto inic. = "; xpi, "Y punto inic. = "; ypi: PRINT
PRINT "Ang. cu$a inic. = "; tin / ca; "Grados": PRINT
PRINT "Vertice a la izquierda "; vert%: PRINT
END SUB
```

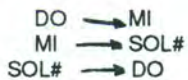
REM NOTA Las líneas de sentencia que aparecen partidas, deben
REM entrarse completas en una sola línea.



EL TEMPERAMENTO

POR: BERNARDO LIEVANO LEON *

Consideremos el teclado de una octava representado en la figura 1. El intervalo entre el DO bajo y su octava superior está compuesto por tres terceras mayores a saber:



Cada uno de estos intervalos de tercera mayor tiene una relación de 5/4, es decir que la

frecuencia de la nota MI es 5/4 la frecuencia de la nota DO, etc., o sea que para calcular la frecuencia del DO superior, se necesita la siguiente operación aritmética:

$f = 5/4 \times 5/4 \times 5/4 = (5/4)^3 = 125/64 = 1.9531$ pero si lo calculamos a través de la octava, el factor será:

$f=2.0$

el cual presenta una diferencia de:

$$2.000 - 1.9563 = 0.0469$$

Esto significa que existe un ERROR en el cierre de la frecuencia de llegada desde la nota inicial DO hasta la octava superior, según el camino que se tome; es algo parecido al error de cierre de una poligonal topográfica cuando el polígono se cierra al llegar a la estación de partida.

Si observamos el teclado de la figura 2 y hacemos el recorrido primero por quintas y luego por octavas, vemos que es necesario recorrer 12 quintas desde la nota LA hasta volver a otra nota LA, 7 octavas arriba. Calculemos la frecuencia de este LA agudo por ambos caminos:

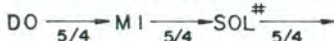


Figura 1

Camino de las quintas (factor para la quinta 3/2):

$$f = (3/2)^{12} = 129.7463$$

Camino de las octavas (factor para la octava 2.0)

$$f = (2.0)^7 = 128.0000$$

$f_1/f_2 =$ antilog (CENTS/3986.314) para el ejemplo de una tercera pura:
 $f_1 / f_2 =$ antilog (386.314/3986.314)
 $f_1 / f_2 = 1.2500$ que corresponde a la relación 5/4

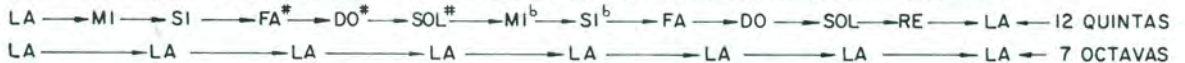


Figura 2

Vemos que hay un ERROR en el cierre de frecuencias, el cual en términos musicales es casi 1/4 de semitono; esto es una desafinación bastante apreciable al oído lo cual ha conducido, desde la época de Pitágoras y Aristoxeno a proponer diferentes métodos o sistemas de repartir este error de "cierre" entre los doce semitonos de la octava. Esta repetición del error de cierre se llama EL TEMPERAMENTO y al acto de repartir el error se le llama TEMPERAR LA ESCALA.

Para medir los intervalos musicales, se usa una unidad de medida llamada CENT, que resulta de dividir la octava en 1200 CENTS iguales:

$$C = 1200 \text{ Log}_2 (f_1 / f_2)$$

$$C = 3986.314 \text{ Log}_{10} (f_1/f_2)$$

C = intervalo en CENTS

f_1 = frecuencia nota superior

f_2 = frecuencia nota inferior

Usaremos los logaritmos de base 10. Como ejemplo, tomemos el intervalo de una tercera en el cual:

$$f_1 / f_2 = 5/4$$

este intervalo en cents será:

$\text{Log} (5/4) \times 3986.314 = 386.314$ cents igualmente, podemos llegar a la relación de frecuencias a partir de un intervalo en cents:

Entonces podemos evaluar la

| NOTA | RELACION | CENTS AL DO |
|------|----------|-------------|
| DO | 1 | 0.000 |
| DO# | 16/15 | 111.730 |
| RE | 9/8 | 203.910 |
| RE# | 6/5 | 315.640 |
| MI | 5/4 | 386.314 |
| FA | 4/3 | 498.040 |
| FA# | 45/32 | 590.220 |
| SOL | 3/2 | 701.955 |
| SOL# | 8/5 | 813.690 |
| LA | 5/3 | 884.360 |
| LA# | 16/9 | 996.090 |
| SI | 15/8 | 1088.270 |
| DO | 2 | 1200.000 |

octava JUSTA (Ptolomeo) en cents:

Con los cents podemos volver al problema de las quintas y las octavas (fig. 3).

En la parte de abajo tenemos 7 octavas cada una de 1200 cents para un total de $1200 \times 7 = 8400$ cents, si colocamos encima las doce quintas correspondientes, vemos que su longitud es

$$12 \times 701.955 = 8423.46 \text{ cents}$$

* Ingeniero Civil de la Universidad Javeriana. Ha sido profesor en varias universidades.

Director de Coros, actualmente es profesor de la Escuela Colombiana de Ingeniería

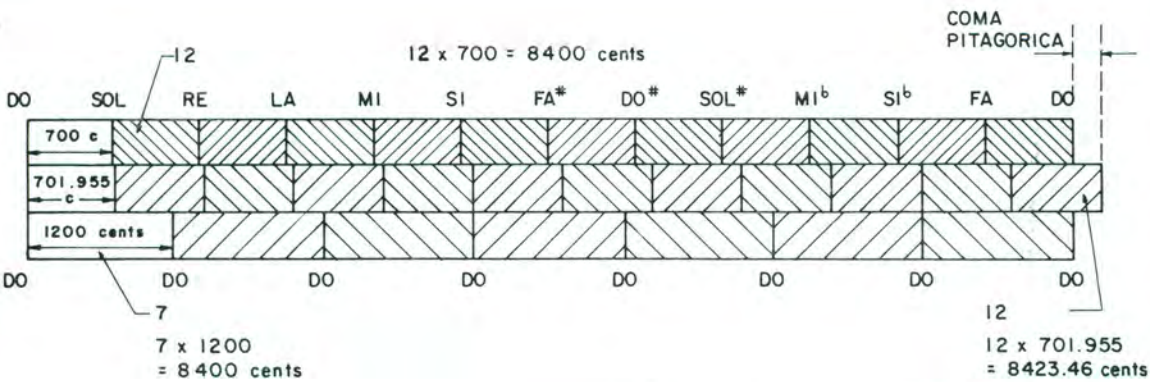


Figura 3

cuchar durante el proceso de afinación. Veamos un ejemplo:

Suponemos que tenemos una quinta temperada entre las notas RE, a una distancia de 193.16 cents del DO y la

nota LA a una distancia de 889.74 cents del mismo DO; la diferencia será: quinta temperada = 889.74 - 193.16 = 696.58 cents

quinta justa = 884.36 - 203.91 = 680.45 cents

es decir que se trata de una "quinta corta".

Si estamos trabajando con la octava del DO central, en la cual la frecuencia del LA es 440 Hz, podemos calcular la frecuencia del RE así:

$$f_1 / f_2 = \text{antilog} (696.58/3986.314)$$

$$f_1 / f_2 = 1.49535$$

o sea

$$f_2 = .6687 f_1$$

es decir que el RE oscila a

$$f_2 = .6687 \times 440$$

$$f_2 = 294.245 \text{ Hz}$$

como se trata de una quinta corta, la relación de frecuencias no es 3/2, es decir que el tercer armónico del RE no coincide con el segundo armónico del LA. Calculamos ahora las frecuencias de estos armónicos:

$$\text{tercer armónico del RE} = 294.245 \times 3 = 882.735 \text{ Hz}$$

$$\text{segundo armónico del LA} = 440 \times 2 = 880.000 \text{ Hz}$$

$$\text{frecuencia del pulso} = 882.735 - 880.000 = 2.735 \text{ Hz}$$

es decir 2.735 pulsos por segundo, lo cual en términos de metrónomo será:

la diferencia o exceso será:

$$Di f = 8423.46 - 8400 = 23.46 \text{ cents}$$

a esta diferencia o "error de cierre" del círculo de las quintas se le llama COMA PITAGORICA y corresponde casi a 1/4 de semitono. Si queremos que cuadre el ciclo de las quintas con el de las octavas, será necesario "acortar" las quintas o alargar las octavas. Esta última alternativa es intolerable al oído y por eso todos los sistemas de temperamento se basan en la exactitud de las octavas y la inexactitud de otros intervalos; para este caso sí "acortamos" las quintas en forma igual, la corrección será de:

$$d = 23.46/12 = 1.955 \text{ cents para cada quinta}$$

la longitud corregida de cada quinta será:

$$L = 701.955 - 1.955 = 700 \text{ cents}$$

o sea

$$700 \times 12 = 8400 \text{ cents O.K.}$$

Estas son quintas ligeramente desafinadas TODAS y corresponde al llamado TEMPERAMENTO IGUAL que es el que rige toda la música desde final del siglo XVIII hasta nuestros días.

Ahora bien, si en la figura 4 recorremos el teclado desde la nota DO y ascendemos por 4 quintas consecutivas hasta llegar a la nota MI, tenemos:

$$\text{cuatro quintas} = (3/2)^4 = 81/16 = 5.0625$$

Si hacemos el mismo recorrido usando dos octavas y una tercera, tenemos:

$$\text{dos octavas} + \text{una tercera} = 2 \times 2 \times 5/4 = 5.000$$

es decir que en factores de frecuencia, se observa una diferencia de:

$di f = 5.000 - 5.0625 = -0.0625$
esta diferencia se llama COMA SINTÓNICA.

Trabajando en cents, tenemos:

$$\text{cuatro quintas} = 701.955 \times 4 = 2807.820 \text{ cents}$$

$$\text{dos octavas} + \text{una tercera} :$$

$$2 \times 1200 + 386.314 = 2786.314 \text{ cents}$$

$$\text{diferencia} = 2876.314 - 2807.820 = 21.506 \text{ cents}$$

que es la medida de la coma sintónica en cents

Para llevar a la práctica toda esta teoría, es necesario poder evaluar o medir el grado de "desafinación" o de impureza de cada intervalo, para lo cual se puede usar un instrumento de afinación electrónico que mida las frecuencias exactas del sonido, o bien aprender a escuchar estas pequeñas diferencias de entonación basándose en el principio físico de los pulsos que se presentan cuando dos sonidos vibran en frecuencias cercanas la una de la otra (ver el primer artículo de esta serie, en el segundo número de esta revista).

Para esto es necesario poder calcular la frecuencia de oscilación de estos pulsos, la cual no es más sino la diferencia de frecuencias entre los armónicos correspondientes y esta frecuencia se traduce a términos de metrónomo (pulsos/minuto), los cuales es posible es-



DO → SOL → RE → LA → MI ← 4 QUINTAS

DO → DO → DO → MI ← 2 OCTAVAS + 1 TERCERA

Figura 4



metrónomo = $2.735 \times 60 = 164.1$ pulsos/minuto.

El problema de la "desafinación" de los sonidos entre sí, es muy notorio en instrumentos de afinación rígida como son todos los teclados, instrumentos de trastes como guitarras, violas de gamba y toda la variedad de arpas y salterios. Los instrumentos de cuerdas frotadas sin trastes como violines y violoncellos, los instrumentos de viento y la voz humana, permiten generar en forma dinámica e inmediata la afinación, es decir que los ejecutantes de estos instrumentos TEMPERAN permanentemente la escala

mientras se ejecuta la música.

Como puede verse de los ejemplos anteriores, la repartición del error o TEMPERAMENTO, es un proceso totalmente arbitrario y según como se haga, se obtiene una afinación diferente para la escala, la cual tiene unas condiciones estéticas diferentes para cada temperamento, incluso puede NO TEMPERARSE la escala y evitar dentro de las obras musicales, pasar por el punto del descuadre, práctica muy usada en la música medieval, no por ignorar repartir el error sino por el gran aprecio a la música con quintas y cuartas perfectas que pre-

valecía en esa época.

El carácter estético, se traduce en términos artísticos como el "sabor" de cada escala según el temperamento; entonces si es temperamento igual, el "sabor" será igual para todas las escalas, cada una sonará igual a la otra y sólo cambia la altura de la entonación. La característica particular que adquiere cada escala cuando el temperamento no es igual, ha dado origen al gusto musical de cada época de la historia de la música y a innumerables sistemas de Temperamento o afinación, tema que trataremos en el artículo siguiente.



**SEGUROS
DEL
ESTADO**



INASEG LTDA.
ASESORES DE SEGUROS

DOS EMPRESAS ESPECIALIZADAS AL SERVICIO DE LA INGENIERIA COLOMBIANA

Señor Ingeniero:
Hablamos su mismo idioma y por éso conocemos sus necesidades
y le sugerimos Seguros adecuados.

Calle 104 N°. 42-22 • Conmutador: 218 1988 • Fax: 218 4514
Apdo. Aéreo: 017347 • Bogotá-Colombia



colentes



Calle 98 No. 17 A 34 Of. 205 Int C
Tels: 610 33 44 - 218 50 81 - 218 29 83
A.A. 93061 Bogotá

FLUOROPERM 90 DK 92

FLUOROPERM 60 DK 60

FLUOROPERM 30 DK 30